

**Heinrich F. Fleck**

**Dizionario di Astronomia**  
di discipline e tecniche correlate



## Presentazione

**Q**UESTO DIZIONARIO, PUR AVENDO UN'AMBIZIOSA PRETESA ENCICLOPEDICA, è impostato in modo affatto diverso da altri presenti sul mercato librario o in rete, dal momento che le varie voci compaiono spesso nella veste di brevi articoli, ed il linguaggio si discosta da quello tecnico standardizzato dei dizionari, non alieno – a volte – da considerazioni personali, sempre comunque evidenziate e d'immediato riconoscimento.

Le ragioni sono essenzialmente due. Innanzi tutto l'accondiscendenza ad un proprio modo di essere e pensare che solo nell'esprimersi così ritiene di essere sufficientemente genuino ed esplicativo; secondariamente l'intenzione di attrarre il lettore con uno stile non asettico che gli trasmetta nella forma espositiva un poco di passione per questa scienza.

Quanto al contenuto formale (librario ed elettronico) del lavoro, mi rendo ampiamente conto che un'opera simile avrebbe avuto maggiore rappresentatività e maggiore diritto di cittadinanza solo sino a una ventina fa, e come il dominio del web riduca notevolmente ed automaticamente il suo valore intrinseco, quale che esso realmente sia, dal momento che la stessa (e spesso più ampia) aggiornata messe di informazioni è reperibile con un click. Tuttavia, per quella provenienza *von welt von gestern* ancora in gran parte presente in me, ho inteso comunque provare a portare a compimento una realizzazione che da più di trent'anni costituiva un desiderio inespresso, e vorrei osservare che per quanto l'opera sia destinata ad esser superata in un breve volgere di tempo, essa ambisce a riempire un vuoto non più colmato nel nostro Paese dopo la pubblicazione nel 1960 della *Piccola enciclopedia astronomica* ad opera di G. Horn-D'Arturo e P. Tempesti.

Nell'ottica di fornire la maggiore completezza sugli argomenti collegati comunque all'astronomia ed alla sua storia, nel Dizionario si trovano trattate molte voci che non compaiono in alcun testo a medesima vocazione.

In questo senso, nella consapevolezza che la rinascita della scienza nel Seicento e nel Settecento è avvenuta in concomitanza – quantomeno – alla rilettura di fonti elleniche ed ellenistiche per secoli dimenticate, ritenendo che in quelle epoche si è determinata la saldatura fra due mondi, molto spazio è stato dedicato a figure dell'astronomia antica greca e del periodo ellenistico in specie, risultando di conseguenza discusse anche figure, come quella di Archimede ad esempio, il cui contributo astronomico, secondo quanto ci è giunto, non è davvero la parte più rilevante del pensiero scientifico: anche attraverso queste personalità, fondamentali nell'evoluzione della scienza, ho inteso rappresentare il progresso dell'astronomia. Ugualmente buona parte è stata dedicata alla storia della scienza.

Si troveranno anche cenni relativi alla navigazione astronomica, alla tecnica di costruzione degli strumenti, alla loro lavorazione, con l'intento di fornire in questo caso più che una guida, una base di partenza per l'approfondimento delle singole tematiche.

Un'ultima nota: è ovvio che questo lavoro non possiede alcuna pretesa di originalità. Dal punto di vista contenutistico esso è soltanto espressione di approfondire la conoscenza della materia, una sorta di *Appunti di astronomia* redatti in ordine alfabetico.

**Crediti** Questo lavoro non sarebbe mai stato possibile senza la continua assistenza scientifica e tecnica fornitami nel puro consueto spirito di liberalità (e non circoscritta al solo ambito informatico) dal Prof. CLAUDIO BECCARI del Politecnico di Torino, che lavorando su un mio rudimentale preambolo in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ha dapprima reimpostato, quindi scritto ex-novo, basandosi su scrbook, la nuova classe dictionarySCR, predisponendo il codice sorgente secondo le impostazioni iniziali introdotte, implementandolo con continue routines che hanno dato al documento finale un aspetto professionale. All'amico Prof. C. Beccari i miei più sentiti ringraziamenti.

---

*Copertine: Meno di sei secoli dividono gli osservatori astronomici mostrati in prima e quarta di copertina: i resti del cerchio meridiano nell'osservatorio di **Ulugh-Begh** (1394 - 1449) a Maragha, odierno Iran ed uno dei quattro telescopi dell'**ESO** a La Silla, Cile, che attiva con il fascio laser una stella artificiale per calibrare l'ottica adattiva.*



**Guida alla consultazione** Queste le impostazioni sintattiche e grafico-simboliche adottate nella compilazione del dizionario.

## Lemmi

I lemmi sono scritti in neretto con la lettera iniziale minuscola ad eccezione dei nomi propri di persone, stelle, pianeti (Terra compresa). In quest'ultimo caso, si troverà scritto «Terra» se ci si riferisce al nostro pianeta, ma «terra» se il riferimento è, ad esempio, alla forza di gravità al suolo o «sole» se si parla di un sole medio.

Sono scritti con l'iniziale maiuscola i nomi propri di «cose» (cioè: di oggetti) siano essi pianeti, stelle, asteroidi, . . . Sono stati egualmente considerati nomi propri di cose i vocaboli che non esprimono una caratteristica indefinita o generica, bensì puntuale come, ad esempio i nomi dei mesi. Sono scritti in minuscolo i nomi generici che indicano più specie, come «telescopio», o più possibili campi di ricerca come «fotometria», «spettroscopia», ecc. Nomi propri che indicano una specifica configurazione come «cassegain», «nasmyth», sono scritti in minuscolo in quanto trattati come forme aggettivate di un nome (: telescopio).

I nomi propri di persone compaiono sempre con il cognome. La grafia adottata è (in genere), quella originale, discostandosene raramente per adattare talvolta il nome straniero alla scrittura consuetudinaria italiana. Così, i nomi di studiosi del mondo greco e romano e del Rinascimento, da tempo italianizzati, sono citati secondo la più conosciuta dizione italiana: «Vitruvio», «Apollonio», «Regiomontano», . . . ugualmente per i nomi di astronomi: «Posidonio» e non Posidonius, «Keplero» e non Kepler, «Copernico» e non Kopperlingk. Ugualmente i nomi dei pianeti compaiono secondo il nome italiano.

I nomi propri di persone composti da un suffisso, es.: «Antonio de Dominis», «James van Allen», compaiono sotto la lettera del cognome senza tener conto del suffisso: «Dominis Antonio de», «Allen James van».

I lemmi relativi a nomi che presentano la prima lettera contraddistinta da segni di pronuncia come «Ångström» o «Öpik» compaiono sotto le relative lettere alfabetiche «A» ed «O» senza considerare l'accentazione.

Astronomi arabi ed ebrei, come ad esempio «Ishak ben Said», compaiono con il primo nome «Ishak».

Quando il nome proprio della persona individua anche o un corpo celeste o una determinata località su un corpo celeste, ad esempio un cratere, viene utilizzata la denominazione ufficiale latina: «Archimedes, cratere»: in questi casi i relativi lemmi seguono sempre la trattazione del nome.

Parola guida nell'ordinamento alfabetico è considerato il sostantivo o aggettivo che rappresenta l'illustrazione della singola voce, così le «tavole alfonsine», ad esempio, compaiono sotto la lettera «A» nella scrittura «alfonsine, tavole». Quando il lemma è composto di più parole è trattato a fini d'ordinamento alfabetico come un'unica parola. I lemmi composti da una lettera iniziale e seguiti da un sostantivo, come ad es.: «A ring» sono trattati come fossero una sola parola.

I lemmi le cui iniziali sono formate da un dittongo, ad esempio «aequatorium», sono riportati secondo la scrittura e non secondo la pronuncia (equatorium). I lavori, quando citati, sono riportati con la lettera iniziale della prima parola del titolo senza tener conto di un eventuale articolo, ad esempio: «Arenario» (e non l'Arenario), ma «De Architectura», «De motu».

La datazione epocale a.C. è segnata quando il personaggio è vissuto in quell'era e riportata solo una volta ad inizio del lemma; le datazioni epocali d.C. non sono indicate in quanto supposte, ad eccezione dei casi in cui in un singolo lemma si trovino alternativamente datazioni epocali a.C. e d.C..

## Struttura e articolazione dei lemmi

Trattazioni articolate, come la voce «calendario» ad esempio, sono individuate da un indice locale, le cui singole voci sono indicate dal simbolo ■: la singola voce è ripetuta ad inizio di trattazione dell'argomento. Ulteriori articolazioni sono indicate dal simbolo ► ed articolazioni ancora ulteriori dal simbolo ●: quest'ultima solo non è indicizzata. «Titoli», «titoletti» e «titolini» sono scritti in corsivo per una rapida identificazione.

Per uno specifico argomento spesso si è scelto di trattare tematiche correlati (vedi sempre lemma «calendario»), altre volte come nel lemma «montatura» si sono discusse le problematiche principali quali i tipi di montatura, rinviando per altre (cella, specchio, . . .) ad altri lemmi data la specificità degli argomenti.

Il documento è provvisto di numerosi rinvii ai vari nomi citati evidenziati nella versione ipertestuale in diverso colore per un link immediato. I rinvii preceduti dal simbolo → indicano che l'approfondimento alla voce indicata è considerato necessario per gli argomenti discussi nel lemma. Egualmente il simbolo → è impiegato per indicare una serie di voci d'approfondimento cui si fa riferimento. Pur essendo i lemmi in riferimento evidenziati con diverso colore (versione ipertestuale), i simboli sono presenti per evidenziare il rinvio in caso di stampa del documento in bianco e nero. All'interno di un lemma l'evidenziazione fatta la prima volta non è (generalmente) più ripetuta.

In alcuni lemmi sono riportati in fondo pagina note. Per quanto questa non sia la maniera canonica di composizione di un dizionario, esse sono insostituibili in alcuni punti in cui si è reso necessario extra-lemma un approfondimento del testo. Le note sono numerate per ogni singolo lemma, e la numerazione inizia *ex novo* al lemma successivo.

Le espressioni matematiche, quando numerate, riprendono la numerazione da 1) per ogni singolo lemma. Un complesso algoritmo permette il rinvio alla singola espressione di un determinato lemma con evidenziazione grafica del rinvio.

**Fonti per i lemmi** Per l'inserimento dei singoli lemmi, ci si è serviti nell'impostazione di base di questi lavori:

- Dizionario di astronomia*, di P. DE LA COTARDIÈRE, edizione italiana a cura di G. Buonvino, Gremese, 1989;
- Philip's Astronomy Encyclopedia*, AA. VV., edito da Sky & Telescope, general editor PATRICK MOORE, 2002;
- Dictionary of Geophysics, Astrophysics, and Astronomy*, AA. VV., edito da RICHARD A. MATZNER, 2001;
- Dizionario di Astronomia e Cosmologia*, di JOHN GRIBBIN, Garzanti, 2005, II edizione
- Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics*, Taylor & Francis Encyclopedias, 2001, file torrent

I lemmi sono stati numericamente incrementati acquisendo gli indici analitici di libri del settore, nonché le varie tematiche trattate da pubblicazioni e riviste tanto professionali come amatoriali.

## Bibliografia

La bibliografia significativa è riportata alla fine del lavoro. Un'espressione del tipo [110, II, p. 22], specifica che il riferimento deve intendersi alla pagina 22, cap. II, dell'opera citata in bibliografia al numero di voce d'indice evidenziato con diverso colore. Un'espressione del tipo [228, I, 27 - 28; III, 99 - 134] specifica che il riferimento è ai libri I e III, capoversi elencati dell'opera citata in bibliografia al numero di voce d'indice indicato come prima cifra ed evidenziato con diverso colore: quest'ultimo caso si verifica in specie per le edizioni critiche.

Il riferimento bibliografico a documenti presenti in internet è con riferimento all'indirizzo web presente all'atto della consultazione. Tranne alcuni casi, dopo il prelevamento dei documenti non si è più verificato se le pagine consultate siano state spostate o addirittura cancellate.

## Indice analitico

L'indice analitico è riferito a nomi che sono comunque citati nel lavoro e non riportati nei lemmi, come i nomi propri di storici e letterati. Università, Enti, Centri di Ricerca et *similia* sono individuati con il nome della città in cui operano. Fanno eccezione le sigle di organismi.

## Fonti: testi, dati ed immagini

Le fonti provengono quasi esclusivamente da quelle citate in bibliografia.

Per i dati e gli articoli pubblicati su riviste scientifiche, quando non possedute, si è attinto principalmente a:

*Centre de Données astronomiques de Strasbourg*: <http://cdsweb.u-strasbg.fr/> specie per quanto riguarda i dati di oggetti stellari,

*Cornell University Library*: <http://arxiv.org/>,

*SAO/NASA Astrophysics Data System*: <http://adsabs.harvard.edu/>,

Relativamente ad altre documentazioni scarsissimo è stato il contributo di wikipedia, specie nella versione italiana dell'enciclopedia, più significativo per quanto concerne il contributo nelle lingue francese, tedesca e inglese, ma limitato sempre e comunque alla sola proposizione di eventuali fonti bibliografiche cui si è poi attinto secondo i rinvii indicati. Il contributo di wikipedia, e di altri siti simili, si è in sostanza limitato esclusivamente a notizie fornite per la stesura di brevi biografie, peraltro sempre controllate perché spesso trovate inesatte. Il ricorso a wikipedia per il contributo scientifico è stato rarissimo.

Diverso è il discorso per quanto riguarda il contributo fotografico. Per esso wikipedia e siti simili hanno fornito la maggior parte di dati. Altro materiale proviene da organizzazioni ufficiali, musei, siti istituzionali e privati nazionali ed esteri. Dato l'elevato numero di fonti cui si è attinto, chiedere le relative autorizzazioni a tutti sarebbe stato un lavoro nel lavoro, e ci si è limitati a citare la fonte. Attesa la liberalità di internet e la finalità non commerciale del lavoro, confido che i singoli autori e web-master non me ne vogliano. Il dizionario presenta moltissime immagini e foto, spesso due per pagina. Queste vanno considerate come parte integrante del testo, miranti a dare con immediatezza riassuntiva l'idea del discorso che si va svolgendo.

## Dati tabellari: legenda

Nelle tabelle relative ai dati stellari, oltre le convenzioni internazionali, sono state adottate per esigenze di spazio alcune sigle.

Nella prima riga  $\varphi$  indica l'ascensione retta,  $\delta$  la declinazione,  $M_{ap}$  la magnitudine apparente,  $M_{as}$  la magnitudine assoluta; nella seconda riga  $C_s$  indica la classe spettrale, U-B e B-V l'indice di colore; nella terza riga  $pi$  indica la parallasse,  $ly$  la distanza in anni luce,  $M$  la massa. Seguono alla quarta riga le altre designazioni dell'oggetto nei vari cataloghi.

I dati provengono dal database del *Centre de Données astronomiques de Strasbourg*, *supra*.

## Collaboratori e crediti

Si ringraziano per la collaborazione fornita: CLAUDIO BECCARI, CRISTIANO CINTI, PATRIZIO DOMENICUCCI, MASSIMO FIORUCCI, KORADO KORLEVIĆ, ROBERTO MENICHETTI, ENRICO PROSPERI, CARLO TRONI, CARLO ZAMPARELLI

Si ringraziano inoltre per l'autorizzazione alla pubblicazione di materiale di proprietà intellettuale (immagini e testi):

LES COWLEY, [www.atoptics.co.uk](http://www.atoptics.co.uk) e [www.atoptics.co.uk/opod.htm](http://www.atoptics.co.uk/opod.htm);

DAMIAN PEACH, <http://www.damianpeach.com/>;

DANILO PIVATO, <http://www.danilopivato.com/>;

BABAK TAFRESHI, [www.twanight.org/](http://www.twanight.org/).

Ἀστρονομία (astronomia) dal verbo ἀστρονομέω (studio degli astri, letteralmente *nomino gli astri*); in latino, italiano e spagnolo *astronomia*, in tedesco e francese – con pronunce leggermente diverse – *astronomie*, in inglese *astronomy*.

Studio scientifico della materia nello spazio, con particolare riferimento ai corpi celesti, al loro moto, evoluzione, composizione e alle loro caratteristiche; nonché a vari fenomeni terrestri, come le maree, di diretta logica e provata derivazione da influenza di corpi celesti.

*Questo lavoro è dedicato in umiltà  
alla memoria del Professor Paolo Maffei  
insigne umanista, astronomo e maestro di vita.*

---

*Todi,*



# A

**Å** unità di lunghezza introdotta in onore del fisico svedese **J. A. Ångström** corrispondente a 0,1 nm, ancora contemplata nelle tabelle del **SI**, ma non più in uso e ne viene scoraggiato l'utilizzo; in astronomia, per tradizione, continua ad essere sovente usata. Spesso è impiegata per indicare le dimensioni delle molecole degli atomi e la lunghezza dei legami chimici.

**Ångström Anders Jonas** (1814 - 1874) Fisico svedese, uno dei padri della → **spettroscopia**.

Direttore dell'Osservatorio astronomico di **Uppsala** nel 1845, operò a lungo in quella città dove divenne professore di fisica nel 1858. Le sue ricerche spettrografiche combinate all'uso della fotografia, lo portarono a pubblicare nel 1868 le *Recherches sur le spectre solaire* relative a misurazioni di più di un migliaio di linee spettrali dimostrando anche la presenza d'idrogeno nel Sole.

Ad Ångström è dedicato un piccolo cratere sulla Luna, fra l'*Oceanus procellarum* e il *Mare imbrium*.

**A** Classe spettrale della maggior parte delle stelle visibili ad occhio nudo caratterizzate da intense linee d'idrogeno e metalli ionizzati secondo la classificazione spettrale di → **Harvard**. Appartengono a questa categoria stelle come **Altair**, **Sirio**, **Vega**. Si tratta di stelle blu o bianche con temperature oscillanti fra i 75 000 ed i 12 000°C circa, nelle cui righe spettrali dominano le linee dell'idrogeno e del calcio ionizzato.

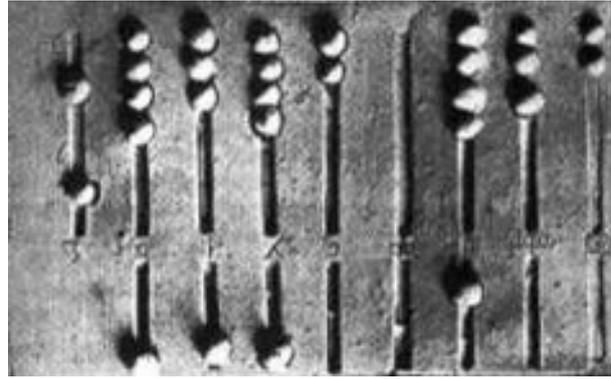
**AAO** Acronimo di → **Anglo-Australian Observatory**.

**AAVSO** Acronimo di *American Association of Variable Star Observer*, organismo promosso nel 1909 da W. T. Olcott direttore dell'osservatorio Edward C. Pickering all'Harvard College nel corso di una riunione dell'*American Association for the Advancement of Science* con la finalità di monitorare la variabilità stellare redigendo le relative curve di luce come supporto agli astronomi professionisti che impegnati in lavori di ricerca a più ampio spettro non disponevano di sufficiente tempo osservativo per dedicarsi anche alle stelle variabili.

Nel corso di una riunione dell'*American Association for the Advancement of Science* Olcott avanzò la proposta di monitorare la variabilità stellare redigendo le relative curve di luce, per fornire un valido supporto agli astronomi professionisti che impegnati in lavori di ricerca a più ampio spettro non disponevano di sufficiente tempo osservativo per dedicarsi anche alle stelle variabili. In seguito, in una circolare del 1911 (*Cooperation in Observing Variable Stars*) Olcott pubblicò una lista di stelle che potevano essere osservate ed il relativo elenco di osservatori disposti a partecipare al progetto. La risposta fu pronta favorita anche da un articolo pubblicato nel marzo dello stesso anno su *Popular Astronomy* in cui si evidenziavano le possibilità di ricerca scientifica da parte dei piccoli telescopi. L'iniziativa ebbe successo, ed Olcott intese una fitta corrispondenza con gli osservatori disposti a partecipare al progetto, ed alla fine di quello stesso anno poté disporre di molti dati, e nel dicembre *Popular Astronomy* pubblicò i primi risultati (208 curve di luce) della campagna osservativa svolta.

L'organizzazione fu formalizzata nel novembre del 1917, e nel novembre dell'anno seguente pose la propria sede a Cambridge, nel Massachusetts, e ne fu ufficialmente riconosciuta la funzione

▼ Abaco romano. Parigi, Cabinet des Médailles



e accettato lo statuto. Fra i fondatori dell'AAVSO ci fu anche l'astronomo italiano **G. B. Lacchini**.

Alla guida dell'AAVSO si sono succeduti nomi prestigiosi, fra questi un cenno merita J. Mattei per diversi decenni motore organizzativo dell'Associazione sino alla sua morte.

L'AAVSO riceve circa 1 000 000 di dati all'anno da quasi 2000 osservatori sparsi nel mondo, dispone di un ricchissimo database che comprende circa 20 000 000 curve di luce a disposizione dei propri utenti e dei ricercatori interessati al progetto; i dati sono pubblicati sul *Journal of the American Association of variable Star Observers*, e le pubblicazioni dell'AAVSO sono disponibili in forma elettronica sul sito del SAO/NASA [274] e su quello dell'associazione [1].

**abaco** Strumento per basilari operazioni di calcolo. Il termine (*abacus* in latino) deriva attraverso il greco dall'ebraico *abaq*, e significa polvere, sabbia, in quanto i primi abachi erano *costruiti* dai commercianti direttamente sulla sabbia semplicemente tracciando linee.

Lo strumento fu largamente diffuso nell'antichità. Erodoto riferisce che era già conosciuto presso gli Egiziani; a Roma (dove spesso si evolse nel più comunemente conosciuto *pallottoliera*, un primitivo calcolatore portatile) era costruito in metallo. L'abaco più antico pervenuto, per quanto riguarda il mondo occidentale, è quello noto come *tavola di Salamina*; una raffigurazione di un abaco dove si nota una personalità che effettua conti mentre riceve denaro è nel *vaso di Dario* conservato al Museo archeologico di Napoli. Antichi abachi sono stati ritrovati in Cina e Giappone. Nel medioevo la diffusione dello strumento fu amplissima, tanto che nacquero *Scuole d'abaco* per la formazione di mercanti ed artigiani, decisive per l'introduzione della numerazione col sistema poi detto *arabico*. Fibonacci s'ispirò ad esso per il suo lavoro del 1212, il *Liber Abaci*. Vita particolarmente vivace ebbe lo strumento in Inghilterra dove si costruirono abachi di notevoli dimensioni, chiamati *abachi a scacchiere*: deriva da qui il titolo di *Cancelliere dello scacchiere* riservato ancora al titolare del dicastero delle finanze inglesi.

Se la diffusione e l'uso dello strumento furono notevoli, ci si è chiesti spesso perché mai ce ne siano pervenuti così pochi esemplari e di così piccole dimensioni, dato che si tratta di uno strumento ampiamente diffuso nell'antichità e nel medioevo, usato dai banchieri, dai geometri per i calcoli relativi alla costruzione di edifici, ponti, acquedotti,...

Probabilmente l'abaco subì la stessa sorte di altri strumenti di misura, come la **groma** ad esempio, e quindi la risposta può essere trovata nella sua estrema facilità e versatilità costruttiva che si avvaleva di mezzi poverissimi, per cui una volta assolta la sua funzione veniva gettato via e se ne costruiva un altro. A

questo va aggiunta la considerazione che le unità di misura, e quindi di calcolo, variavano zonalmente nel vasto impero romano, e quindi i singoli abachi erano in funzione dei vari tipi di numerazione adottati: la figurativa egiziana, la cuneiforme babilonese, la (quasi) decimale greco-romana, e queste considerazioni potrebbero suffragare la tesi che gli abaci venivano costruiti zonalmente secondo il bisogno del momento: [241].

Strutturalmente l'abaco si compone di una tavoletta (legno o ferro) su cui sono ricavate scanalature parallele (le guide) lungo le quali si spostano le palline (anticamente pietre) chiamate calcoli dal latino *calculus* (sassolino), che indicano unità, decine, centinaia, ... Deriva da qui il moderno termine di calcolo dell'accezione matematica.

L'abaco è allora costituito da una serie di guide (o fili) su cui si fanno scorrere delle palline che convenzionalmente rappresentano le unità, le decine, le centinaia, ...

Il principio di funzionamento è posizionale, ossia il valore della singola cifra dipende dal posto che occupa, e le palline su linee diverse indicano unità di ordine diverso, rendendo possibili addizioni, sottrazioni, moltiplicazioni e divisioni. Come nel nostro sistema il valore di una cifra è dato dalla posizione che la stessa occupa all'interno del numero, il valore dei singoli pallini (sassolini) è individuato dalla diversa posizione rispetto alle righe: ad esempio il numero 11 può essere indicato sia con undici palline sia solo con due, dove una rappresenta le unità e l'altra la decina.

L'abaco è ancora oggi efficacemente usato nei paesi dell'area orientale, in particolare in Russia, in Cina e nel Sud-Est asiatico, ed è stato a lungo l'unico strumento di calcolo utilizzato da matematici ed astronomi per i calcoli. Per quanto la costruzione degli abachi diverga da paese a paese, il principio di funzionamento resta ovviamente sempre lo stesso.

**Abbe Ernest** (1840 - 1905) Fisico tedesco che si occupò soprattutto di ottica con contributi nella formulazione della condizione di → **aplanatismo** e negli studi sulla rifrazione della luce.

Ad Abbe si deve il perfezionamento del microscopio, l'invenzione del rifrattometro e del condensatore e prisma ottico che portano il suo nome. La conoscenza con l'azienda Zeiss di Jena lo portò, alla morte del titolare, ad occuparsi della fabbrica rifondandone la struttura in chiave organizzativa, e facendosi sempre promotore d'iniziative umanitarie.

Ad Abbe è dedicato un cratere sulla faccia nascosta della Luna.

**Abbe, condizione** Nome dato al principio che deve essere rispettato affinché una superficie rifrangente possa produrre immagini nitide sia al centro ottico del sistema che fuori di esso, ossia affinché il sia del tutto aplanatico.

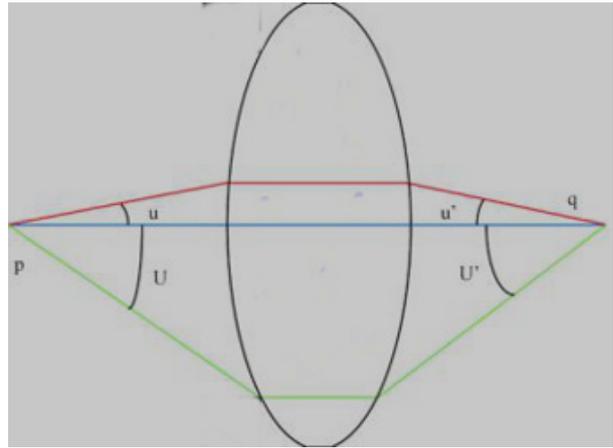
Sviluppata da **E. Abbe** nei suoi relativi al perfezionamento del microscopio, la condizione nota anche come *condizione del seno di Abbe*, si esprime come

$$\frac{\sin u'}{\sin U'} = \frac{\sin u}{\sin U}$$

ossia, in una condizione ottica ottimale il seno dell'angolo in uscita deve essere il più proporzionale possibile al seno dell'angolo d'ingresso del raggio ottico.

Posta come in figura in questa pagina la sorgente in  $p$  e l'immagine in  $q$ , si definiscono parassiali gli angoli dei raggi d'ingresso e d'uscita che seguono un percorso quasi parallelo all'asse ottico ( $u$  ed  $u'$ ), mentre  $U$  ed  $U'$  sono gli angoli dei raggi marginali in ingresso ed uscita dall'asse ottico. La condizione è verificata quando il seno dell'angolo in uscita è proporzionale al seno dell'angolo in ingresso.

▼ Condizione di Abbe, vedi testo; da wikipedia



**Abbe, numero** Numero che prende anch'esso nome dal fisico tedesco **E. Abbe**, relativo all'indice di rifrazione di una sostanza in funzione della lunghezza d'onda della luce, quindi la dispersione cromatica di un mezzo trasparente a varie lunghezze d'onda.

L'equazione fu formulata da Abbe per ottenere un parametro che esprimesse la bontà ottica di un materiale rifrangente, ponendo al numeratore dell'espressione il valore relativo alla capacità di rifrangere la luce, al denominatore il valore dispersivo, quindi il rapporto fra capacità rifrangente e capacità dispersiva è dato da

$$v = \frac{(n_d - 1)}{(n_F - n_C)} \quad (1)$$

dove  $d$ ,  $F$  e  $C$  rappresentano i corrispondenti indici di rifrazione di particolari lunghezze d'onda facilmente individuabili all'epoca e corrispondenti alle relative righe **J. van Fraunhofer**, corrispondenti al giallo dell'elio ( $d$ ), al rosso dell'idrogeno ( $C$ ), al blu dell'idrogeno ( $F$ ).

Ne consegue che le caratteristiche ottiche del materiale saranno tanto migliori quanto più il numero espresso dal rapporto sarà alto.

L'inverso del numero di Abbe

$$\omega = \frac{1}{v} = \frac{(n_F - n_C)}{(n_d - 1)} \quad (2)$$

rappresenta il potere dispersivo della sostanza. Un apposito diagramma, *diagramma di Abbe*, permette di classificare i mezzi rifrangenti in relazione alla loro capacità di separare spazialmente i diversi colori di un raggio monocromatico.

**abbondanti, mesi** Rispetto ai mesi cosiddetti *difettivi*, si dicono *abbondanti* i mesi composti di un numero maggiore di giorni (30) rispetto agli altri che ne contano 29: → **calendario**.

**abbondanza cosmica** La proporzione di atomi presenti per ciascun elemento (sotto forma neutra o ionizzata, atomica o molecolare) in regioni dello spazio o in un corpo celeste. Con riferimento alla prevalenza di alcuni elementi in determinati corpi si parla di abbondanza planetaria, cosmica, meteoritica ed asteroidale.

- *Abbondanza cosmica, storia della ricerca*
- *Valori delle abbondanze*
- *Rilevanza cosmologica*
  - ▶ *Abbondanze stellari*
  - ▶ *Abbondanze nelle novae e nelle nane bianche*

■ *Abbondanza cosmica, storia della ricerca.* L'indagine sulle abbondanze cosmiche coincide con lo studio del mezzo interstellare, già oggetto di attenzione da parte di → **H. W. Olbers**, **O. Struve** e **A. Secchi**, ma solo all'inizio del secolo XX s'iniziò ad indagare in maniera sistematica la materia diffusa.

Nel 1907 le fotografie di **E. E. Barnard** della Via lattea avevano evidenziato zone oscure come la nebulosa nota come *Testa di cavallo* in **Orione**, rendendo attuale l'ipotesi di **F. Herschel** che aveva supposto l'esistenza di zone in cui, per ragione ancora allora sconosciuta, o non esistevano stelle o la luce di queste non transitava sino a noi.

**J. F. Hartmann** lavorando sulla variabile  $\delta$  *Orionis* (1904) notò che mentre le righe spettrali indicavano periodici spostamenti dovuti all'effetto **Doppler**, la riga del calcio ionizzato (K) si dissociava dall'effetto stesso. Hartmann ne dedusse che tale riga non poteva appartenere alla stella, ma era probabilmente originata dal calcio ionizzato diffuso nello spazio lungo la direttrice stella-osservatore.

Da allora in poi la scoperta di nuove righe spettrali ha allargato numericamente la popolazione degli elementi rivelando la presenza del sodio, dell'idrogeno, dell'elio, dell'ossigeno, del calcio, dell'alcool metilico, dell'ammoniaca, del potassio, dell'anidride carbonica, ed altri elementi ancora.

Sul finire degli anni trenta, sempre in ottico, erano già stati individuati gli spettri dei radicali CH, CH<sup>+</sup> e CN. Negli anni sessanta l'osservazione in ottico s'integrò con i risultati in radio, e altre molecole si aggiunsero all'elenco di quelle note. Le ricerche in radio condotte in principio dall'Osservatorio di Grean Bank alla lunghezza d'onda di 6,21 cm evidenziarono la presenza della formaldeide (formula bruta: CH<sub>2</sub>O) in tutte le radiosorgenti osservate.

Negli anni ottanta e novanta la ricerca scientifica si concentrò sulle molecole *aromatiche*, le **PAH** (*Polycyclic Aromatic Hydrogenated*: molecole policicliche aromatiche idrogenate), così chiamate per il forte odore, caratterizzate da una struttura esagonale di carbonio. Le molecole sono presenti in nebulose e galassie, *ambienti* caratterizzati da una forte emissione di luce ultravioletta. Il radiotelescopio della **Sierra Nevada** evidenziò (1990) una transizione a 1,63 mm della molecola dell'acqua, consentendo di stimare l'abbondanza dell'acqua rispetto all'idrogeno nella proporzione di 20/30 molecole d'acqua per un milione di molecole d'idrogeno.

Lo studio si è accentuato con la ricerca condotta dallo spazio. Le sonde → **Vega** e **Giotto** inviate incontro alla cometa di **Halley** nel 1986, confermarono la presenza dell'acqua quale componente principale della chioma (circa l'80%), e rivelarono anidride carbonica, formaldeide, e molecole organiche: questo spinse ad ipotizzare la presenza di batteri disidratati a 60° Celsius; la sonda **IRAS** rivelò (1989) la presenza di anidride carbonica nella materia interstellare ed intense emissioni di polveri a 100 μm, ed in varie altre lunghezze d'onda, significando così l'esistenza di almeno due popolazioni di polvere interstellare, una a 100 μm, l'altra a lunghezze d'onda più piccole.

■ *Valori delle abbondanze* Le proporzioni di abbondanze sono espresse confrontando l'elemento in esame con il numero di atomi di un altro elemento preso a riferimento, generalmente l'idrogeno, oppure considerando il peso di ciascun atomo, oppure ancora infine il loro volume e via dicendo.

I metodi più comuni sono comunque due: la misura in percentuale assumendo come elemento di riferimento l'idrogeno in quanto elemento più abbondante, e la misura in percentuali di milioni di atomi di silicio.

La misura dell'abbondanza per le meteoriti avviene con tecniche di laboratorio, mentre per i corpi celesti si usano naturalmente

tecniche spettrali derivando l'abbondanza cosmica dei singoli elementi dalla larghezza ed intensità delle righe di ciascun elemento. Con l'analisi spettroscopica si costruiscono le tabelle dell'abbondanza (abbondanza standard); queste tabelle hanno mostrato nel tempo sempre il medesimo andamento: una forte presenza d'idrogeno ed elio (che rappresentano circa il 98% degli atomi), con una curva decrescente sino agli elementi del calcio e del titanio, che risale poi culminando con il ferro.

È stato tramite queste tabelle (*vedi* tabella in questa pagina) che si è potuto rilevare come le abbondanze cosmiche siano caratterizzate da una marcata predominanza dell'idrogeno e dell'elio che da soli costituiscono circa il 90% degli atomi.

Si è trovata una sostanziale equivalenza fra fra abbondanze standard e abbondanze osservate, con l'eccezione di stelle vecchie che, rispetto ad altre stelle come il Sole, si sono mostrate più povere di elementi pesanti.

■ *Rilevanza cosmologica delle abbondanze.* Lo studio delle abbondanze è una tappa essenziale nello studio della nascita ed evoluzione nell'universo, perché l'analisi delle singole differenze fra gli elementi spiega l'evoluzione della materia per stelle e galassie.

Misurando le proporzioni in cui atomi e molecole sono presenti nell'universo, si è potuto indagare sulla struttura dell'universo, sulle modalità in cui il materiale diffuso nel mezzo interstellare si è combinato. Il prevalere di certi elementi rispetto ad altri, la successione temporale in cui si sono prodotti, ha portato un basilare contributo alla teoria della formazione stellare.

La proporzione di elementi ha aiutato a comprendere che le stelle, utilizzando l'idrogeno quale materia prima, *fabbricano* in successione tutti gli altri elementi, aggiungendo di volta in volta protoni e neutroni. Questo significa consequenzialmente – se si accetta la teoria – che soltanto l'idrogeno è di natura primordiale, frutto cioè della primitiva radiazione, creato (creatosi) nei primi istanti seguenti il famoso (e discusso) → **big bang**.

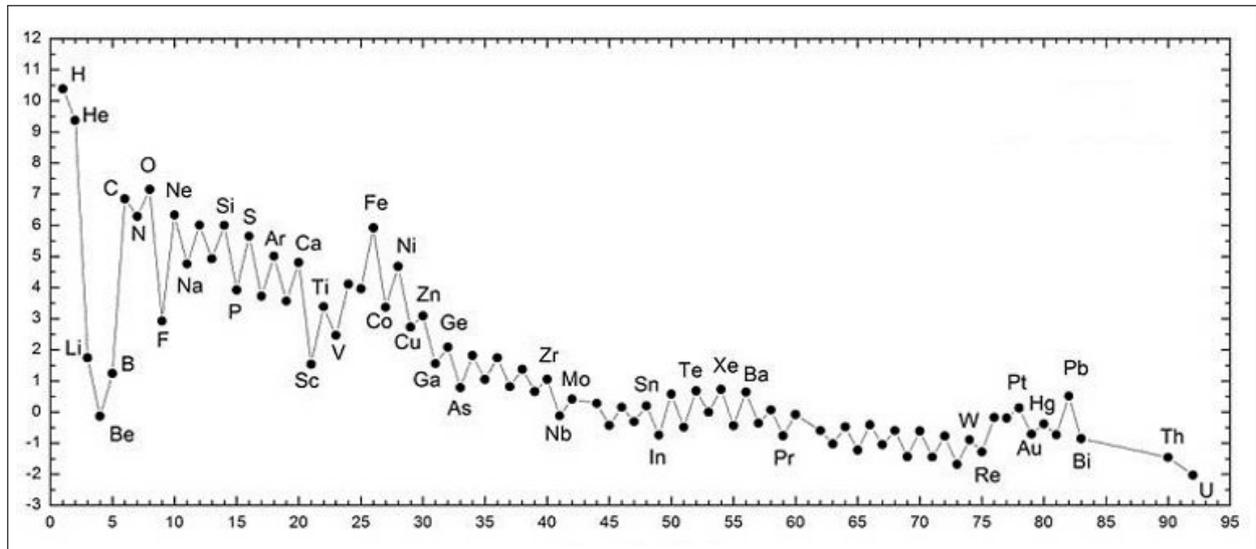
Queste creazioni a catena, sulla base delle nostre attuali conoscenze, si arrestano al ferro: gli altri elementi più pesanti e più complessi sembrano originati dalla → *supernovae*.

► *Abbondanze stellari.* Una prova indiretta di questo modello evolutivo la si trarrebbe dalla considerazione che le stelle più antiche, quelle create ai primordi, in un ambiente giovane,

n.° atomico	elemento	abbondanza
1	H	12,00
2	He	11,20
6	N	8,51
7	N	8,38
8	O	8,83
9	F	4,80
10	Ne	7,50
11	Na	6,30
12	Mg	7,36
13	Al	6,20
14	Si	7,70
16	S	7,30
17	Cl	5,00
18	A	6,25
20	Ca	6,04
24	Cr	5,07
25	Mn	4,85
26	Fe	6,80
28	Ni	5,77

▲ *Abbondanza degli elementi chimici in regioni dello spazio: i valori della terza colonna sono espressi in logaritmi*

▼ Abbondanze del sistema solare normalizzate per il silicio  $10^{-6}$ . In ascissa è riportato il numero atomico degli elementi, in ordinata l'abbondanza logaritmica in base 10 del singolo elemento.



sono più povere di elementi pesanti che non le stelle giovani formatesi con arricchimento del mezzo interstellare.

Questo modello standard ha mostrato tuttavia alcune differenze: le stelle più vecchie, come quelle appartenenti agli ammassi globulari, sono meno ricche di elementi pesanti rispetto ad altre stelle (ad esempio, il Sole), sul quale sono stati ad oggi individuati ben 67 dei 92 elementi chimici esistenti (senza contare gli elementi radioattivi).

Le stelle quindi assolvono alla formazione continua di elementi, partendo da quello che i cosmologi definiscono il *mattoncino primordiale*, sino alle ultime serie; ed il processo, noto come *nucleosintesi*, può manifestarsi essenzialmente in due modi: a) in modalità *tranquilla*, attraverso il processo termonucleare, b) in modalità *violenta* attraverso l'esplosione di una nova o supernova. Si forma così una catena continua di cui possiamo ad oggi con sicurezza individuare soltanto alcuni passaggi, una catena che dal macrocosmo si spinge sino al microcosmo considerando che nell'essere umano si ritrova la stessa serie di elementi già individuati nel mezzo interstellare: carbonio, ossigeno, azoto.

► **Abbondanze nelle novae e nelle nane bianche.** Con rivelatori sempre più efficienti e grazie soprattutto al lavoro condotto con lo IUE, è stata resa possibile la spettrometria nell'ultravioletto fra 1200 e i 3200 Å, riscontrando negli involucri di novae linee di elementi sfuggite all'osservazione condotte da terra.

Dall'esame della proporzione degli elementi presenti in una nova si è giunti alla formulazione di nuove teorie sulla struttura delle nane bianche.

Secondo queste teorie la concentrazione di elementi non può originare da una reazione nucleare, perché il numero complessivo di atomi del carbonio, dell'azoto e del calcio resta costante, e pertanto essi devono essere già presenti sulla superficie della nana.

Corpo	H	He	C	N	O	Ne	Z
Sole	0,74	0,24	0,0039	0,0094	0,0088	0,0021	0,019
Cyg 75	0,49	0,21	0,070	0,075	0,013	0,17	0,030
CrA 81	0,031	0,31	0,0046	0,80	0,12	0,23	0,030
Aql 82	0,01	0,02	0,18	0,03	0,40	0,15	0,97
Dq Her	0,34	0,095	0,45	0,23	0,29	-	0,565

▲ Z = frequenza totale degli elementi pesanti

Secondo questi modelli il 3% delle nane bianche dovrebbe possedere un nucleo composto di elementi pesanti come neon, magnesio e ossigeno.

Le novae Cyg 1975, Cr 1981, Aql 1982 mostrarono un'abbondanza eccessiva di questi elementi, ed addirittura fortissima la mostrava la nova Aql 1982. Nella tabella 2 la proporzione di questi elementi in confronto al Sole.

**Abbot Charles Greeley** (1872 - 1973) Astrofisico statunitense direttore dell'Osservatorio astronomico di Washington.

Nelle sue ricerche si occupò prevalentemente del Sole, portando contributi originali in merito alla costante solare cui per primo attribuì un valore, ed in merito alla ripartizione ed allo studio dello spettro dell'energia solare.

**Abell George Ogden** (1927 - 1983) Astronomo statunitense. Lavorò a lungo all'Università di Los Angeles, fu presidente dell'Unione Astronomica Internazionale e della Società astronomica del Pacifico, scoprì la cometa C/1953 T1 ed assieme ad Harrington la cometa 52P/Harrington-Abell.

Abell è conosciuto soprattutto per il catalogo di ammassi di galassie (pubblicato nel 1958) redatto mentre lavorava a monte Palomar alla **Palomar Sky Survey**. I suoi lavori dimostrarono l'esistenza di ammassi di secondo ordine, e che la luminosità di questi poteva essere utilizzata per determinarne la distanza.

Da lui prese il nome la teoria che si contrappone all'altra formulata dal russo **F. Zwicky**, secondo la quale gli ammassi di galassie sarebbero espressione di gruppi minori; Zwicky nega al contrario l'esistenza di superammassi di galassie.

**Abell, asteroide** Asteroide 3449-Abell dedicato a George Ogden Abell.

#### aberrazione astronomica

- *Aberrazione stellare*
- *Aberrazione planetaria*
- *Aberrazione sistematica*
- *Aberrazione diurna*

#### aberrazione ottica

- *Introduzione*
- *Aberrazione sferica assiale*
- *Aberrazione cromatica assiale*
- *Astigmatismo*
- *Aberrazioni cromatiche extrassiali*

**Abetti Antonio** (1846 - 1928) Astrofisico italiano. Compì gli studi a Padova dove restò sino al 1893 occupandosi di eclissi, pianetini e comete, partecipando nel 1874 alla spedizione organizzata da **P. Tacchini** a Muddapur in Bengala per osservare il transito di Venere sul Sola. Qualche anno appresso fu a Berlino per perfezionarsi nel calcolo delle orbite planetarie. Tornato in Italia si occupò soprattutto di ampliare la strumentazione tecnica dell'osservatorio di Padova dando nuovo impulso all'officina meccanica.

Nel 1894 vinse la cattedra di astronomia dell'istituto di studi superiori di Firenze, che includeva la direzione dell'osservatorio di **Arcetri** costruito nel 1872 da **G. Donati** che non aveva però per la sopravvenuta morte portato l'osservatorio alla completa funzionalità.

Abetti curò la messa in funzione del rifrattore voluto dal Donati modificandolo sostanzialmente, dotando l'osservatorio di nuova strumentazione e riprendendo la pubblicazione delle *Memorie*. Abetti si occupò prevalentemente nella sua attività di ricercatore di scienza planetaria osservando e studiando le orbite di 121 comete e osservando circa 800 pianetini, estendendo i suoi interessi anche al calcolo delle probabilità, al calcolo vettoriale e alla storia dell'astronomia. Collaborò inoltre alla stesura della **Carte du Ciel**. Quando nel 1921 lasciò per limiti di età la direzione dell'osservatorio gli succedette il figlio Giorgio che già da tempo l'affiancava nel lavoro.

**Abetti Giorgio** (1882 - 1981) Astrofisico italiano. Figlio di Antonio Abetti direttore dell'osservatorio di **Arcetri**, svolse l'inizio della sua carriera fra Belino ed Heidelberg, trasferendosi quindi all'osservatorio del **Collegio romano**.

Partecipò a diverse spedizioni scientifiche, e soggiornò a lungo negli Stati Uniti dove strinse amicizia con J.J.G. H. Hale con il quale intrattenne anche in seguito una ricca corrispondenza, e ritornò in quel paese al termine del primo conflitto mondiale.

Nel 1922 assunse la direzione dell'osservatorio di Arcetri ed avviò subito la costruzione di una torre solare che fu progettata sul modello di quella di Monte Wilson ad opera di Hale, ed alla cui costruzione contribuirono in maniera significativa istituzioni statunitensi.

Nel 1922, in occasione della riunione a Roma dell'Unione Astronomica Internazionale, ottenne che l'osservatorio divenisse centro di raccolta ed elaborazione dei dati relativi all'attività solare.

Nel 1925 ottenne la cattedra ed avviò una scuola di astronomi valenti fra cui **A. Colacevich** e **A. Righini**. G. Abetti ricoprì numerose cariche: fu vicepresidente in seno all'Unione Astronomica Internazionale, presidente e membro di molte commissioni in seno alla stessa, socio nazionale dell'Accademia dei Lincei e presidente della **SAIt** dal 1953 al 1964.

Organizzò ancora due spedizioni per l'osservazione di eclissi totale di Sole: una nel 1936 in Unione Sovietica ed una nel 1952 in Sudan. Ha lasciato un gran numero di opere sia a livello divulgativo, che di ricerca come di memorie.

**ablazione** Fenomeno fisico con cui si indica la perdita di materiale da parte di un oggetto per vaporizzazione o erosione. Il termine, usato in varie discipline scientifiche, in astronomia è riferito al fenomeno fisico cui vanno soggetti i corpi (meteore,

asteroidi, comete, detriti spaziali, ...) durante l'ingresso nell'atmosfera per via della pressione dinamica cui sono sottoposti (non per l'attrito come comunemente si crede), in relazione e conseguenza delle alte velocità di penetrazione (stimate fra gli 11 km/s e i 72 km/s): l'aria davanti al corpo viene compressa riscaldandosi, e questa a sua volta riscalda il corpo che libera una notevole energia termica, la temperatura raggiunge elevati valori, si genera luminosità.

Il fenomeno dell'ablazione è relativo, nella quasi totalità dei casi, all'intero corpo con conseguente liberazione di microframmenti. Ovviamente, la completa ablazione è funzionale tanto alla composizione del corpo quanto dall'angolo d'ingresso nell'atmosfera; e quando essa non è completa a causa - ad esempio - delle dimensioni del corpo, questo riesce a penetrare gli strati più bassi dell'atmosfera precipitando al suolo con conseguente generazione di un cratere di dimensioni variabili: da pochi centimetri anche a decine o centinaia di chilometri: → **cratere d'impatto**.

Un effetto particolarmente studiato dell'ablazione consiste nella **ionizzazione** causata dall'eccitazione nell'atmosfera terrestre delle molecole atmosferiche al passaggio di un corpo costituito prevalentemente di elementi metallici: ferro, magnesio, alluminio, nichel. Questi corpi generano una scia ionizzata che può perdurare anche diverse decine di minuti e consentire, durante il passaggio di intensi sciami meteoritici, il fenomeno detto → **meteor scatter** attraverso il quale molti radioamatori effettuano comunicazioni a lunga distanza sfruttando la riflessione delle onde elettromagnetiche che la scia ionizzata consente. La ionizzazione è anche studiata come effetto radio passivo (in ricezione) per lo studio delle meteoriti alle basse e bassissime frequenze: → **VLF, ELF, ULF**.

Per la fisica dei procedimenti di ablazione → **meteore**. [101, 3]

**abrasivo** La lavorazione delle superfici ottiche (rifrangenti e riflettenti) si opera lavorando il materiale destinato a fungere da obiettivo con un mezzo della stessa natura, in genere vetro contro vetro, ed interponendo fra i due mezzi abrasivo polvere di grana diversa a seconda delle fasi di lavorazioni miscelata ad acqua od altro liquido: la tecnica è discussa al lemma → **lavorazione superfici ottiche**. Ad ogni passata dell'utensile sulla superficie da lavorare, l'abrasivo toglie qualche micron di vetro sino ad ottenere la forma geometrica voluta.

Gli abrasivi sono componenti artificiali di notevole durezza e spossano essere tanto naturali quanti artificiali. Appartengono alla prima specie il **corindone**, i **diamanti**, la **farina fossile**, il granato, la **pomice**, il **quarzo**, lo  **smeriglio**, la cosiddetta **farina di Tripoli**,... alla seconda specie il **carburo di Silicio** detto **carborundum**, l'**ossido di cromo**, il **sesquiossido di alluminio**, ed alcuni abrasivi metallici.

Gli abrasivi attengono tutti alla fase di sbazzatura (detta anche **sgrossatura**) della superficie ottica, mentre in fase finale, per la lucidatura, si ricorre a materiali, come la pece, che hanno una bassissima capacità abrasiva e che limitano l'azione ad asportare la rugosità residua introdotta dagli abrasivi: questi materiali non posseggono dunque che una minima capacità abrasiva e lavorano su una curva geometrica già definita.

Gli abrasivi sono disponibili in varie grane: più basso è il numero (ad esempio 60) più alta è la capacità abrasiva: per uno specchio di buone dimensioni, ad esempio 500 mm, s'inizia almeno con una grana 40 e si termina con una grana 1000. I tempi di lavoro, generalmente molto lunghi, sono in funzione del diametro della superficie ottica da trattare e della curva da ottenere. Più la superficie è grande, maggiore è la curvatura sferica da ottenere, maggiore di conseguenza il tempo usato con le singole

Acamar $\vartheta$ 1, dati e caratteristiche all'equinozio 2000							
$\varphi$	02h 58min 15,69s	$\delta$	-40° 18' 16,97"	$M_{ap}$	3,2	$M_{as}$	0,44
$C_s$	A3 IV-V	U-B	0,14	B-V	0,14		
$\pi$	28,00 $\pm$ 11 <sub>M</sub>	$l_y$	120	M	2,5 $\pm$ 1		
Design.: HD 18622, HIP 13847, HR 897, FK5 106, NSV 01002, CCDM J02583-4018A, SAO 216113, WDS 02583-4018a							

grane, generalmente il tempo è doppio da una grana all'altra. Ad esempio, un'ora con la grana 40, due ore con la grana 80, quattro ore con la grana 120, ecc.

**absidi** → **apsidi**.

**Académie Royale des Sciences** L'Académie fu fondata da J.-B. Colbert durante il regno di Luigi XIV per promuovere il progresso delle Scienze.

Nel 1816 l'Académie fu ricondotta nel seno dell'Istituto francese e sotto la presidenza di F. Arago conobbe un periodo fecondo. In declino all'inizio del XX secolo, attualmente sta cercando con nuove leggi e nuovo statuto di riprendere la prestigiosa posizione che nel passato occupava.

**Acamar ( $\vartheta$  Eridani)** Sistema binario, il più australe delle stelle dell'emisfero boreale, appartenente alla costellazione dell'Eridano, l'antico nome del fiume Po; il nome arabo indica la foce del fiume. Le stelle hanno una separazione angolare di 8,2"; si suppone che si tratti di un sistema multiplo

**acceleratore**

**accelerazione**

**accoppiamento di carica, dispositivo ad** → **CCD**.

**accoppiamento dinamico** → **risonanza orbitale**.

**accrescimento** Sinonimo di «accrezione», termine comune all'astronomia, alla geologia, alla meteorologia, ed altre scienze. Il termine indica l'accrescimento di un corpo, un oggetto, una struttura per apporto di materia che si distribuisce intorno alla superficie del corpo di massa maggiore che cresce.

In geologia il termine indica l'accrescimento di una regione continentale o oceanica per apporto di materia, come nel caso di formazione delle isole vulcaniche conseguentemente al materiale fuoriuscito durante l'eruzione; in meteorologia indica l'accrescimento (il passaggio dallo stato liquido allo stato solido) di particelle in sospensione (liquide) che collidono con cristalli (solidi).

In astrofisica il termine indica il processo per cui un corpo – per forza gravitazionale – attira a sé oggetti più piccoli di materiale gassoso sino a collidere con essi accrescendosi. Il fenomeno è presente nei sistemi binari stellari in cui una delle due masse cresce a discapito dell'altra, ed altrettanto avviene secondo l'impostazione teorica dei buchi neri presenti negli **AGN** che aumentano di massa per accrezione.

Il processo è presente anche nella formazione dei sistemi planetari quando gli anelli di materia che circondano il disco protoplanetario di una stella iniziano a collidere e a unirsi fra loro dando luogo alla formazione di quelli che vengono chiamati *planetesimi*. Nei primi momenti dell'accrescimento le dimensioni possono variare da qualche millimetro a decine di chilometri: in quest'ultimo caso il nuovo sistema inizia ad avere una gravità consistente e s'innesca l'ulteriore significativo processo di accrezione per cui la massa del corpo aumenta, cresce dimensionalmente, si ha la nascita del corpo planetario.

Conseguentemente si hanno due distinti processi di accrezione: uno legato alla gravità (un corpo cede materia – e massa – ad un altro); l'altro legato alla collisione e fusione fra loro di due o più corpi (sistemi protoplanetari).

Il disco di accrescimento che origina la formazione di corpi planetari si rifa alla concezione della «nebulosa planetaria», già avanzata da **I. Kant** che per primo ipotizzò la condensazione per gravità di nebulose gassose che dessero origine alla formazione di stelle e pianeti. Il modello kantiano fu ripreso qualche decina d'anni appresso da **P. S. Laplace** ipotizzando un acceleramento della rotazione della nebulosa primordiale durante la fase di contrazione producendo un disco rotante attorno al suo centro. Il raffreddamento della nebulosa genera instabilità, si spezza in anelli che gradualmente allontanandosi originano i pianeti. L'ipotesi fu criticata da **J. C. Maxwell** il quale osservò correttamente che in un corpo liquido o gassoso, com'è appunto una nebulosa, le diverse parti non ruotano a medesima velocità angolare e questo impedisce la condensazione della quantità di materia destinata a costituire poi i vari pianeti.

Successivamente ebbe largo seguito la teoria cosiddetta *mareale*, secondo la quale forze di marea avrebbero letteralmente *tirato via* dal Sole quantità di materia destinata alla formazione planetaria. Una reviviscenza delle teorie di Kant e Laplace vi fu nei primi decenni del secolo scorso quando si cercò di renderle attuabili introducendo elementi di pura supposizione teorica: massa del protopianeta maggiore, momento angolare attribuito a non meglio precisate forze magnetiche. Il fatto è piuttosto che il disco di accrescimento (lemma seguente) nell'attirare a sé una massa vede diverse forze in gioco fra cui anche campi magnetici di non indifferente potenziale, ma questo sono effetti conseguenti al collasso gravitazionale innescatosi, ed ad oggi non si può affermare con certezza se il campo magnetico si origina nella stella o nel disco di accrescimento.

Negli anni quaranta del secolo scorso i lavori di A. H. Joy sulle stelle della specie **T Tauri** [148] [7]

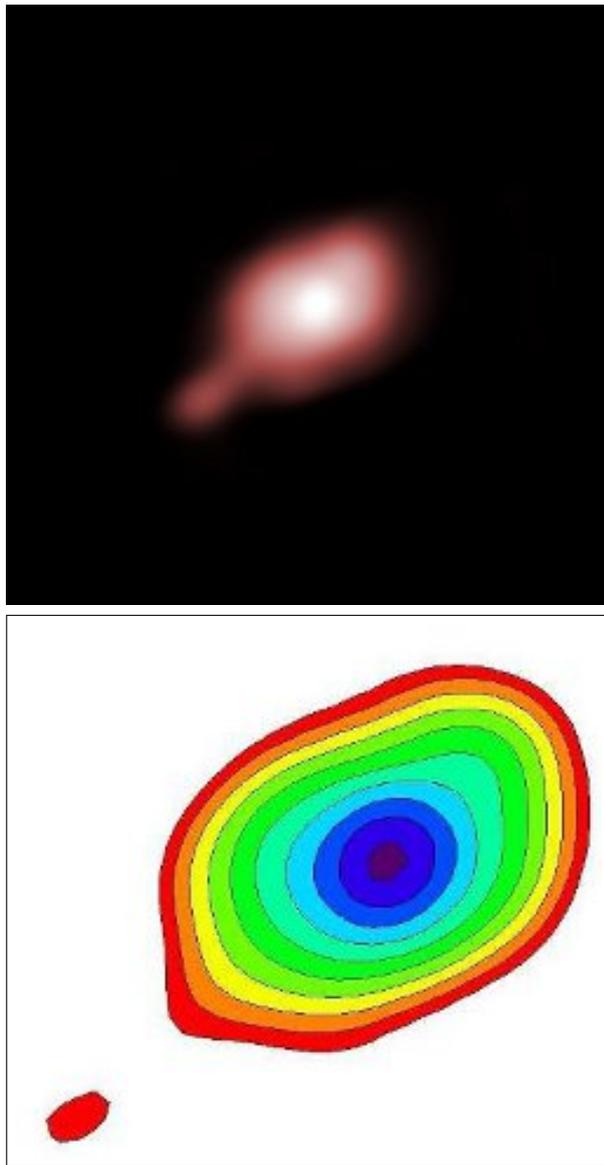
Sul finire degli anni ottanta S. Kwok ipotizzò la nebulosa planetaria come una conchiglia gassosa formata da venti stellari prodottisi in diverse fasi evolutive delle stelle: la conchiglia una volta formatasi si espanderebbe a circa 20-40 km/s [164]. Questo meccanismo presuppone però una fase finale relativamente tranquilla per stelle di piccola massa, in contrasto con le osservazioni.

Sia che si parli di nebulosa planetaria che del fenomeno dell'accrezione il problema principale da risolvere ancora oggi resta quello della conservazione del momento angolare che deve restare costante (conservarsi) nella fase di contrazione gravitazionale nello stesso tempo che si genera il campo magnetico, ed i meccanismi non sono ancora stati accertati con chiarezza.

**accrezione** → **accrescimento**.

**accrezione, disco** I primissimi lavori teorici (Oppenheimer, Chandrasekar, per non risalire al lavoro di Pierre Simon di Laplace del 1799) che concorsero a costituire le basi della fisica dei buchi neri furono motivati da considerazioni di tipo astrofisico. È curioso notare però che i buchi neri non furono presi seriamente in considerazione dagli astronomi sperimentali fino a poco più di un decennio fa e che soltanto negli ultimi anni si è instaurata una dialettica abbastanza soddisfacente tra la teoria astrofisica dei buchi neri e le osservazioni astronomiche. Tra le scoperte che più hanno contribuito all'instaurarsi di questa dialettica, un ruolo di primo piano va senz'altro attribuito alla scoperta dei quasar e della loro straordinaria emissione energetica che portò a ricercare nel collasso gravitazionale un possibile meccanismo di produzione di energia.

▼ Dopo oltre un secolo di speculazioni teoriche, IRAS 13481-6124 nella costellazione del Centauro è la prima immagine di un disco di materia intorno ad una stella (foto in alto). L'immagine, ottenuta combinando osservazioni all'infrarosso del telescopio Spitzer, dati forniti dal radiotelescopio APEX e rilevazioni interferometriche di tre telescopi ausiliari del VLT dell'ESO, mostrano un disco d'accrescimento (circa 130 UA d'estensione e peso eguale a 20 masse solari), evidenziando un getto di materia indicatore della presenza di un disco circumstellare ed un meccanismo di formazione è alla base della genesi delle stelle a prescindere dalla loro massa. In basso, l'elaborazione computerizzata evidenzia le isofote e la nascita di una nuova stella massiccia. Fonte ESO, S. Kraus et al., vedi bibliografia



Quando si parla della teoria astrofisica dei buchi neri, è necessario porre una certa demarcazione che la distingue dalla teoria, standard (o fondamentale) dei buchi neri. Quest'ultima è infatti una teoria rigorosa, matematica, conseguenza diretta dell'applicazione delle leggi della relatività generale alla situazione fisica di un oggetto isolato e dotato di ciò che si chiama *orizzonte evento* (cioè una superficie che circonda l'oggetto da cui la luce non può più sfuggire).  
 è una teoria elegante e fertile che ha portato a brillanti risultati. Essa rappresenta, per così dire, lo scheletro su cui viene costruita l'astrofisica dei buchi neri.

La teoria astrofisica dei buchi neri si propone invece di studiare la fisica della materia che interagisce con il buco nero e fornisce pertanto modelli molto meno rigorosi, soggetti a tutte le indeterminazioni che comporta la descrizione della materia turbolenta che circonda il buco nero.

Il processo secondo cui oggetti collassati come i buchi neri o le stelle di neutroni catturano la materia presente nelle loro vicinanze è chiamato accrezione.

Cadendo nella ripida *buca di potenziale* (Fig. 1) di un buco nero una notevole percentuale della massa di riposo del materiale in accrescimento può venire convertita in radiazione. L'accrescimento di materiale su di un oggetto compatto e massiccio rappresenta inoltre una sorgente di energia più efficiente di molti altri meccanismi di tipo astrofisico (come ad esempio la fusione nucleare che avviene nelle regioni centrali delle stelle).

L'accrescimento di gas in stelle collassate di massa dell'ordine di quella solare è considerato una possibile sorgente di energia nelle sorgenti X binarie. Un processo di accrescimento può anche aver luogo su scale molto più grandi: nei quasar e nei nuclei galattici attivi, dove si nota un'emissione rapidamente variabile con una luminosità notevolmente elevata proveniente da regioni aventi diametri relativamente piccoli.

In questi casi, si pensa all'accrezione di un buco nero supermassiccio, avente cioè massa superiore alle 10<sup>6</sup> - 10<sup>8</sup> masse solari. Come abbiamo già accennato, i calcoli astrofisici per descrivere il flusso del materiale in accrescimento su di un oggetto compatto sono molto difficili. È necessario pertanto fare delle ipotesi semplificative sulla geometria del flusso, oppure di tipo disco (quando, in presenza di rotazione, il flusso di gas diviene asimmetrico).

Altre ipotesi devono essere fatte sui processi di riscaldamento del gas, sul ruolo possibile del campo magnetico eventualmente presente e della pressione di radiazione.

Anche se il problema dell'accrescimento è stato sinora risolto soltanto in casi alquanto idealizzati, i risultati teorici hanno già fornito importanti informazioni su questo processo astrofisico ed i modelli elaborati forniscono dati sull'emissione che sono in buon accordo con le osservazioni.

Per quel che riguarda i nuclei galattici attivi, per esempio, l'astronomo inglese Lynden Bell fu tra i primi a calcolare l'efficienza di conversione di massa in accrescimento in energia nel caso in cui il materiale in accrescimento abbia momento angolare sufficiente da produrre un disco viscoso.

Poiché era stato da poco portato all'evidenza (Blandford e Rees) che il destino più probabile di un nucleo galattico denso fosse la formazione di un buco nero rotante e supermassiccio (di 10<sup>6</sup> - 10<sup>8</sup> masse solari), l'idea dell'accrezione come sorgente principale di energia per i nuclei galattici attivi si fece rapidamente strada.

In seguito, riuscendo a teorizzare modelli dotati di un'efficienza ancora più elevata, si giunse anche all'interpretazione dell'emissione dei quasar.

Molto del lavoro sui dischi di accrescimento si è concentrato su modelli di dischi sottili. Con questo aggettivo si intende dire che la dimensione radiale del disco è di gran lunga prevalente su quelle verticali che forniscono lo spessore del disco (si veda la Fig. 2b).

La caratteristica dei dischi sottili è quella di avere una distribuzione di momento angolare quasi kepleriana. Il materiale all'interno del disco compie cioè orbite intorno all'oggetto centrale in accordo con le leggi di Keplero, così come fanno i pianeti intorno al Sole.

In questo modello standard di disco l'energia è localmente dissipata in forma di radiazione che sfugge dalla superficie del disco.

La dissipazione di energia avviene a causa della viscosità presente nel disco. Tale processo provoca una lenta perdita di momento angolare delle particelle che compongono il disco e quindi una graduale caduta verso il buco nero.

Successivamente (alla fine degli anni '70) è stato proposto un modello di dischi di accrescimento alquanto differente da quello standard.

Infatti, tenendo conto degli effetti della relatività generale nelle vicinanze dell'oggetto centrale collassato e supponendo che la viscosità del materiale in accrescimento non giochi un ruolo molto importante, è possibile ottenere la formazione di un disco di accrescimento spesso intorno all'oggetto centrale. In questo caso il materiale si dispone intorno al corpo centrale lasciando liberi soltanto un paio di stretti canali intorno all'asse di rotazione del sistema. Una peculiarità dei dischi di accrescimento spessi è che il materiale può non seguire orbite kepleriane, tende ad avere una distribuzione di momento angolare pressoché costante nelle zone interne del disco.

Inoltre il bordo interno del disco ha una cuspid localizzata nel piano equatoriale. L'importanza fisica di questa cuspid segue dalla stretta analogia con il caso di un sistema binario stretto.

È noto che in tali sistemi può avvenire un flusso di materia da una stella all'altra attraverso il punto lagrangiano interno L che si trova all'incrocio di una superficie equipotenziale comune alle due stelle.

Analogamente a quanto succede nei sistemi binari, l'accrescimento dal disco all'oggetto centrale è guidato, attraverso la cuspid, dalle forze del gradiente di pressione piuttosto che dalla viscosità (come avveniva invece nei modelli dei dischi sottili).

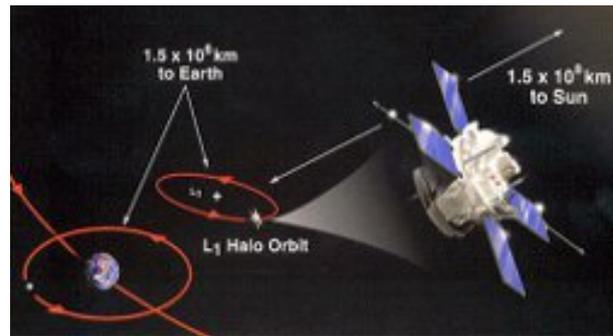
Per quel che riguarda l'emissione di energia, in questi modelli non si assume, come nei dischi sottili, che l'energia sia irradiata localmente, ma si impone un bilancio energetico globale secondo il quale l'ammontare totale di energia generata ovunque nel disco deve uguagliare l'energia totale irradiata dalla sua superficie.

Questa assunzione elimina alcuni dei problemi di instabilità legati al bilancio locale di energia che si imponeva nei dischi sottili.

C'è un'altra proprietà relativa alla luminosità che è importante per i modelli di dischi spessi. In generale, per un astro luminoso esiste una luminosità critica, detta luminosità critica di Eddington. Tale luminosità critica è comune a tutti i processi di irraggiamento di un plasma gravitazionalmente legato ed esprime l'impossibilità per la pressione di radiazione di superare la forza di gravità esercitata sul plasma stesso.

Tenendo conto dei contributi che provengono dalla rotazione nel bilancio tra le forze di gravitazione e di radiazione, si è però constatato che i dischi di accrescimento spessi possono avere una luminosità superiore al limite di Eddington. Un'altra ragione che concentra gli interessi degli studiosi sui dischi di accrescimento spessi è la presenza di stretti canali detti funnels in corrispondenza dell'asse di rotazione. Infatti l'elevata emissione di energia e la natura compatta non sono gli unici requisiti a cui debba soddisfare un modello che spieghi oggetti come i quasar. Il modello deve anche fornire un meccanismo stabile per la produzione di getti ben collimati, al fine di spiegare tutta la fenomenologia delle radiosorgenti. C'è ormai infatti un'ampia evidenza sperimentale della presenza di tali getti sia in radiogalassie che in quasar.

▼ Immagine del satellite orbitante attorno al punto lagrangiano  $L_1$ ; fonte CalTech



Achernar, dati e caratteristiche all'equinozio 2000

$\varphi$	01h 37min 42,85s	$\delta$	-57° 14' 12,31"	$M_{\text{ap}}$	0,50	$M_{\text{as}}$	- 2,77
$C_s$	B3Vpe	U-B	- 0,67	B-V	0,16		
$\pi$	22,68 ± 0,57 $M$	$l_y$	144 ± 4	M	6 - 8		
Design.: HR 472, HD 10144, SAO 232481, FK5 54, HIP 7588							

Un esempio tipico è la radiosorgente 3C449 o le mappe radio ad alta risoluzione dei quasar 4C18.68 e 1315+347. Inoltre configurazioni di getti sono già state scoperte anche nelle frequenze ottiche ed X.

È ovvio pertanto che un modello di disco di accrescimento di un buco nero massiccio deve rendere conto anche della formazione e della collimazione di tali getti.

I dischi di accrescimento spessi, dotati di stretti funnels intorno all'asse di rotazione, si presentano pertanto come i modelli più adatti a spiegare le varie fenomenologie che abbiamo descritto.

**ACE** Acronimo di *Advanced Composition Explorer*, satellite posto in orbita nel 1997 dalla NASA destinato allo studio delle particelle energetiche del sistema solare nell'ambito dei programmi d'indagine dei processi astrofisici di questo, la formazione della corona e del vento solare.

L'Ace è dotato di 10 strumenti, fra cui cinque spettrometri ad isotopi (raggi cosmici, solare, basse energie, vento solare ionizzato: composizione e massa), di un magnetometro ed altri rivelatori. Con questa strumentazione il satellite dovrà in sostanza fornire dati su quello che viene chiamato *tempo meteorologico spaziale*, con riferimento alla serie di fenomeni dello spazio che risultano influenzati dalla velocità e dalla densità del vento solare e dal plasma magnetico interplanetario portato dal plasma del vento solare cui risultano associati una varietà di fenomeni sia spaziali sia con influenze terrestri come le tempeste magnetiche [3].

L'Ace è stato collocato in prossimità del punto lagrangiano  $L_1$ , su un'orbita detta di  $\rightarrow$  **Lissajous**, posizione orbitale che essendo distante dalla Terra circa 1,5 milioni di km consente al satellite di effettuare una sorta di previsione atmosferica potendo misurare il vento solare ed i campi magnetici circa un'ora prima che questi manifestino la loro azione sulla Terra. Il basso consumo di propellente dovrebbe consentire al satellite di restare operativo sino al 2024.

**Achernar** Achernar ( $\alpha$  Eridani) Stella blu di colore bianco azzurro appartenente alla sequenza principale, la nona stella del cielo per brillantezza, visibile nell'emisfero australe: nell'emisfero boreale è visibile solo a basse latitudini < 30°. Sebbene appartenga alla **sequenza principale**, Achernar è un migliaio di volte più brillante rispetto al Sole.

Achernar è caratterizzata da un'elevata velocità di rotazione, tanto che presenta un diametro equatoriale maggiore del 50%

rispetto ai poli. È la stella *meno sferica* oggi conosciuta, e si suppone che per produrre questo schiacciamento essa debba ruotare a circa 225km/s, con conseguente perdita di materiale, velocità considerata prossima a quella critica di rottura.

**Achille** Asteroide appartenente alla famiglia dei **troiani** troiano, il primo di questa ad essere scoperto da **M. Wolf** nel 1906. Ha un diametro di circa 147 km ed un' **albedo** = 0,0328.

**Acidalia planitia** Area scura situata nell'emisfero Nord di Marte fra un vulcano (Tharsis) e le terre chiamate *Arabia*, poco a Nord della *Valles Marineris*. Il nome «Acidalia» deriva dal particolare tipo di **albedo** come descritto da **G. V. Schiapparelli** nelle sue mappe.

La pianura contiene la famosa regione Cydonia, una regione che tanto ha attratto l'attenzione per via di alcune formazioni rocciose che sembrano raffigurare un volto umano e alcune costruzioni (presunte) piramidali accanto presenti.

**acondriti** Meteorite rocciosa appartenente alla famiglia delle **aeroliti**, meteoroidi litoidi con densità media di 3,4 g/cm<sup>3</sup>, caratterizzate dall'assenza dei **condruli** (granelli) presenti invece nelle **condriti**.

Meno frequenti delle condriti, rappresentano meno del 3% delle meteoriti raccolte, le acondriti sono costituite di minerali simili a quelli raccolte in molte rocce terrestri, con abbondanza prevalente di calcio ed assoluta assenza di metallodi, con una netta somiglianza con le rocce di provenienza vulcanica. Le acondriti si dividono nelle categorie seguenti:

**angriti** di cui esiste un solo esemplare composto dall'augite, un silicato;

**aubriti** simili alle condriti con un basso tasso ferroso: si ipotizza che la loro origine provenga dalla più interna fascia asteroidale;

**ureiliti** rare meteoriti con granuli con modesta presenza di carbonio, circa il 2 %;

**HED** sigla che deriva dalle iniziali di tre gruppi di meteoriti cui la subfamiglia fa riferimento: *Howarditi*, *Eucriti*, *Dio-geniti*. Le Eucriti hanno composizione simile ai basalti terrestri, le Diogeniti ai cumulati pirossenici, le Howarditi da più gruppi petrosi. Per questo gruppo meteoroidale si suppone una origine *spaziale* coincidente con **Vesta**, il terzo asteroide per dimensioni, le cui osservazioni prima telescopiche e poi spaziali hanno evidenziato una decisa relazione fra questo tipo di acondriti e l'asteroide;

**SNC** sigla che deriva dalle iniziali dei gruppi di meteoriti cui la subfamiglia fa riferimento: *Shergottiti*, *Nakhliti*, *Chassigniti*, nomi che derivano dalle località in cui sono stati trovati: Shergathi in India, Nakhla in Egitto e Chassigny in Francia. Si suppone siano il frutto di qualche eruzione vulcanica in epoca non eccessivamente remota, non oltre 1,4 miliardi di anni, questa l'età massima della loro cristallizzazione, ed alcune di queste non superano i 180 milioni di anni, indizi che propendono per un'origine marziana la cui attività vulcanica era presente a quelle età. Appartiene a queste la meteorite **ALH84001**.

**Acquaridi** → **Aquaridi**.

**Acquaviva delle fonti, osservatorio** Osservatorio astronomico gestito dalla locale associazione di Acquaviva delle Fonti (Bari), che ospita uno strumento multiplo costruito da un riflettore da 400 mm, una camera Baker-Schmidt da 200 mm, ed un rifrattore da 150 mm.

**Acraman, cratere** Cratere d'impatto situato nel Sud dell'Australia la cui età si fa risalire a circa 580 milioni d'anni fa, scoperto sul finire degli anni ottanta da G. E. Williams[341] a seguito di ricognizioni satellitari; i risultati delle ricerche furono pubblicati nel 1986.

Il cerchio di depressione raggiunge attualmente i 20 km di diametro, misura sufficiente per porlo fra i più rilevanti crateri d'impatto terrestri, ma data l'anzianità del cratere, si reputa che le dimensioni originarie potessero essere notevolmente più grandi, 50 km o addirittura 80 km, sino ad interessare al momento d'impatto una zona di circa 150 km. Residuo dell'impatto è il lago omonimo al centro della zona interessata di circa 20 km di diametro.

L'età del cratere è stata stimata dalla dispersione tutt'attorno del materiale depositatosi a seguito della collisione, e l'evidenza di un impatto asteroidale è fornita oltre che dalla presenza di materiale disposto attorno al cratere, dalla presenza delle cosiddette **shatter cones**, classico indice rivelatore della presenza di rocce fuse rinvenute anche nelle isole oltre la costa.

**acromatico** Aggettivazione di un sistema ottico ideale e teorico assente da **aberrazione ottica** cromatica che può essere solo ridotta, mai tutto eliminata

Un sistema acromatico ideale consente di focalizzare in uno stesso punto focale due diverse lunghezze d'onda (due diversi colori). In ottica ci si avvicina al risultato ideale accoppiando vetri di diversi differenti coefficienti di dispersione (Flint e Crown), realizzando un doppietto acromatico. Se il sistema ottico riesce ad avvicinarsi a tre diverse lunghezze d'onda il sistema si dice **apocromatico**.

**acromatismo**

**acronica, levata** Dal greco ἀκρόνυχος, che sorge sul far della notte: riferito ad una stella ne indica il primo sorgere all'orizzonte Est appena dopo il tramonto del Sole (Ovest), quando la stella diviene visibile al diminuire della luminosità del cielo. Gli eventi eliaci cui la levata acronica appartiene, erano correntemente osservati presso le popolazioni antiche, assai più degli eventi → **anacronici** in quanto il margine d'errore che poteva essere raggiunto mediante l'osservazione visuale era consistentemente più elevato rispetto a quello dei fenomeni eliaci.

**acronico, tramonto** Il termine riferito ad una stella indica l'ultimo giorno di visibilità ad occhio nudo di un oggetto poco prima del suo tramonto all'orizzonte Ovest appena prima del sorgere dell'alba.

**acronittico** Dal greco ἀκρονύκτικος, del principio della notte. Il termine indica il sorgere o tramontare di un astro mentre il Sole tramonta.

**Acrux ( $\alpha$  Crucis)** Sistema stellare triplo dell'emisfero australe appartenente alla costellazione della Croce del Sud (Crux Australis) osservabile sino a 2500 anni fa (precessione degli equinozi) anche nelle regioni mediterranee, tanto che era parte della costellazione del **Centaurus**. Attualmente dall'emisfero boreale è osservabile solo a basse latitudine: sotto il 25° parallelo.

Del sistema due componenti ( $\alpha^1$   $\alpha^2$ ) sono agevolmente separabili anche con strumenti di piccole-medie dimensioni, ed appartengono alla classe spettrale B;  $\alpha^1$  è una binarie spettroscopica: → **binarie**. La magnitudine apparente del sistema è 0,83.

Acrux ed Acubens, dati e caratteristiche all'equinozio 2000							
Acrux							
$\varphi$	12h 26min 35,89s	$\delta$	-63° 05' 56,73"	$M_{ap}$	0,77	$M_{as}$	- 4,14
$C_s$	B1V			B-V			- 0,24
$\pi$	10,17 $\pm$ 0,67 <sub>M</sub>	$l_y$	320 $\pm$ 20	M			2
Design.: HR 4730, HD 108248, SAO 251904, FK5 462, HIP 60718							
Acubens							
$\varphi$	08h 58min 29,22s	$\delta$	+11° 51' 27,72"	$M_{ap}$	4,20	$M_{as}$	0,6
$C_s$	A5m	U - B	0,15	B-V			0,14
$\pi$	18,79 $\pm$ 0,99 <sub>M</sub>	$l_y$	174 $\pm$ 9	M			14 $\pm$ 4
Design.: HR 3572, HD 76576, SAO 98267, FK5 337, HIP 44066							

**Acubens ( $\alpha$  Cancri)** Sistema stellare triplo nell'emisfero boreale appartenente alla costellazione del Cancro (**Cancer**): il nome deriva dall'arabo, e vuol dire «pinza», essendo una delle chele del granchio nella raffigurazione della costellazione.

La stella principale (Acubens A) ha una compagna da cui è separata da un minimo valore angolare 0,1", mentre la terza componente si trova ad 11" di separazione angolare.

**Adams John Couch** (1819 - 1892) Astronomo e matematico inglese passato alla storia per aver predetto l'esistenza del pianeta Nettuno matematicamente supposta da anomalie orbitali di Urano che non poneva il moto del pianeta in accordo con le leggi di  $\rightarrow$  **Keplero** e **Newton**. Analoghi calcoli tesi a localizzare il nuovo pianeta venivano effettuati in quel periodo da **U. Le Verrier** e **J. G. Galle**, il quale ultimo scoprì poi il pianeta il 23 settembre 1846 alla distanza di 12° dalla posizione calcolata da Adams, e solo 1° da quella indicata dal Le Verrier che fu pertanto considerato lo scopritore ufficiale del pianeta. Gli inglesi, che ovviamente elevarono una formale protesta, concessero per questo ad Adams nel 1866 la medaglia della Royal Astronomical Society.

Adams fu un valente matematico ed ideò un metodo d'integrazione per le equazioni differenziali. Condivide con **W. Sydney Adams** ed un altro astronomo dallo stesso cognome l'intitolazione di un cratere sulla Luna.

A J Adams è dedicato il nome un anello di Nettuno ed un asteroide.

**Adams Walter Sydney** (1876 - 1956) Astronomo americano nato nel nord della Siria da genitori missionari lì emigrati.

Lavorò dal 1901 al 1904 all'osservatorio di **Yerkes** fin quando non fu chiamato da **G. H. Hale** all'osservatorio di Monte **Wilson** dove lavorò dapprima con il 60 pollici, quindi col 100 pollici. In seguito, quando Hale si ritirò, Adams divenne direttore dell'osservatorio.

La frequentazione con Hale lo introdusse all'utilizzo delle tecniche fotografiche, di cui fu un pioniere, ed allo studio degli spettri solari, conoscenze che gli permisero di dedicarsi al campo stellare in cui si sentiva più votato effettuando oltre 8000 misure, scoprendo che la magnitudine assoluta di una stella può essere dedotta dalla relativa intensità di alcune linee sugli spettri fotografici, e scoprendo che il metodo spettroscopico può essere utilizzato per determinare le distanze stellari. Gli studi spettrali, da lui condotti quasi da solo, costituirono un tassello importante nella comprensione della struttura galattica dell'universo e in specie delle stelle giganti e nane.

Condusse anche ricerche sui pianeti individuando il diossido di carbonio nell'atmosfera di Venere, ed importanti furono gli suoi studi su  $\alpha$  **Orionis**, sulle molecole presenti negli ammassi interstellari e nell'identificazione di **B** come nana bianca: in questo

caso gli studi sul **redshift** gravitazionale della stella portarono una conferma della teoria della relatività.

A W. Adams sono intitolati un cratere su Marte, un asteroide, e un cratere sulla Luna.

**adattatore** Supporto meccanico usato nei telescopi per raccordare fra loro sezioni di diverso diametro come oculari, CCD,...

**adattiva, ottica**  $\rightarrow$  **ottica adattiva**.

**ADC** Acronimo di  $\rightarrow$  **Astronomical Data Center**.

**Adelardo di Bath** (1080 - 1160) Filosofo naturalista inglese che cercò di avvicinarsi alla scienza.

Fino al 1105 compì diversi viaggi in Francia ed in Italia; nel 1106 tornò alla natia Bath dove compose quella che fu probabilmente la sua prima opera, le *Regulae Abaci*, un trattato sull'uso dell'abaco, e poco dopo il *De eodem et diverso* in cui sostanzialmente affronta ancora il tema della precedente opera. Intorno al 1109 ricominciò a viaggiare, vistando di nuovo l'Italia, quindi la Spagna, l'Africa del Nord, ed Antiochia. Il ritorno in Inghilterra avvenne attorno al 1116. Risale a quest'anno l'inizio del suo lavoro più rilevante fra quelli originali, le *Quaestiones naturales*, un lavoro scritto in forma piana dove, in un immaginario colloquio con un nipote che gli pone 76 domande, cerca di spiegare i principali fenomeni naturali: «cosa provoca le maree?», «perché il mare è salato?», «come fa il globo ad essere sostenuto dall'aria?»,... In quest'opera – fra l'altro – solleva il problema della forma della Terra assumendo che sia tonda. Le *Quaestiones* rivelano perché il genere di domande che Adelardo retoricamente si pone testimoniano di un pallido interesse investigativo che tenta di affacciarsi. Successivamente, cambiando totalmente genere, compone il *De cura accipitrum*, un libro sui falchi e la falconeria dimostrando notevoli conoscenze in materia.

Adelardo è comunque ricordato soprattutto per le sue traduzioni dall'arabo che per i propri lavori. Fu il primo in Occidente dopo svariati secoli a tradurre dall'arabo i libri della geometria di Euclide, un lavoro che fu a base di tutte le edizioni europee fino al 1533, e le *Tavole astronomiche* di **al-Khwarizmi**, opera che presenta un grande valore essendo andato perduto l'originale. Cambiando genere Adelardo si dedicò poi all'astrologia ed alla composizione degli oroscopi, tornando però ancora alla scienza con il *De opere astrolapsus*, un trattato sull'astrolabio.

Considerato uno dei più grandi matematici della sua epoca, fu l'ideatore di un sistema di contare con le dita, a dimostrazione questo in quale stato penoso fosse la matematica a quell'epoca. A lui va comunque riconosciuto il merito di aver reintrodotta la geometria euclidea in Europa e – soprattutto – la numerazione araba e l'uso dello zero.

La tendenza a considerare Adelardo il primo scienziato inglese è forte nella sua terra sempre desiderosa di primati, ma nel suo lavoro non c'è nulla di scientifico. Adelardo si muove sempre ai limiti della scienza con una chiara propensione verso il platonismo, incapace di varcare, e sarà ancora così per lungo tempo e per molti, la soglia della conoscenza rifuggendo dalle superstizioni e dall'indimostrato vissuto ancora come dogma sulla falsariga di una mal intesa tradizione.

**Adhara ( $\epsilon$  Canis Major)** Nota come Adharaz, la stella è in realtà un sistema doppio della costellazione del **Canis Major**, la seconda per luminosità all'interno della costellazione dopo **Sirio**; il nome arabo significa *le vergini*.

La stella principale ha una magnitudine apparente di 1,5, la compagna di 7,8 quindi in teoria facilmente risolvibile se non fosse per la luminosità della stella principale che la rende difficilmente

Adhara, dati e caratteristiche all'equinozio 2000							
$\varphi$	06h 58min 37,6s	$\delta$	-28° 58' 19"	$M_{ap}$	+ 1,51	$M_{as}$	- 4,11
$C_s$	B2	U-B	- 0,21	B-V	- 0,13		
$\pi$	$7,57 \pm 0,57_M$	ly	$430 \pm 30$	M		10	
Design.: HR 2618, HD 52089, SAO 172876, FK5 268, HIP 33579							

distinguibile specie in strumenti commerciali con piccolo potere di separazione.

La magnitudine della stella principale varia fra valori di 1,49 magnitudini ed 1,53 magnitudini, il che fa supporre che ci sia un'ulteriore compagna, ma il periodo lungo ed anomalo di oscillazione (cinque settimane) può anche indicare l'esistenza di un sistema multiplo. Adhara è una gigante blu assai instabile, sospettata di poter esplodere in una supernova.

**adiabatico** Termine proprio della termodinamica con il quale s'intende un sistema chiuso che con l'ambiente esterno può scambiare soltanto lavoro, non calore o materia. In astronomia si ricorre ai sistemi adiabatici per cercare di spiegare i meccanismi dei gas delle stelle e dei pianeti.

**Adonis** Asteroide Apollo scoperto nel 1936 dal belga E. Delporte: riavvistato nel 1977 prese il numero d'ordine 2101. Appartiene agli asteroidi denominati  $\rightarrow$  NEAR ed ha dimensioni abbastanza ridotte, 600 m di diametro, un'albedo compresa fra 0,20 e 0,04, ed una magnitudine assoluta di 18,7.

**Adrasto di Afrodizia** (II sec. d.C.) Filosofo peripatetico a capo della scuola di Aristotele nella prima metà del II secolo. In campo astronomico sposò, a quanto sembra senza approfondirla, l'ipotesi che un pianeta descriva un epiciclo il cui centro percorra un cerchio concentrico al mondo.

**adroni** Dal greco  $\alpha\delta\rho\acute{o}\varsigma$  (forte; particella subatomica che interagisce solo con la forza forte. Finora sono state osservate solo le particelle costituite da due o tre **quark**: l'adrone costituito da tre quark è detto barione, se da tre antiquark è detto antibarione.

**adroni, era degli**

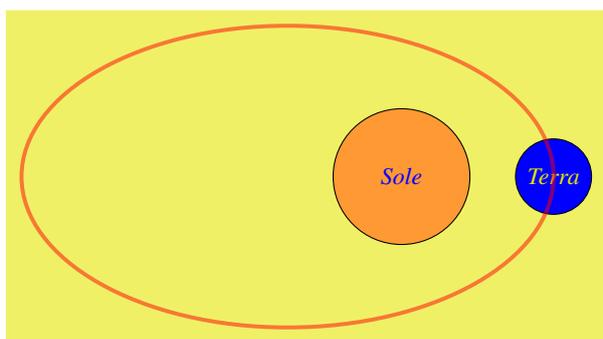
**ADS** Acronimo di *Astrophysics Data System*, progetto della NASA che gestisce database bibliografici relativi ad argomenti di astronomia, astrofisica e fisica. Gli articoli sono presenti in genere nella forma degli *abstract*, ma per diversi è presente anche il testo completo dell'articolo.

**aequatorium** Anrico dispositivo per calcolare le longitudini del Sole, della Luna, dei pianeti e per prevedere le eclissi costruito dal monaco inglese  $\rightarrow$  R. Wallingford e dallo stesso chiamato *Albion*. A questo strumento Wallingford dedicò l'opera *Tractatus Albionis*.

**aeroliti** Meteorite litoide composto da magnesio e silicati di ferro; si distinguono in **condriti** e **accondriti**.

**aeronomia** Branchia della geofisica che s'occupa dei fenomeni chimici e fisici dell'atmosfera terrestre che si verificano ad oltre 30 km dal suolo (oltre la  $\rightarrow$  troposfera e la **mesosfera**) studiandone le proprietà e le reazioni alle radiazioni cosmiche.

**Aezio di Amida** (V - VI sec. d.C.) Filosofo naturalista e medico bizantino di cui si hanno scarsissime notizie. Ebbe fama di grande erudito, ed a lui si devono molte notizie su astronomi e matematici dell'antichità.



▲ Orbita della Terra (supposta al perielio) attorno al Sole

**Adrastea** Luna interna di Giove scoperta dalle sonde **Voyager (I)** nel 1979. È uno dei più piccoli satelliti di Giove, con un'albedo bassissima 0,05 e magnitudine 19,1.

**Advanced Composition Explorer** Sonda lanciata dalla NASA nell'agosto del 1997 destinata allo studio delle abbondanze cosmiche, della corona solare, del mezzo interplanetario

**afelio** Dal greco  $\alpha\phi\eta\lambda\iota\omicron\nu$ , parola composta da  $\alpha\pi\omicron$  e  $\eta\lambda\iota\omicron\varsigma$  (lontano dal Sole). Il termine indica lungo l'orbita il punto di massima distanza di un corpo del sistema solare dal Sole: il corpo può essere un pianeta un asteroide, una cometa, un satellite artificiale. Quando la distanza sull'orbita è invece minima, il punto di minor distanza dal Sole prende il nome di perielio, dal greco  $\pi\epsilon\pi\epsilon\iota$  ed  $\eta\lambda\iota\omicron\varsigma$  (intorno al Sole). La linea immaginaria che congiunge afelio e perielio è detta linea degli **apsidi**.

Nel caso in cui il corpo orbitante non sia un pianeta o un asteroide o una cometa ma una stella come si verifica nei sistemi multipli, sovente si usano gli stessi termini (afelio e perielio) per indicare la massima e la minima distanza dal corpo principale, ma a rigore dovrebbe parlarsi in questo caso di **apoastro** e **periastro**. Si il corpo (luna, satellite, ecc.) orbita attorno al nostro pianeta i due termini corrispondenti divengono **apogeo** e **perigeo**.

**AFOSC** Acronimo di *Asiago Faint Object Spectrographic Camera*, strumento realizzato dall'Osservatorio di Asiago sulla base dell'esperienza maturata assieme all'ESO.

Lo strumento comprende una camera **CCD** e uno spettrografo a bassa risoluzione.

**Agatarchide di Cnido** (II sec. a.C.) Retore storico e geografo di cui non si sa nulla, tranne che visse in Egitto alla corte di Tolomeo IV di cui fu consigliere.

Abbiamo notizie su di lui da Fozio, patriarca di Costantinopoli, secondo il quale avrebbe scritto 10 libri sull'Asia, e 49 sull'Europa, e soprattutto un lavoro *Sul mare Eritreo* di cui restano alcuni frammenti, troppo pochi per farsi un'idea del lavoro. Di rilevante interesse i passi di quest'opera in cui parla di fenomeni atmosferici come il miraggio che conosciamo per tradizione di Fozio e **Diodoro siculo**.

**Agena** ( $\beta$  Centauri) conosciuta anche come Hadar. Classe SPETTR. E MAGNITUDO

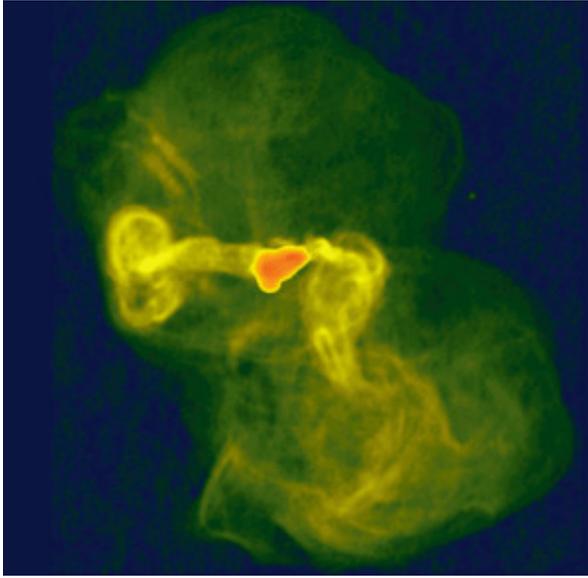
**Agena, razzo vettore** RAZZO americano.....

**Agenzia Spaziale Europea**  $\rightarrow$  ESA.

**Agenzia Spaziale Federale**

**Agenzia Spaziale Giapponese**

- ▼ Rappresentazione in falsi colori della galassia M87, immagine in radio alla lunghezza d'onda dei 90 cm ripresa con il **VLA**. Si evidenzia il nucleo attivo alimentato probabilmente da un buco nero; fonte *National radio Astronomy Observatory*, da F. Owen et al.



**Agenzia Spaziale Italiana**

**AGILE** → **Astro-rivelatore Gamma a Immagini Leggero**.

**AGK** cataloghi....

**Aglaonike**

**AGN** Acronimo di *Active Galactic Nuclei*, nuclei di galassie che mostrano luminosità e compattezza maggiore rispetto alle galassie ordinarie. Appartengono a questa classe le sorgenti più energetiche e dissipative conosciute fino ad ora nell'universo: → galassie di **Seyfert**, **radiogalassie**, **QSO**, oggetti **BL Lac** e **quasar**. I nuclei galattici attivi sono in sostanza immensi laboratori naturali in cui avvengono reazioni ad altissima energia difficilmente riproducibili sulla Terra almeno in un immediato futuro.

Le sorgenti elencate possono essere accomunate tra loro per l'emissione di radiazione non termica: la distribuzione spettrale di radiazione misurata di queste sorgenti è diversa dalle stelle e dalle galassie ordinarie. Queste sorgenti inoltre, eccetto le radiogalassie, sono caratterizzate da una estensione angolare incredibilmente compatta, assomigliante nelle fotografie ottenute alle stelle comuni sebbene si tratti in realtà di nuclei di galassie. Quest'ultima caratteristica ha reso difficile l'identificazione nell'ottico, e solamente con le prime osservazioni in radio se ne è compresa la vera natura grazie alla intensa emissione alle radiofrequenze.

- *Le galassie di Seyfert*
- *Le Radiogalassie*
- *I Quasars*
- *Oggetti BL Lacertae*
- *Modello standard e unificazione degli AGN*

■ *Le galassie di Seyfert*. Storicamente le galassie di Seyfert costituiscono le prime sorgenti scoperte dotate di un nucleo attivo. Generalmente sono galassie a spirale o irregolari, ma il loro nucleo è molto brillante, con un bulbo talmente intenso da dominare tutta l'immagine ottica e da far sembrare, a prima vista, un tale oggetto non una galassia ma piuttosto una stella.

La loro caratteristica più importante è costituita dalla presenza nello spettro ottico di righe in emissione molto forte. In particolare è possibile identificare righe relativamente larghe, che se spiegate con effetto Doppler comportano una velocità del gas fino a migliaia di km/s, e righe più strette, con velocità dell'ordine delle centinaia di km/s.

Dallo studio dell'intensità delle varie righe spettrali e, in particolare, delle cosiddette righe proibite (OIII,...), si riesce ad avere indicazioni sulla densità del gas da cui vengono emesse le righe e quindi, in ultima analisi, delle relative dimensioni di queste regioni di intensa emissione.

Un altro aspetto particolarmente interessante mostrato dalle galassie di Seyfert è costituito dal fatto che tutti gli studi effettuati sul continuo ionizzante emesso nella regione centrale indicano una distribuzione che non può essere descritta complessivamente come di origine termica e che, invece, è ben approssimata da una legge di potenza.

L'emissione di radiazione ionizzante estremamente energetica, di origine non termica e proveniente da un nucleo estremamente compatto è stato uno dei primi enigmi che ha portato al modello standard del buco nero con disco di accrescimento e getto.

Le galassie di Seyfert vengono suddivise in Seyfert 1, con righe di emissione sia larghe che strette, oppure in Seyfert 2, con righe di emissione solo strette.

La differenza tra queste due classi e le classi intermedie può essere spiegata con un effetto di orientamento rispetto alla linea di vista dell'osservatore: assumendo che nel nucleo centrale di queste galassie ci sia una intensa sorgente di radiazione ionizzante ed una struttura toroidale di gas e polvere che la circonda (generalmente identificata con un disco di accrescimento), allora è possibile che la regione di emissione delle righe larghe (la BLR), più vicina al nucleo, sia osservabile solo se è non oscurata da questo strato di polvere, mentre la regione di emissione delle righe strette (la NLR) è visibile a qualsiasi angolazione perché più distante dal nucleo: [227]. La presenza contemporanea di una struttura toroidale e di un nucleo estremamente compatto e brillante ha come interpretazione quasi unanime la presenza di un grande buco nero ruotante circondato da un disco di accrescimento di materia.

Le galassie di Seyfert emettono anche nel radio, anche se non sono sorgenti molto intense, avendo una luminosità massima ad 1 GHz, pari a circa  $10^{25} \text{WHz}^{-1}$ .

Se consideriamo il grafico in scala logaritmica della distribuzione di potenza emessa ( $F_\nu \nu$ ) in funzione della frequenza ( $\nu$ ), si può notare che la maggiore emissione avviene nella regione che va dall'IR all'UV [52].

La potenza irradiata nella regione radio è decisamente inferiore a quella emessa dai quasars, ma è comunque più intensa rispetto alle galassie ordinarie. La maggioranza di questi oggetti ha uno spettro radio che cresce all'aumentare della frequenza, cioè con pendenza spettrale  $\alpha$  ( $F_\nu \propto \nu^\alpha$ ) compresa tra -1.1 e -0.4. Nella regione dell'IR c'è generalmente un massimo relativo nella potenza emessa, seguito da un massimo ancora più intenso nell'UV, il cosiddetto *blue bump*. Il minimo relativo presente nella regione intermedia (generalmente 1 mm) è particolarmente evidente nelle galassie di Seyfert più brillanti:[202].

Continuando nell'analisi della distribuzione spettrale di potenza emessa dalle galassie di Seyfert, è possibile notare come a seguito del *blue bump* sia presente un ulteriore contributo molto importante alle alte energie.

Le recenti osservazioni di → **ROSAT**, **ASCA**, **OSSE**, **COMPTEL** ed **EGRET** mostrano che il contributo dei raggi X può essere descritto da una legge di potenza con  $\alpha = 0,7$  per le Seyfert 1. Anche in questa banda si può verificare una notevole

variabilità nella luminosità di queste sorgenti e recentemente sono state prodotte numerose campagne osservative in multifrequenza per verificare la fenomenologia di alcune delle galassie di Seyfert con maggiore variabilità.

Lo spettro nei raggi X delle galassie di Seyfert 1 nell'intervallo 2-18 keV mostrano una componente intrinseca descrivibile come legge di potenza con  $\alpha = 0.9 - 1.0$ , sovrapposta ad una ulteriore componente che può essere spiegata come riflessione, e riprocessione, della componente primaria con uno strato di materia fredda ed opaca: [219]; questo tipo di distribuzione ha un taglio che mediamente si trova ad energie pari a qualche centinaia di keV: [351].

Tali evidenze osservative possono essere spiegate ipotizzando un alone di gas caldo che avvolge e sovrasta il disco di accrescimento come una corona solare; la radiazione UV prodotta dal disco e sorgente del *blue bump* viene «comptonizzata» termicamente dal gas circostante e produce la componente primaria nei raggi X, mentre una parte dei raggi X emessi verso il disco viene reprocessata da quest'ultimo e giustificano la componente secondaria presente nello spettro: [131], [132], [299].

■ *Le Radiogalassie.* La successiva classe di galassie attive in ordine di scoperta è costituita dalle radiogalassie: intorno alla metà degli anni cinquanta le osservazioni con i primi radiotelescopi mostravano infatti la presenza di galassie con una forte emissione in questa banda dello spettro elettromagnetico, chiara evidenza della presenza di particelle ad alta energia e intensi campi magnetici. Già negli anni settanta le osservazioni interferometriche permettevano di distinguere strutturalmente due tipi di radiogalassie: quelle estese, dotate di spettro radio decrescente verso le basse frequenze, e quelle compatte, dotate di uno spettro radio pressoché costante. Mentre le prime erano generalmente costituite da lobi e getti di emissione radio estesi per centinaia di chilo parse rispetto alla zona centrale che costituisce la controparte ottica, le seconde erano entro i limiti di risoluzione disponibile praticamente oggetti puntiformi coincidenti con il nucleo della galassia.

All'aumentare della risoluzione radio è stato possibile distinguere ulteriormente la morfologia delle radiogalassie estese: queste possono apparire con lobi diffusi e a pennacchio, con una coppia di getti più brillanti in prossimità del nucleo (FR II), oppure radiogalassie con due ampi lobi con simmetria bilaterale rispetto al centro e deboli getti ben collimati (FR I). Più spesso nelle FR I è visibile un solo getto che termina in un *hotspot* brillante. A questa distinzione morfologica corrisponde anche una differenza nel livello di emissione radio totale: le FR I sono infatti relativamente meno potenti delle FR II e si considera come valore discriminatorio tra le due classi la potenza complessiva emessa alla frequenza di 178 MHz:  $P_{178\text{MHz}} = 5 \times 10^{25} \text{ WHz}^{-1}$ : [102]. Le osservazioni VLBI, con risoluzione dell'ordine dei m.a.s., hanno permesso di fare maggior luce anche nella struttura delle radiogalassie con nucleo compatto. Ciò che si conclude da queste recenti analisi è che tutte le radio galassie con luminosità ad 1 GHz maggiore di  $10^{25} \text{ WHz}^{-1}$  possiedono sia un nucleo con spettro piatto, sia e getti e lobi con spettro ripido, se osservate con l'intervallo dinamico, la risoluzione angolare e la sensibilità strumentale richieste. Appare logico a questo punto supporre che sono diverse condizioni fisiche e diverse orientazioni rispetto all'osservatore a determinare la preminenza relativa degli elementi strutturali: [218].

Comunque sia, è abbastanza unanime l'impressione che la sorgente energetica che alimenta queste sorgenti sia da ricercarsi nel piccolo nucleo, che trasmette ai lobi energia e quantità di moto tramite il getto di plasma ben collimato. Qualche meccanismo di oscuramento, che potrebbe essere assimilato al toro di

polvere previsto nelle galassie di Seyfert, deve essere il motivo per cui nel radio appare decisamente più intensa l'emissione proveniente dai lobi.

Le radiogalassie nell'ottico appaiono generalmente simili alle galassie ordinarie, con emissione di tipo stellare e abbastanza brillanti. Però ad un'analisi spettroscopica più dettagliata nella regione del nucleo si può notare l'emissione di righe strette (*Narrow Line Radio Galaxies*) o anche di righe larghe (*Broad Line Radio Galaxies*). Inoltre alcune radiogalassie hanno nuclei molto più brillanti e compatti del solito, ed inizialmente erano chiamate galassie «N».

La massima luminosità radio (ad 1 GHz) delle radiogalassie può essere dell'ordine di  $10^{29} \text{ WHz}^{-1}$ . La distribuzione del continuo è abbastanza simile a quella delle galassie di Seyfert, però con una minore emissione alle alte energie.

■ *I Quasars.* Nei primi anni sessanta del secolo passato si cominciarono ad osservare sorgenti radio molto brillanti e compatte dotate di una controparte ottica dall'apparenza stellare e con uno spettro ottico irriconoscibile.

Queste sorgenti vennero ben presto chiamate quasars: *QUAsi Stellar Astronomical Radio Sources*, ma in un primo momento vennero considerate come stelle molto peculiari.

Solo con l'importante scoperta di M. Schmidt nel 1963 si cominciò a fare luce su questi oggetti: egli infatti osservò che lo spettro della sorgente radio **3C 273** può essere interpretato alla luce di un notevole spostamento verso il rosso ( $\rightarrow$  **redshift**) delle righe in emissione. Quindi queste stelle apparenti erano in realtà oggetti extragalattici estremamente luminosi e compatti e l'aspetto apparentemente stellare era dovuto sia alla notevole distanza, che rendeva difficile l'identificazione dell'alone galattico, sia alla presenza di un nucleo molto brillante e compatto.

I quasars sono gli oggetti più brillanti conosciuti nell'universo, con forti righe di emissione e con una distribuzione del continuo essenzialmente non termica. Tutta la radiazione emessa può essere ben spiegata come radiazione di sincrotrone, eccetto un eccesso nell'UV (il *blue bump*) che è generalmente spiegato con l'emissione del disco di accrescimento, e un contributo nell'infrarosso, che può essere imputato alla radiazione emessa dal gas e dalla polvere della galassia riscaldata dalla sorgente centrale.

Oltre ai quasars che sono forti emettitori radio, nel 1965 si sono scoperti quasars radio quieti, ovvero oggetti dotati di tutte le caratteristiche ottiche dei quasars (grande luminosità, continuo non termico, righe di emissione, ecc.) ma che non sono altrettanto potenti emettitori radio. Questi oggetti vengono a volte definiti come QSO e sono considerati come la controparte al alta luminosità delle galassie di Seyfert 1: [215], [277].

Una sottoclasse dei quasars particolarmente interessante è costituita dai quasars OVV (*Optically Violent Variable*), ovvero da quasars estremamente variabili, con curve di luce in cui ci sono variazioni nell'intensità luminosa superiori ad una magnitudine in una scala temporale di pochi giorni. Queste sorgenti sono estremamente compatte e, se il loro nucleo è risolvibile con il VLBI, mostrano getti con nodi di emissione che si propagano all'esterno con velocità apparente spesso superiore a quella della luce. Le recenti osservazioni gamma del CGRO indicano inoltre che molti quasars OVV sono anche estremamente brillanti alle alte energie.

■ *Oggetti BL Lacertae.* Questa classe di oggetti prende il nome dalla stella BL Lacertae (2200+420), scoperta come sorgente variabile da C. Hoffmeister (1929) e identificata solo molto più tardi come sorgente extragalattica.

In effetti è a partire dalla breve nota di Dupuy e Schmitt del 1969 [97] che si può identificare BL Lac come la controparte

ottica della radiosorgente variabile VRO 42.22.01 scoperta da J. MacLeod e B. Andrew [185]. Ben presto molti autori ([298]) hanno notato le inusuali caratteristiche di questa sorgente e le hanno accomunate con quelle di altri oggetti via via scoperti con l'identificazione di sorgenti radio variabili e compatte. Strittmatter et al. [303] sono stati i primi a definire la classe degli oggetti BL Lac e, da allora, si contano più di 200 sorgenti che possono essere inseriti in tale classificazione: [230], [231].

La variabilità è una delle più note caratteristiche degli oggetti BL Lacertae e costituisce spesso l'elemento distintivo per antonomasia. In effetti in questi oggetti sono state osservate rapide ed intense variazioni in tutte le bande spettrali, dal radio al g, e per questo motivo si sono avviate campagne osservative per cercare di capire il meccanismo di emissione in grado di subire variazioni così repentine in tempi scala estremamente compatti. Poiché gli oggetti BL Lac sono pressoché privi di linee spettrali, la distribuzione di flusso rispetto all'asse delle frequenze mostra solamente un continuo che si estende dal radio al gamma con poche caratteristiche di rilievo. Osservando un tipico spettro multifrequenza di un oggetto BL Lac si osserva una distribuzione essenzialmente piatta nel radio, con  $-0,5 < \alpha < +0,5$ , dove  $F_\nu \propto \nu^\alpha$ . Tale spettro poi scende gradualmente ( $\alpha = -0,5$ ) dal radio alle regioni del millimetrico, submillimetrico e infrarosso, per poi scendere con maggiore rapidità ( $\alpha = -1,0$ ) nell'ottico, ultravioletto e regione X.

Maggiori dettagli possono essere notati quando viene graficata la potenza di emissione ( $F_\nu - \nu$ ) in funzione delle frequenze, in scala logaritmica. In particolare si vede subito che la regione del radio contiene solo una frazione della potenza complessiva emessa e il picco nella distribuzione di potenza cade generalmente nella regione compresa tra l'infrarosso all'ultravioletto avanzato.

Dopo questa regione di picco, la potenza emessa declina fino ad una regione generalmente compresa nell'X; di seguito c'è una inversione di tendenza che porta ad un nuovo massimo nella potenza emessa che coincide generalmente all'interno della regione gamma. Quest'ultima è una delle più importanti scoperte avvenute a seguito delle osservazioni di EGRET, a bordo del CGRO. In particolare molti oggetti BL Lac e quasars OVV hanno proprio il massimo assoluto di potenza emessa nel gamma (quali, per esempio, Mrk 421 e 3C 279) ribaltando tutte le congetture teoriche fatte fino a pochi anni fa.

La distribuzione del continuo mostra una grande quantità di informazioni utilissime nel confrontare i vari AGN tra di loro e per capire i meccanismi di emissione. Quello che si evince dalle osservazioni è la sostanziale similitudine tra la distribuzione dei quasars radio forti e degli oggetti BL Lacertae, con unica eccezione della regione che va dall'ottico all'ultravioletto. In particolare la scoperta del *blue bump* è stata accolta sin dall'inizio come una delle più importanti evidenze osservative a favore del modello di buco nero con disco di accrescimento come motore centrale degli AGN (vedi Rees 1984).

La principale proprietà mostrata dagli studi di polarizzazione negli oggetti BL Lacertae si è subito rivelata la variabilità, in grado di aggiungere copiose informazioni nello studio di questi oggetti. Tali variazioni possono essere anche molto intense e si presentano un po' in tutte le scale temporali, da poche ore in poi; in particolare alcuni oggetti hanno superato abbondantemente in alcuni periodi intensità di polarizzazione del 30% e livelli del 20% sono molto comuni. D'altra parte esistono molti altri oggetti che mostrano una polarizzazione ben inferiore a questi valori limite, oppure oggetti che alternano periodi di relativa calma con periodi di maggiore attività.

■ *Modello standard e unificazione degli AGN.* Da questa panoramica fenomenologica, ricomponendo le informazioni acquisite nelle varie bande dello spettro elettromagnetico, possiamo avere indicazioni sul fenomeno fisico che sta alla base degli AGN, nell'ipotesi, per il momento ragionevole, che tutte le varie classi di oggetti siano manifestazioni diverse di un'unica realtà.

Innanzitutto abbiamo visto che i **blazar** (una sottoclasse dei quasar e gli oggetti BL Lac) emettono una luminosità superiore a quella emessa da una galassia ordinaria ma con dimensioni paragonabili a quelle del sistema solare. Questo già di per sé implica un meccanismo di emissione estremamente efficiente che difficilmente può essere costituito dai processi nucleari che agiscono all'interno delle stelle. Inoltre abbiamo visto come questi oggetti possano essere accomunati morfologicamente con le radiogalassie se ipotizziamo che il getto proveniente dal nucleo sia rivolto verso di noi; dalle osservazioni di queste ultime possiamo stimare che tale getto sia ben collimato e stabile per lo meno in una scala temporale dell'ordine di 107-108 anni e che sia costituito da un plasma altamente energetico costituito per lo meno da elettroni relativistici. L'emissione di sincrotrone che tale getto provocherebbe ha proprio le caratteristiche di polarizzazione, distribuzione spettrale e di potenziale variabilità osservata nei blazar; cfr.: [44], [43].

In questo modello, pur approssimativo, ci sono notevoli elementi interessanti e, in particolare, la possibilità di accomunare con un unico meccanismo tutti i diversi AGN. Esistono ovviamente diversi modelli di unificazione degli AGN, e senza descriverli in dettaglio uno per uno si vedano, ad esempio, [172], [51]); comunque dal punto di vista strutturale sono almeno trent'anni che c'è unanime consenso nel descrivere fenomenologicamente quale dovrebbe essere la struttura di tutti gli AGN: il cosiddetto modello standard.

In tale modello si ritiene che ci sia una intensa sorgente centrale circondata da un disco (o toro) di polvere e gas otticamente denso. Dal nucleo si estendono due getti simmetrici di plasma altamente ionizzato che interagiscono con il mezzo circostante per formare le regioni estese di emissione radio. Allo stesso tempo l'intensa radiazione proveniente dal nucleo è in grado di ionizzare le regioni di gas circostante (*Broad Lines Regions* e *Narrow Lines Regions*) e, quindi, di produrre intense righe di emissione larghe e strette. In questo scenario la struttura del continuo può essere pensata come costituita da: la radiazione di sincrotrone emessa dai getti, l'emissione termica del disco di accrescimento e l'emissione termica del mezzo circostante.

Nell'ambito del modello standard le diverse classificazioni esistenti all'interno degli AGN vengono opportunamente ricondotte a diverse combinazioni nello spazio parametrico. Comunque i parametri essenziali sono riconducibili a tre caratteristiche macroscopiche: la potenza dei getti, l'orientamento del getto rispetto all'angolo di vista e la struttura della galassia ospite. In questo scenario una grande rilevanza è costituita proprio dall'orientamento del getto rispetto all'osservatore: per esempio si può ragionevolmente supporre che i quasars non siano altro che potenti radio galassie introducendo la semplice ipotesi che le loro caratteristiche estreme siano dovute alla osservazione diretta del getto. Allo stesso modo si può ipotizzare l'unificazione tra QSO (i cosiddetti quasars radio deboli), galassie di Seyfert 2 (con righe di emissione larghe e strette) e galassie di Seyfert 1 (con righe di emissione strette), supponendo che siano costituite da un unico oggetto osservato ad angoli rispettivamente crescenti rispetto all'asse dei getti: [216], [277].

Le due diverse branche possono essere poi ricondotte alla differenza nella galassia ospite: una galassia ellittica per gli oggetti radio intensi (radiogalassie e quasars) ed una galassia a spirale

- ▼ Airglow fotografato da R. Montaignut all'osservatorio di Pic du Midi nella notte fra il 7 e l'8 agosto 2010



per gli oggetti radio deboli (QSO e Seyferts).

Gli oggetti BL Lacertae nell'ambito del modello standard costituirebbero, insieme con alcune sottoclassi dei quasars, le sorgenti con il getto orientato proprio in direzione dell'osservatore. Secondo questo modello l'effetto di focheggiamento relativistico è tale da intensificare la radiazione di sincrotrone emessa del getto stesso e, quindi, è possibile interpretare la maggior parte delle evidenze osservative di queste sorgenti.

In questo contesto non è molto chiaro ciò che può distinguere i quasars più compatti rispetto agli oggetti BL Lacertae e, anche per questo motivo, molto spesso si tendono a raggruppare queste sorgenti in un'unica classe.

Le differenze fenomenologiche sono in realtà da attribuirsi a parametri diversi, quali la potenza del getto e la densità di materia circostante. Recentemente è apparso un'interessante ipotesi per cui gli oggetti BL Lac sono la controparte delle radiogalassie poco luminose (le **Fanaroff-Riley I**) ([300], [236] mentre i quasars sono radiogalassie più luminose (le Fanaroff-Riley II) osservate in direzione del getto [229].

- Massimo Fiorucci

**airglow** Brillantezza nel cielo di luminescenza verdastra generalmente molto debole, che si verifica negli strati alti dell'atmosfera, originata dalla radiazione ultravioletta del Sole che per l'intensità emessa (nella giornata precedente) ha causato la ionizzazione di atomi di ossigeno. L'airglow appartiene alla famiglia dei **fenomeni ottici** di natura atmosferica, ed è abbastanza raro da osservare.

La confederazione elvetica ha costruito un minuscolo satellite lo *SwissCube* da destinare ad approfondire il meccanismo di formazione degli Airglow.

**Agpalik, meteorite** Meteorite scoperto nel 1963 in Groenlandia. Col suo peso di 20 tonnellate è uno dei più grandi ritrovati e fa parte del complesso dei meteoriti ritrovati a **Ahnighito**.

#### Ahnighito meteorite

**Airy George Biddell** (1801 - 1892)

#### Airy, disco

**Aitken Robert Grant** (1864 - 1951) Direttore dal 1930 al 1935 dell'osservatorio **Lick**, si dedicò per quasi tutta la vita all'osservazione delle stelle doppie, che sfociò nel *Catalogue of double stars* del 1932.

Il catalogo contiene valori di magnitudine e di separazione angolare per oltre 17000 stelle doppie, compresi i sistemi binari. Il contributo di R. Aitken fu fondamentale: da solo scoprì oltre 3000 stelle doppie e centinaia di sistemi binari.

- ▼ La costellazione del Toro nel catalogo stellare di al-Sufi



#### Akrab

**al-Battani Abu'Abdullah Muhammad ibn Jabir** (853 - 929)

Astronomo arabo meglio conosciuto nella latinizzazione del suo nome come Albategnius.

Si occupò di misure dedicandosi soprattutto alla distanza del Sole dalla Terra ed al suo valore angolare, mostrando che la distanza varia nel corso dell'anno spiegando così le eclissi anulari e solari. A lui si deve una delle più accurate stime dell'anno solare che fissò in 365,24056, la misura dell'inclinazione sull'eclittica ( $23^{\circ} 35'$ ), nonché il valore di precessione degli equinozi in  $54,5''$  per anno.

**Abul Wafa Mohammad al-Buzjani** (940 - 997) Matematico

ed astronomo. Lavorò all'osservatorio di Sharaf dove costruì un grande quadrante per rideterminare la posizione delle stelle nell'ottica di una revisione dell'opera di **Tolomeo**: le sue misure risultano tanto più precise rispetto a quelle di Tolomeo da far sembrare quest'ultime addirittura diverse misure.

Valente matematico, al-Buzjani è ricordato soprattutto per le sue osservazioni e i suoi studi sulla Luna, nei quali fu il primo ad usare la funzione della tangente, introducendo anche quelle della secante e cosecante.

#### al-Farghani

#### al-Nayrizi

**Abu'l Hasan Ahmad ibn Ibrahim Al-Uqlidisi** (903 - 986)

Matematico e astronomo arabo, probabilmente originario di Damasco, vissuto alla corte dell'emiro Adud ad-Daula; risulta attivo nella città natale ed a Baghdad.

Diffuse, come indica parte del suo nome (Al-Uqlidisi), l'opera di **Euclide** ed effettuò studi sulle costellazioni e le stelle fisse,

ponendo a revisione il catalogo stellare di Tolomeo ricalcolando le posizioni stellari, rinominando le costellazioni con nomi arabi, correggendo le magnitudini stellari sulla base dei nuovi dati osservative riportando la posizione di ogni stella rispetto alla costellazione di appartenenza. Il lavoro sfociò nel *Libro delle stelle fisse*, conosciuto in occidente come *Liber locis stellarum fixarum*, scritto attorno al 964 che include quella che chiamò *piccola nube* (M 31 in Andromeda) ed altri oggetti come IC 2391. Descrisse numerose costellazioni dell'emisfero australe fra cui quella nota come *Nubi di Magellano* visibile dallo Yemen. Si occupò ancora della lunghezza dell'anno solare, misurò il meridiano alla latitudine di Shiraz, costruì un globo celeste ed un trattato sull'uso dell'astrolabio. Ad al-Sufi è dedicato un cratere lunare ed un asteroide, il 12621, scoperto nel 1960.

#### Al Velorum, stella

**al-Wazn** → **Alshail**.

**al** Simbolo dell'anno di luce.....

**Alamak** (γ Andromedae)

#### Alatri

#### Alba Patera

**Albategnius** → al-Battani Abu'Abdullah.

**Albategnius, cratere** Antico cratere d'impatto di circa 130 km di estensione situato a 12° Sud e 4° Est della superficie lunare.

**albedo** Dal latino *albedo* (bianchezza). Il termine fu introdotto in ottica nel 1760 da Johan Heinrich Lambert [165] che formulò la relativa espressione.

- *Definizione, misura, tipologie*
  - ▶ *albedo-magnitudine*
  - ▶ *albedo - TLP; parametri di Hapke*

**Albert** Asteroide della serie Amor scoperto nel 1911, ed individuato col numero 719. ha un diametro di circa 3 km.

#### Alberto magno

**Albion** → **aequatorium**.

**Albireo** (β Cygni) di 3,05 di magnitudine visuale distante 386 al.

**Alchindus** → **Al Kindi**.

**Alcor** Spettroscopica binaria della costellazione Ursae Majoris di magnitudine visuale 3,99 distante 81 al e tipo spettrale A5 V.

Alcor forma apparentemente un sistema doppio con → Mizar, ma si tratta di un sistema prospettico non fondato su alcun legame fisico.

#### Alcyone

**Aldebaran** (α Tauri) di magnitudine visuale 0,87 (leggermente variabile), distante 65 al. Splendente circa 150 volte il Sole, Aldebaran è una componente dell'ammasso delle → Iadi.

**Alderamin** (α Cephei) di magnitudine visuale 2,45 distante 49 al e tipo spettrale A7 V.

**Alessandria, biblioteca e scuola** Città fondata da Alessandro Magno sulla foce del Nilo durante la campagna d'Egitto conclusasi nel 332 a.C. sede del più prestigioso centro di cultura dell'antichità.

- *Presupposti storici*
- *La biblioteca e il faro*
- *Astronomia alessandrina*
- *La fine della biblioteca*

■ *Presupposti storici.* Dopo la morte di Alessandro nel 323, il vasto impero suscitò le brame dei Diadochi (i successori) che già ne controllavano ed amministravano vaste zone, ed iniziò una lunga lotta, dal 321 al 281, che vide scendere in campo Antigone nella Frigia, Eumene nell'Asia minore, Tolomeo in Egitto, Lisimaco in Tracia, ed altre figure minori.

I pretendenti diretti alla successione vennero ad uno ad uno eliminati, e terminata la finzione della reggenza, i Diadochi assunsero il titolo di re nelle rispettive regioni.

Sorsero così tre regni: il regno d'Egitto sotto il controllo dei Tolomei che comprendeva anche Cirene, parte della costa assiro-palestinese, Cipro e alcune isole egee; il regno di Siria con Seleuco che dette inizio all'omonimo dinastia e che comprendeva la Babilonia, l'Assiria e alcune satrapie orientali; il regno di Macedonia che comprendeva la Grecia e l'Epiro sotto Antigono Gonata.

Nel tempo vi furono ulteriori innumeri frazionamenti che originarono il regno di Bitinia, il regno battriano, il regno dei Parti, il regno di Pergamo che sotto la dinastia degli Attalidi durò sino al 133 a.C. quando l'ultimo regnante Attalo III lasciò il regno in eredità al popolo romano.

Nel 290 per iniziativa di Tolomeo I Soter (il salvatore), ad Alessandria d'Egitto nacque e prosperò per alcuni secoli la biblioteca che generò la scuola alessandrina, il centro più rilevante della cultura ellenistica.

In questa città l'ellenismo si sviluppò e diffuse sino al 129, anno in cui per convenzione è fissato il termine di uno dei più esaltanti momenti dell'umanità.

La scuola di Alessandria e la biblioteca, pur fra varie traversie, rimasero comunque un punto di riferimento della cultura occidentale sino al V secolo.

■ *La biblioteca.* Anche se in epoca tarda non mancò chi come Seneca definisse la biblioteca d'Alessandria *pulcherrimum regiae opulentiae monumentum* [283, 5] quasi rallegrandosi per il suo incendio ed aggiungendo [*ibidem*] che la biblioteca fu null'altro che *studiosa luxuria*, il giudizio del filosofo iberico è del tutto gratuito ed esprime soltanto una posizione di insensato ed apodittico stoicismo.

Costruita all'interno di uno spazio chiamato *Mousaion*, la biblioteca fu un centro di cultura per ogni campo dello scibile umano: medicina, astronomia e biologia, disponeva inoltre di un osservatorio astronomico, di un giardino botanico e zoologico, di sale di lettura ed alloggi, e di una mensa comune. Essa era interamente finanziata dallo Stato che con un appannaggio provvedeva al sostentamento dei ricercatori.

L'ambizione di Tolomeo che la biblioteca divenisse il centro culturale del mondo, si trasformò presto in realtà: non si trascurò la circostanza tutt'altro che casuale che i Tolomei (Lagidi) erano d'origine macedone, e quindi desiderosi di costruire in Egitto una nuova Ellade.

Sotto la guida di Demetrio Falerio del liceo di **Aristotele**, un esperto nella catalogazione di libri e papiri, che si pensa abbia

▼ Pianta di Alessandria d'Egitto dalla ricostruzione di Gustav Parthey.



portato con sé la biblioteca personale di **Platone**, iniziò la raccolta delle opere filosofiche e scientifiche sparse per tutto il mondo conosciuto.

La raccolta sistematica di materiale scientifico, le cosiddette *μαθηματικά* che allora raccoglievano senza distinzione le conoscenze scientifiche matematiche, astronomiche, fisiche, geometriche, . . . comportò gradualmente l'allontanamento dal circolo della biblioteca delle teorie empiriche in funzione di una realtà sperimentabile e verificabile, e quest'atteggiamento di coerente ricerca scientifica fu alla lunga, quando il cristianesimo dilagò, una delle cause del disinteresse del potere verso questa istituzione, la ragione della sua scomparsa.

Solo cinquant'anni dopo la sua fondazione, la biblioteca disponeva di 500.000 opere (il numero è incerto, alcuni stimano in 700.000 il numero complessivo delle opere accumulate nel tempo), e vi si traduceva di tutto, dai testi classici, ai poemi di Zoroastro, alla *Bibbia dei settanta*: una testimonianza significativa di questo lavoro è il documento conosciuto come *Lettera di Aristeo a Filocrate* in cui vengono espone le modalità in cui avvenne questa traduzione [15].

I comandanti delle navi che approdavano ad Alessandria avevano l'obbligo di consegnare i libri che tenevano a bordo: di questi veniva fatta una copia che veniva consegnata ai comandanti mentre l'originale era trattenuto.

Alla grande biblioteca si affiancò presto il *Serapeion*, una biblioteca più piccola che raccoglieva comunque più di 40.000 volumi, la cui funzione distinta è incerta.

La biblioteca rappresentò dalla sua fondazione sino al 415, anno dell'assassinio di **Ipazia** quando gli ultimi ricercatori e studiosi si dispersero nei regni vicini, il centro dell'attività culturale del mondo ed un indiscusso punto di riferimento.

In Alessandria s'era cioè di fatto stabilita un'alleanza tacita fra potere culturale e politico che s'infranse dapprima con la conquista della città da parte di Roma e quindi definitivamente con il diffondersi del cristianesimo non altrettanto tollerante

nei confronti di chi credeva in base alla scienza di poter essere sciolto da dogmi.

A responsabili della biblioteca si succedettero nome illustri e di primaria grandezza: Zenodoto di Efeso che ne fu il primo direttore, Aristofane di Bisanzio, Aristarco di Samotracia, **Callimaco** che creò la catalogazione e lo schedario, **Eratostene** che arricchì la biblioteca dal punto di vista scientifico, sino a **Teone** che ne fu l'ultimo direttore.

A questi nomi si devono aggiungere quelli di coloro che comunque gravitavano nell'ambiente alessandrino ed ad esso facevano direttamente riferimento, come → **Aristarco di Samo** (da non confondere con l'omonimo di Samotracia), **Conone di Samo**, **Dositteo d'Alessandria**, **Archimede di Siracusa** e tantissimi altri.

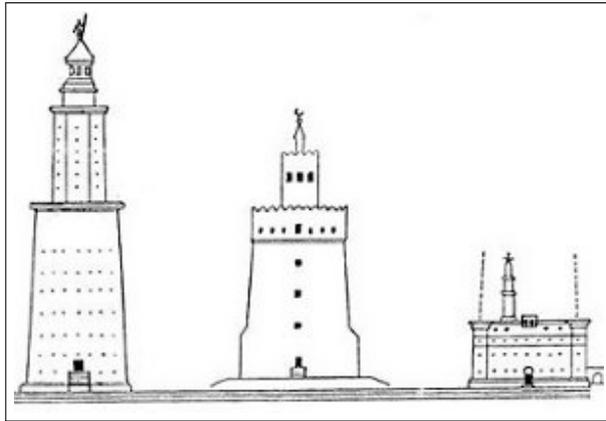
La biblioteca andò incontro a varie peripezie. Un incendio citato da Seneca (*supra*) si sviluppò in occasione della conquista dell'Egitto da parte di Cesare nel 48 a.C., e qualche migliaio di volumi prese fuoco, ma sembra si trattasse di opere pronte per la spedizione in quanto alloggiate in prossimità del porto e non nella biblioteca, e quindi copie.

L'imperatore Aureliano nella guerra condotto contro Palmira, per domare una rivolta esplosa nella città, dette fuoco nel 272 d.C. al quartiere reale ed alla biblioteca che ne era parte integrante, e pochi anni dopo un vero e proprio sacco della città si compì ad opera di Diocleziano.

In un successivo attacco ai templi pagani seguito all'editto di Teodosio che aveva proclamato nel 391 il cristianesimo religione di stato, fu distrutto il Serapeo.

L'ultima violenza si consumò intorno al 640 in concomitanza con la conquista araba, quando secondo alcune fonti: Eutichio, [59][*Annali*, II], l'emiro Amr ibn al-As avrebbe bruciato per ordine del califfo Omar i libri esistenti nella biblioteca di Alessandria ricevendone tali istruzioni: . . . *quanto ai libri che hai nominato ecco la risposta: se il loro contenuto si accorda coi libri di Allah, noi possiamo farne a meno, dal momento che in tal caso il libro di Allah è più che sufficiente. Se invece contengono*

- ▼ Ricostruzione delle trasformazioni cui andò incontro nel tempo il faro d'Alessandria. A sinistra la costruzione di Sostrato, al centro il faro nel periodo arabo, a destra il forte intorno al 1880



qualcosa di difforme rispetto al libro di Allah, non c'è alcun bisogno di conservarli. Procedi e distruggili.

Parte rilevante della città costituiva il famoso faro costruito da Sostrato di Cnido sull'isola dall'omonimo nome, considerato una delle sette meraviglie del mondo antico.

Il faro fu edificato fra il 440 a.C. e il 260 a.C. da Tolomeo I, e completato dal figlio Tolomeo II detto *il Filadelfo*, e restò in funzione sino agli inizi del XIV secolo, quando due terremoti nel 1303 e nel 1323 lo mandarono in rovina. Di giorno la visibilità del faro era assicurata da una serie di specchi metallici posti tutt'intorno il terzo livello della costruzione che riflettevano la luce solare, mentre alla sommità doveva essere posto qualcosa di più di un semplice braciere, ma piuttosto un sistema di paraboloidi metallici che diffondevano la sorgente luminosa in ogni direzione. Alcune fonti attribuiscono il sistema delle parabole ad Archimede. Gli storici antichi si dividono comunque sul tipo di sorgente luminosa, e se Plinio dice che di notte la sua luce si confondeva con quella di una stella, alcuni arrivano ad ipotizzare che questa fosse intermittente.

In caso di nebbia o foschia densa alcuni tritoni posti al secondo livello della torre emettevano suoni per guidare le navi, e la statua di Giove (o Posidonio) posta in cima poteva anche funzionare come una banderuola per indicare la direzione dei venti. Sembra ancora che il primo livello della costruzione svolgesse la stessa funzione della **torre dei venti di Atene**, recando iscrizioni e forse *avvisi ai naviganti*.

Nel 1484 un sultano d'Egitto utilizzò i resti del faro per edificare una fortezza.

■ **Astronomia alessandrina.** All'atto dell'istituzione della biblioteca, l'Egitto vantava già una notevole tradizione astronomica fondata soprattutto sull'osservazione e studio del meccanismo delle eclissi.

Seneca [282, lib. VII, 3] riporta che **Conone** ed **Archimede** erano a conoscenza di questi studi in Egitto, e San Clemente d'Alessandria (150 - 215) riporta [Stromateis, lib. V] che i Greci avrebbero appreso dagli egiziani la teoria eliocentrica.

Per quanto tali affermazioni non siano verificabili, è tuttavia certo che i frequenti contatti degli Egiziani con Assiri, Babilonesi e Fenici aveva fatto progredire ulteriormente le loro conoscenze astronomiche, e la confluenza di questi contributi con quelli autoctonamente sviluppati aveva condotto l'astronomia egizia ad un notevole grado di sviluppo, se si deve credere a quanto racconta Erodoto che i Greci appresero dai Babilonesi l'uso dello **gnomone** e la divisione del giorno in dodici parti.

DA COMPLETARE

#### ■ *La fine della biblioteca* DA FARE

**alessandrino, calendario** → **calendario** *sub* «Calendario giuliano».

**Alessandro di Afrodisia** (III secolo) Della sua biografia non si conosce nulla, e la testimonianza circa l'epoca in cui è vissuto deriva dalla dedica a Settimio Severo e a Caracalla dell'opera *Il destino*.

Aristotelico convinto, era probabilmente il direttore di una scuola filosofica di Atene che seguiva appunto gli insegnamenti dello stagirita. Compose diverse opere, fra cui un *De coelo* di cui abbiamo frammenti, testi relativi alla fisica (*Fisica e Quaestiones physicae*), alla *Meteorologia* e *Sul vuoto*, quest'ultima pervenutaci in versione araba.

**al-Fahrgani**

**Alfard**

**Alfianello, meteorite** Meteorite caduta il 16 febbraio 1883 alle ore 14.45 nell'omonimo comune in provincia di Brescia. Secondo le testimonianze dell'epoca apparve nel cielo un enorme bolide rosso cui seguì un boato tanto forte da far tremare i vetri delle finestre di alcune abitazioni. La meteorite lasciò sul suolo un foro d'ingresso della profondità di circa 1,5 m e di larghezza di circa 50 cm, che farebbero stimare le dimensioni originarie in 75 cm d'altezza per 60 cm di larghezza massima.

Circa mezz'ora dopo la sua caduta, la meteorite fu trovata ancora calda, e la traiettoria individuata su concorde testimonianza come da NNE in direzione SSO, quasi analoga a quella della meteorite di **Trenzano**. Essendo avvenuta la caduta in pieno giorno, per via dei molti curiosi che si recavano sul posto, i proprietari del campo frantumarono la meteorite; un pezzo di circa 30 kg fu buttato in un torrente, ed i residui frammenti venduti a prezzi esorbitanti si sono dispersi.

Il peso del meteorite fu stimato intorno ai 200 kg, e la facilità con cui si frantumò fece credere che questa fosse causata dallo stress dell'impatto. I vari frammenti furono dispersi, ed alcuni giunsero anche a rappresentanti della comunità scientifica. In base ai pochi reperti rimasti la meteorite fu qualificata come una condrite a basso contenuto di ferro.

**alfonsine, tavole** Tavole astronomiche redatte dall'arabo Ishak ben Said e dall'israelita Yehuda ben Moshek Cohen per incarico del re **Alfonso X di Castiglia**. Le tavole, pubblicate nel 1272, godettero di notevole fama nei secoli successivi.

**Alfonso X di Castiglia** (1223 - 1284) Alfonso di Castiglia detto *Il savio* raccolse alla sua corte studiosi arabi, ebrei e cristiani per attendere alla compilazione e revisione delle tavole di Toledo che da lui presero poi il nome di tavole **alfonsine**. Pubblicate nel 1272 lo stesso giorno che salì al trono, furono usate per circa 400 anni. Più astronomo che savio, Alfonso X fu detronizzato dal figlio, e fu luogo comune fra la gente dire che per contemplare il cielo perse la terra.

Ad Alfonso X fu dedicato un cratere lunare: → **Alphonsus**.

**Alfraganus** → **al-Fahrgani**.

**Alfvén Hannes** (1908 - ????)

**Alfvén, fluttuazione**

**Algedi** ( $\alpha$  Capricornidi)

**Algenib** ( $\gamma$  Pegasi) di magnitudine visuale 2,83 e tipo spettrale B2 IV distante 333 al.

La stella, una  $\rightarrow$  cefeide di tipo  $\beta$ , è una variabile pulsante che oscilla di circa 0,1 magnitudine lungo un periodo di 3,6 ore.

**Algieba** ( $\gamma$  Leonis)

**Algol** ( $\beta$  Persei)

**Algol, stelle**

**Algonquin Radio Observatory** Osservatorio radioastronomico del Canada, noto in sigla come ARO.

Il radiotelescopio è composto di un  $\rightarrow$  array di 32 elementi di 3 m (per osservazioni solari) e 46 m per osservazioni stellari e di galassie

**ALH84001**  $\rightarrow$  **Allan Hills 84001**.

**Alhena** ( $\gamma$  Geminorum) di magnitudine visuale 1,93, distante 105 al e tipo spettrale A1 IV.

**alidada** Dall'arabo al-'idada, asta girevole imperniata su una scala goniometrica tracciata su strumenti destinati alla topografia, all'astronomia nautica e celeste. Nella parte terminale di questa asta si trovano due *pinnule* chiamate anche *trauardi* o *mire* che attraverso due fori in esse praticati permettono di puntare l'oggetto desiderato.

Nella parte opposta alla sezione *di mira*, un indice mostra sulla scala graduata l'angolo sotto il quale si è svolta l'osservazione, compreso fra l'oggetto osservato e la verticale del luogo come è negli astrolabi.

Antecedentemente alla diffusione dell'astronomia araba in Europa, l'alidada era chiamata **diottra**, congegno similare introdotto da Ipparco nel II secolo a.C.

**Alioth** ( $\epsilon$  Ursae Majoris) di magnitudine visuale 1,76 distante 81 al e tipo spettrale A0p. È una delle stelle peculiari della classe spettrale A, alla distanza di 1,8 al dalla Terra,

**Al kindi Abu Yusuf** (801 - 866/73 circa) IX secolo noto in italiano come Alchindus...foro gnomonico scrisse un trattato.

**al-Khwarizmi**

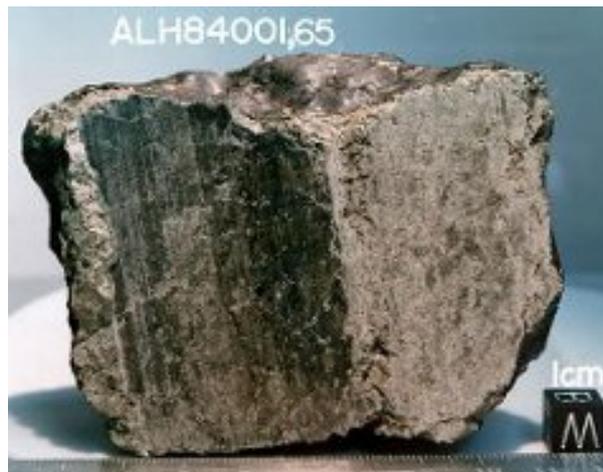
**Alkaid** Stella  $\eta$  Ursae Majoris di magnitudine visuale 1,85, distante 10 al e tipo spettrale B3 V.

**Allan Hills 84001** Meteorite di 1,93 kg di peso trovato in Antartide nel 1984 da R. Score in una zona chiamata Allan Hills, da cui il nome, ed individuato di probabile provenienza marziana.

Le presunti meteoriti marziane si compongono di 12 classi denominate SNC (*Shergotty*, *Nakhla* e *Chassigny*) che rappresentano tre sottoclassi distinte; le piccole rocce costituiscono il prodotto di una fusione avvenuta circa 1,3 miliardi di anni fa; e la loro provenienza dal pianeta rosso è stata dedotta dalle **abbondanze** e dai rapporti isotopici dei gas nobili delle SNC, che mostrano una relazione con i gas dell'atmosfera marziana, diversa da quella riscontrata in rocce terrestri o lunari [149].

ALH84001, costituisce però un caso a sé, un'ulteriore classe, e sembra molto più antico con i suoi 4,5 miliardi di anni. Anche se la situazione dei composti organici in ALH84001 non è del tutto chiara, sulla base della considerazione che questi sono presenti solo all'interno della roccia e non anche in altre SNC, si propende a credere che si siano formati successivamente ad

▼ Il meteorite ALH84001, da *Encyclopedia of meteorites*



una contaminazione terrestre ([209]), e non appare inequivocabilmente dimostrato invece che i batteri fossili siano di esclusiva provenienza marziana.

**Allen James van**

**Allen, fasce di van** Rinvia ad Explorer-1

**Allegheny, osservatorio** Osservatorio dell'Università di Pittsburgh,, uno dei più antichi osservatori americani, inaugurato nel 1859.

L'osservatorio fu dotato di uno strumento rifrattore di 33 cm con cui l'allora direttore J. E. Keeler compì osservazioni fondamentali sulla natura degli anelli di Saturno. Successivamente lo strumento fu sostituito con rifrattore da 76 cm che fu uno dei più potenti nel continente americano. Attualmente l'osservatorio si dedica a ricerche astrometriche.

**Allen Telescope Array** Osservatorio radioastronomico della California noto in sigla come ATA, costituito da un  $\rightarrow$  **array** di 350 antenne, di 6 m di diametro ciascuna, dedicato alla ricerca  $\rightarrow$  **SETI**.

**Allende** Nome del meteorite precipitato l'8 Febbraio 1969 nel Nord del Messico in località prossima a quella da cui trae il nome, esploso nella bassa atmosfera disperdendo frammenti in un'area di circa 300 km<sup>2</sup>. Ricerche avviate nei giorni immediatamente successivi alla caduta e svolte in collaborazione con la popolazione e le istituzioni locali, hanno permesso di recuperare una notevole abbondanza di materiale meteoritico di varie misure e peso, da pochi grammi al più grande frammento di 110 kg; i ritrovamenti degli anni successivi hanno portato ad oltre due tonnellate il materiale raccolto.

Allende è un raro meteorite di tipo III delle  $\rightarrow$  **condriti** carbonacee, il più grande mai ritrovato sulla Terra, e la circostanza che sia precipitato all'inizio del 1969, l'anno che doveva vedere i primi astronauti porre piede sulla Luna con il programma **Apollo** raccogliendo le prime pietre lunari, ha indirizzato gli studi verso le rocce di origine extraterrestre. I frammenti sono ricchi di calcio ed alluminio e contengono silicati ed ossidi come il corindone (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), l'ibonite (CaAl<sub>12</sub>O<sub>9</sub>), la perobskite (CaTiO<sub>3</sub>), l'anortite (CaAl<sub>12</sub>SiO<sub>8</sub>) che hanno permesso di stabilire l'età del sistema solare: le anomalie isotopiche riscontrate, diverse da quelle presenti in materiali rocciosi di origine terrestre o lunare, hanno permesso di prospettare i processi stellari che hanno avuto luogo prima della formazione del sistema solare: sotto

▼ Il meteorite Allende, foto di M. Chinellato



questo punto di vista il meteorite è considerato una sorta di *stella di Rosetta* [199].

Il sezionamento del meteorite mostra un interno di colore grigio-scuro con condrule di qualche millimetro di diametro costellato di inclusioni di calcio-alluminio che possono anche raggiungere le dimensioni del centimetro; a differenza di altre condriti il meteorite è povero di Ferro-Nichel. Condrule ed inclusioni refrattarie sono state stimate in un'età di 4567 miliardi di anni, il che si traduce nel dire che si tratta del più antico materiale mai studiato, essendo di 30 milioni d'anni più vecchio della Terra. Le condriti carbonacee costituiscono infatti fra le meteoriti quelle che sono andate meno incontro al fenomeno della coalescenza, e la loro età viene stimata l'età stessa del sistema solare.

Indagini condotte nel 1971 dalla *Case Western Reserve University* hanno evidenziato alcune macchie nere addensate sino a 10 miliardi per centimetro quadrato, interpretate come una significativa traccia d'alterazione dovuta all'irraggiamento cosmico, in momento successivo alla solidificazione, ma precedente all'**accrezione** della materia fredda che ha avuto luogo nei primi stadi della formazione del sistema solare.

Nel 1977 ricercatori del **CalTech** riscontrarono altre anomalie isotopiche nel calcio, nel bario e nel neodimio, indicatori che mostravano come questi elementi provenissero da una sorgente esterna alla nube gassosa, di una potenza almeno paragonabile a quella che ha dato origine al sistema solare; e sempre presso lo stesso centro di ricerca nel 2012 è stata individuata la presenza nel meteorite di un ossido di titanio, fino ad allora sconosciuto, che comprende anche altri elementi come scandio, alluminio, magnesio, ... e cui è stato dato il nome di → **Panguite**.

**allineamento dei telescopi** → **montatura Bigourdan**.

### alluminatura

**allunaggio** Termine improprio, per lo più di valenza giornalistica, con cui si designa il raggiungimento del suolo lunare da parte di un corpo posto in orbita dalla Terra o dallo spazio. Il termine corretto è infatti **atterraggio** avendo la Luna un proprio suolo, e dovendosi in caso contrario coniare vocaboli astrusi per descrivere la medesima operazione su Mercurio, Marte, Giove, Venere, ...

**ALMA** Acronimo di → **Atacama Large Millimeter Array**.

**Almaak** Stella  $\gamma$  Andromedae, di magnitudine visuale 2,10, distante 355 al.

Almaak è una stella multipla con due tipi spettrali K3 II e B9 V separabili agevolmente anche con piccoli telescopi.

La stella più debole ha una compagna blu che ruota in un periodo di 61 anni.

**Almaaz** (stella)

### Almagesto

**almanacco** Calendario che riporta assieme ai mesi ed ai giorni dell'anno dati astronomici relativi generalmente ai più luminosi corpi celesti.

Gli almanacchi quando riportano una serie di informazioni di pratica utilità, quali indicazioni per le opere agricole (in questo caso rappresentano i successori dei **parapegmi**), non presentano un valore scientifico, limitandosi ad indicazioni di massima sugli orari del sorgere e tramontare del Sole e della Luna: almanacchi commerciali.

I primi almanacchi comparvero intorno al X secolo ma ebbero una notevole diffusione solo con l'invenzione e diffusione della stampa (1454 - 1455). Si trattava di compilazioni dedicate specialmente ai lavoratori dei campi con indicazioni sulla coltivazione, sulla raccolta, ... che con la finalità di fornire cura per i malanni, presentavano non di rado un contenuto fortemente astrologico, sulla falsariga di quello che è l'attuale *Frate Indovino*.

Nel XVIII secolo gli almanacchi conobbero una notevole diffusione, e non di rado alla pratica utilità unirono l'intenzione di chi li pubblicava di divulgare un'ideologia. Questo avvenne specie con i calendari ecclesiastici e con quello stampato durante tutto il periodo in cui durò la *Rivoluzione francese*.

Col tempo s'arricchirono di illustrazioni, un po' per catturare l'attenzione un po' per l'analfabetismo fortemente diffuso, ed accanto alle indicazioni delle opere stagionali e dei rimedi per la salute, cominciarono a contenere informazioni locali su fiere e mercati. Le informazioni scientifiche erano sempre presenti, ma la necessità di renderle comprensibili ne sfilava di molto la portata essendo rappresentate in forma allegorica, e queste informazioni si limitavano quasi esclusivamente a indicazioni sul sorgere e tramontare del Sole e della Luna ed alle fasi di questa. Erano presenti anche notizie meteorologia, ma anche queste erano molto generiche. Fra questi almanacchi va ricordato per la sua longevità il nostro *Barbanera* pubblicato la prima volta a Foligno nel 1761.

Altra finalità ed impostazione presentano gli almanacchi astronomici, calendari che accanto al giorno, riportano come sequenza principale una serie innumerevole di dati, fra cui il sorgere, il transito al meridiano locale, il tramonto, il diametro apparente. ... dell'oggetto d'interesse, dati utilizzati sia dagli astronomi che dai naviganti. Nella loro forma più ridotta si tratta unicamente di dati planetari, e per ciascuno corpo viene indicata la data giuliana, l'ascensione retta ( $\alpha$ ), la declinazione ( $\delta$ ), la distanza in unità astronomica o frazioni, il tempo universale cui i dati si riferiscono, ... Questi dati sono in genere preceduti da una tabella che fornisce dati per il tempo siderale, nonché da tabelle sulle fasi lunari, sui crepuscoli, sulle eclissi che si verificheranno nel corso dell'anno (nel mondo o alle latitudini per cui l'almanacco è composto), sulle configurazioni dei pianeti inferiori e superiori, e di varie carte celesti stagionali per la facile individuazione degli oggetti.

Il primo almanacco astronomico dell'era moderna, il *Nautical Almanac*, fu pubblicato nel 1767, redatto con dati riferiti al meridiano di **Greenwich** e divenne in breve il sistema di riferimento per tutti gli altri almanacchi dalla stessa finalità.

Almanacchi navali sono pubblicati dai competenti uffici della marina dei rispettivi paesi, anche questi con dati relativi ai corpi planetari visibili ad occhio nudo ed alle stelle più brillanti, e non

- ▼ halo fotografato a Falkping, Svezia, nel 2010 da Hasko; fonte wikipedia



di rado comprendono anche le tavole di marea. Di fatto questi almanacchi, usati in passato per misurare tramite il **sestante** e il cronometro marino la longitudine in mare, hanno perso molta della loro importanza, quando prima con i radiofari, specie con il non più in uso sistema **LORAN**, poi con il **GPS** venne adottata la navigazione satellitare.

Da più di cinquant'anni si sono diffusi gli almanacchi astronomici locali, ossia quelli composti per specifiche coordinate di latitudine e longitudine; in questo caso è riportato l'oggetto con riferimento al meridiano locale. Questi sono redatti non solo da osservatori professionali ma spesso anche dalle singole associazioni astronomiche sede di osservatorio.

Gli almanacchi professionali redatti dai singoli istituti possono essere composti, secondo l'obiettivo della ricerca, per determinati gruppi di oggetti celesti, contenendo di questi i dati principali.

Le operazioni di compilazione vengono svolte in via automatica da PC tramite algoritmi collaudati.

**almuncantarar** Cerchio della sfera celeste parallelo all'orizzonte. È chiamato anche *cerchio parallelo o parallelo di altezza*.

Il termine deriva dall'arabo *al-muquantara* usato per designare l'→ **astrolabio**.

**Alnair** (α Gruis)

**Alnath**

**Alnilam** (ε Orionis)

**Alnitak** (ζ Orionis)

**alone** DA INSERIRE

**alone galattico**

**ALOT, telescopio** Acronimo di *Advanced Large Optics Technologies*

**Alpha** Altro nome con cui è conosciuta l'*International Space Station*.

**Alpha, particella**

**Alpha Monocerotidis**

**Alpha Regio**

**Alphard** (α Hydrae)

**Alphecca** (α Coronae Borealis)

**Alpher Ralph Asher** (1921 - )

**Alpheraz** (α Andromedae)

**Alpes Montes**

**Alpes Vallis**

**Alphekka**

**Alpheratz**

**Alphonsus, cratere** Cratere lunare dedicato ad Alfonso X di Castiglia.

Da compilare

**ALPO** Acronimo di → **Association of Lunar and Planetary Observers**.

**Alrescha** (α Piscis)

**Alsuhail** (λ Velorum) Detta anche al-Wazn

**alt-alt**

**Altai Rupes**

**Altair** (α Aquila)

**Altare**

**altazimutale**

**altazimutale, montatura** Sistema meccanico per la movimentazione degli strumenti ottici costituito di due assi (altezza ed azimuth) movendo i quali è possibile inquadrare ed inseguire l'oggetto osservato. Il sistema è comune a strumenti di rilevazione terrestre come il **teodolite**, ed a strumenti astronomici: → **montatura**.

**altezza**

**Althaimain** (λ Aquilae)

**Altobelli Ilario** (1560 - 1637)

**Alveare** Altro nome con cui è conosciuto l'ammasso del **Presepe**.

**AMANDA** → **Antarctic Muon and Neutrino Directory Array**.

**Amalthea**

**Am Canum Venaticorum** variabile cataclismica nella costellazione dei cani....

**Ambartsumian Viktor Amasaspovich** (1908 - 1996) Astronomo russo di origini armene. Dopo la laurea all'Università di Leningrado, frequentò l'Osservatorio di **Pulkovo** e quello di Byurakan da lui stesso fondato nel 1946 e di cui a lungo fu direttore. Rientrato a Leningrado nel 1932, istituì all'Università (1934) la cattedra di astrofisica che tenne sino al 1947 dirigendo nel frattempo l'osservatorio astronomico della città.

Il primo lavoro che lo fece conoscere al mondo scientifico, *On the radiative equilibrium of a planetary nebula*, apparve nel 1932 sulle *Monthly Notices* della *Royal Astronomical Society*;

un testo divenuto un classico per la teoria delle nebulose gassose. Nel 1936 pubblicò, sempre sulla stessa rivista, la proposta di soluzione di un problema avanzato da A. Eddington sulle velocità stellari; e le sue successive ricerche nel campo delle statistiche e delle dinamiche stellari posero le basi della meccanica quantistica, e per questi studi ottenne nel 1995 il premio di stato della federazione russa. Quasi nello stesso periodo, impegnato in una discussione sull'età della via lattea con l'inglese **J. Jeans**, dimostrò che questa è di almeno 1000 volte più giovane della stima fornita dal Jeans comunemente accettata dalla comunità scientifica.

Nel 1939 pubblicò *Theoretical astrophysics*, il primo testo di astrofisica pubblicato in Russia che ampliò nel 1952 fu tradotto in molte lingue.

Ad Ambartsumian è dedicato un asteroide della fascia principale scoperto nel 1972.

**Amburgo, osservatorio** Osservatorio astronomico sito a Bergerdorf, nei pressi Amburgo, ed operante come istituzione dell'Università anseatica.

L'osservatorio originario fu fondato nel 1802 da **J. G. Repsold** nella località di Stintfang, dotato di un cerchio meridiano costruito dallo stesso Repsold. Andato distrutto nel 1811, fu ricostruito nel 1825, ma soltanto nel 1876 ebbe una prima efficiente dotazione, un rifrattore da 27 cm di apertura, ed in quell'occasione l'intera strumentazione fu spostata a Bergerdorf.

Successivamente, demolito il vecchio osservatorio e trasportata la strumentazione al Museo storico di Amburgo, fu installato nel 1912 un rifrattore da 600 mm di apertura, un nuovo cerchio meridiano ed un riletto da un metro di apertura che lavorò intensamente alla produzione dell'AGK2: *vedi catalogo astronomico*.

Significativa fu la permanenza presso l'osservatorio dell'ottico **B. Schmidt** che lì mise a punto le caratteristiche geometriche della lastra correttrice del telescopio poi noto col suo nome. Dopo il secondo conflitto l'attività di ricerca dell'osservatorio riprese con la pubblicazione dell'AGK3-Sternkatalog, simile nella linea di continuità all'AGK2 (*supra*). L'estrema accuratezza delle posizioni stellari individuate nel catalogo è stata assunta come base di partenza per la determinazione del catalogo **Hipparcos**. Nel 2003 presso l'osservatorio è entrato in funzione l'HRT *Hamburg Robotic Telescope*, telescopio automatizzato con uno spettrografo **Echelle** per la monitoraggio delle stelle fredde.

**American Association Variable Star Observers** → **AA-VSO**.

**Ames Research Center** acronimo di *National Aeronautic and Space Administration*, istituto di ricerca della NASA sito in California, nel cuore della Silicon Valley.

Il centro si occupa di ricerca e sviluppo di tecnologie per le esplorazioni spaziali.

**AM Herculis** Stella variabile → **cataclismica** della costellazione di Ercole con forte emissione in radiazione X. La stella è un sistema binario con periodo di rotazione oscillante da una a tre ore, e la curva di luce muta seguendo il periodo orbitale.

La stella mostra inoltre marcati cambiamenti di brillantezza e variabilità su scale temporali di decine d'anni, tanto i cambiamenti di magnitudine possono mostrare valori di 4-5 unità.

**AMIBA** → **Array for Microwave background Anisotropy**.

**Amici Giovanni Battista** (1786 - 1863) Ottico, astronomo e fisico-naturalista. Conseguì il diploma di ingegnere e architetto

presso l'Università di Bologna nel 1807, ottenne (1815) la cattedra di matematica all'università di Modena-Reggio Emilia, dove in seguito insegnò anche geometria, algebra e trigonometria sferica. Dispensato dall'insegnamento (1825) per consentirgli di dedicarsi esclusivamente alla realizzazione delle invenzioni per le quali si era già fatto conoscere, fu chiamato a Firenze (1831) dal granduca Leopoldo II, con l'incarico di direttore dell'osservatorio astronomico, e qui rimase sino alla morte occupandosi attivamente anche al Museo di Fisica e Storia Naturale.

Ideatore e costruttore di un gran numero di strumenti si applicò indifferentemente alle scienze naturali ed astronomiche applicando a queste discipline le invenzioni realizzate.

In campo astronomico si occupò in specie di stelle doppie perché queste erano il campo ideale per testare il potere risolutivo dei suoi strumenti, ma osservò anche le eclissi, compì osservazioni su Giove in pieno giorno, si dedicò alla misura angolare di corpi del sistema solare. Nelle scienze naturali si occupò di fisiologia, morfologia, istologia, embriologia, ... specializzandosi nella circolazione linfatica nelle cellule.

La fama di Amici è collegata soprattutto alle innovazioni introdotte nel campo dell'ottica, disciplina cui si dedicò dal 1825, anche perché furono proprio i progressi che realizzò in questa scienza che gli permisero di raggiungere innovativi risultati nelle scienze astronomiche e naturali.

Nel campo dei microscopi, l'Amici si dedicò in un primo tempo all'ideazione di microscopi **catadiottrici**, quindi a quelli **acromatici** progettando e realizzando sistemi ad immersioni che amplificavano notevolmente l'ingrandimento degli oggetti osservati. Il grande merito dell'Amici in queste realizzazioni ed in tantissime altre che portò a compimento, consiste soprattutto nel fatto che l'ottica all'epoca era pochissimo conosciuta nelle sue leggi fondamentali, e meno ancora lo erano le proprietà dei singoli vetri; praticamente in solitario, riuscì a distinguere le diverse qualità dei vetri ed a stabilire le relazioni fondamentali matematiche da rispettare nella costruzione degli obiettivi: la lente obiettivo da 28 cm che ancora oggi equipaggia il rifrattore dell'osservatorio di **Arcetri**, allora il secondo obiettivo del mondo per apertura, è di una realizzazione ottica eccellente come hanno pure mostrato recenti test condotti sulla stessa.

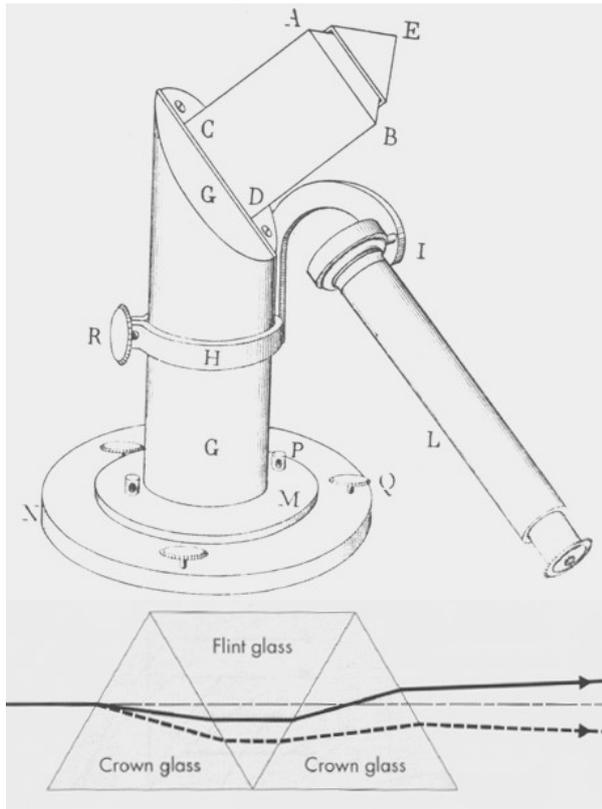
Non meno importanti furono i contributi nell'ambito della scienza naturale.

Attese all'istologia studiando le fibre muscolari degli insetti, alla patologia vegetale accertando che per una varia quantità di funghi patogeni la causa della malattia è attribuibile è dovuta ad una tossina circolante nella pianta parassita. allo studio delle foglie, agli stomi delle piante, ... In ambito naturalistico la sua scoperta più rilevante è quella del *tubo polinico* con cui chiarì la teoria della formazione delle piante, ostacolata nelle sue teorie dal naturalista tedesco M. J Schleiden, che lo accusò di essersi avventurato in studi a lui estranei, ma che si dovette ricredere quando l'Amici inviò a lui un suo microscopio e dopo la memoria presentata a Pisa nell'ottobre del 1839 alla *Società di botanica* che mise in evidenza il processo di fecondazione delle piante. Il botanico tedesco H. von Mohl in una memoria scritta in onore dell'Amici *post mortem* affermò che il suo talento doveva ritenersi tanto più grande in questo campo in quanto si era mosso, con ragguardevoli scoperte, in un campo che - tutto sommato - gli era estraneo.

Questi solo alcuni dei campi di ricerca toccati da Amici.

**Amici, meridiana** Strumento ideato da **G. B. Amici** cui dette il nome di *meridiana iconantidiptica*, ossia immagini che si muovono incontro, illustrato nel 1855 su *Il nuovo cimento* [8].

- ▼ In alto meridiana iconantidipica di Amici, da *sns.it*; in basso prisma a visione diretta di Amici



La meridiana, evoluzione e perfezionamento del **dipleidoscopio** di J. Dent, per quanto progettata per fornire l'ora esatta per sincronizzare gli orologi meccanici del tempo, è in realtà uno strumento dei **passaggi**, in quanto la sua principale finalità è individuare il transito del Sole al meridiano locale, mostrando per proiezione su un qualsiasi schermo il disco solare quando sono le ore 12:00:00 vere locali: data la finalità, la meridiana è infatti sprovvista di quadrante, elemento essenziale in ogni orologio solare.

Come nel dipleidoscopio è presente un cannocchiale, ma mentre questo utilizza due schermi riflettenti stagnati, lo strumento di Amici adotta un prisma triangolare isoscele rettangolo in E: *vedi* immagine in questa pagina. In aggiunta, le immagini fornite dal prisma sono molto più nitide di quelle fornite dallo strumento del Dent.

Il cuore dello strumento, la testa gnomonica vera e propria, è rappresentata dal prisma che assolve alla funzione di far percorrere alla sorgente luminosa un ulteriore percorso prima di giungere all'obiettivo. Il prisma copre infatti una parte dell'obiettivo, e così la luce del Sole giunge al cannocchiale, parallelo al piano maggiore della faccia ABCD, attraverso due percorsi diversi: uno diretto ed uno riflesso dalla faccia del prisma. Si ottengono così due immagini opposte dell'oggetto che si muovono incontro, che si sovrappongono all'istante del mezzogiorno vero, quindi di nuovo si separano. Le letture delle immagini (sovrapposte) sono di circa 0,1 secondo.

Di questa meridiana lo gnomonista italiano E. Marianeschi ne ha realizzato una versione più compatta, racchiudendo la meridiana in un barilotto chiuso alla estremità da due vetri piane parallele, e posizionando una lente convergente dal lato della fuoriuscita dei raggi solari. Un prisma posto a circa metà dello strumento intercetta i raggi consentendo quel doppio percorso di cui sopra: [198].

**Amici, prisma** Nome generico riferito a due diversi prismi ideati e costruiti da **G. B. Amici**: un prisma a visione diretta e un altro detto a ribaltamento d'immagine.

Nella prima fattispecie il prisma è composto da tre diversi elementi prismatici (due in crown e l'altro in flint: → **vetro**) unite fra loro con un particolare collante, in genere il **balsamo del Canada**. La luce incidendo sul prisma è dispersa dalle tre parti in componenti monocromatiche, ad eccezione di una che non è deviata rispetto alla direzione del fascio luminoso in ingresso. Tale particolarità ne favorisce l'uso negli **spettrometri** e nei **ri-frastronometri**, progettandoli in modo che la radiazione luminosa non deviate sia quella corrispondente alla riga del sodio, mentre le altre radiazioni vengono schermate od eliminate.

Nella seconda fattispecie il prisma è utilizzato per raddrizzare immagini, e per questo è detto anche comunemente **prisma ribaltatore**. Il prisma è particolarmente usato nei **cercatori** dei telescopi. L'immagine fornita dall'obiettivo, ruotata di 180° nell'oculare, previa interposizione di questo prisma, subisce un ulteriore ribaltamento della stessa entità, consentendo una visione dell'immagine reale e coerente con quella offerta dall'occhio.

Il prisma si presenta secondo la forma del triangolo isoscele (in molte costruzioni rettangolo), e la base è alluminata: in questo modo, funzionando come uno specchio è impedita la propagazione della luce attraverso questa faccia.

**ammasso**

**ammassi aperti**

**ammassi [di] galassie**

**ammassi globulari**

**ammassi in movimento, metodo degli**

**ammasso stellare**

**ammoniaca**

**Amor**

**Am star**

**ampiezza**

**anacronici, eventi**

**anaforico, orologio** Dal greco *ἀναφορά*, parola che indica la levata di un astro. L'orologio anaforico è uno strumento che indica ora e posizione degli astri rispetto ad un sistema di coordinate, e la cui ideazione è attribuita generalmente a **Ctesibio**, uno scienziato naturalista che operò durante i regni dei Tolomei (II e III), citato da **Vitruvio** nel *De Architectura*.

Caratteristica di questi orologi è di essere impostati sulle variazioni equinoziali e solstiziali, nonché sulla diversa durata dei giorni a seconda delle stagioni. In questo senso sono punto fondamentale di riferimento le osservazioni di **Euctemone**, **Aristarco** ed **Eratostene** che introdusse l'uso di determinare le latitudini tramite la meridiana.

Secondo la ricostruzione offerta nel disegno, nell'orologio anaforico, così come si è sviluppato da Ctesibio a Vitruvio, si ritrovano non solo le intuizioni dei due scienziati, ma anche la scienza astronomica, ed in particolare quella dei calendari, dei secoli in questione. L'osservazione del disegno e la legenda permettono intuitivamente di comprendere il movimento di questo orologio. Nel Rinascimento furono prospettate diverse ricostruzioni dell'orologio di Ctesibio, non sempre del tutto convincenti.

## analemma

**analettico, calendario** Si dice *analettico* un calendario che considera gli eventi come se si fossero sempre svolti secondo quella calendarizzazione.

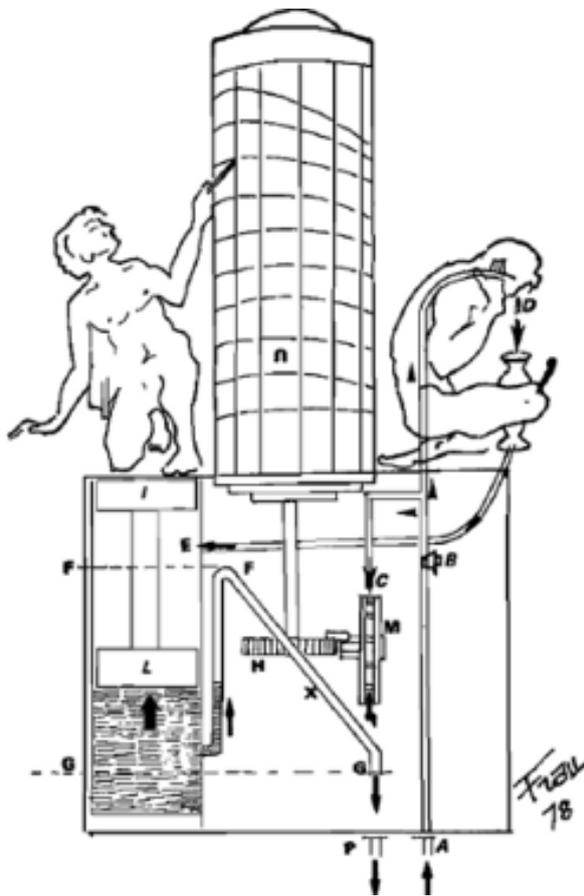
Tali sono il *Calendario giuliano* e il *Calendario gregoriano*: → **calendario**. Per la discussione del termine: → **prolettico**.

## analisi spettrale

### Ananke

**Anassagora di Clazomene** (500 - 430 a.C. circa) Originario di Clazomene nell'Asia Minore, città prossima a Smirne, l'abbandonò per trasferirsi ad Atene, intorno al 462 a.C. dove promosse gli studi filosofici avendo fra i suoi allievi probabilmente anche Socrate, a dedurre da un cenno ai suoi insegnamenti che si trova nel *Fedone* di **Platone**.

visse circa trent'anni introducendovi la filosofia, insegnando e tenendo pubbliche lezioni (fra i suoi uditori si ricordano Ippocrate e Socrate), occupandosi di medicina, matematica, astronomia, e biologia. Della sua opera *περί φύσεως* (Sulla natura) di cui ci restano diversi frammenti.



- ▲ Ricostruzione dell'orologio anaforico di Ctesibio, da B. Frau, [110] Legenda: a) tubo adduzione acqua; b) regolazione del flusso; c) la caduta dell'acqua provoca la rotazione del timpano; d) altro tubo di alimentazione per sollevare il galleggiante L; e) foro immissione acqua nel cilindro con galleggiante; g) livello Minimo dell'acqua, vaso comunicante; h) ruota ad ingranaggi mossa da m che provoca la rotazione di n; i) estremità superiore del galleggiante che fa da supporto alla figura; l) galleggiante la cui entità di sollevamento è regolata dall'afflusso dell'acqua; m) timpano; n) tamburo rotante; p) foro d'uscita; x) scarico automatico.

Ad Atene strinse amicizia con Pericle di cui divenne consigliere, un'amicizia che pagò a caro prezzo perché i nemici di Pericle non potendo colpire lui attaccarono Anassagora a ragione delle sue innovative idee (sosteneva che i fenomeni celesti sono eventi naturali e non divini), processandolo per empietà e – secondo la storia più accreditata – comminandogli l'esilio.

Anassagora si rifugiò a Lampsaco, ove trascorse gli ultimi anni della sua vita talmente onorato che gli abitanti, secondo quanto riferisce Diogene Laerzio, posero sulla sua tomba questa scritta: *Qui giace Anassagora che moltissimo si avvicinò al limite della verità intorno al mondo celeste*.

Sostenitore e seguace delle teorie di → **Empedocle**, volendo ispirare la propria vita ad una ricerca filosofico-scientifica pura, Anassagora tenne sempre nettamente distinte la fisica dalla metafisica, l'astronomia dall'etica, facendo proprio in quest'ansia di rigore intellettuale che voleva andare sempre alla causa prima senza ammettere alcunché che non fosse provabile, anche l'ateismo di Senofane che faceva risiedere l'unico sapere nella ricerca attiva, anche se riconosceva fasi significative all'esperienza, alla memoria, alla tecnica.

L'ateismo lo condusse al materialismo, ma il suo materialismo è meccanicistico e costituito di profonde intuizioni, quali l'infinità della materia e la convergenza fra macrocosmo e microcosmo che lo condusse ad affermare nella sua cosmologia che *tutto è in tutto*, un'affermazione scientifica di indubbia rilevanza per l'epoca, che finì però per risolversi in un'affermazione di pura speculazione dialettica.

Secondo Anassagora i corpi celesti sono costituiti di materia (fu uno dei primi ad affermarlo), la Luna ha valli e montagne in modo simile al nostro pianeta, e la sua illuminazione è originata dalla luce dal Sole che qualificava come un corpo incandescente. Anassagora fornisce anche la prima spiegazione scientifica all'obiezione perché i corpi non cadono anche se sospesi nel vuoto, affermando che il loro movimento circolare costituisce la risposta alla domanda. È questa la prima indicazione storica che si ha della forza di rotazione come capace di sostenere un corpo nella propria orbita, quell'effetto che sino a I. Newton fu chiamato *effetto fionda*.

Su questa concezione (gli astri ruotano attorno alla Terra) spiegò le eclissi perché, sosteneva, l'eclissarsi di un corpo non è altro che l'ombra della Terra sul disco lunare, e questa si verifica quando la Luna si interpone fra il Sole e la Terra. Sembra che Anassagora abbia esteso questo concetto dell'ombra tanto avanti da considerare la via lattea come una proiezione della Terra sulla volta celeste.

Muovendo, ed accettando, la concezione di **Parmenide** che nulla proviene dal nulla, non ne conclude però che il divenire è impossibile, perché tale affermazione urterebbe con l'esperienza della vita quotidiana che si presenta con una molteplicità pressoché infinita che non può essere giustificata con i quattro elementi (terra, aria, acqua, fuoco).

La sua cosmologia pone all'origine del mondo non un *quid* indistinto, ma un innumerevole numero di elementi sempre eguali a se stessi, le *omeomerie* (i semi), particelle che avrebbero poi generato ogni cosa. La sua concezione cosmologica-filosofica immagina che questi semi siano esistiti in un numero infinito in un insieme compatto e immoto, finché s'inserì (od ebbe origine) un movimento rotatorio che iniziò a separare le particelle (singole sostanze) ordinandole per omogeneità. Fu allora che i corpi acquistarono proprietà peculiari caratterizzati dalla prevalenza di specifiche omeomerie della stessa specie.

La sua già ricordata frase: *tutto è in tutto* diviene allora coerentemente *in ogni cosa c'è parte di ogni cosa*, ed Anassagora estende questa teoria non solo ai corpi, ma affrontando la teo-

ria dei colori, afferma: *nel bianco si trovò il nero e nel nero il bianco*. Di conseguenza non esiste la nascita o la morte degli elementi, ma solo la composizione e la scomposizione di questi, ed il passaggio dal disordine all'ordine avviene tramite il νόυς, il principio ordinatore, la mente che agisce dall'esterno. Il nous è illimitato, a nulla è mischiato, è sufficiente a se stesso.

Tale individuazione del principio ordinatore sembra disegnare una nuova idea di divinità che per molti versi lascia intravedere, per gli attributi che riconosce al proprio νόυς, concezioni cristiane della divinità, ma non si tratta di un divinità, piuttosto di un principio materiale la cui azione è eminentemente meccanica. Questa concezione che presuppone e dà per scontato un relativismo della conoscenza perché pone ogni cosa in rapporto con le altre, sarà quella che aprirà poi la via all'atomismo di Democrito, la stessa che – in logica – lo portò a descrivere il Sole come una massa di pietra incandescente, affermazione che alla fine gli costò l'esilio.

Ad Anassagora è dedicato sulla Luna l'omonimo cratere: **Anaxagoras**.

**Anassimandro di Mileto** (610 - 546/547 a.C. circa) Filosofo naturalista appartenente alla scuola poi detta presocratica. Riconosciuto come il primo discepolo di Talete, della sua vita si sa pochissimo. Dalla **Suda** sappiamo che scrisse un'opera *Della natura* di cui ci è giunto solo un frammento attraverso una citazione di **Simplicio** che riporta da **Teofrasto** commentando di questi un passo dell'opera (andata perduta) *Le opinioni dei fisici*; un lavoro sulle stesse fisse, un altro sulla sfera ed altre di cui l'enciclopedia bizantina non riporta i titoli. Diogene Laerzio riporta di lui un insignificante aneddoto e la notizia che avrebbe esposto il proprio pensiero in un lavoro di cui però non cita il nome.

In campo scientifico Anassimandro piegò la spiegazione dei fenomeni alla diretta osservazione degli eventi, sciogliendosi dalle interpretazioni mitiche e religiose dei suoi predecessori come **Esiodo**, tentando di individuare per la Terra e per il cosmo un modello meccanicistico. In quest'ottica, sostenendo che la Terra galleggia libera nello spazio e che i corpi celesti seguono percorsi circolari, lo propone, assieme ad **Anassagora** come uno dei propositi di una nuova teoria cosmologica, non rilevando, da questo punto di vista, anche le conclusioni – davvero inconsuete – cui Anassimandro giunge riguardo alla forma della Terra.

Questa è infatti da lui ritenuta di forma cilindrica, d'altezza grosso modo eguale ad un terzo del diametro, con l'asse orientato in direzione levante-ponente e che stesse nello spazio senza che nulla la sorreggesse, affermazione innovativa per l'epoca in quanto presso quasi tutte le culture era radicata la convinzione che ci fosse un qualcosa di solido a sostenere il pianeta. Il rilevante di questa concezione, secondo quanto riporta **Aristotele** che critica tale costruzione, è tuttavia il fatto che Anassimandro invocò la concezione che quello che sta al centro possiede eguale distanza fra gli estremi, e che la fissità della Terra nel cosmo sia giustificata dall'impossibilità del movimento di avvenire contemporaneamente in direzioni opposte.

Stando a quanto riporta **Aezio**, Anassimandro riteneva gli astri involucri d'aria pieni di fuoco che fuoriusciva da alcune aperture, e con questa concezione spiegava il calore prodotto dal Sole che diceva rassomigliare alla ruota di un carro, ed avere un diametro 28 volte maggiore di quello della Terra. Non è dato sapere con quali strumenti e sulla base di quali ragionamenti pervenisse a questa conclusione, ma l'idea doveva affascinarlo perché la estese anche alla Luna stimandone il diametro in 19 volte quello della Terra.

Non è dato conoscere se immaginasse la Terra di forma cilindrica per contrapporre una propria teoria a quella di Talete che la voleva piatta, ma anche in questo caso il suo pensiero procede per induzioni affermando che sopra la colonna esiste il vapore del riscaldamento originariamente provocato da un fuoco che ardeva. La sua concezione cosmologica insomma è più mitica che pragmatica, dominata dall'idea degli elementi.

Se svolgeva osservazioni astronomiche (è giunta a noi una testimonianza relativa ad un'osservazione del tramonto mattutino delle Pleiadi) queste dovevano essere molto probabilmente fuorviate da convincimenti preesistenti, perché pur avendo intuizioni felici, Anassimandro talvolta si smarriva in un'astratta speculazione filosofica.

Vero spirito innovatore, se aveva intuito che la vita viene dalle acque, per giustificare e spiegare le sue teorie raccontava poi che i feti si generarono e svilupparono sino alla pubertà dentro ai pesci, di poi capaci di sostenersi con le loro forze ed affrontare i pericoli della vita... approdarono alla Terra.

Anche in questo caso ha un'intuizione felice, quando ritiene principio degli esseri l'infinito e quando introduce il principio di ἀρχή (la prima causa), una natura infinita dalla quale tutto proviene.

Simplicio nel frammento ricordato riporta così il pensiero di Anassimandro: *[Anassimandro] ha detto che principio degli esseri è l'infinito, da dove gli esseri hanno origine e distruzione secondo necessità poiché essi pagano l'uno all'altro pena ed espiazione ed ingiustizia secondo l'ordine del tempo*. È quanto mai opportuno notare che il termine che Anassimandro usa ἀπειρον, può essere tradotto con varianza di significato altrettanto bene con: *senza fine, immenso, illimitato*.

Secondo Anassimandro tutto proviene dall'atto della creazione che non riesce, naturalmente, a definire, ma questa volta non commette l'errore di confondere quest'elemento primigenio con uno dei quattro elementi: avendoli osservati e studiati non può affermare che alcuno di essi sia il principio, perché tutti provengono dalla creazione, e non confonde l'origine con l'effetto.

La tradizione popolare e una fonte riconducibile ad un tardo sofista, Favorino di Arles, attribuiscono ad Anassimandro l'introduzione in Grecia dello **gnomone**, pratica che avrebbe appreso dai Babilonesi; ed ancora a lui risalgono le prime idee sulla convessità della superficie terrestre: almeno in questo fu logicamente coerente, avendo immaginato la Terra di forma cilindrica non poteva attribuire alla sua superficie altra forma che questa. Altre attribuzioni scientifiche quali il presunto disegno di una carta geografica del mondo allora conosciuto e la misurazione dell'obliquità dell'**eclittica** terrestre non sono provate.

Ad Anassimandro è dedicato sulla Luna l'omonimo cratere: **Anaximander**.

**Anassimene di Mileto** (586 - 528 a.C. circa) Filosofo naturalista discepolo di **Anassimandro** di cui si hanno pochissime notizie. Delle sue opere possediamo solo un frammento composto da due righe, ed il suo pensiero, per quanto possibile, è parzialmente deducibile dal lavoro di Ippolito romano *Confutazione di tutte le eresie*, che lo annovera fra i filosofi naturalisti e dal commento del suo pensiero che ne fa **Teofrasto**.

Anassimene appartiene a quella schiera di pensatori seguaci di **Talete** che nell'indagine speculativa andavano sempre alla ricerca principio originario. Questo principio Anassimene lo individua nell'aria riconoscendo il ruolo primario che essa adempie per tutti gli esseri viventi, e cui riconosce un carattere d'infinità per il suo moto incessante. Al di là dell'individuazione dell'aria come principio unico, rileva il passo che egli compie

assieme a Talete che invece individua nell'acqua il principio ordinatore della natura, e cioè la trasposizione del principio da un piano astratto e quasi metafisico, com'era in Anassimandro, su un piano fisico, concreto, determinato ed individuabile. Nella concezione della forma della Terra Anassimene seguiva invece il modello proposto dal maestro.

Ad Anassimene è dedicato sulla Luna l'omonimo cratere: **Anaximenes**.

### anastigmatico

**Anaxagoras, cratere** Cratere lunare di recente impatto situato sul lato Nord sulla Luna. Il cratere ha un diametro di circa 18 km ed il suo fondo presenta un'albedo molto marcata.

**Anaximander, cratere** Cratere lunare di recente impatto situato nell'emisfero settentrionale. Presenta un'estensione di circa 59 km.

**Anaximenes, cratere** Cratere lunare di recente impatto situato nell'emisfero settentrionale. Presenta un'estensione di circa 80 km.

**Anderson John August** (1876 - 1959) Astronomo americano. Si occupò di stelle doppie dedicandosi a misurare di molte di esse il valore di separazione angolare adoperando al telescopio di 100 pollici di Monte Wilson l'interferometro di → Michelson, dedicando molti studi alle misure sulla gigante rossa Beteulgeuse. Anderson lavorò ancora attivamente allo *sbozzamento* ed alla politura del menisco di 5 m del Telescopio Hale di Monte → **Palomar**.

### Andromeda, costellazione

### Andromeda, galassia

**Andromedae, stelle Z** → **simbiotiche stelle**.

**Andromedidi** Dette anche *Bielidis* dalla cometa 3D/Biela... CCCC XXXXX XXX

**Andronico di Cirro** (I sec. a.C.) Architetto del tardo periodo ellenistico considerato il costruttore della **torre dei venti di Atene**.

**anello degli asteroidi** → Kuiper, cintura .

**anello di Barnard** → **Barnard anello**.

**anemoscopio** Strumento usato per indicare la direzione del vento di origini antichissima.

L'anemoscopio si compone di un'asta che reca ad una dell'estremità una freccia ed all'altra una banderuola; il tutto è incernierata su un'asta fissata verticalmente che permette allo strumento di ruotare a seconda della direzione del vento.

Talvolta completa l'anemoscopio una rosa dei venti, come nella → *Torre dei venti ad Atene*, indicando così la precisa direzione del vento.

**anemoscopio Boscovich** Un particolare anemoscopio noto come *anemoscopio Boscovich* è conservato a Pesaro, presso il Museo Olivierano.

**Angara** Satellite russo.

▼ Anemoscopio Boscovich conservato a Pesaro presso il Museo Olivierano



▼ Il telescopio anglo-australiano 3,9 m di apertura



**Anglo-Australian Observatory** Osservatorio anglo australiano situato nei pressi di Coonabarabran, nel New South Wales. L'osservatorio inaugurato nel 1974 è dotato di un telescopio di 3,9 m di diametro (*Anglo-Australian Telescope*), e di una camera → Schmidt di 1,2 m di apertura. L'AAT è il più grande strumento situato nel continente australiano, ed è equipaggiato con una camera speciale per riprese all'infrarosso e di un sistema denominato 2dF che con un campo di 2° permette di ottenere simultaneamente gli spettri di 400 oggetti.

### Anglo-Australian Telescope

**angolare, misura**

**angolare, momento**

**angolo di fase**

**angolo limite** → rifrazione.

**angolo orario**

**angrite** Meteorite rocciosa appartenente alla famiglia delle → **acondriti**.

**angstrom** → Å.

**Anguitenens** Detto anche *serpentarius* → **Ophiochus**.

**Ankaa** ( $\alpha$  Phoenicis)

**Ann Arbor Observatory** Osservatorio dell'Università del Michigan fondato nel 1854 ed annesso alla locale università.

L'osservatorio è equipaggiato ancora con lo strumento originario, un rifrattore da 320 mm, recentemente restaurato (1999), ed usato soprattutto a fini didattici e divulgativi.

**anno** Dal latino *annulus* (anello). Il termine indica un ciclo completo.

**anno anomalistico** è il tempo fra due passaggi consecutivi della Terra al perielio. A causa del moto della linea degli apsi, il perielio avanza annualmente di  $11''{,}6$  nel senso medesimo del moto terrestre, e perciò l'anno anomalistico è più lungo di quello siderale di  $4\text{ m }43\text{ s},47$ .

**anno besseliano** L'anno civile, fatti i dovuti conguagli per mezzo degli anni bisestili, ha con grande approssimazione la stessa durata dell'anno tropico il quale è definito, in durata, come l'intervallo di tempo fra due ritorni consecutivi del Sole fittizio alla stessa longitudine.

Però il Sole, alle ore zero del primo gennaio, inizio dell'anno civile, non riassume ogni anno la stessa longitudine non essendo l'anno tropico formato da un numero intero di giorni. Per l'uso astronomico è invece conveniente contare l'anno dal momento in cui il Sole ha esattamente una determinata longitudine fissata una volta per tutte: si sarebbe potuto, ad esempio, fissare come inizio dell'anno astronomico l'istante in cui il Sole passa per l'equinozio di primavera (longitudine zero), ma per far cadere l'inizio dell'anno astronomico in prossimità dell'inizio dell'anno civile, secondo una proposta di **F. W. Bessel**, si è convenuto di contare l'anno dall'istante in cui il Sole raggiunge la longitudine  $280^\circ$ .

L'anno così computato si chiama *annus fictus* od anno besseliano.

La data viene espressa in frazione decimale dell'anno: così l'inizio dell'anno 1950,0. Nel 1959 l'*annus fictus* è iniziato il 1° gennaio alle 08:17 di Tempo universale.

**anno civile** è l'anno usato per tutti gli usi civili, il nostro anno civile, dopo la riforma del calendario **gregoriano** del 1582.

Vale 365 giorni negli anni detti *comuni*, e 366 giorni negli anni detti *bisestili* che si seguono uno ogni quattro anni per riprendere le quasi sei ore perdute ogni anno sull'anno tropico, e precisamente sono bisestili gli anni divisibili per 4.

In questo modo però, si guadagnano ogni anno bisestile 45 minuti di troppo (l'anno tropico è infatti di circa  $11\text{ m }15\text{ s}$  più corto di  $365\text{ d }6\text{ h}$ ), ed allora si tolgono 3 anni bisestili ogni 400 anni, e precisamente si è stabilito che non siano bisestili gli anni terminanti con due zeri ma le cui cifre significative non sono divisibili per 4; così ad esempio non è stato bisestile il 1900 e lo sarà invece il 2000.

**anno cosmico** Viene chiamato così da alcuni il tempo, valutato in 250 milioni di anni, che il Sole impiega a percorrere un'intera orbita galattica.

**anno draconico** è il tempo che intercorre fra due passaggi consecutivi del Sole per il nodo ascendente dell'orbita lunare.

La durata dell'anno draconico all'epoca 1900,0 era di  $346\text{ d }14\text{ h }52\text{ m }50\text{ s},7$  (346,620031).

L'anno draconico si allunga di 2,8 secondi per secoli,

e quindi la durata in qualsiasi epoca si ottiene aggiungendo, col suo segno, a tale valore il termine  $+ 2\text{ s},8\text{ T}$ .

**anno gaussiano** Si chiama così il periodo di rivoluzione che avrebbe un corpo di massa nulla gravitante attorno al Sole alla distanza media uguale ad una UA, adottando per la costante di gravitazione il valore di Gauss e per la massa solare il valore di 1; naturalmente considerando il sistema isolato, cioè in assenza di perturbazioni.

L'anno gaussiano vale  $365\text{ d},2568986$  in giorni di effermeridi, e cioè  $365\text{ d }6\text{ h }9\text{ m }56\text{ s},04$

**anno giuliano** Il valore medio calcolato su 4 anni dell'anno del calendario giuliano, e vale esattamente  $365\text{ d }6\text{ h }= 365\text{ d},25$ .

L'uso di questo calendario comporta col passare degli anni un progressivo sfasamento delle stagioni rispetto alla data, perché, a differenza del calendario gregoriano, non toglie i tre giorni bisestili ogni 4 anni.

Siccome però per misurare i tempi dei fenomeni astronomici le stagioni evidentemente non hanno alcun significato e d'altra parte il valore semplice dell'anno giuliano facilita i calcoli, gli astronomi usano l'anno giuliano ed il secolo giuliano di 36500 giorni usati per contare i tempi più lunghi.

**anno platonico** Si è dato questo nome al periodo di 25784 anni in cui l'asse della Terra, per effetto della precessione degli equinozi descrive un cerchio completo attorno al polo dell'eclittica.

In questo stesso periodo i punti equinoziali descrivono l'eclittica e ritornano alla posizione iniziale, e quindi il Sole, alle stesse epoche dell'anno tropico, torna a trovarsi nelle stesse costellazioni.

**Platone**, nel Timeo, parla di un anno perfetto del quale non stabilisce la durata, in capo al quale il Sole, la Luna ed i cinque pianeti tornano ad occupare simultaneamente le stesse posizioni in cielo.

Il nome di platonico al periodo precessionale è stato dato per reminiscenze di questo grande periodo cosmico immaginato da Platone.

**anno siderale** è il tempo che la terra impiega a compiere una rivoluzione attorno al Sole, e vale  $365\text{ d }6\text{ h }9\text{ m }9\text{ s},5$ , ed è determinato mediante l'osservazione del tempo che impiega il Sole a tornare nella stessa posizione rispetto alle stelle.

La durata dell'anno siderale si accresce di un centesimo di secondo per secolo. Il valore appena fornito si riferisce al 1900,0, e per avere la durata esatta in qualsiasi epoca bisogna aggiungere (o sottrarre) il termine  $0\text{ s}.01\text{ T}$ , dove T è il tempo, misurato in secoli giuliani, trascorso, o che precede, il 1990.

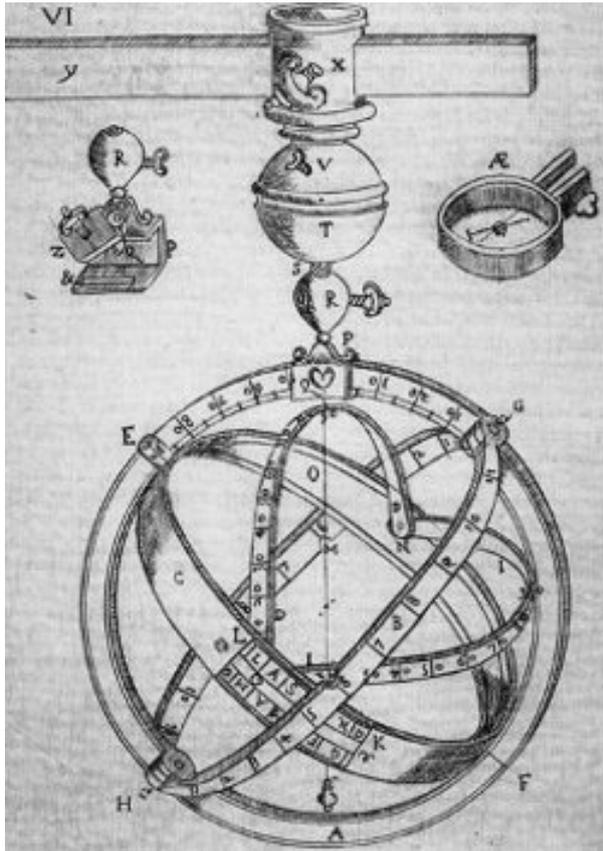
**anno tropico** è il tempo intercorrente fra due passaggi consecutivi del Sole allo stesso punto equinoziale, o, cioè che è lo stesso, fra due ritorni consecutivi del Sole alla stessa longitudine, e vale  $365\text{ d }5\text{ h }48\text{ m }45\text{ s},98$ .

Poiché le stagioni dipendono dalla posizione della Terra (o del Sole se si parla in termini di moto apparente) rispetto ai punti equinoziali, le stagioni sono in fase con l'anno tropico e non con quello siderale. Perciò l'anno civile si basa sull'anno tropico.

La differenza fra i due anni è di soli  $20\text{ m }14\text{ s}$ , però, se non se ne tenesse conto e ci si basasse per il calendario civile sull'anno siderale, in capo a 1000 anni si avrebbe un anticipo di 14 giorni nelle stagioni.

La durata dell'anno tropico diminuisce mezzo secondo

▼ Annulo sferico.



per secolo, e per avere la durata esatta in qualsiasi epoca bisogna aggiungere al valore il termine - 0s.53 T.

anno vago DA COMPLETARE

**Annone**

**annuario** → **almanacchi**.

**annulo (annulus) sferico** Antico strumento d'uso astronomico e terrestre, impiegato in astronomia soprattutto per la misura della declinazione del Sole.

Se ne trova una descrizione in diversi trattati del Cinque-Seicento, fra questi ne parla G. Capilupi, nell'opera *Fabbrica et uso di alcuni stromenti horari universali*, un'opera pubblicata a Roma nel 1590.

**anomalia**

**anomalistica, precessione**

**anomalistico, anno**

**anomalistico, mese**

**anortosite**

**ANS**

**ansae**

**Anser** → **Vulpecola**

**Antapex**

**Antares** da anti ares, contro Marte

**antartica, astronomia**

**Antarctic Muon and Neutrino Directory Array**

**antelio**

**Antemio di Tralle** (474 - 558 circa) Architetto e insegnante di geometria a Costantinopoli, collaborò con Isidoro di Mileto alla costruzione della Chiesa di Santa Sofia voluta da Giustiniano I. Abile matematico si occupò dei metodi di costruzione dell'ellisse scoprendo proprietà che erano sfuggite ad **Apollonio**, e delle sezioni coniche su cui scrisse un libro, e trattò della proprietà degli specchi, lavoro conosciuto da un matematico arabo come Ibn al-Haytham.

**antenna**

**Antennae**

**antiapice**

**anticoda**

**Antifonte di Ramnunte** (V sec. a.C.) Detto anche *il sofista* è stato un filosofo e politico ateniese. Secondo alcuni a questo nome andrebbero ricondotti due diversi personaggi vissuti quasi nella medesima epoca, uno dedico alla politica e l'altro all'oratoria, ma queste supposizioni non si basano su alcun certo elemento.

Nel campo delle scienze naturali tentò di risolvere il problema della quadratura del cerchio e per i suoi tentativi di calcolare l'area del cerchio iscrivendovi una successione di poligoni sino a farli coincidere con il cerchio, va considerato uno dei primi ideatori del metodo di **esaustione** portato a compimento più tardi da **Archimede**.

In altri campi Antifone va considerato come il fondatore della psicologia, per la sua tendenza a curare i malati cercando di rimuovere le ragioni del male annidate, secondo lui, nella psiche. In questa scia avrebbe anche scritto un'opera sull'interpretazione dei sogni affermandone la natura simbolica.

**Antikythera, macchina** Meccanismo del I secolo a.C. che prende il nome dall'omonima isola greca di Ἀντικύθηρα (Anticitera), fra il Peloponneso e Creta, dove nel 1900 furono rinvenuti da alcuni pescatori di spugne frammenti metallici a bordo di una nave romana ricca di reperti statuari.

Trasportati assieme a questi al Museo archeologico di Atene e lì a lungo abbandonati, furono individuati come componenti di un probabile meccanismo di calcolo astronomico da parte dell'archeologo del museo V. Stais, ma molti decenni dovette trascorrere prima che si pervenisse alla comprensione della effettiva funzionalità della macchina originaria.

L'indagine scientifica condotta esprime uno dei più felici conubii fra l'archeologia, l'astronomia e le moderne tecniche di restauro e recupero dati.

■ *Individuazione, attribuzione, primi studi*

▶ *La ricostruzione di D. Price de Solla*

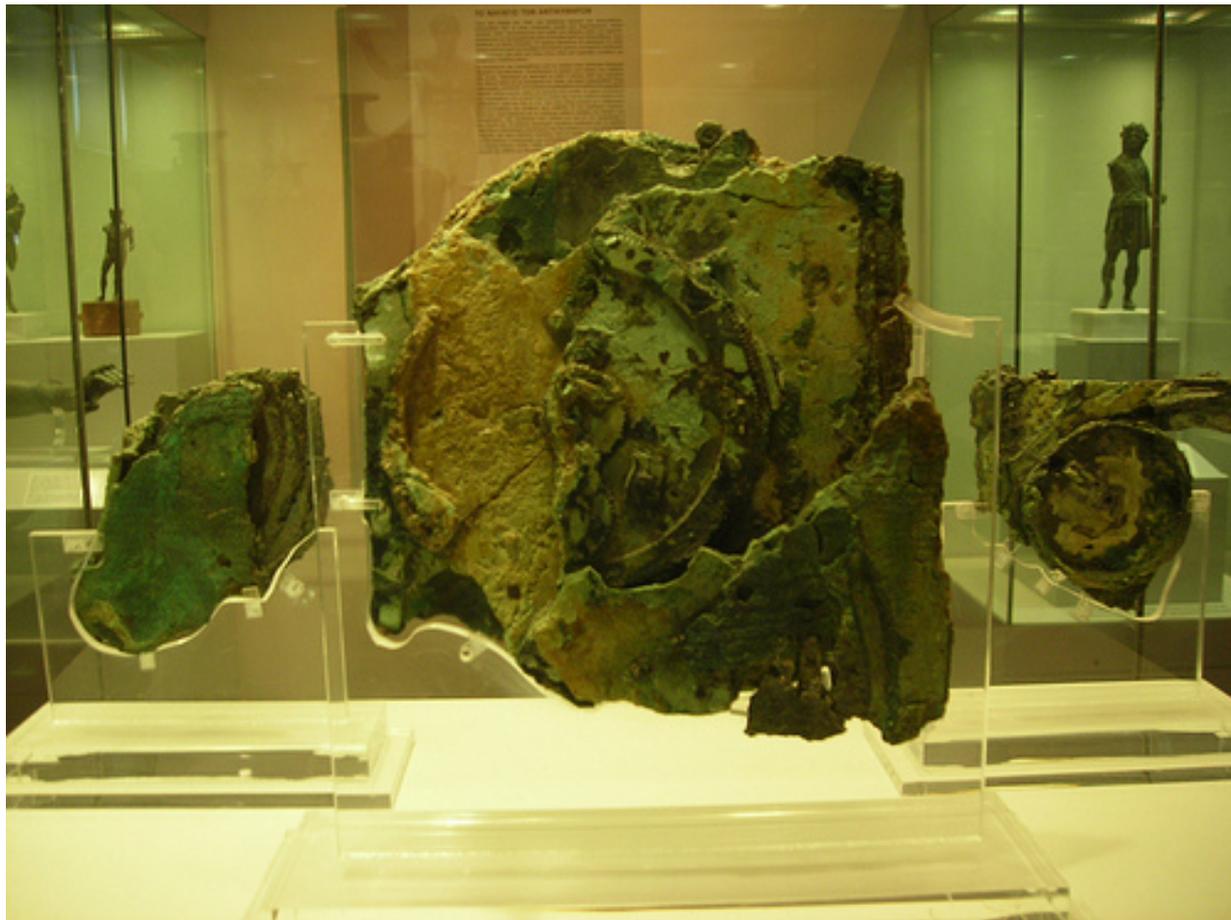
▶ *Struttura della macchina*

▶ *La ricostruzione di A. G. Bromley*

■ *Conclusioni*

■ *Individuazione, attribuzione, primi studi.* Di uno strumento astronomico simile fa cenno **Cicerone** riportando che quando fu espugnata Siracusa (212 a.C.), il console M. C. Marcello portò a Roma quale bottino di guerra uno strumento, che l'oratore romano accredita opera di **Archimede**, in grado di mostrare il

▼ I principali frammento della macchina di Antikythera; Museo Archeologico Nazionale di Atene



percorso degli astri sulla volta celeste: [69, *De re Publica*, I, 14, 21, 22] e [68, *Tuscolanae disputationes*, I, 63]. Cicerone riporta ancora le impressioni di G. S. Gallo che aveva osservato lo strumento restando ammirato dalla capacità di Archimede di generare con un solo moto orbite di pianeti tanto diverse fra loro. Di un simile planetario parlano ancora **Ovidio**: *suspensus in aere clausus stat globus*, [228, *Fasti*, VI, 263 - 283]; L. C. F. Lattanzio (240 - 320) [171, *Divinae institutiones*, II, 5 - 18]; e addirittura ancora, a testimonianza di quanto fosse ancora viva la creazione di Archimede, ne parlano **Pappo** (IV secolo) che informa che il siracusano aveva descritto in un'opera andata perduta (*Sulla costruzione delle sfere*) un planetario simile a quello rinvenuto, e C. Claudiano (V secolo) in un'epigramma dei *carmina minora* specificando che il planetario era composto di una sfera di vetro su cui era rappresentata la volta celeste [70, *In sphaeram Archimedis*, 1 - 13].

Questi resoconti, unitamente alla fama di Archimede, deposero, senza che fosse mai provata, a favore di un'ipotesi che faceva risalire allo scienziato siciliano l'ideazione della macchina ritrovata, che in questo senso potrebbe altrettanto agevolmente essere attribuita alla scuola di → **Posidonio** o **Gemino**.

Quando V. Stakis annunciò la scoperta sostenendo che si trattava di un antico strumento astronomico, la notizia suscitò perplessità e scetticismo. Storici ed archeologi non stimavano la tecnologia greca dell'epoca idonea a concepire uno tale strumento, e la circostanza che fosse stato ritrovato su una nave romana del I secolo a.C., minava la paternità greca dell'opera. Si continuava a ritenere allora, più che in assenza di contraddittorio per scolastica indiscussa formazione, ignorando la produzione dei testi di meccanica pervenuti (→ **greca astronomia**) che il mondo greco

non fosse in grado di concepire meccanismi tanto elaborati con molteplici ingranaggi e diversi rapporti di riduzione.

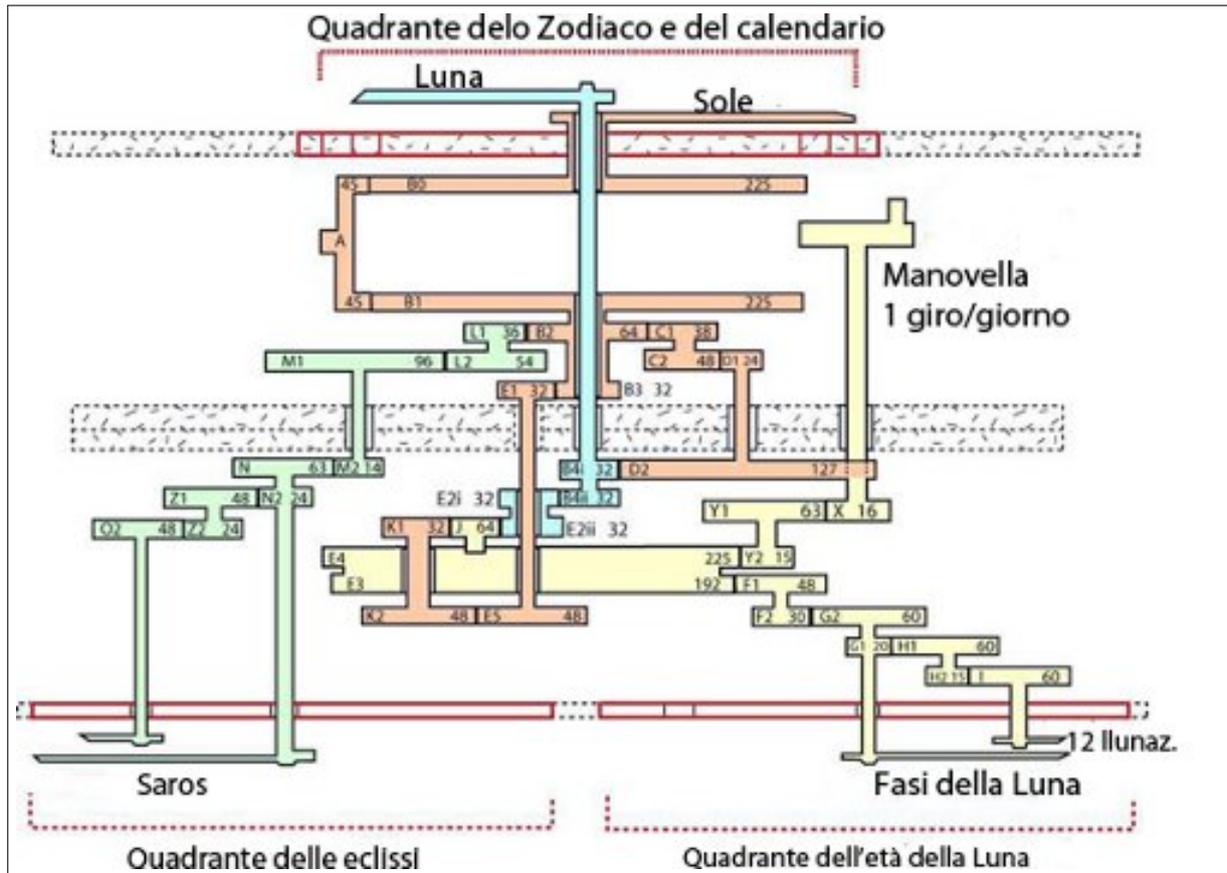
Nel meccanismo colpisce la *sobrietà*: si caratterizza per un'essenziale funzionalità, non presenta alcun elemento scenografico, e ciò depone a favore dell'interpretazione che doveva intendersi uno strumento destinato ad effettuare calcoli e rappresentare in forma visiva il risultato di questi.

Nonostante il rovinoso stato di conservazione, si riuscì a poco a poco – anche se parzialmente – ad interpretare le scritte ed ad individuarne la funzione. Le analisi accertarono che il meccanismo si basava su un sistema ad orologeria che riproduceva il moto dei pianeti allora conosciuti (Sole e Luna compresi) e delle principali costellazioni.

► *La ricostruzione di D. Price de Solla*. Il contributo risolutivo alla comprensione giunse con il lavoro del prof. D. Price de Solla dell'università di Yale [252, 253] che si avvale anche dei reperti recuperati da J. Cousteau nel corso di alcune immersioni, che confermarono trattarsi di una nave romana che molto probabilmente tornava da Pergamo con il bottino sottratto alla città che s'era ribellata a Roma nell'86 a.C. [100]. Il contributo di Cousteau fu basilare per la datazione del reperto, in quanto furono trovate monete romane databili fra l'86 ed il 67 a.C., mentre la nave risultò vecchissima, addirittura di due secoli prima, e questo fu senz'altro all'origine del naufragio.

Price si occupò innanzi tutto di restaurare il meccanismo ripulendolo dalle incrostazioni e cercando di arrestare il processo di corrosione. Quindi si dedicò alla decifrazione delle iscrizioni, e man mano che queste emergevano, la loro traduzione svelò che si trovava citato più volte il Sole, che comparivano scritte relative a Venere e all'eclittica; ed emersero ancora due brevi scritte

▼ Ricostruzione della macchina di Antikythera secondo Price



che recavano «76 anni» e «19 anni» con naturale riferimento ai cicli → **callippico** e **metonico**. Sotto a questa un'altra riga riporta il numero «223» riferimento anche questo astronomico: 223 mesi lunari rappresentano il ciclo delle eclissi. Emersa una netta attinenza con l'astronomia, Price si dedicò a comprendere il principio di funzionamento del meccanismo. In collaborazione con il Museo greco, e tramite tecnologie a raggi X e gamma che permisero di penetrare le scritture e gli ingranaggi al di là del blocco calcareo, fu possibile decifrare ulteriori particolari.

Le analisi confermarono la datazione che Price individuò nell'87 a.C. ritenendo di aver individuato una sorta di marchio di fabbrica che corrisponderebbe proprio a quell'anno [110, pag. 84], e che nel meccanismo un asse centrale azionasse un sistema di alberi ed ingranaggi che trasmetteva il moto finale a lancette disposte su tre quadranti: uno anteriore e due posteriori. A quel punto apparve certo trattarsi di un complesso planetario per calcolare e rappresentare fenomeni astronomici.

► **Struttura della macchina.** Secondo Price, l'intero strumento presentava le dimensioni di  $30 \times 15 \times 7,5$  (circa) cm (altezza, larghezza e profondità), si componeva di due lamine principali (frontale e posteriore) che tramite distanziali reggevano lamine intermedie che separavano i rotismi dei singoli movimenti: su di esse innestavano i perni degli ingranaggi in bronzo (circa 30) con i denti a profilo triangolare ed un sistema differenziale, il tutto azionato da una manovella posta lateralmente allo strumento. Gli ingranaggi azionavano gli indicatori (lancette) posti su quadranti contrapposti, che recavano indicazioni astronomiche sulla posizione dei corpi celesti, presumibilmente protetti da sportelli.

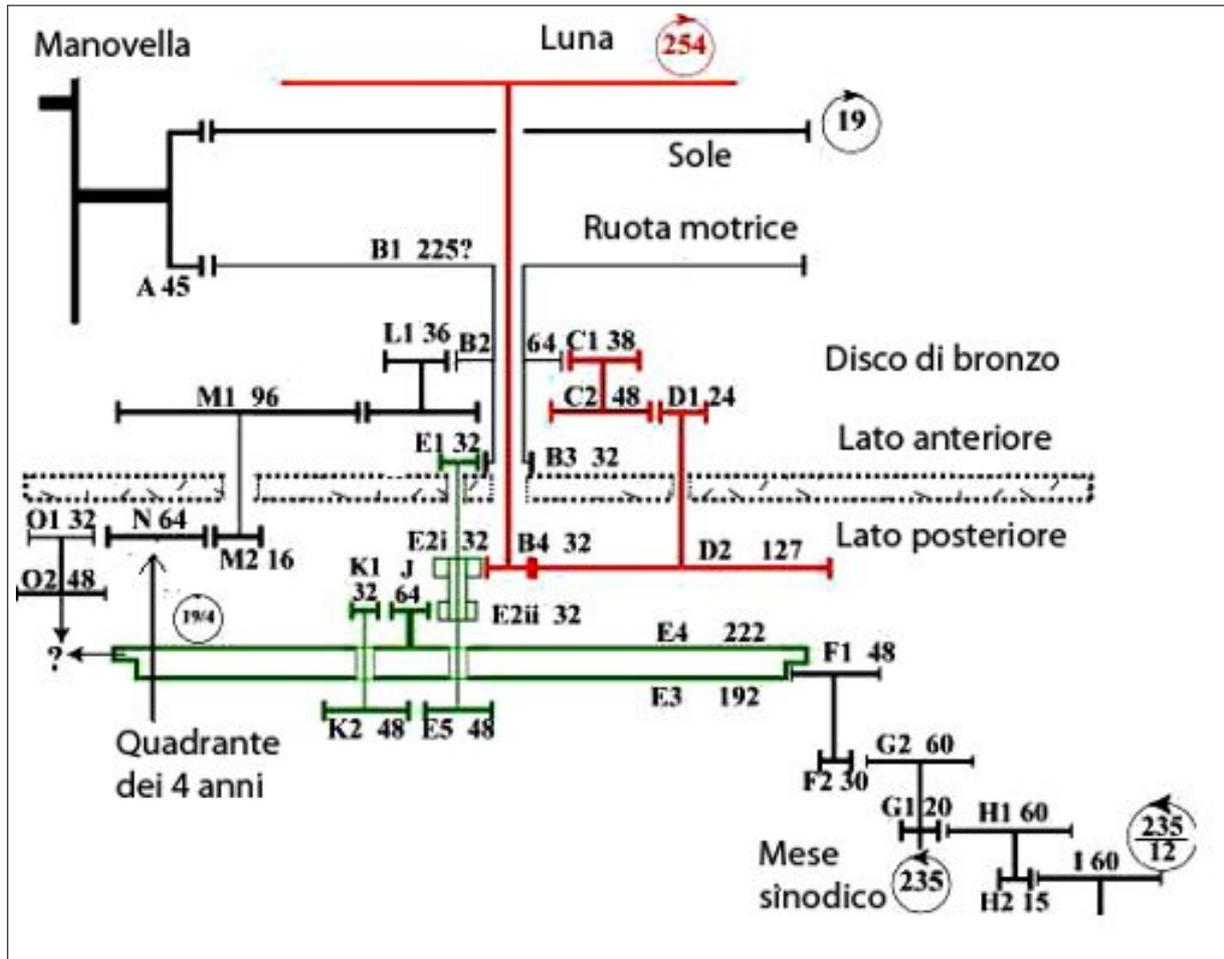
La lamina anteriore riporta (in senso orario) elementi che attonano al ciclo dello zodiaco e che iniziano con il simbolo della

libra (bilancia). La lamina posteriore presenta due quadranti: uno superiore circondato da una serie di anelli, ed uno inferiore. Le dimensioni geometriche dei due quadranti presentano identico raggio: 44,3 mm. Questi quadranti, più complessi e di più difficile interpretazione, dovevano (forse) rappresentare i moti della Luna e degli altri pianeti.

Un quadrante riporta la durata del mese sinodico e dell'anno lunare, e l'altro si trova nella zona che è tutta da ricostruire, quindi non se ne sa nulla. Tuttavia, procedendo per induzione circa i moti che dovevano essere rappresentati, questa parte poteva recare informazioni sui pianeti e sul loro moto rispetto alla terra ovvero al ciclo delle eclissi (223 anni). Le lamine di base sostenevano il complesso degli ingranaggi, a cominciare dalla ruota motrice che presenta un raggio di 63 mm e 228 denti. L'ingranaggio "A" trasmetteva il moto alla ruota indicata con "X" (vedi figura a pagina 32 e rappresentata a tratto) e a B1: quest'ultimo era collegato col quadrante frontale che mostrava il ciclo zodiacale e l'anno. Un'altra serie di ingranaggi (rapporto  $254 : 19$ ) presiedeva al ciclo lunare riproducendo le 254 rivoluzioni siderali che la Luna compie ogni 19 anni. È presente ancora una serie d'ingranaggi che introduce un rapporto  $1 : 4$ : questo rapporto, a lungo incompreso, sembra esprimere un ciclo stagionale: vedi appresso.

La parte per la quale si è riusciti sinora a comprendere il meccanismo, è quella azionata dalla ruota di 192 denti. Resta da chiarire a cosa servisse l'altra da 225 denti. Forse costituiva il motore centrale di tutto il meccanismo azionata da una ruota da 45 denti:  $225 : 45 = 5$ , e quindi, se l'ipotesi fosse corretta, la manovella avrebbe dovuto compiere cinque giri per far effettuare un giro completo alla ruota centrale. Se uno dei quadranti mancanti doveva servire (è un'ipotesi) per rappresentare i giorni,

▼ Ricostruzione della macchina di Antikythera secondo Price (in alto) e Bromley



è possibile fosse diviso in 73 parti, perché  $73 \times 5$  corrispondono a 365 posizioni, cioè 365 giorni.

Meccanicamente, la cosa più interessante sta nel complesso differenziale di cui è dotato, perché si trasferiscono ai quadranti posteriori, con moto invertito, un movimento annuale ed uno (presumibilmente) mensile: il moto differenziale nell'era moderna fu introdotto nel 1828 da O. Péccquer (1792 - 1852).

Secondo il Price la funzione del differenziale doveva essere quella di tenere questi rapporti di rivoluzione e di comporre l'uno o l'altro sommandoli o sottraendoli: sottraendo le rivoluzioni del Sole da quelle della Luna si hanno i cicli dei mesi sinodici.

Nella sua funzione si può quindi dedurre che il quadrante anteriore mostrava il moto del Sole, il sorgere e tramontare delle stelle, le costellazioni più note; mentre il quadrante posteriore indicava il moto dei pianeti conosciuti e i fenomeni lunari: o per calcolare – come si è pure ritenuto – il ciclo *callippico* ed il ciclo di Saros.

Se il quadrante anteriore è stato dunque ormai risolto (esso indubbiamente mostra il moto del Sole e della Luna rispetto alle costellazioni dello zodiaco, il sorgere e il tramontare delle stelle e delle costellazioni più rilevanti), non altrettanto può dirsi per i due quadranti posteriori: se per uno di questi si può dedurre che indicava il mese sinodico e l'anno lunare, per l'altro sono possibili soltanto illazioni.

► *La ricostruzione di A. G. Bromley.* Gli studi dell'australiano A. G. Bromley dell'Università di Sidney negli anni 1986 e 1990 ampliarono l'originario lavoro di Price. Questi basandosi su un modello realizzato da un orologiaio di Sidney, Frank Per-

cival, e realizzando nuove radiografie ipotizzò un nuovo schema di funzionamento. Sul finire degli anni novanta M. Wright del London Science Museum si affiancò ad A. Bromley mettendo a disposizione la propria manualità meccanica, ed iniziando una serie di studi che stanno continuando [345, 346].

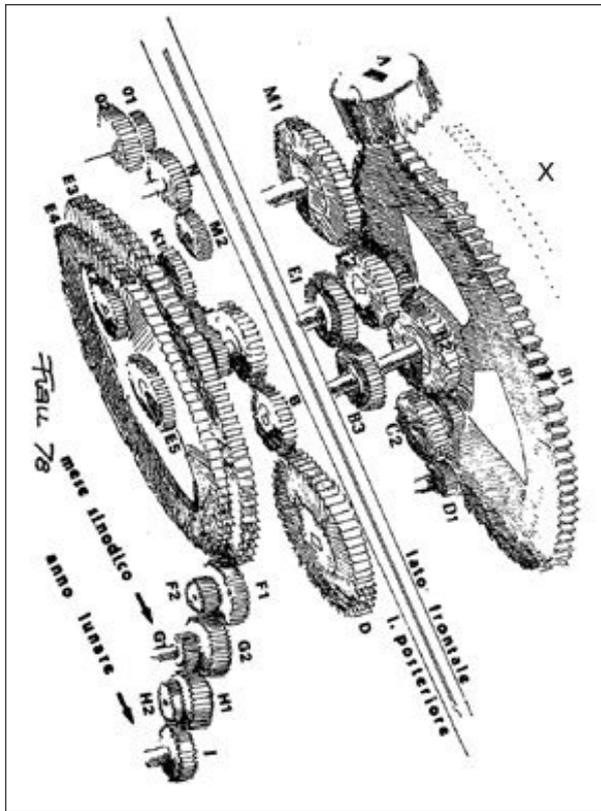
Concordando con Price che lo strumento doveva assolvere alla funzione di planetario mostrando le posizioni del Sole e della Luna, dei pianeti inferiori (Mercurio e Venere) e di quelli superiori (Marte Giove e Saturno), Wright propose che mentre il Sole e la Luna potrebbero muoversi in accordo con il sistema cosmologico proposto da Ipparco, i moti (e le relative posizioni) degli altri cinque pianeti sembrano più aderenti agli epicicli di Apollonio, e per provare tale teoria ha proceduto alla costruzione di un modello della macchina.

Qui non è il caso di confutare le opinioni di Wright, al quale va riconosciuto il merito di aver proposto nuove analisi con tecniche di tomografia assiale computerizzata che stanno evidenziando ulteriori particolari, ma sembra davvero inconsueto che il costruttore abbia concepito un sistema per alcuni corpi ed un altro per i restanti.

La macchina di Antikythera non cessa insomma di generare interesse. Attorno ad essa è sorta un'istituzione, l'*Antikythera Mechanism Research Project* [324] che sta producendo frutti significativi con nuove tecniche di ricerca: vedi immagine nella pagina seguente.

Un'ulteriore ricostruzione del meccanismo fedele a quanto proposto da Wright, è stata fatta in Italia da M. Mogi Vicentini [331] che sul proprio sito presenta in grafica computerizzata

- ▼ Ricostruzione della macchina di Antikythera secondo lo sviluppo degli studi negli anni settanta. Da B. Frau, [110]



dall'esplosione l'assemblaggio di tutte le componenti.

Su *Nature* [113, 112] due articoli di T. Freet hanno recentemente posto in risalto come una parte dello strumento potrebbe non essere utilizzata per misurare il ciclo *callippico* di 76 anni riproducendo le 254 rivoluzioni siderali della Luna in 19 anni come si era supposto, od un qualsiasi altro ciclo stagionale, bensì piuttosto essere stata modulata su un ciclo di quattro anni facilmente associabile alla ricorrenza delle Olimpiadi, quasi a collegare, concludono gli articolisti, eventi celesti e vicende umane. Francamente l'ipotesi sembra improbabile, perché anche se le Olimpiadi hanno rappresentato un sistema epocale di datazione sino 394 quando furono chiusi i giochi olimpici da Teodosio, questa cadenza cronologica fu appannaggio esclusivo degli storici e non mi risulta sia mai stata presa in considerazione in astronomia come datazione assoluta.

■ **Conclusioni.** La ricerca e lo studio intorno a questa macchina non sono sicuramente terminati, come testimoniano gli articoli su *Nature*, la presenza nel web di un sito dedicato [324], di una sezione apposita su YouTube di *Nature Video Channel*, e di tantissimi altri siti; molte incongruenze debbono ancora essere risolte, come i segni dello Zodiaco che non corrispondono all'anello dei mesi contemplati nel calendario, ed il fatto che i segni inizino con la libra.

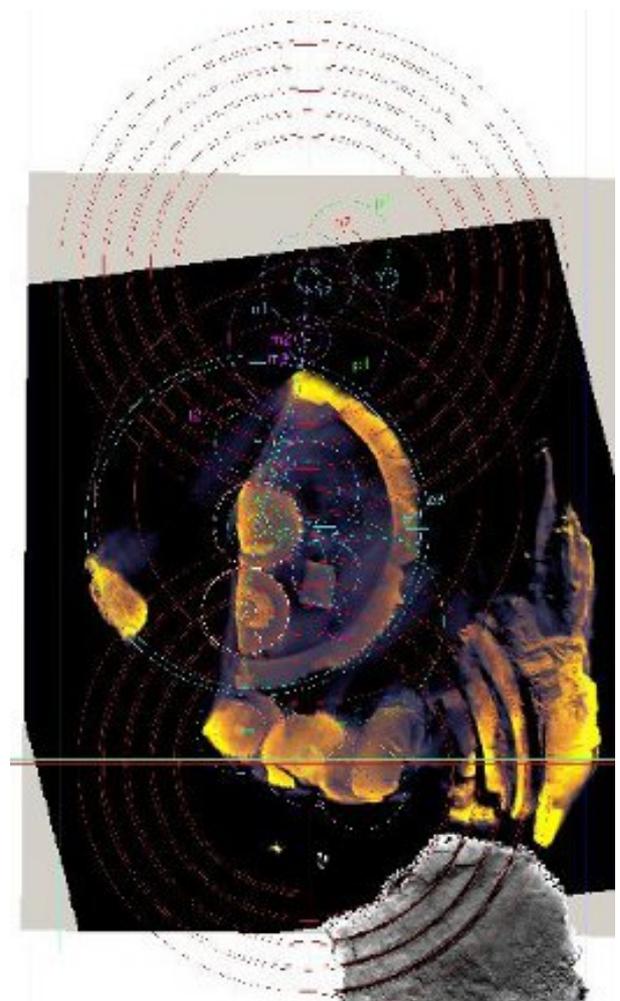
Il ritrovamento, al di là dell'importanza intrinseca, gettando nuova luce sulle conoscenze meccaniche dell'antica Grecia, ha rivoluzionato la concezione su quel mondo, promosso la civiltà tecnologica greca ad un grado che non si credeva reale, promosso in maniera determinante nuovi studi. È impossibile immaginare la destinazione finale dello strumento, se cioè doveva intendersi come uno strumento scientifico o un isolato abbellimento di una casa patrizia, ipotesi peraltro piuttosto remota. Ma questo a parte, si evidenzia comunque che la sua costruzione non solo presuppone conoscenze scientifiche notevoli, ma anche una

certa tradizione meccanica, perché una tale costruzione non si improvvisa.

Non si tratta tanto di ammettere che duemila e più anni fa esisteva una notevole tecnologia come messo in evidenza da L. Russo [271] nella sua lavoro, si tratta invece, e piuttosto, di porre in discussione l'idea formatasi in tanti secoli su quel mondo, quando si supponeva che la conoscenza fosse solo teorica: al contrario quel mondo era in grado di tradurre in pratica quanto teorizzava manifestando intuizioni geniali. La cui scarsa diffusione di quelle conoscenze, oltre agli scritti andati perduti, si deve forse /anche) alla gelosia con cui esse venivano custodite dai pochi (il pitagorismo era ancora vivo) che le avevano in dote, e la cui potenzialità non fu compresa (o volutamente ignorata) dall'altra civiltà che con quel mondo si scontrò: Roma.

Quella costruzione sottende infatti, con ogni evidenza, una lunga tradizione meccanica a noi non giunta, di cui poco si conosce all'infuori di alcuni frammenti, e che s'inquadra nella tradizione della meccanica di → Archimede, Ctesibio, Filone, Conone, Eratostene ed Erone. Non solo si sapevano costruire oggetti di perfetta forma circolare, ma si era in grado di lavorarli e dentarli al punto che si era in grado di teorizzare quanti dovessero essere i singoli denti, e di quali dimensioni, su una ruota di un diametro dato, per generare secondo quella circonferenza un determinato rapporto in funzione della rappresentazione da generare, non escluso da ultimo quindi uno studio sul profilo dei denti.

Le domande da porsi: «chi costruiva quegli ingranaggi?», «quali tecnologie si usavano per il profilo dei denti?», «quali altri



- ▲ Ricostruzione computerizzata della macchina dalle radiografie sui frammenti; da *Antikythera Mechanism Research Project*

meccanismi del genere esistevano se si era capaci di operazioni che per l'epoca vanno considerate di micromeccanica?», sono destinate a restare senza risposta, e stupisce che quasi mai negli articoli scientifici ci si ponga queste domande, e che i ricercatori abbandonino spesso il rigore dovuto per risolvere il problema aggettivando l'oggetto come *meraviglioso, stupefacente, misterioso, sorprendente, computer dell'antichità, ecc.*, ecc., ecc. La meraviglia si spiega solo se si omette di prestare la dovuta attenzione al mondo greco, quello mitologico compreso, dimenticando che *μύθος* in greco si traduce come «storia vera», ancorché spesso sacrale, e se si resta allora confinati in un mondo di classica tradizione, stancamente tramandato senza alcuna verifica, che esaurisce la civiltà greca in **Platone**Platone, **Aristotele**, Aristofane, Sofocle, Euripide,...

I Greci nutrivano per le macchine una vera e propria passione che si manifestò sin dai tempi di Omero, tanto che elessero Efesto (l'equivalente di Vulcano nella mitologia romana) a dio del fuoco e protettore di artigiani e fabbri, ed a lui si attribuiva la creazione della nave Argo e di altri meccanismi semoventi. A Dedalo, padre di Icaro, la mitologia attribuisce l'origine della lavorazione dei metalli, di regole per l'architettura e di statue semoventi, come il gigante Talos.

Se questa è la tradizione mitologica, la storia per la penna di Aristotele ci racconta ancora che in Grecia fra il V ed il IV secolo a.C. ci fu l'esplosione di una vera passione per gli automi; ed in un passo della *Politica* lo Stagirita lamenta l'abbondanza di produzione di macchine annotando:

*se ogni strumento riuscisse di per sé o dietro comando a compiere la propria funzione come le statue di Dedalo o i tripodi di Efesto, se senza intervento umano le spole tessessero e i plettri toccassero la cetra, non servirebbero schiavi, o padroni, o subordinati [18, I, A 4, 1253b].*

La copiosità e la ricchezza del pensiero greco (letterario, filosofico, matematico e scientifico), aveva fatto passare in second'ordine l'attenzione verso la manualità, come se una civiltà che si evolva culturalmente, politicamente e militarmente, sia obbligata a restare a livello di semianalfabetismo per quel che concerne la meccanica applicata. Ed anche se questo è proprio quello che è avvenuto per Roma, bisogna ammettere che si tratta davvero di un caso isolato, e non solo nel mondo occidentale.

Quello che i resti ci raccontano è però anche un'altra cosa, e cioè che il rotismo epicicloide utilizzato come modello per il moto planetario, comporta l'effettuazione di calcoli complessi impossibili senza la conoscenza delle distanze dei corpi, le loro misure angolari, le loro velocità di spostamento, che l'attenzione per le cose celesti era notevole e ben documentata, e l'anonimo ideatore doveva aver ben chiara la formulazione di alcuni principî di meccanica celeste.

Nel fatto che tali conoscenze tecniche e scientifiche costringano a rivedere ampliandolo il giudizio sulla civiltà greca sta il principale dato della scoperta.

## Antlia

**Antlia macchina** macchina pneumatica

## antimateria

**Antinoo** Costellazione istituita dall'imperatore Adriano per immortalare in cielo il suo giovane amante morto annegato.

La costellazione fu riportata da **Tolomeo** nell'*Almagesto*, composto circa vent'anni dopo la morte di Antinoo, e T. Brahe nel 1602 la elencò nel suo atlante come costellazione indipendente. Compariva anche in diversi globi arabi. La costellazione, oggi

cancellata dall'elenco ufficiale, era allocata in quella che è attualmente la costellazione dell'Aquila, dove sembra Adriano abbia veduto una supernova, e questo gli avrebbe indicato il posto ideale per la costellazione che doveva ricordargli l'amante.

Da questo nome gli Arabi derivarono il nome della stella **Altair**, la stella più brillante della costellazione dell'Aquila.

**Antiope** asteroide...

## antipodi

## antisolare

## antitail

**Antoniadi Eugène Michel** (1870 - 1944) Astronomo greco naturalizzato francese nato a Costantinopoli il cui vero nome era Eugenios Mihail Antoniadis.

Dopo aver studiato architettura, cominciò ad interessarsi all'astronomia effettuando nella città natale le sue prime osservazioni astronomiche con strumenti da 75 mm e 108 mm di apertura, realizzando mappe celesti che inviò al Flammarion che le pubblicò su *L'Astronomie*. Trasferitosi in Francia nel 1893 continuò le ricerche presso l'Osservatorio di Juvisy (che disponeva di uno strumento di 240 mm di apertura) di cui in seguito (1895) divenne direttore. L'anno seguente fece parte di una spedizione in Norvegia organizzata dalla *British Astronomical Association* per osservare un'eclisse di Sole.

Attento osservatorio planetario, divenne presto in senso all'Associazione britannica responsabile della sezione dedicata al pianeta Marte all'epoca in cui era viva la discussione per i famosi canali descritti dallo Schiaparelli, ed Antoniadi manifestò tutte le sue perplessità in contrasto con Flammarion che andava ipotizzando la presenza di esseri viventi.

Questi contrasti lo portarono ad allontanarsi dalla Francia trasferendosi dapprima in Inghilterra, quindi in Turchia, e mutando l'oggetto dei suoi interessi. Antoniadi si dedicò all'archeologia realizzando più di mille, fra foto e disegni, della Chiesa di Santa Sofia a Costantinopoli. Tornato in Francia nel 1909 e riconciliatosi con Flammarion, si recò tuttavia a Meudon, anche perché il direttore gli aveva posto a disposizione il nuovo rifrattore da 830 mm. Con questo strumento, sfruttando l'opposizione perielica di Marte, Antoniadi poté fare nuove osservazioni planetarie, fornendo la prova definitiva dell'inesistenza dei canali di Marte, attribuendoli a un'illusione ottica.

Lasciò di nuovo l'astronomia, ma nel 1924 tornò a Meudon, riprese le osservazioni e pubblicò (1930) *Le planète Mars*, un ricco atlante dove i tanto dibattuti canali non figurano.

L'attività dell'Antoniadi resta legata soprattutto alla sua attività di osservatore planetario. Fu uno degli ultimi astronomi con l'occhio "incollato" allo strumento che traduceva in disegni l'osservazione visuale con una fedeltà sorprendente. Oggetto del suo studio non fu solo il pianeta Marte che gli procurò fama, ma si dedicò anche a Giove e Saturno, sul quale ultimo svolse importanti osservazioni e studi sugli anelli; nonché a Mercurio. La carta di quest'ultimo pianeta, realizzata nel 1934, in un periodo in cui Antoniadi non si dedicava più assiduamente all'astronomia, è rimasta in uso sino alle foto della sonda Mariner 10.

L'attenta osservazione visuale lo portò a formulare la scala che porta il suo nome: → Antoniadi, scala.

Ad Antoniadi è dedicato un cratere di cospicue dimensioni sulla faccia nascosta della Luna, ed un altro nella regione *Syrtis Major* di Marte.

Scala dell'Antoniadi		
valore del seeing	osservazione visuale	effetti della turbolenza
I	perfetta	atmosfera stabile
II	corretta	leggere ondulazioni con momenti di calma di qualche secondo
III	moderata	oscillazioni rilevanti
IV	cattiva	oscillazioni consistenti
V	pessima	oscillazioni che permettono appena di disegnare un abbozzo

**Antoniadi, scala** È detta *scala di Antoniadi* una tabella che descrive in numeri crescenti da I a V la trasparenza dell'atmosfera. La scala è valida soprattutto per le osservazioni planetarie, ma è di rado usata, anche perché ormai l'osservazione planetaria con strumenti terrestri è quasi del tutto trascurata. La scala è mostrata nella tabella presente in questa pagina.

Tale scala, come quella relativa al → **seeing**, non offre a livello scientifico un dato affidabile sullo stato della turbolenza atmosferica, ed è anch'essa quanto mai empirica perché non considera fattori importanti come l'altezza del pianeta sull'orizzonte, in funzione della quale i valori della scala possono sensibilmente mutare.

Un'altra scala per la valutazione del seeing, dedicata ad oggetti stellari e non planetari, è quella nota come scala di → **Pickering**.

**antropico, principio** Il principio antropico costituisce uno dei temi più dibattuti della moderna cosmologica, e non è affatto universalmente accettato, infatti mentre alcuni ne riconoscono la validità assumendo che la stessa esistenza dell'uomo presuppone un universo necessariamente predisposto alla vita sulla Terra come conosciuta, altri gli negano qualsiasi validità scientifica, adducendo che la struttura dell'universo non può dedursi dalla sola esistenza della specie umana.

**anulare, eclissi**

**Apache Point Observatory** SLOAN

**apastro**

**Appennines Montes** Due o UNA

**apertura** → **telescopio**.

Termine con cui si indica il diametro dell'obiettivo (lente o specchio) in un rifrattore ed in un riflettore.

L'apertura dello strumento è il fattore che ne determina la luminosità ed il potere separatore. Prende il nome di *apertura relativa* il rapporto fra l'apertura dell'obiettivo e la sua distanza focale.

**apertura, sintesi**

**apex** Acronimo per → **Atacama Pathfinder EXperiment telescope**, radiotelescopio dell'ESO.

**Aphrodite, terra**

**Apianus Petrus** (1495 (1501?) - 1552) matematico e astronomo tedesco. Latinizzò nome e cognome (Peter Bienewitz), in tedesco *delle api*, nella forma con cui è conosciuto.

Portò un decisivo contributo alla cartografia introducendo nuove tecniche di rilevamento, e si applicò con notevole successo all'astronomia eseguendo misure di oggetti con la **balestriglia**,

applicandosi specialmente alla Luna tentando di determinare la longitudine locale.

Osservando la cometa di **Halley** fu uno dei primi a notare, assieme a **G. Fracastoro**, che la coda di una cometa è rivolta in direzione opposta al Sole, ed in campo strumentale introdusse la pratica d'uso del **notturlabio**, e perfezionò il **torquetum** per la misura delle coordinate di un astro. **COMETE**

Scrisse diverse opere fra cui l'*Introductio geographica*, il *Cosmographicus liber* e soprattutto l'*Astronomicum Caesareum*, un'opera che descrive diversi strumenti da lui ideati a dischi sovrapposti per prevedere le posizioni dei pianeti.

Questo lavoro che sfruttò a fini quasi esclusivamente astrologici, gli valse l'appoggio di Carlo V cui l'opera è dedicata e la nomina di matematico imperiale.

**apice solare**

**Apis** Costellazione dell'emisfero australe ideata nel 1598 su un mappamondo celeste da **P. Plancius**, teologo e cartografo olandese.

In seguito a delibera dell'**UAI** del 1922, la costellazione è stata cancellata dall'elenco ufficiale delle costellazioni.

**aplanatismo**

**APM** → **Automatic Plate-measuring Machine**

**APO** → **Apache Point Observatory**. Osservatorio operante nell'infrarosso dell'→ ARC situato sulle montagne del New Mexico a 2790 m.

L'APO dispone di due strumenti: uno di 3,5 m di diametro e l'altro denominato → SLOAN con uno strumento di 2,5 m di diametro.

**apastro**

**apocinzio** → **apolunio**.

**apocromatico**

**apogeo** → **perigeo, afelio**.

**Apollo, missioni**

**Apollo, asteroidi**

**Apollonio di Perga** (262 - 190 a.C. circa)

**apolunio** → **aposelenio**.

**aposelenio** La massima distanza per un corpo in orbita intorno alla Luna. Il termine è usato soprattutto per calcoli relativi a satelliti artificiali in orbita attorno al nostro satellite. Viene anche chiamato *apolunio* o *apocinzio*, un antico epiteto della Luna intesa come divinità.

La minima distanza orbitale è rappresentata dal periselenio

**Apparatus Sculptoris** → **Sculptor**.

**apparente**

**apparizione** Periodo durante il quale è possibile osservare un corpo celeste che per via della sua orbita si manifesta soltanto a determinati periodi, com'è il caso delle comete.

**Appennines Montes**

**Appiano** → **Apianus Petrus**.

**appulso****Aps****apsidi****Ap star** Classe di stelle con peculiari caratteristiche chimiche.**Apus****Aql****Aqr****Aquaridi****Aquarius****Aquila****Ara**

**araba, astronomia** Contributi allo studio dei corpi celesti riconducibili ad una civiltà non localizzabile in una singola determinata area geografica, ma provenienti da tutte le terre ove quella civiltà estese il suo influsso e le sue conquiste.

In alcuni dizionari scientifici l'astronomia araba è trattata sotto la voce *astronomia islamica*, a significare l'estensione e l'individuazione geografica dell'astronomia araba: *Islam* significa *sottomissione assoluta*.

Questa dizione si ritiene che possa essere accettata solo se non si compie l'ulteriore passaggio gratuito di scorgere un'interconnessione fra astronomia e religione. Questa è una visione limitativa e per molti versi errata d'impostazione storico-scientifica.

Se è indubitabile che l'espansionismo arabo-islamico si tramutò in una ricca spinta propositiva, la civiltà islamica sorse e si diffuse in territori già permeati dell'influenza scientifica, soprattutto quella ellenistica-alessandrina, non su un contesto ignaro e assolutamente privo di conoscenze scientifiche; ed è naturalmente presumibile che, trascorso l'iniziale inevitabile periodo di fanatismo religioso, delle preesistenti conoscenze la cultura araba abbia fatto tesoro.

Le scienze matematiche e astronomiche arabe si svilupparono dunque in coincidenza con la rivoluzione religiosa iniziata per rivelazione di Maometto, ma ebbero rispetto al credo religioso un ruolo indipendente, comunque assai più libero che in occidente, e sarebbe riduttivo porre una coincidenza equazionale: *nascita dell'Islam = nascita scienza araba*. Vero è invece che il rapido espansionismo giocò un ruolo fondamentale.

Solo dodici anni dopo la morte di Maometto (632) l'intera penisola araba era saldamente in mano all'Islam; e di lì a poco iniziarono ulteriori tappe d'espansionismo.

Nel 709 l'intero Nord-Africa era conquistato, nel 712 gran parte della penisola iberica era in mano agli Arabi, e l'espansione si arrestò soltanto nel 732 con la sconfitta di Poitiers ad opera dei Franchi di Carlo Martello. Intanto ad oriente venivano conquistate la Persia e altri regni limitrofi, giungendo sino ai confini della Cina e dell'India.

Quanto al periodo storico d'influenza, questo si estende senza soluzione di continuità dall'VIII al XVI secolo quando ne inizia la stagnazione in concomitanza con la fine dell'espansionismo. A segnare l'arresto è ancora una volta un'altra battaglia, questa volta sul mare, a Lepanto nel 1571, che segna la fine del predominio nel Mediterraneo.

L'espansionismo via terra non si arrestò però che molto più tardi che sotto le mura di Vienna nel 1683. Quest'ultima sconfitta

non solo pose termine all'influenza e all'invadenza degli Arabi nell'Europa continentale, ma arrestandosi proprio nel momento in cui nuovi tecniche strumentali stavano per fare il loro ingresso nella ricerca scientifica, taglia di fatto il mondo arabo fuori dalla nuova fase di ricerca.

Il motivo di quella stagnazione (che tuttora continua) va sostanzialmente individuato nella circostanza che da quel periodo in avanti il mondo arabo, ormai da tempo (1299) *Impero ottomano*, deve innanzi tutto difendere il territorio dagli appetiti dei paesi europei, è costretto a lottare per i propri territori che vede sempre più ridursi, per la sopravvivenza di un'identità culturale. Quando questo *status* costituisce il fondamento dell'esistenza quotidiana, secondo un'ovvia naturale scala di priorità, le scienze non tengono il gradino più alto fra gli interessi.

Il contributo astronomico arabo è notevole. Sono stati stimati più di 10 000 lavori (tutti in lingua araba), ma manca ad oggi un inventario bibliografico completo, e molte lacune attendono di essere colmate. Le opere giunte consentono tuttavia di raffigurare un quadro abbastanza coerente.

La religione (i precetti del Corano in particolare), influì certo notevolmente sullo sviluppo degli studi astronomici: la necessità del mussulmano di pregare volgendosi alla Mecca individuandola secondo una regola semplice (la → **Quibla**) contribuì ad approfondire le conoscenze astronomiche, ed iniziarono di qui gli studi sulla sfera celeste e sulla geometria sferica.

Ma quanto a impostazione, forse perché derivata dagli stessi insegnamenti del Corano, il mondo arabo si presenta comunque in ambito scientifico (come già sottolineato) esente da quei pregiudizi dogmatici che caratterizzarono (e per molti versi ancora segnano) il mondo ebreo e cattolico-cristiano: nessun arabo prenderebbe mai sul serio un'ipotesi di stazionamento temporario del Sole ad opera umana.

Fu l'assenza di tale pregiudizi a consentire in quella parte del mondo l'avanzamento delle conoscenze scientifiche, più che altro la continuazione di studi matematici che in Europa s'arrestarono del tutto.

Rispetto all'empirismo scientifico c'è quindi un notevole passo in avanti, la superstizione è bandita, ed il sapere, anche delle popolazioni sottomesse, tenuto nel massimo rispetto.

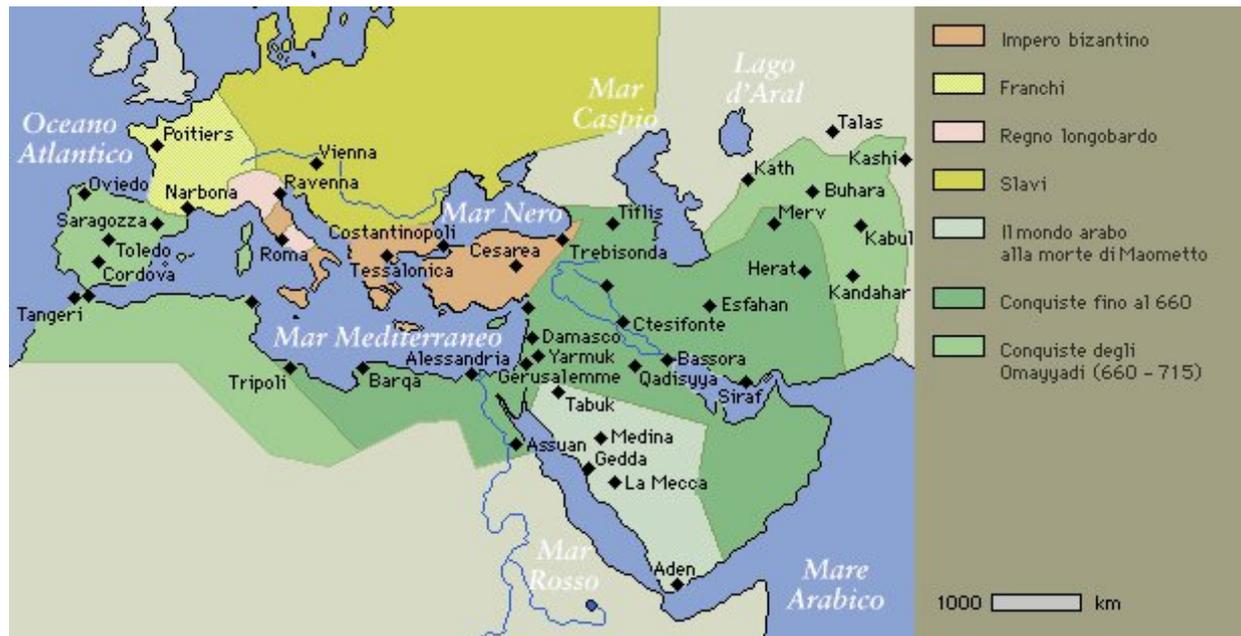
Alcune «storie», quali quelle che – senza prova certa – pretendono che l'emiro Amr ibn al-As abbia bruciato per ordine del califfo Omar i libri esistenti nella biblioteca non sono accertate, e sembrano ispirate alla necessità di presentare l'avversario come rozzo ed incolto: → **Alessandria**.

Quando gli Arabi giunsero ad Alessandria, la scuola e la biblioteca erano già in pezzi, aveva provveduto il cieco fideismo e fanatismo cristiano a distruggere tutto. Gli Arabi salvarono quel che poterono, ed è da credere che quanto fosse ancora presente in quella biblioteca, se di particolare valore scientifico, e se effettivamente distrutto come si presume, sia stato prima tradotto in arabo e quindi (se mai!) distrutto, accreditando così più agevolmente l'idea di una pan-cultura araba che al momento del suo sorgere disponeva già delle conoscenze necessarie.

Se i presupposti di questa ipotesi dovessero rivelarsi coerenti al vero, maggiore rilevanza acquisterebbe l'astronomia araba agli occhi dello studioso di scienza: essa assolse infatti al fondamentale compito di salvaguardare la cultura del periodo ellenistico traducendola in arabo e veicolandola, tramite la tarda opera di traduzione in latino, in un occidente che recupererà lentamente una parte del proprio perduto patrimonio.

La cultura ellenistica non fu l'unica cui la scienza araba attinse, anzi essa fu preceduta da altre acquisizioni culturali, quella persiana e quella indiana. Queste si rivelarono proficue per le

## ▼ Varie fasi dell'espansionismo arabo



conoscenze che gli Arabi ne seppero trarre, specie nel campo delle applicazioni matematiche.

- *Fasi dell'astronomia araba*
- *Gli astronomi e le opere*
  - ▶ *Ipotesi eliocentriche. La scuola di Maragha*
- *La strumentazione*
- *Il calendario*
- *L'eredità araba*

■ *Fasi dell'astronomia araba.* La prima fase della civiltà araba fu l'apprendimento tramite la traduzione.

Gli Arabi si rivolsero prima a testi indiani (risale a questo periodo l'uso e l'adozione delle tavole dei seni per la trigonometria assai più semplici delle *corde* usate nel periodo ellenistico: così i Greci chiamavano seno coseno e tangente) e quindi all'assimilazione della cultura ellenistica. Temporalmente questo periodo si estende sino all'825 circa.

Successivamente, grosso modo sino all'anno 1000, gli studi scientifici presero una direzione autonoma. Superata la fase di assimilazione, ci si preoccupò di migliorare l'opera di Tolomeo. Dall'anno 1000 sino al 1450, sorse una scuola di pensiero autonoma, che continuò sin quasi al 1500, quando iniziò la stasi cui si accennava, non rilevandosi astronomi di spessore culturale paragonabile a quello dei predecessori.

Le uniche eccezioni (ma per certi versi si tratta di una forzatura) sono rappresentate da Kerim Kerimov, nativo dell'Azerbaigian che fu tra i fondatori del programma spaziale sovietico, e Farouk el-Baz, egiziano, che collaborò attivamente al programma spaziale della NASA.

Nessun credito scientifico deve darsi a Sheikh Muszaphar Shukor, un islamico della Malesia ospite della Soyuz 16 durante la missione del 2007, per il quale il *National Fatwa Council* scrisse le *Guidelines for Performing Islamic Rites at the International Space Station*, con suggerimenti su come pregare dallo spazio in assenza di gravità volgendo alla Mecca.

Il primo centro di studi fu Baghdad, la città politicamente più rilevante dell'espansione araba, dove una dinastia influente, gli Abbasidi, aveva fondato una scuola (762) sotto la guida del califfo al-Ma'mūn per la traduzione degli antichi testi.

Risalgono a questo periodo le traduzioni di testi indiani e soprattutto della *Sintassi matematica* di Tolomeo che diventa in arabo *al-Magest (Il grandissimo)*, nome con cui (Almagesto) il lavoro di Claudio Tolomeo è noto nel mondo occidentale.

La riscoperta di Tolomeo è il fulcro della progressione degli studi, fulcro che si sintetizza senz'altro nell'attribuire al sistema geocentrico proposto nel sistema, al di là di alcuni anacronismi riconosciuti e evidenziati, al di là di alcune inesattezze, la qualità di sistema privilegiato rispetto agli altri.

■ *Gli astronomi e le opere.* Alla fase di studio e traduzione seguirono le prime osservazioni astronomiche.

La prima opera di rilievo è rappresentata dalle *Zij al-Sindh* di **al-Khwarizmi** dell'830, una raccolta di effemeridi relative alla posizione del Sole, della Luna, dei pianeti allora noti, lavoro che segna l'abbandono delle procedure di calcolo del periodo ellenistico applicando i procedimenti acquisiti dalla scienza indiana.

Nell'850 Alfraganus pubblicò il *Compendio della scienza delle stelle*, un commentario all'opera di Tolomeo dove diversi dati vengono corretti sulla scorta di nuove osservazioni, proposti nuovi valori per l'inclinazione dell'eclittica, la precessione e la circonferenza terrestre. Il lavoro ebbe immediatamente una larga diffusione, e fu uno dei pochi testi arabi che conobbero immediatamente la traduzione in latino.

Successivamente Albategnius si accorse dell'eccentricità del Sole, che è in pratica a dire che s'avvide, senza riconoscerla, dell'ellisse che la Terra percorre nel moto di rivoluzione intorno al Sole. Altri contributi rilevanti di Albategnius furono compiuti sui periodi lunari, sulla durata dell'anno siderale, sulla previsione delle eclissi, sulla parallasse.

▶ *Ipotesi eliocentriche. La scuola di Maragha.* L'astronomia araba rimase sempre sostanzialmente fedele al modello geocentrico come formulato da Aristotele e canonizzato da Tolomeo, ma verso la fine del IX secolo cominciò a farsi strada l'idea di un modello diverso senza che questo riuscisse tuttavia ad imporsi.

Il primo a formulare questa concezione fu Albumasar, ma l'opera in cui proponeva l'eliocentrismo purtroppo non ci è pervenuta. L'idea fu ripresa successivamente da al-Haytham, noto

in occidente come Alhazen, che dichiarò espressamente falso il modello geocentrico di Tolomeo.

Al-Biruni, che su questo tema si era confrontato a lungo con i sapienti indiani, negli *Indica* (fine XI secolo), rifacendosi proprio alle teorie sviluppate da quella civiltà, assegna alla Terra due movimenti: uno da Est ad Ovest ed uno da Ovest ad Est con riferimento alle stelle, e per evidenziare che il suo non è un credo isolato, riporta che Abu Sa'id Sijzi ha costruito un astrolabio chiamato → **Zouraqi** che mostra i movimenti dei corpi celesti come originati dal moto della Terra.

Purtroppo quella che sembra essere l'opera principale di Al-Biruni *La chiave dell'astronomia* è andata perduta e non è dato sapere se il suo eliocentrismo fosse un'ipotesi del tipo aristarcho, ovvero se fosse suffragato da elementi probanti, ma qualcosa di più che una semplice teoria doveva essere se nell'opera citata scriveva di ritenere di aver sorpassato i predecessori... *se non nelle parole quantomeno nelle idee...*

al-Haytham e Muhammad ibn Rushd, conosciuti nell'occidente come Alhazen ed Averroé, sono anch'essi critici nei confronti del sistema tolemaico, che il secondo arriva a definire con i suoi eccentrici ed epicicli *contrario alla natura*.

Averroé rifiuta i deferenti e mostra la propria propensione verso un sistema concentrico, e quasi nello stesso periodo Arzachele scopre che le orbite planetarie sono ellittiche, ma singolare in proposito è l'opinione di Maïmode, contemporaneo di Averroé, che di fronte a queste nuove idee non trova di meglio da dire che esse... *sono contrarie agli insegnamenti posti da Aristotele...*

Un ulteriore attacco al sistema tolemaico fu condotto nel XIII secolo da al-Tusi, un prolifico scrittore autore di circa 150 lavori che costruì un osservatorio a Maragha (attualmente in Iran), e da Ibn al-Shatir.

Fra l'XI e il XII secolo un lavoro anonimo dal titolo *Riepilogo tolemaico* segna il punto di partenza della controversia sull'astronomia di Tolomeo conosciuta come la *controversia andalusa*. L'Andalusia costituiva nella penisola iberica una sorta di terra franca, ove la cultura cristiana e quella musulmana convivevano senza eccessivi problemi, e questo clima favorì un proficuo scambio di idee in quelle terre permettendo all'Islam locale di avanzare teorie altrove in odore di eresia.

Nella critica al sistema tolemaico la scuola di Maragha svolse un ruolo fondamentale continuato in seguito dalle scuole (e relativi osservatori) di Damasco e Samarcanda.

Il più importante contributo di questa scuola, una vera e propria rivoluzione scientifica, si risolve nell'innovativa idea che l'astronomia non può limitarsi a descrivere in termini matematici il moto dei corpi celesti, ad essere – in altre parole – una semplice ipotesi matematica in modo di *salvare i fenomeni* come da sempre pretendeva la scuola platonica, e per la prima volta si ammette la falsità dei precetti aristotelici quando pretendono che i movimenti dell'universo siano o di moto circolare o di moto rettilineo.

Gli astronomi arabi si sforzano di adattare la matematica ai fenomeni osservati, transitando così dalla fisica (ma era più che altro filosofia) di Aristotele alla fisica sperimentale.

La scuola di Maragha pone l'osservazione come prioritaria rispetto alla teoria, e la matematica e la fisica servono soltanto a spiegare i fenomeni, non, ancora una volta, a salvarli.

L'osservatorio in cui era ospitata la scuola fu uno dei più grandi dell'epoca per il quadrante impiegato che permetteva misure più precise, superato in seguito solo da quello di → **Ulug-Begh**.

L'astronomia cessa anche di essere una filosofia naturale, e quando Ibn al-Shatir rifiuta il modello tolemaico concependone uno simile a quello che in seguito sarà definito da **Copernico**, le sue idee non saranno isolate, ma troverà validi alleati in al-

▼ Astrolabio. Firenze, Museo Nazionale della Scienza



Tusi e al-Qushhi che sostengono la rotazione della Terra, in Mo'hyedudin Urdu che immaginò un sistema non tolemaico ponendo anch'egli le orbite planetarie ellittiche.

L'eliocentrismo è insomma visto sempre più spesso come una possibilità (Qutb al-Din e Umar al-Katibi al-Qazwini) ed addirittura Ibn al-Shatir pubblica un libro il cui titolo è significativo *Ultimo tentativo per correggere la teoria dei pianeti*, avvicinandosi anche questi alle teorie – di là a venire – di Copernico; ed in tutti questi lavori emerge, sia pure con diverse angolazioni, non solo una forte critica al sistema tolemaico definito contrario ad ogni osservazione sperimentale (Al-Biruni), ma anche la necessità che lo stesso sia sostituito da uno più valido.

Ma il geocentrismo non è mai messo in discussione: più che altro non gli si trova un valido sostituto. Si ha la sensazione che la civiltà astronomica araba si sia trovata ad un passo dal muro che separa il campo della tradizione fideistica (Aristotele e Tolomeo) da quello del metodo sperimentale senza aver saputo trovare il coraggio di sfondarlo o attraversarlo.

L'ultimo grande rappresentante della tradizione astronomica araba è sul finire del XVI secolo Taqi al-Din-Rāsīd, operante a Costantinopoli dove nel 1577 costruì un osservatorio che, a quanto narrano le fonti, fu il più grande del mondo arabo.

Operativo dal 1556 al 1580, al-Din inventò numerosi strumenti astronomici, fra cui alcuni orologi, e le sue osservazioni sfociarono in una raccolta di effemeridi, le *Zij*, e in un catalogo astronomico che fu a quei tempi il più preciso in assoluto.

L'astronomo osservò una cometa ed ebbe la disgrazia di riferirne l'avvistamento al Sultano Murad III aggiungendo che l'evento deponeva favorevolmente per gli esiti di una guerra che si sarebbe dovuta combattere di lì a poco; ma la guerra fu persa e Murad III nel 1580 decise di rifarsi della sconfitta subito distruggendo l'osservatorio. A quanto costa è questo uno dei pochi casi in cui l'astronomia araba abbia voluto trasmodare nell'astrologia

uscendone malamente sconfitta.

Con la distruzione di questo osservatorio e sino all'accettazione completa delle idee copernicane, non vi fu più alcuna attività di rilievo. In quella parte del mondo l'astronomia iniziò flebilmente a riprendere vita solo nel XVII secolo, avviando un processo inverso a quello che dal VII secolo in poi era stato il flusso costante caratterizzante l'astronomia araba, recependo cioè lavori altrui. E lo fece malamente traducendo in arabo dal francese un'opera divulgativa di un personaggio di terz'ordine come Noël Duret che nel 1635 aveva scritto un libricino dal titolo *Nouvelle théorie des planètes*; ed anche se si definiva cosmografo di corte, il Duret scrisse diverse opere di astrologia, e il recupero delle nuove conoscenze non avvenne nel migliore dei modi.

■ **La strumentazione.** Nella costruzione di strumenti d'osservazione, l'astronomia araba prese le mosse dalle conoscenze esistenti, prima di tutto ellenistiche, quindi caldee e indiane.

La ricostruzione di questo percorso è possibile grazie agli strumenti conservati in Musei o presso collezioni private, e alle descrizioni fattene nei manoscritti giunti sino a noi.

● **L'astrolabio.** Lo strumento principale a cui il mondo islamico portò il suo contributo per il perfezionamento fu senz'altro l'→ **astrolabio** piano e quello sferico, entrambi derivati dai primi modelli ideati (Ipparco e Teone) e come descritto da Tolomeo, e dalla sfera armillare di Eratostene.

Fra questi i principali sono il *Trattato sugli strumenti* scritto da al-Khazini nel XII secolo, ed i lavori dal quasi analogo titolo di Najm al-Din al-Misri del XIV secolo, e di al-Kashi del XV secolo.

Anche se, ancora una volta, molti di questi strumenti furono ideati e costruiti per *orientare* il fedele verso la *Quibla* (*supra*) ricordandogli le ore delle preghiere (*Salah*), ad esso gli astronomi arabi apportarono molti perfezionamenti, sicché lo strumento divenne essenziale per la navigazione, e la raffinatezza strumentale fu tale che in marineria rimase in uso sino al XVII secolo, quando l'introduzione del sestante prima e dell'orologio subito dopo permisero di determinare la longitudine navale.

L'astrolabio piano era dunque uno strumento multiuso tanto che nel X secolo al-Soufi ne descrive circa 1000 possibili usi.

Se le dimensioni di questo strumento erano in genere piuttosto ridotte (al massimo una trentina di centimetri in diametro) non mancarono tuttavia astrolabi di dimensioni molto più grandi come quello costruito da Ibn Yunus, che presentava un diametro di 1,40 m, con cui l'astronomo durante anni di osservazione misurò oltre 10 000 posizioni del Sole.

Nell'XI secolo l'astrolabio fu perfezionato con l'aggiunta di un sistema interno di ingranaggi, ponendo così le basi della più tarda orologeria a molla, che fece la sua comparsa nel mondo arabo intorno alla seconda metà del XVI secolo.

Un momento importante nella costruzione di questo strumento è quando (sempre XI secolo) si passò dalla costruzione di astrolabi usati soprattutto, se non esclusivamente, per determinare la latitudine del luogo d'osservazione all'astrolabio cosiddetto *universale*, che prescindeva dalla latitudine locale. Fu questo strumento che ebbe in Europa la massima diffusione.

Si comprese presto che disporre di strumenti abbastanza precisi per rilevare la posizione dei corpi celesti, serviva a poco se non si disponeva anche di un sistema di calcolo, e gli Arabi idearono allora alcuni strumenti come l'*equatoriale*, il → *torquetum*, il → **notturnlabio**, il *calcolatore planetario*,... che permettevano di estrarre direttamente dalla lettura sui quadranti le posizioni di longitudine dei corpi, le coordinate equatoriali, effettuare le relative conversioni, ed altre funzionalità d'interesse e rilevanza astronomica.

● **La misura del tempo** fu effettuata per diversi secoli esclusivamente ricorrendo all'uso delle meridiane.

al-Khawarizmi e Ibn al-Shatir scrissero trattati relativi alla costruzione di quadranti tanto verticali che polari, introducendo, in specie al-Shatir, rilevanti innovazioni quali l'introduzione di ore di eguale durata, introduzione che segue la pubblicazione dei trattati di trigonometria di Albatagnius.

Nonostante le sfere armillari siano descritte in numerosi trattati, di esse non ci è pervenuto alcun esemplare, ma è ovvio che fossero costruite secondo i principi già tramandati da Eratostene e che facevano parte dalla cultura dell'epoca.

Ci sono pervenuti invece dei globi, sia terrestri che celesti. Questi ultimi in specie erano usati per determinare l'altezza del Sole, l'ascensione retta e la declinazione delle stelle individuando sul globo la posizione dell'osservatore.

Una caratteristica che rende singolari alcuni globi arabi è quella che un certo numero di questi sono realizzati in un'unica fusione, anziché di più componenti fra loro saldati. È interessante sottolineare che la tecnica di fusione e lavorazione in un sol pezzo è andata perduta, e molti ingegneri specializzati nelle fusioni credevano, prima del ritrovamento, che tali realizzazioni fossero impossibili.

Uno di questi globi, costruito a quanto si è potuto datare in epoca assai tarda (1660 circa) reca iscrizioni in sanscrito oltretutto in arabo, e questo potrebbe essere un indizio della provenienza di quella particolare tecnica. Di questi esemplari non ne sono sopravvissuti molti, poco più di una ventina.

Furono anche costruiti globi portatili, ideati, secondo quanto sappiamo, nel XII secolo da Gebert.

La misura del tempo conobbe una tappa fondamentale nella costruzione di monumentali orologi ad acqua dalla spiccata caratteristica scenografica, sino a giungere, ma assai tardi, con Taqui al-Din che descrisse in un libro pubblicato fra il 1456 e il 1559

● **I quadranti e i cerchi.** Assieme all'astrolabio piano, uno dei più rilevanti contributi del mondo arabo per la misura dei corpi celesti è dovuta ad al-Khawarizmi che ideò uno strumento per le misure degli astri costituito da un arco di cerchio mobile rispetto ad un'alidada fissa che permetteva di misurare con sufficiente precisione la loro altezza.

Le dimensioni dei quadranti trovarono la loro massima espressione nell'arco di cerchio dell'Osservatorio di → Ulugh-Begh.

Queste tecniche condussero alla costruzione di uno strumento essenziale per la navigazione: il sestante, descritto la prima volta nel 994 nel lavoro di Abu-mahmud al Khujandi.



▲ Quadrante solare arabo a Siviglia

▼ Il globo ritrovato a Lahore (seconda metà del XVII secolo). National Museum of America History, Washington D.C.



• *L'ottica*. Il progresso della scienza araba non è sufficientemente documentabile per quanto concerne l'*ottica*.

Di *tubi ottici* parlano Albatagnius e al-Biruni nel X secolo, ma si ha ragione di credere dalle loro descrizioni che si trattasse più che altro di tubi vuoti che permettessero all'osservatore di concentrarsi sull'oggetto. Questi tubi sembra che sino stati modificati al punto da poter essere diaframmati (Alhazen, XI secolo) per centrare ancora meglio l'oggetto in osservazione.

Lo stesso Alhazen nel *Trattato di ottica*, fornisce una descrizione di questi "tubi" con una lente integrata, senza comunque scendere in più precisi particolari. Più interessante è un lavoro di Taqi al-Din scritto quando ormai (1574) la scienza astronomica e scientifica in genere araba iniziava ad arrestarsi.

In un trattato di ottica (*Libro sulla luce*) egli descrive una lente d'ingrandimento integrata in un tubo ottico che ... *mostra gli oggetti lontani più vicini di quanto non lo siano*...

Anche se la descrizione di Taqi al-Din è abbastanza confusa, essa contiene un passo assai rilevante per altri versi, quando specifica ... *che il suo strumento rassomiglia a quello utilizzato dai Greci per il Faro di Alessandria*

■ *Il calendario*. Il calendario musulmano è trattato al relativo lemma: → [calendario](#).

■ *L'eredità araba*. L'eredità araba nello sviluppo dell'astronomia fu dunque notevole, e avrebbe potuto essere senz'altro più incisiva se nel mondo occidentale non ci fosse stato sostanzialmente un ostracismo verso qualsiasi prodotto di questo mondo culturale.

A questo si aggiunse la difficoltà della lingua e la lentezza con cui i capisaldi del pensiero astronomico di quella cultura venivano tradotti in latino, l'unica lingua accessibile ai dotti in Europa e in cui si continuò a scrivere sino al XVII secolo.

L'arresto del primo espansionismo arabo (battaglia di Poitiers del 732) fece il resto, e l'emirato autonomo di Andalusia nella penisola iberica, l'unico centro di pensiero arabo in Europa, non riuscì a rompere il guscio isolazionista in cui era cacciato da una parte dalla sconfitta subita, dall'altra dalle condizioni peculiari (fuga dall'Arabia e rifugio nella penisola iberica di Abd ar-Rahman I) che avevano caratterizzato l'origine di quell'emirato che ispiravano prudenza nell'agire.

Queste circostanze impedirono di fatto che le idee circolassero

come avrebbero meritato e che giungessero soltanto le innovazioni più eclatanti, ma non ad esempio, i numerosi testi relativi alla posizione degli astri nei vari periodi dell'anno, alle effemeridi planetarie e stellari che rimasero a lungo tempo insuperate per la loro precisione, dati che avrebbero senza alcun dubbio di giungere assai prima alla formulazione della teoria eliocentrica. Il contributo astronomico arabo-islamico va in conclusione inquadrato nel più generale contributo culturale e scientifico apportato da quella cultura.

Questa mancata collaborazione fra mondo occidentale ed orientale (più dottrinale-teologica che scientifica) ha fatto sì che ad un'avvicinamento superficiale alla cultura scientifica araba vengano quasi esclusivamente alla mente i nomi delle stelle (Vega, Altair, Deneb, Mirak, Algol, ...) e non il lavoro di ricerca e studio su questi astri, come sui corpi planetari, condotti dai valenti astronomi del tempo.

Non solo molti termini astronomici come → *azimuth*, *zenith*, *almuncantarat*,... sono transitati nella lingua occidentale, ma diversi altri vocaboli quali algebra (*al-jabr*), *atlas*, *admiral*, *cabble*, aorta (*avarta*), *cornea*, *colon*, sono stati recepiti nella loro accezione e pronuncia, a testimonianza di una significativa e valida epoca di sviluppo di quella parte del mondo

**Arago François** (1786 - 1853)

**Arago point (spot)**

**Arato di Soli** (315 - 240 a.C. circa) Scrisse i *Phoenomena*, un poema naturalistica che ricalcava un'omonima opera di Eudosso di Cnido le cui idee Ipparco confuta nel suo *Commentario*.

L'opera di Arato ben si addiceva allo spirito pragmatico della cultura latina: il suo scopo preciso, infatti, era quello di aiutare, attraverso la conoscenza del cielo, i contadini ed i naviganti. Ecco la spiegazione della sua enorme e sorprendente fortuna presso i Romani.

**Aratus, cratere** Piccolo cratere lunare d'impatto di forma circolare con accentuato valore di albedo, in prossimità dei Montes Appennines; ha un diametro di 10,6 km ed una profondità di 1,9 km. A Nord-Nord-Est atterrò l'Apollo 15.

**Arcetri, osservatorio** L'osservatorio situato a pochi chilometri da Firenze, fu costruito nel 1872 da **G. Donati** in sostituzione della Specola fiorentina voluta da Francesco I di Lorena, allontanato da Firenze sia per toglierlo dall'inquinamento della città, sia per erigerlo sulla collina cara a **G. Galilei** al cui nome il centro idealmente si ispira: nel progetto della casa Lorena la specola doveva far parte di un ampio centro dedicato alla scienza, il *Real Museo di Storia Naturale*, di cui erano parte integrante un gabinetto d'anatomia, un orto botanico ed appunto la specola.

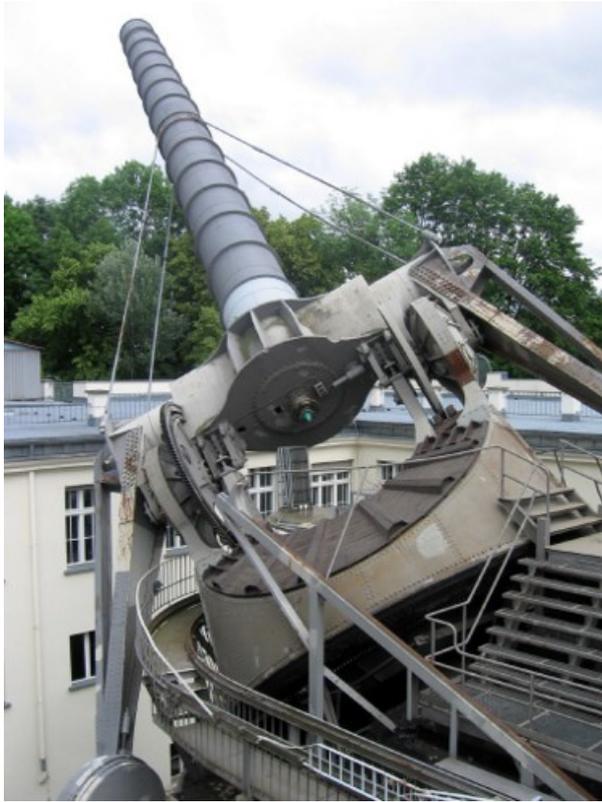
L'osservatorio rimase privo di una strumentazione ottica di rilievo sin quando alla sua direzione non fu preposto **G. B. Amici** che fornì la specola di un obiettivo di 280 mm di apertura che però non disponeva di alcuna montatura; questa giunse quando all'Amici succedette nella direzione **G. Donati**. Nel ventennio 1873 - 1893 la direzione fu assunta da un astronomo non professionista, **W. Tempel**, che s'era distinto per le ricerche cometarye e che era stato segnalato da **G. V. Schiaparelli** dopo che quest'ultimo aveva declinato la proposta di assumere la direzione dell'osservatorio. Nonostante lo strumento non disponesse di moto orario né di cerchi graduati, Tempel scoprì 100 galassie poi incluse nel *New General Catalog* di Dreyer (→ **catalogo astronomico**) e realizzò disegni di molte nebulose.

▼ Osservatorio di Arcetri: in alto il rifrattore Zeiss da 370 mm di apertura; in basso la torre solare; fonte osservatorio



Al Tempel successe **A. Abetti** che recuperò lo strumento di Amici (nel frattempo era stato smontato) dotandolo di una nuova

- ▼ Rifratore Treptow da 680 mm di apertura e lunghezza focale di 21 m, osservatorio di Berlino



montatura ed usandolo per la misura di stelle doppie; **G. Abetti** succeduto al padre nella direzione dell'osservatorio, equipaggiò lo strumento (1925) con un nuovo obiettivo da 370 mm di apertura, mentre lo strumento per tradizione continuava sempre ad essere chiamato *rifratore di Amici*. Sotto la direzione di **G. Abetti** fu costruita (1925) la torre solare, in funzione sino al 1972.

Nel frattempo l'osservatorio astronomico di Arcetri mutò nome e divenne osservatorio astrofisico, e conformemente ad una legge voluta fortemente dallo stesso **Abetti**, divenne (1926) centro autonomo di ricerca. Il merito principale di **Abetti**, al di là dei risultati scientifici conseguiti, sta forse nel fatto di aver fatto nascere una scuola fiorentina di astronomia: **A. Colacevich**, **G. Righini**, **G. Fracastoro**, **M. Hack** furono tutti suoi allievi.

Le successive direzioni continuarono ed ampliarono l'impulso propositivo ormai impresso all'osservatorio: **G. Righini** inserì l'osservatorio nel progetto europeo volto ad individuare siti d'eccellenza per il posizionamento di nuovi telescopi, e dotò l'osservatorio di un nuovo telescopio, il **Tirgo**, uno strumento da 1,5 m di apertura destinato alla ricerca nell'infrarosso e situato nelle Alpi svizzere: lo strumento ha cessato l'operatività nel 2005. Successivamente nel 1979 assunse la direzione dell'osservatorio **F. Pacini**, la personalità forse che più di ogni altra ha proposto per il centro di Arcetri nuove mete provvedendo alla costruzione negli Stati Uniti, in una sinergia di istituzioni internazionali del **LBT**.

**Archenhold, osservatorio** Osservatorio realizzato nel 1896 in occasione dell'esposizione industriale di Berlino.: nelle intenzioni doveva trattarsi di una realizzazione provvisoria. L'edificio che l'ospitava lo strumento, un equatoriale dal peso di 120 tonnellate, appartiene alla categoria dei telescopi a oculare fisso, fu demolito nel 1908 e ricostruito nel 1909. Attualmente il centro

è dedicato alla divulgazione ed ospita anche un planetario.

L'osservatorio dispone anche di altra strumentazione, fra cui un telescopio cassegrain da 500 mm di apertura, un astrografo ed un riflettore in configurazione newtoniana.

**archeoastronomia** Disciplina che studia la struttura e l'allineamento di edifici, monumenti, blocchi megalitici, le pitture rupestri ed altre tracce comunque lasciate in epoche passate dall'umanità, cercando di investigare eventuali relazioni scientificamente coerenti fra quanto rilevato, validi dati astronomici e conoscenze dell'epoca, indagando la misura in cui queste possono avere influito nella costruzione di un edificio, in una disposizione megalitica, in una pittura rupestre, in uno scritto o disegno.

Per questa scienza sono stati proposti nomi alternativi come *astroarcheologia* o *paleoastronomia*, ma non sembrano scientificamente corretti. Il primo non lo è perché l'archeoastronomia non si esaurisce nello studiare le conoscenze astrali degli antichi, ma nel rilevare, a più ampio spettro, se un oggetto (moneta, monumento, edificio, megalite, ...) presenta elementi astronomici di rilevanza; il secondo perché sembra confinare (nel nome) lo studio del rilevamento di elementi astronomici ad una determinata era, mentre l'archeoastronomia dal greco ἀρχή (principio) si occupa dello studio dei reperti anche in chiave astronomica.

Diversa – in senso stretto – dall'archeoastronomia che si occupa di studiare conoscenze astronomiche di antiche civiltà, è l'applicazione di tecniche e conoscenze astronomiche a monumenti risalenti anche al periodo medioevale e rinascimentale tesa a scoprire dell'oggetto o monumento o tempio in esame elementi risalenti in maniera inequivocabile a conoscenze astronomiche.

- *Nascita e rapporto con l'archeologia*
- *Dimensione archetipa e rapporto con cielo*
- *Oggetto dell'archeoastronomia*
- *Le fonti*
- *Metodologie d'indagine*
  - ▶ *Statistica*
  - ▶ *Reti neurali artificiali*
  - ▶ *Gli allineamenti*
- *I corpi osservati*

■ *Nascita e rapporto con l'archeologia.* La nascita dell'archeoastronomia è fatta risalire agli studi condotti nella seconda metà del XIX secolo da **J. N. Lockyer** su manufatti greci ed egizi osservati per la prima volta anche da un punto di vista astronomico. Lockyer condusse successivamente studi anche su **Stonehenge** riuscendo a datarne l'epoca con notevole approssimazione. Prima di Lockyer, sempre su Stonehenge, s'erano interessati alla tematica **W. Stukeley** [304], e **J. Smith** [290].

Contributi rilevanti vennero nel 1912 da parte di **B. Sommerville**, un contrammiraglio inglese che nel corso dei suoi viaggi compì studi sul complesso megalitico di **Callanish** nelle Ebridi, riscontrando significativi allineamenti stellari, e da **A. Thom** [316] (1934) i cui lavori fondarono la moderna archeoastronomia.

Nonostante da qualche tempo la scienza sia insegnata nelle università come disciplina autonoma, sussiste ancora un non sopito contrasto fra archeologia e archeoastronomia, contrasto più di uomini più che di discipline, dovuto ad irrazionali timori d'interferenza nei rispettivi campi, più accentuati negli archeologi di formazione esclusivamente umanistica i quali dinanzi ad un oggetto si trovano spesso privi di ausiliarie e valide chiavi di lettura. L'interpretazione in chiave esclusivamente archeologica di un edificio come → **Castel del Monte** in Puglia non ha rivelato a lungo, al di là di un evidente simbolismo, nulla della sua finalità costruttiva, mentre un'applicazione allo stesso delle

tecniche gnomoniche ha consentito (quantomeno) di prospettare una destinazione insospettata dell'edificio. Ugualmente in passato, molti manufatti in vetro sono stati sbrigativamente catalogati come monili e non considerati per quello che invece erano: strumenti per ingrandire un'immagine.

Un ulteriore motivo di diffidenza verso l'archeoastronomia s'è annidato in passato nel fatto che la lettura di certi monumenti e costruzioni conduceva inevitabilmente ad un'interpretazione in chiave astrologica, sulla considerazione che alcuni periodi dell'anno (solstizi, equinozi) venivano localmente enfatizzati per pura superstizione, il che è indubbio. Tuttavia anche tali pratiche costituivano un metodo di calendarizzazione degli eventi, e spogliate di quel di più che è inaffidente alla scienza, costituiscono comunque una traccia, puerile quanto si vuole ma pur sempre sincera, di avvicinamento allo studio scientifico.

■ *Dimensione archetipa e rapporto con cielo.* Il dato fondamentale da tenere presente è il seguente: l'astronomia è nata con l'uomo non appena questi divenne *sapiens*. Anche se fornito di scarso linguaggio e scarsa capacità comunicativa, l'uomo primitivo provava le nostre emozioni ed aveva sicuramente molto sviluppato il senso d'osservazione per un mondo che scopriva giorno dopo giorno. Se non poteva certo essere definito un *illuminato*, non era neanche uno sciocco, e volgere lo sguardo al cielo alzandolo dalla terra (senso di caducità della vita umana) significò per lui un passaggio fondamentale nella conoscenza, giungendo poi ad immaginarsi una divinità potente che lo seguisse e proteggesse nelle azioni. Anche se l'uomo del paleolitico non possedeva le nostre conoscenze, disponeva tuttavia sicuramente di uno spirito d'osservazione assai vicino al nostro e per molti aspetti anche più sviluppato, essendo abituato a far dipendere proprio da un'acuta osservazione la capacità di sopravvivenza.

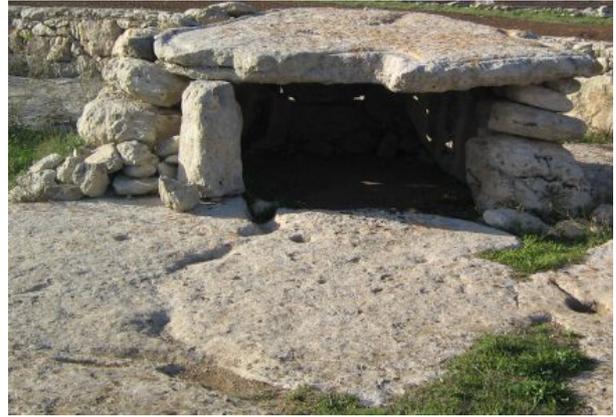
Quando, in altre parole, si sviluppò in lui il senso della sacralità che – a livello inconscio – aveva già racchiuso in sé in quella che poi fu chiamata la *pietas* destinata a svolgere un ruolo fondamentale nell'evoluzione generando concetti associativi (famiglia, gruppo, etnia, ...), le conoscenze conobbero il loro primo forte sviluppo col passaggio dal paleolitico al mesolitico, con lo sviluppo del concetto del mito che reca in sé i concetti di *bene* e di *male*, uno dei più notevoli patrimoni lasciatici dall'antichità, e che si trovava a rispondere all'esigenza di trovare una giustificazione a queste due categorie. Gli Dèi tardi dell'epoca greca assolveranno in pieno a queste necessità.

Agli abitanti del paleolitico non poteva sfuggire l'osservazione delle fasi lunari, delle stelle che sorgevano tutte *da una parte* e tramontavano tutte *dalla parte opposta*, dell'ombra degli alberi (lunga al mattino e alla sera, corta a mezzogiorno), e furono questi gli eventi su cui misurarono temporalmente le loro azioni: il cammino percorso per procurarsi il cibo e la necessità di ritornare alla caverna o alla capanna prima della notte. Similmente il Sole o una stella che sorgevano o tramontavano dietro un certo picco in determinati periodi dell'anno potevano fornire con la loro ciclicità sistemi periodici di cronologia di eventi.

Tali attività osservative non si risolvevano certo in una ricerca, erano semplici osservazioni, ma proprio questo tipo di osservazioni periodicamente ripetute costituiscono la base dell'indagine appresso svolta.

Di poi, l'affermarsi dell'agricoltura nel neolitico come uno dei principali sostentamenti di economie e civiltà stanziali, costrinse a porre un'attenzione ancora maggiore all'alternanza delle stagioni, associandovi culti e divinità protettrici, circostanza quest'ultima che nulla toglie alla validità di quelle primitive osservazioni. In quest'ottica, negli ultimi decenni, gli archeologi hanno cessato di guardare a *dolmen* e *menhir* come monumenti

▼ Dolmen a Giuggianello nel Salento



e pietre dall'esclusivo valore sacrale-simbolico rilevando significative costruzioni geometriche (cerchi e ovali) orientate verso punti in corrispondenza dei quali si producevano in quelle epoche fenomeni per quelle civiltà rilevanti.

Se l'archeologo deve dunque avvalersi della collaborazione scientifica dell'astronomo qualora eventualmente la sua formazione non gli consenta di procedere nell'interpretazione di un oggetto o di un manufatto, sull'altra sponda all'astronomo è richiesta prudenza nelle deduzioni: questi non deve cercare di far parlare comunque l'oggetto secondo le sue aspettative e i suoi *desiderata* più o meno inconsci, attendersi da esso un elevato grado di precisione, accreditare ad esso ed alla sua epoca conoscenze che non potevano esistere nel grado in cui oggi sono note.

L'archeoastronomo che in aggiunta all'astronomia deve anche essere molto versato nella storia dell'evoluzione del pensiero scientifico, deve limitarsi all'analisi ai fatti, non fondare i propri rapporti sui *sembra, potrebbe evidenziarsi che, si potrebbe dedurre che,...* È questa una disciplina in cui spesso abbondano i titoli di stampo giornalistico del tipo «*Il mistero di...*», e questo atteggiamento è stato quello che più di ogni altro ha nociuto alla nuova scienza: non esistono misteri, come dovrebbe essere noto, esiste ciò che si comprende e ciò che non si comprende.

■ *Oggetto dell'archeoastronomia.* In sostanza, e in prima conclusione, l'archeoastronomia si deve occupare soltanto di implementare le conoscenze archeologiche classiche, prospettando una nuova visione dell'oggetto in studio; ciò che muta è esclusivamente l'avvicinamento al reperto, esaminato anche in chiave astronomica, al fine di accrescerne la conoscenza. Oggetto di questa scienza sono quindi: a) lo studio sistematico dei reperti, b) la loro certa datazione, c) l'etnoastronomia, d) le culture dell'epoca.

Allo studio così compiuto segue la ponderazione scientifica dei risultati e la stima del relativo margine d'errore, quella che potrebbe chiamarsi, in via di prima approssimazione, una media comparata fra le conoscenze emergenti dal *combinato disposto* delle due discipline.

In questa disciplina assume rilevanza la statistica, ma bisogna anche tener conto che nell'elaborazione statistica una variabile fondamentale è costituita dai dati di partenza che mutano da studioso a studioso, dalle singole conoscenze cioè, per cui ogni statistica deve iniziare da campioni certi, univocamente accertati, pena la fragilità scientifica delle conclusioni.

■ *Le fonti.* Le fonti, in comune con l'archeologia classica, sono:

– reperti oggettivi: megaliti, santuari dell'età ferro, necropoli, testi, petroglifi, calendari,...

- reperti etnografici: usanze, tradizioni, metodi di misura del tempo, antiche festività agricole o rituali,...
- *I Megaliti*. I reperti megalitici si rinvencono principalmente nelle zone pianeggianti. Grandi centri megalitici come → **Stonehenge, Newgrange, Pietrabbondante, Alatri** e strutture meno rilevanti come alcuni dolmen e menhir sorgono tutti su ampi spazi aperti. I megaliti comprendono le seguenti strutture:
  - «Menhir», dal bretone *Men* (pietra) e *Hir* (lunga), una pietra verticale, generalmente grezza o appena sbazzata, di lunghezza considerevole: i più alti menhir si trovano in Bretagna e raggiungono anche gli 11 m, quelli presenti in Italia, nel Salento, *vedi* immagine in questa pagina, di rado raggiungono i 5 m. Quando la disposizione dei menhir segue un preciso ordine si parla di *allineamento*.
  - «Cromlech», dal bretone *Croum* (curva) e *Lech* (pietra sacra); monumento megalito composto di più menhir disposti circolarmente. Il più rilevante è quello di **Avebury** in Inghilterra, che presenta due cerchi concentrici di menhir.
  - «Dolmen», dal bretone *Dol* (tavola) e *Men* (pietra); struttura megalitica costituita di più pietre piatte che ne sostengono un'altra di dimensioni maggiori.
  - «stele», pietra scolpita e decorata infissa nel terreno e disposta a volta con criteri d'allineamento.
  - «tumulo», pietre e terra disposte in modo da formare una collinetta artificiale.



▲ Menhir in località croce di Bagnolo, Cursi, Salento.

Alcuni megaliti di mole rilevante che si trovano all'interno di boschi non sono espressione significativa di una contraria evidenza, in quanto occorre prendere in considerazione la possibilità che i boschi all'epoca non esistessero; né costituiscono un'eccezione alcuni megaliti della val d'Aosta, perché si tratta di costruzioni la cui estensione superficiale non è paragonabile con quella dei grandi complessi del Nord-Europa.

Questa circostanza potrebbe porsi come un significativo indicatore statistico che pietre di notevoli dimensioni assolvessero ad una funzione sacrale-simbolica non solo in ampi spazi dedicati a riunioni di diverse genti, ma anche soprattutto là dove non esistevano altri rilevanti punti di riferimento, quali potevano essere una catena di monti dietro la quale, in vari periodi dell'anno, il Sole si mostrava a percorsi obbligati.

Sull'allineamento dei megaliti esistono obiezioni che negano l'allineamento a fini astronomici assumendo che gli antichi non possedevano sufficienti conoscenze astronomiche. Ma questa osservazione, che non può essere valida neanche se riferita esclusivamente a siti europei, alla cultura occidentale, si sfalda dinanzi alla cultura orientale che con la costruzione di imponenti edifici in Babilonia ed in Egitto ha mostrato di possedere sufficienti nozioni astronomiche. Essa inoltre non si sostiene dinanzi ad una puntuale analisi, ad un fatto tutto sommato elementare, che cioè per procedere alla costruzione di monumenti megalitici secondo un determinato allineamento, in modo da richiamare particolari *giochi* di luce, non occorre poi una grande scienza. Attente osservazioni per un periodo relativamente breve (un anno è più che sufficiente), bastavano ai sacerdoti antichi, i più preparati fra gli uomini della collettività, a procurare un tocco di sacralità aggiuntiva al sito da costruire.

- *I santuari e le necropoli*. I santuari dell'età del ferro segnano l'abbandono delle grosse pietre ed al loro posto compaiono pietre di dimensioni decisamente più ridotte. Santuari si trovano allocati per lo più all'interno di fossati o terrapieni, e sono diffusi soprattutto nella zona celtica.

Anche le necropoli possono, a volte, fornire una serie di interessanti indicazioni circa le credenze rituali ed astronomiche delle popolazioni dell'epoca, ma in questo caso il lavoro dell'archeoastronomo che voglia trovare significativi elementi probatori, è assai arduo.

- *Fonti scritte*. Rientrano in questa categoria tanto i primi manoscritti giunti, come i petroglifi e le incisioni rupestri che vanno lette come una forma primitiva di narrazione, infantile nella forma ma comunque significativa per l'epoca cui afferiscono.

Queste incisioni per la maggior parte sono raffigurazioni grafiche della percezione di eventi significativi osservati, costituiscono i primi diari delle antiche culture.

- *I calendari*. I calendari prodotti da quasi tutte le antiche culture si presentano come una raffigurazione elaborata dei petroglifi. Incisi dapprima su supporti petrosi, poi ferrosi, quindi su cortecce e papiri, costituiscono le tracce astronomiche per eccellenza di cui si va in cerca, e vanno intesi come la codificazione di scene ed eventi osservati e (talvolta) raffigurati.

La presenza di un calendario, anche se rudimentale, indica che quella cultura ha eseguito osservazioni sistematiche e periodiche, ha notato la ripetitività degli eventi, l'ha tradotta in simboli.

- *Reperti etnografici*. I reperti etnografici sono forse i più difficili da esaminare in quanto occorre ricorrere ad altre competenze ed altri studi che non sono comunemente propri né dell'archeologo né dell'astronomo.

Essendo relativi ad usanze e tradizioni bisogna tenere conto del fatto che queste nel tempo si sono modificate e che avendo conosciuto quasi esclusivamente la tradizione orale, la fonte nelle modalità in cui giunge sino a noi è notevolmente corrotta.

■ *Metodologie d'indagine.* Data per ammessa una scontata analisi del territorio su cui le informazioni archeologiche sono fondamentali, e elencando solo sommariamente la strumentazione scientifica di posizione: bussola, GPS, teodolite, inclinometro, ... queste le tecniche da usare una volta che i rilevamenti terrestri ed astronomici siano stati eseguiti.

► *Statistica.* L'analisi statistica costituisce in archeoastronomia uno dei più validi strumenti d'indagine, ma per essere efficace richiede due presupposti: a) un numero elevato di reperti, b) la condizione che i reperti siano fra loro coerenti; condizioni queste che si presentano ben di rado.

Per fare un esempio, se si volesse indagare sull'allineamento verso occidente delle sepolture etrusche per verificare se tale allineamento sia comunque compreso entro un determinato valore angolare, occorrerebbe prendere in esame gruppi di sepolture di più zone (da confrontare successivamente fra loro), essere certi che ciascun gruppo sia relativo alla medesima etnia locale che praticava cioè medesimi riti e tradizioni. Solo a condizione di rispettare queste elementari norme di logica comportamentale si potrà sperare di avere un risultato fedele all'osservazione.

Caratteristica della statistica è l'eliminazione, o quantomeno la riduzione, di quelle che sono chiamate le *situazioni d'incertezza* in cui il sito archeologico può esprimersi secondo diverse chiavi di lettura: un *indicatore*, ad esempio, potrebbe operare riferimento a più corpi celesti. In caso diverso potrebbe darsi che un documento, un calendario ad esempio, sia incompleto, riportati solo alcuni dati mentre altri sono andati perduti. Il riferimento ai dati mancanti importa una possibile ipotesi di integrazione documentale attraverso una *generalizzazione* che dovrà sempre avvenire col massimo rigore scientifico.

► *Reti neurali artificiali.* Si tratta di una metodologia d'indagine che vuole simulare la risposta fornita dalla corteccia cerebrale agli stimoli ricevuti dall'ambiente.

Indagare «oggi» su come la corteccia cerebrale ha risposto «ieri» agli stimoli attorno a sé replicando un modello, tutto sommato virtuale, si traduce – a mio parere – in un'indagine su variabili incontrollate e incontrollabili.

I sofisticati algoritmi usati che pretendono di risolvere, una volta che si sia simulato un sistema di addestramento della corteccia cerebrale, tutta una serie di problemi sequenziali, sembrano configurarsi più come un *archeological game* che come una ricerca seria, malgrado l'estrema e crescente diffusione di questa tecnica d'indagine e l'alto credito di cui gode tra gli studiosi.

Le reti neurali artificiali si propongono in sostanza di sostituire le statistiche, di automatizzare le procedure di analisi, e quando risultano insufficienti ricorrono a delle altre tipologie chiamate *reti neuro-Fuzzy*...

► *Gli allineamenti.* Gli allineamenti possono essere univoci oppure simbolici.

Allineamenti univoci, altrimenti detti esatti, sono quelli che presentano certi ed indubbi riferimenti a fenomeni celesti, quando non esiste alcun principio di indeterminazione ed il riferimento è univocamente *parlante*; la coincidenza con il dato osservato e la destinazione del monumento è cioè certa, e l'astronomo fornisce un valido dato all'archeologo per la datazione della costruzione. Più complessa è l'interpretazione di allineamenti simbolici, individuabili magari tramite la presenza di fori sul terreno che originariamente potevano accogliere dei pali, non si sa quanto alti, che potevano assolvere alla funzione di mira per un osservatore posizionato in un certo posto. In questo caso la ricostruzione astronomica del sito è del tutto ipotetica ed arbitraria, completamente influenzata dalla personalità dello studioso, e nessuna analisi di rete neurale, o di distribuzione di probabilità di ipotesi potrà mai condurre a certezza, ma solo ad una serie pres-

soché infinita di ipotesi tutte in astratto potenzialmente valide. Nel tempo può essere mutato inoltre l'orizzonte fisico, si può non raggiungere univocità di certezza sulla datazione, ... e tutti questi parametri dovrebbero scoraggiare aprioristicamente una qualsiasi indagine se non si vuole che essa sfoci appunto in quelle locuzioni che si diceva ad inizio del discorso andrebbero evitate: *i sembra...*, *i si può dedurre che...*, ecc.

■ *I corpi osservati.* Quali corpi venivano osservati nell'antichità? A quale magnitudine giungeva la vista degli umani nelle epoche del neolitico, del paleolitico, dell'Egitto dei Faraoni e più in là sino a quella alessandrina continuando sino alle più recenti? A queste domande non si possono dare risposte certe, ma solo presumibili, immaginando realisticamente che la vista dei nostri progenitori sia stata analoga alla nostra se non più acuta per l'allenamento alla sopravvivenza.

Dato per scontato che non esisteva l'inquinamento ottico né tantomeno quello atmosferico, l'unico fenomeno con cui si aveva a che fare era quello della rifrazione atmosferica, certamente non noto, per quanto non potevano sfuggire le diverse dimensioni apparenti del Sole e della Luna all'alba e al tramonto rispetto al mezzogiorno.

Se **Ipparco** arrivò nel periodo ellenistico a misurare la posizione di poco meno di mille stelle, lo stesso ventaglio ottico, cioè la medesima capacità di *visus* era disponibile nell'antichità ancora precedente, ma le stelle da prendere in considerazione non sono certo tutte quelle di Ipparco, ma solo le più luminose, quelle come Vega, Sirio, Arturo, ...

Similmente i nostri antenati dovevano anche aver immaginato dei raggruppamenti stellari, e se non certo coincidenti con le costellazioni che poi sono giunte a noi, alcune aggregazioni di stelle come quelle della cintura di Orione, delle Pleiadi venivano particolarmente osservate: quest'ultime (nesso etnografico) sono ancora vive nelle culture rurali dove sopravvivono con vari nomi.

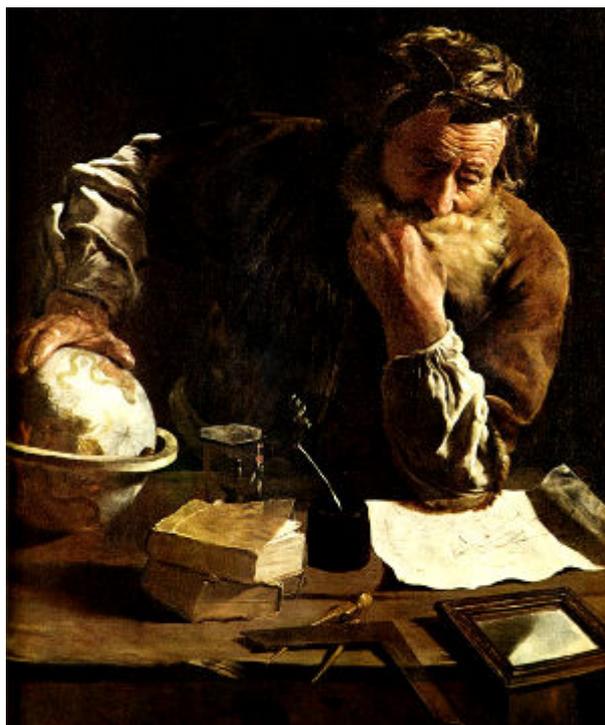
Delle stelle veniva molto probabilmente osservata la levata → **eliaca**, in sicura correlazione con la levata → **acronica** ed il tramonto eliaco, osservazioni che con l'epoca caldea, egizia e greco-alessandrina divennero talmente sofisticate da giungere a prevedere per varie stelle il momento della loro levata.

La stessa attenzione doveva a maggior ragione essere riservata al Sole ed ai fenomeni con questi correlati (eclissi), ai pianeti, alle comete, alle meteore, fenomeni cui era sin troppo facile associare un valore sacrale-simbolico.

Questo portò i nostri progenitori ad elaborare inconsciamente un primitivo concetto di *arco visuale*, quello spazio celeste cioè in cui le osservazioni sono rese possibili dal fatto che il Sole è sotto l'orizzonte, l'individuazione in seguito dei valori ottimali per questo arco visuale (una stella è assai più brillante in prossimità del meridiano che non appena sorta), e forse la stesura in seguito di una rudimentale mappa disegnando la quale ci si accorse del percorso circolare dei corpi celesti, delle differenti velocità di spostamento di alcuni (i pianeti) rispetto ad altri. Queste esperienze sono oggi facilmente riproducibili con processi di simulazione computerizzata, e con analoghi software si analizzano i reperti e le situazioni di incertezza.

**Archimede di Siracusa** (circa 287 - 212 a.C.) Una fonte che risale al filologo F. Blass, lo accredita figlio di Fidia, un astronomo, forse lo stesso di cui parla Archimede ne *l'Arenario* (*infra*), ed **Eutocio** nei suoi *Commentaria in Archimedem* riferisce di una biografia scritta da un certo Heraclides di cui è menzione nel trattato *Sulla spirale* [12, II, pag. 2, 4], ma le notizie non sono altrimenti verificabili.

- ▼ Archimede nel dipinto di D. Fetti (1620); Dresda, Museo Artemeister.



- *Biografia*
- *La figura di Archimede nell'ellenismo*
  - ▶ *La meccanica e la questione platonica*
- *Le opere*
  - ▶ *Opere pervenute, il «Metodo», la nuova edizione*
  - ▶ *Lavori perduti*
  - ▶ *L'«Arenario»*

■ *Biografia.* Si sa di un lungo soggiorno ad Alessandria dove strinse amicizia con —> **Eratostene**, cui dedicò l'opera *Sul metodo*, **Aristarco**, **Conone**, **Zeusippo** e **Dositeo** dedicatario anche questi di suoi lavori, ed in Egitto lasciò tracce a lungo ricordate come la costruzione di ponti ed argini, e l'introduzione della vite (*coclea* o spirale) per estrarre l'acqua.

Diodoro (I sec. a.C.) gli attribuisce anche un soggiorno in Spagna ove pure avrebbe diffuso l'invenzione della vite: [90][I, 34, 2; V, 37, 3 - 4]. L'affermazione sembra confortata da una citazione reperibile nei taccuini di **Leonardo** dove è traccia di questo soggiorno presso il re Eclideride [?!] che si sarebbe servito della sua opera in una guerra combattuta per mare contro gli inglesi [?!]. Leonardo purtroppo non cita la fonte, e nessun riferimento storico né al re né alla guerra è stato mai trovato. Nelle miniere del Rio Tinto, in Andalusia, fu usato comunque un sistema di drenaggio con almeno otto coppie di ruote idrauliche in epoca contemporanea a quella in discussione [271, pag. 305]. È dubbio se dopo il supposto viaggio in Spagna abbia fatto ritorno ad Alessandria, ma i rapporti con quel mondo culturale restarono vivi: una testimonianza ne costituisce il dono della possente *Syracosia* a Tolomeo, una nave costruita da Archia di Corinto e Fileo di Taormina sotto la direzione di Archimede e donata al re d'Egitto dal tiranno di Siracusa, anche perché non si trovava un porto per accoglierla. Intorno al 240 Archimede fece definitivamente ritorno a Siracusa.

Qui passò il resto della vita sino alla morte avvenuta nel 212 ad opera di un soldato romano (punto su cui le fonti concordano) secondo modalità che anche se variano nei racconti nulla tolgono

alla drammaticità dell'evento che vide la vita di uno dei più grandi scienziati di ogni epoca terminare, al di là del presunto ordine di M. C. Marcello di salvargli la vita, per l'illetteralità connessa a ogni guerra.

Durante l'assedio di Siracusa conclusosi con la capitolazione del 212, Archimede inventò numerose macchine riuscendo con successo nell'impresa, tanto che Marcello ebbe ragione della città solo con l'astuzia e dopo un lungo assedio. La partecipazione attiva di Archimede alla difesa di Siracusa è riportata da alcuni biografi della nostra epoca [145] con la semplice spiegazione che egli fu *a fervent patriot*, ma riesce difficile credere al patriottismo archimedeo. Egli fu molto più probabilmente, desideroso (da un lato) di sperimentare le sue invenzioni e (dall'altro) impossibilitato ad esimirsi dal prestare l'opera del suo ingegno dato il forte rapporto che lo legava a Gelone. Quelle macchine poi non potevano essere costruite da un giorno all'altro e per di più sotto l'impulso di un assedio, ma costituivano piuttosto il lavoro di anni di studio in vari campi della fisica (statica, dinamica, forze vettoriali, ...) il frutto di ipotesi progettuali che venivano da lontano.

Della produttività bellica di Archimede si rinvengono tracce nelle *Storie* di Polibio [249], [VIII, 5 - 9] e nella *Storia di Roma* di Tito Livio [177] [XXIV, 34]; ma la testimonianza più completa è senz'altro quella raccontata da Plutarco nella *Vita di Marcello* [246, 14 - 19], il quale, conformemente agli altri storici, narra, assieme ad alcuni aneddoti di cui la vita di Archimede è costellata, il terrore che le sue invenzioni gettavano fra l'esercito romano, descrivendone alcune abbastanza puntualmente, tanto che ne sono stati possibili disegni: [110, cap. IV, pag. 118]: la circostanza che le notizie su Archimede ci giungano da storici, le rende di per sé assai fragili, come se per descrivere l'importanza di un qualsiasi scienziato ci dovessimo affidare alla descrizione che di questi ne fa un suo conoscente del tutto digiuno in materia.

Archimede fu una mente scientificamente enciclopedica e s'occupò della scienza *a tutto campo*: dall'ottica, alla statica, all'idrodinamica, ... (Tertulliano nel *De anima* [313][14] gli attribuisce anche l'invenzione dell'organo idraulico), ma restò sempre profondamente legato al mondo geometrico-matematico ed alle sue applicazioni, alla scuola che aveva trovato in —> **Pitagora Euclide** e **Talete** i massimi esponenti, operando la fusione e la sintesi fra cultura dorica e ionica, e fu a suggello della predilezione verso questi studi che volle raffigurata sulla tomba una sfera iscritta in un cilindro, a testimonianza di quanto stimasse i risultati cui era giunto. Il particolare consentì a Cicerone, al tempo in cui era questore in Sicilia, di ritrovare la tomba e restaurarla [68, 23].

■ *La figura di Archimede nell'ellenismo.* Per quanto nella cultura e nella formazione archimedeica si rinvengano indubbiamente gli insegnamenti di **Aristotele**, questi vengono meno quando si tratta di affrontare la realtà sperimentale, di verificare i fenomeni, trovarne la rispondenza alla realtà.

Dal punto di vista storico-scientifico il pensiero e le opere di Archimede segnano nell'ellenismo un passaggio rilevante: egli è il primo che persegua lo studio delle matematiche applicandosi a queste non come pratica filosofica, ma l'innovazione archimedeica consiste anche nel fatto che non solo è presente in lui l'astrazione teorica del problema geometrico e matematico, ma geometria e matematica rappresentano strumenti per la verificabilità dell'idea, dell'intuizione se si vuole.

Nel libro *Sul metodo* dedicato ad Eratostene, dopo aver accennato succintamente ai teoremi che gli invia, scrive:

... *poiché ti riconosco, come pure ho già fatto* [il riferimento è sconosciuto], *studioso e maestro eccellente di filosofia, e so che sai apprezzare, quando è il caso, le ricerche matematiche, ho creduto bene esporti in questo*

### Lecture: Sugli specchi ustori di Archimede

**S**ugli specchi ustori con cui Archimede avrebbe provocato danni alla flotta romana sono state ipotizzate ricostruzioni spesso inverosimili e sono sorte svariate teorie. Gli storici della scienza sottolineano, da una parte, che all'epoca non esisteva una tecnologia idonea per costruire superfici ottiche riflettenti di forma sferica di notevoli dimensioni, dall'altra che nessuno degli autori romani e greci che hanno scritto sulla II guerra punica (Polibio, Tito Livio e Plutarco) ne fa menzione.

Il problema va affrontato da due punti di vista: a) la storicità dell'evento, b) la rispondenza fisica del modello ipotizzato alla realtà, nelle condizioni di supposta distanza terra-mare in cui si sarebbe verificato. Cominciamo da quest'ultima considerazione.

- **Fattore mare.** Gli studiosi che hanno indagato il fenomeno (credendolo o negandolo) hanno quasi sempre trascurato nella loro indagine l'*elemento mare*. Una nave, per quanto il mare sia calmo, è in continuazione soggetta a rollio e beccheggio, anche se non in movimento o all'ancora, e centrare dalle mura di una città un bersaglio non completamente immobile non è semplice.

Per via di questi moti il presunto punto focale muta di continuo (quantomeno) di parecchie decine di centimetri, e l'eventuale fascio luminoso riflesso è inidoneo a provocare un riscaldamento costante e continuo tale da innescare il processo di combustione, ma solo un calore localizzato ed episodico.

In questo caso gli specchi avrebbero avuto possibilità di successo solo sulla famosa *sambuca* (due navi legate fra loro con una torre alta al centro) approntata da Marcello, abbastanza ferma e assai prossima alle mura dovendo favorire l'assalto alla città, e che più delle altre navi offriva una superficie facilmente incendiaria, e che si trovava a distanza inferiore a un tiro d'arco.

- **Fonti storiche.** Polibio, Livio e Plutarco (gli ultimi due non contemporanei agli eventi) non esprimono comunque le uniche testimonianze. Silio Italico (25 - 100) nell'opera perduta *Punice* parlava di Archimede distruttore di navi con *dardi incendiari*; Valerio Massimo (I sec.) nei *Memorabilia* riporta la vicenda degli specchi ustori; Luciano (121 - 181) nell'*Hippias* riporta che Archimede ridusse in cenere le navi con la sua scienza; Apuleio (125 - 180) nel *De magia* parla di Archimede come studioso di catottrica; Galeno (129 - 200) nel *De temperamentis* parla di specchi ustori utilizzando il termine *πυρρα*, sembrando riferirsi a miscele incendiarie; **Tolomeo** sembra che parlasse di specchi ustori di Archimede in due opere perdute; **Antemio** nei *Paradossi meccanici* in un'opera giuntaci nella traduzione araba parla anch'egli di specchi ustori.

Ma la fonte più rilevante (per una tesi favorevole all'utilizzo di specchi ustori) è costituita da Dione Cassio (155 - 235) i cui passi riportati da G. Tzetzes (1110 - 1186) e da G. Zonaras (XII secolo), narrano:

*indirizzando una sorta di specchio verso il Sole ne concentrò i raggi, e grazie allo spessore e alla levigatezza dello specchio, infuocò l'aria di fronte ad esso, sviluppando un grande incendio che diresse verso le navi*

*quando Marcello si trovò ad un tiro d'arco dalle mura, Archimede costruì una macchina solare specchiante di forma esagonale (hexagonum aliquod speculum fabricavit senex), munita di corde e cerniere in modo che il centro dello specchio si trovasse sempre rivolto ai raggi solari (... speculi parva talia specilla cum posuisset quadrupla angulis, quae movebantur laminis, quibusdam sculpturis, medium illud posuit radorum Solis).*

- **Probabilità scientifica dell'evento.** Ammesso che specchi siano stati usati, il problema si riduce sostanzialmente a due ipotesi: specchi concavi o specchi piani, dando per scontato che si trattava di superfici riflettenti metalliche, al più, forse, stagnate, e quindi con una riflettività molto più scarsa di quella ottenuto da una superficie riflettente argentata, teoricamente possibile.

- **Specchi concavi.** Non poteva trattarsi di specchi concavi di notevoli dimensioni perché non esisteva tecnologia idonea per costruire superfici ottiche riflettenti sferiche di notevoli dimensioni e manovrarle con la necessaria e richiesta precisione, peso non indifferente a parte. Esse comunque sarebbero state inefficienti perché a focale fissa, e quindi, a parte (sempre) la difficoltà di centrare otticamente un bersaglio non immobile che si sembra sottovalutare, sarebbe bastato alla nave spostarsi di pochi metri, avanti o indietro, per sfuggire al raggio ottico. Un tale paraboloide avrebbe centrato il bersaglio, al massimo dell'efficienza della potenza termica, se... questo fosse stato alto sull'orizzonte. In caso contrario Archimede avrebbe dovuto far ricorso ad un paraboloide asimmetrico con maggiore esigenza di precisione. Il tutto possibilmente in prossimità del mezzogiorno (due ore prima e due ore dopo al massimo) e del solstizio d'estate. Studi in materia dimostrano la necessità di un paraboloide di almeno 4 m, con una freccia di 10 mm, lavorato con tolleranza < 0,25% per essere efficace a 100 m: il famoso *tiro d'arco*: [350]

Se invece Archimede avesse costruito paraboloide non a struttura monolitica, ma a geometria variabile, superfici riflettenti composite a spicchi incernierati al centro, che si aprissero e chiudessero a *petali*, in cui ogni petalo costituiva la porzione della sfera, un congegno del genere, difficoltà costruttiva a parte, essendo a focale variabile e potendo essere composto anche come figura di parabola asimmetrica, avrebbe avuto qualche possibilità di successo specie se indirizzato verso le vele, che presentano un valore di autoignizione inferiore al legno. Supponendo sempre una nave immobile disposta a farsi bruciare, e che gli addetti agli specchi fossero capaci di compiere i micrometrici continui spostamenti della superficie per regolare ed aggiustare di continuo la focale inseguendo la nave se questa avesse tentato di sottrarsi all'azione.

Si potrebbero forse interpretare così i passi di G. Tzetzes *hexagonum aliquod speculum fabricavit senex* e *speculi parva quae movebantur laminis*, che lasciano immaginare superfici risultanti dalla composizione di più esagoni: la forma esagonale sarebbe stata scelta perché la più idonea in una struttura multipla a costituire una superficie a geometria variabile.

Ma l'ipotesi è arida, per nulla suffragata, e saremmo in presenza dello specchio a tasselli multipli: → **G. Horn-d'Arturo**.

- **Pluralità di specchi concavi.** È da escludersi che potesse provocarsi danno alle navi con una moltitudine di specchi concavi di piccole dimensioni: la focalizzazione in un sol punto di tutti gli specchi avrebbe richiesto una tecnologia di collimazione sincronizzata sofisticata, ed i sistemi non avrebbero procurato nel punto di concentrazione del fascio luminoso i 300 °C, appena sufficienti per innescare l'autoignizione.

- **Pluralità di specchi piani.** Gli specchi piani sembrano a prima vista di nessuna efficacia in quanto si tende a considerare l'equazione *radiazione riflessa = radiazione incidente*, senza alcuna amplificazione.

Può allora sorprendere che un esperimento condotto il 6 novembre 1973 (in data molto lontana dal solstizio) sull'isola di Salamina da I. Sakkas e E. Stamatis in collaborazione con la marina greca, abbia dimostrato come 50 specchi piani di 0,50 m × 2 m siano risultati idonei a bruciare un'imbarcazione a 50 m di distanza. Esperimenti simili sono stati condotti anche a Osnabruck (2002) in Germania, a ben diversa latitudine, con 500 piccoli specchi e bersaglio a 50 m, ed a Boston (2005) con 127 specchi e bersaglio a 30 m.

→ continua a pagina seguente

### Lecture: Sugli specchi ustori di Archimede - II

Di fatto una serie di specchi piani può essere immaginata come una superficie spaziale che costituisce elementari piani tangenti ai punti di un ipotetico paraboloidale, alle cui proprietà così si torna matematicamente facendo tendere a zero la superficie di ogni specchio [350, *ibidem*]. Uno specchio piano riflette un'immagine del Sole maggiore della superficie dello specchio stesso, e tanto maggiore è la distanza, tanta maggiore (in dimensione) è la macchia solare. Al crescere della distanza diminuisce naturalmente la potenza termica, dal momento che lo specchio funziona come un *diluitore di energia*, ma usandone un congruo numero si sopperisce alla diluizione.

In questo modo la serie di specchi piani mossi da altrettanti operatori non forma una superficie geometricamente predeterminata, ma gli specchi stessi costituiscono, ciascuno per la propria parte, una componente di un immaginario paraboloidale.

Come si vede, la soluzione più agevolmente praticabile si rivela sempre anche la più efficace.

► *Conclusioni.* La possibilità bellica di specchi ustori era potenzialmente realizzabile, ma non idonea a generare grandi danni per via del numero degli operatori (e degli specchi) richiesti e del non breve tempo necessario (circa 1 minuto) a generare il fuoco dall'inizio della concentrazione del fascio luminoso: una nave non è mai completamente immobile, la superficie sottoposta a concentrazione di calore muta di continuo, ed occorre manovrare gli specchi non solo per tenere fisso il punto focale, ma anche per inseguire il Sole, in quanto il fascio luminoso concentrato per la riflettività degli specchi muta velocemente la propria posizione.

In caso poi gli specchi fossero stati davvero prossimi a provocare fenomeni incendiari sarebbe stato sufficiente alla nave allontanarsi di poco, oppure sarebbe stato sufficiente che i marinai avessero gettato un poco d'acqua sul punto focale per annullare sul nascere la minaccia.

Se effettivamente usati a scopo incendiario, avrebbero avuto qualche influenza solo sulla sambuca, perché, come si diceva, essa era quasi immobile, la sua torre d'assedio vicinissima alle mura, e questa era composta di materiale facilmente incendiabile. È assai probabile invece che specchi piani, anche di piccole dimensioni, siano stati usati per infastidire il nemico abbagliandolo, ostacolando la manovra delle navi che così più facilmente erano oggetto di bersaglio. In questo caso il disordine procurato a bordo sarebbe stato tutt'altro che trascurabile, riducendo notevolmente la potenzialità bellica delle navi, rendendola per qualche istante inoperante, mentre magari dardi infuocati venivano lanciati dalle mura della città.

Questo spiegherebbe la commistione fra ottica e meccanica rilevata nei racconti di molti autori.

*lavoro le particolarità di un metodo mediante il quale ti sarà possibile acquisire una certa facilità di trattare cose matematiche per mezzo di considerazioni meccaniche. . . – omissis – . . . infatti anche a me alcune cose si manifestarono prima per via meccanica poi le dimostrai geometricamente. . .* [268].

La distinzione che pone fra sé ed Eratostene è dunque chiara: lui solo è un matematico, l'altro lo sa essere. . . se si applica; e stiamo parlando di Eratostene.

Qui non c'è l'ammirazione che traspare altrove per lo scomparso Conone [12, *Quadratura della parabola*, pag. 294], né l'ammirazione che prova per Dositeo dedicatorio di molti suoi lavori, egli considera Eratostene ancora un dilettante che si sta applicando e si augura che progredisca. Non c'è alcuna forma di disprezzo, solo una netta distinzione di ruoli e di metodi.

Certo non è dato conoscere se in Archimede la speculazione teorica preceda sempre la pratica, ma egli dovette essere costantemente un attento osservatore della realtà, perché solo osservandola e studiandola poté giungere alle invenzioni ed alle formulazioni dei principi per cui è ancora ricordato.

Per usare una frase divenuta comune quando si parla del Siracusano, Archimede non disdegnò di *sporcarsi le mani*, non trattò la manualità indegna di un aristocratico pensare, e seguì in scia quel filone dell'ellenismo, quella passione per le macchine che nel mondo greco veniva da lontano (*vedi* il passo di Aristotele *sub Antikythera*) e che anche attraverso lui giunse sino al compilatore *Erone*.

Fu tale manualità a consentirgli di divenire il *consulente scientifico* del tiranno di Siracusa, ed anche se non fu il primo scienziato ad offrire i servizi al potere, è l'unico a memoria che vi abbia contribuito, e da solo, in maniera così determinante.

► *La meccanica e la questione platonica.* La fama di Archimede è stata a lungo legata alle sue macchine ed alle sue invenzioni, e il *rumore* che attorno se n'è fatto ha messo in ombra gli assai più rilevanti contributi teorici.

Questa propensione verso le macchine ha spesso spiazzato i primi commentatori della sua opera, a cominciare da Plutarco, che se ritiene degne di considerazione le indagini sulla geometria,

non trova altrettanto giustificato l'impegno profuso nelle costruzioni meccaniche, tanto che scrive [246, 14]:

*. . . non che ad essi [ai meccanismi] si fosse dedicato come un lavoro degno di attenzione; in maggioranza erano divertimenti di geometria che aveva fatto a tempo perso. Il re Gerone per primo sollecitò e convinse Archimede a rivolgere la sua scienza dalle costruzioni teoretiche alle cose concrete, a mescolare la speculazione coi bisogni materiali, così da renderla più evidente ai profani, quando l'avesse resa sensibile.*

Plutarco, che per un verso risulta ancora assorbito dal platonismo e per l'altro già romanizzato, rivela qui tutta la sua ambiguità. Plutarco sapeva che la fama di Archimede derivava proprio da quei meccanismi tanto disdegnati, ma questi, nella sua visione s'inquadrano come *πάρεργα*, opere accessorie, frutto secondario e ludico della geometria.

Quest'affermazione, più gratuita che apodittica, non è ancora sufficiente a Plutarco, ha bisogno di sorreggerla, e così fa notare che tant'è vero che si tratta di giochi *che non volle lasciare per iscritto nulla su quelle cose:* [246, 15].

In ultima analisi Plutarco relega l'attività meccanica-scientifica di Archimede nella *φιλοτιμία*, nel desiderio umano d'essere socialmente considerato, riducendola in sostanza a ben poca cosa, e in obbedienza a tale etica filosofica Archimede non avrebbe potuto scrivere di meccanica. Ma Plutarco è – soprattutto – uno storico, e quando parla di scienza si trova in evidente difficoltà, ed esprimere giudizi su concetti che non gli sono familiari gli costa l'irrazionalità delle proposizioni.

Lo scrittore greco dimentica infatti, o forse non conosce affatto, i testi sull'*Equilibrio dei piani* e *Sui galleggianti*, ignora che alla VI proposizione *Sulla quadratura della parabola* Archimede rinvia ad elementi di statica contenuti in uno scritto che purtroppo non ci è giunto, *La meccanica*, riportando: *δεδείκται γὰρ τούτο ἐν τοῖς μηχανικοῖς* (e resi noto questo infatti nelle meccaniche) [12, Vol. II, pp.306 - 307], e che nella stessa opera [p. 294] riporta: *πρότερον μὲν διὰ μηχανικῶν εὐρεθέν, ἔπειτα δὲ καὶ διὰ τῶν γεωμετρικῶν ἐπιδειχθέν*,<sup>1</sup> proprio come scriveva

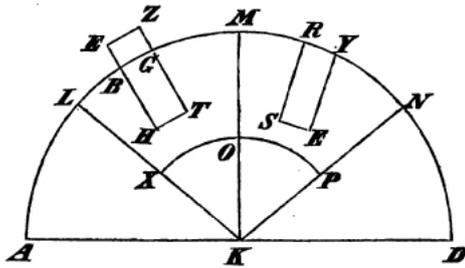
1. [i teoremi geometrici] sono stati prima trovati attraverso la meccanica, quindi dimostrati con la geometria.

## DE IIS, QVAE IN HUMIDO UEHUNTUR. 367

## Theorema V. Propositio V.

Solidarum magnitudinum quaecunque fuerit lenior, dimissa in humidum in tanto demergetur, ut tanta moles humidi, quanta est moles demersae, habeat aequalem grauitatem cum tota magnitudine. 5

disponantur autem eadem prioribus, et sit humidum non motum. sit autem magnitudo EZHT lenior humido. si igitur humidum est non motum, similiter



prementur partes ipsius ex aequo positae [hypoth. 1]. similiter ergo premetur humidum, quod sub super- 10 ficiebus, quae secundum periferias XO et PO. quare aequalis est grauitas, quae premitur. est autem et humidi grauitas, quod in prima pyramide, sine BHTG solido aequalis grauitati humidi, quod in altera pyramide, sine RSEY humido. palam igitur, quod gra- 15 uitas magnitudinis EZHT est aequalis grauitati humidi RSEY. manifestum igitur, quod tanta moles humidi, quanta est demersa pars solidae magnitudinis, habet grauitatem aequalem toti magnitudini.

3. Scrib. demissa. 6. „eandem“ Tartalea. 12. quae premitur] „qua premitur“ Comm. 15. „rsey“ Tartalea, et lin. 17.

◀ Pagina del *De iis quae in humido uehuntur* (Sui galleggianti), libro I, da J. L. Heiberg.

La descrizione di Archimede richiede la lettura delle precedenti proposizioni, in specie la II e III dove parla della piramide. A questo si riferisce quando riporta *deponantur autem eadem prioribus*. È chiaro che si tratta di costruzioni immaginarie, puramente teoriche, per la cui comprensione è necessario isolare col pensiero da una parte i corpi, dall'altra il liquido.

## Traduzione

Dati alcuni corpi, quello che è più leggero del liquido, lasciato in questo, lo si immerga in modo che un tale volume del liquido, qual è quello della parte immersa, abbia stesso peso [gravitatem] dell'intero corpo.

Si seguano le stesse costruzioni di prima, e sia il liquido stagnante. La grandezza EZHT sia più leggera del liquido. Se dunque il liquido è immobile, conseguentemente le sue parti saranno egualmente compresse ed egualmente disposte [ipotesi 1]. Similmente risulta compresso il liquido sulle superfici [relative] agli archi XO e PO. Quindi è uguale il peso da cui sono compresse. Si osserva ancora [est autem] che il peso del liquido contenuto nella prima piramide [di centro K, teorema III, proposizione III], eccetto il solido BHTG, è eguale al peso [del liquido contenuto] nella seconda piramide, eccetto il liquido [contenuto] in RSEY. È dunque chiaro che il peso della grandezza EZHT sarà eguale al peso del liquido [contenuto] in RSEY. Ed è allora manifesto che un tale volume del liquido quale è la parte immersa del corpo solido, ha peso eguale a quello dell'intero corpo solido.

ad Eratostene.

La posizione plutarcea deriva dall'incapacità di cogliere il rapporto (e vedere la reciproca funzionalità) fra ἐπιστήμη (scienza) e τέχνη (tecnica, ma anche arte), e τέχνη erano designate molte di quelle che noi chiamiamo scienze, ed infine ἡ μηχανικὴ τέχνη era chiamata l'arte di costruire le macchine, e questo non doveva sfuggire a lui, un greco.

Secoli più tardi ben diverso sarà l'atteggiamento di Pappo che nella *Collectio mathematica* riportando un'affermazione di Carpo di Antiochia, [VIII, Praef. 1-3, pp. 1022,3 - 1028, 3 Hultsch] farà giungere sino a noi la notizia che Archimede avrebbe scritto un solo libro (μηχανικόν: lo stesso?) relativo alla costruzione di un planetario: vedi ancora sub *Antikythera*.

Porre in evidenza la modernità scientifica del pensiero di Archimede sottraendolo al non ancora sopito platonismo<sup>2</sup> cui Plutarco vuole relegarlo, non si traduce in una grandezza maggiore o minore del pensiero scientifico di Archimede a seconda dell'interferenza o dell'influenza di questo (come dell'aristotelismo) in lui: dei due Archimede ne condivide indubbiamente le radici, le origini sono quelle; c'è tuttavia il fatto che proprio nel superamento del platonismo è vinta la supposizione, uno dei dogmi di quella scuola, quello che si risolve nella necessità del σῶζεν

τὰ φαινόμενα, salvare i fenomeni. Quando estrae le radici per calcolare la forza da imprimere alla catapulta nel lancio dei proiettili (e di ciò Eratostene dovette tener conto nel → mesolabio), quando studia la leva e la distribuzione delle forze, Archimede non salva nulla: osserva i fenomeni, deduce, e poi con l'aiuto della geometria e della matematica ne offre la spiegazione.

È sin troppo ovvia infatti l'osservazione che prima i corpi sono osservati in equilibrio e poi vengono spiegate le condizioni d'equilibrio; che quando nel trattato *Sui galleggianti* (II libro) si occupa del comportamento di un paraboloide in un liquido, Archimede lo fa perché sta studiando la carena delle navi, cioè sta formulando quella teoria che oggi conosciamo come *teoria della biforcazione*, secondo la quale in presenza di un mutamento qualitativo o topologico dei punti d'equilibrio si può anche avere la catastrofe se l'equilibrio diventa critico. E la nave si capovolge.

Il trattato *Sul metodo* (infra) che Plutarco doveva almeno nel nome conoscere non segna il predominio della matematica speculativa sull'indagine meccanica, sull'osservazione e studio dei fenomeni, ma in quel lavoro sono le osservazioni meccaniche ad essere spiegate con metodi geometrici.

L'approccio scientifico archimedeo è quello dello scoprire e del trovare. In un passo tratto dalle prime pagine de *Sulla sfera e sul cilindro*, Archimede riporta: ταῦτα δὲ τὰ συμπτόματα αὐτῆ τῆ φύσει προσηύχεν περὶ τὰ εἰρημένα σχήματα, ἡγνοεῖτο

2. Solo una ventina d'anni fa Virieux-Raymond e Gardies pubblicavano sulla *Revue philosophique* [104, 1979] *Le platonisme d'Archimède*, e [105, 1980] *La méthode mécanique et le platonisme d'Archimède*.

δὲ ὑπὸ τῶν πρὸ ἡμῶν περὶ γεωμετρῶν ἀνεστραμμένων,<sup>3</sup> [12, I, *De Sphaera*, pp. 4, 5 - 8].

Qui c'è qualcosa di più che una vaga affermazione di platonismo o di aver trovato qualcosa che prima era sconosciuto, c'è la considerazione che secoli più tardi Michelangelo sintetizzò per la scultura nell'*arte del torre*, c'è la convinta filosofica (nel senso ampio del termine) supposizione che le proprietà appena scoperte fossero da sempre connaturate alla natura delle figure in questione, alla loro essenza, anche da un punto di vista immanentistico, connesse ad altre proprietà ancora da scoprire, e compito dello scienziato è dunque quello di estrarre queste proprietà, *tirarle fuori*, renderle note, parteciparle.

Anni luce separano questo modo di *fare scienza* da quello dei predecessori, e non solo i massimi filosofi, ma anche i massimi geometri sono sopravanzati. La sua geometria è al tempo stesso astratta (mentale) e concreta, perché all'eposizione dei postulati seguono le *certe esperienze e sensate dimostrazioni*; essa è prima immaginata (intuita?) e poi sperimentata, e il cercare in essa elementi di platonismo o aristotelismo si configura come una riduzione del suo pensiero, il volerlo comprendere in una categoria quando è invece proprio nel trascendere le categorie che Archimede mostra tutta la propria grandezza.

■ *Le opere*. Durante il periodo romano i lavori di Archimede non furono tenuti nella dovuta considerazione, sia per la loro intrinseca difficoltà sia per l'impostazione culturale del mondo romano: → **romana astronomia**; le posizioni appena viste di Plutarco, comuni nel mondo romano, condussero all'oblio molti lavori del pensiero greco.

Mancando la mentalità adatta, la comprensione di quei testi era molto difficile, e lo stesso **Vitruvio** quando prova a spiegare il metodo applicato da Archimede per scoprire se l'orafo avesse o meno derubato il re [332][IX, 9 - 12], balbetta, e fornisce una spiegazione quasi incomprensibile, mostrando che lui per primo non ha compreso né il metodo di conduzione dell'esperimento né il risultato ottenuto, e si trae dall'imbarazzo raccontando la storiella di Archimede che corre nudo per le strade. Secoli più tardi le medesime perplessità sull'interpretazione vitruviana esporrà Galilei in uno dei primi lavori *Discorso del signor Galileo Galilei intorno all'arteficio che usò Archimede nel scoprire il furto d'oro nella corona di Hierone* [116].

Analogamente scarsa considerazione vi fu nel successivo periodo di decadenza medioevale, quando le cognizioni matematiche e scientifiche s'erano ridotte a ben poca cosa. Vi fu, è vero, un tentativo di costituire un *corpus* archimedeo attorno al IX secolo ad opera di Leone di Tessalonica che compilò un manoscritto dei lavori di Archimede, ma la cosa finì lì.

Guglielmo di Mörbecke (1215 - 1286 circa) aveva intanto tradotto parte del testo in latino e nel 1269 apparve così il primo *corpus* archimedeo. Secoli più tardi, il lavoro giunse nelle mani di Giorgio Valla (1430 - 1499) animato anche questi dallo spirito di tradurre quei lavori in latino, ma l'edizione non fu portata a termine e del manoscritto si persero le tracce.

La traduzione del Mörbecke ebbe scarso successo sino alla prima metà del XV secolo [220, pag. 32], quando con la nascita delle prime grandi biblioteche umanistiche si cominciò a recuperare non solo Archimede, ma anche **Apollonio** e le sue teorie sulle coniche senza le quali gran parte del *corpus* diventa incomprensibile.

Il lavoro di Mörbecke è la confluenza di due codici noti come *codice A* e *codice B*, che confluirono nel *codice E* e nel *codice O*, redatti entrambi in latino. Il *codice O* (che approdò poi nel 1744

alla Biblioteca vaticana) generò nel 1508 il *codice M* stampato col titolo → **Tetragonimus**.

Il *codice A*, proveniente da una copia scomparsa già presente a Costantinopoli, ebbe una certa vita autonoma sfociando nell'*Editio princeps* di T. Geschauff stampata nel 1554 a Basilea.

A queste copie attinsero Nicola V, il pontefice creatore della Biblioteca vaticana, che affidò a Iacobus Cremonensis (**Jacopo da San Cassiano**) l'incarico di tradurre Archimede, il cardinal **G. Bessarione**, il **Regiomontano**, **P. della Francesca**, **Leonardo Tartaglia**, **F. Maurolico**, **L. Gaurico**, **F. Commandino**, e tanti altri meno illustri.

L'interesse del mondo scientifico per la fisica di Archimede esplose comunque nel XVII secolo, ma bisogna attendere ancora (1792) per veder edita postuma da parte di Giuseppe Torelli, a Oxford la prima *opera omnia*.

L'*editio princeps* giunse alla fine del XIX secolo con il lavoro del filologo danese J. L. Heiberg, che negli anni 1880 - 1881 pubblicò in tre volumi gli scritti allora conosciuti.

► *Opere pervenute, il «Metodo», la nuova edizione*. I lavori di Archimede, quasi tutti in forma epistolare, sono scritti in dialetto dorico, e ad eccezione forse dell'*Arenario* hanno sofferto tutti dell'opera degli interpolatori che ne hanno alterato le tracce linguistiche originali.

Il famoso *Problema dei buoi* (*infra*), ad esempio, riporta prima dei versi tre righe chiaramente attribuibili a compilatori successivi che hanno la necessità di spiegare succintamente la finalità di questo lavoro.

Le opere pervenute sono:

*Sulla sfera e sul cilindro*, un testo in due libri dedicato a Dositeo d'Alessandria, in cui si dimostrano proprietà della sfera in relazione al cilindro circoscritto;

*Sulla misura del cerchio*, un breve lavoro articolato in tre proposizioni;

*Sui corpi conici e sferici*, un testo dedicato a Dositeo in XXXII punti;

*Sulle spirali*, dedicato ancora a Dositeo dove riferisce della sua invenzione (la vite senza fine): in quest'opera, quarta riga, si parla di quell'Heraclides accreditato come autore di una biografia archimedeica;

*Degli equilibri dei piani*, in due libri, opera significativa per come viene dedotta la legge della leva e determinato il centro di gravità delle figure piane, nel secondo libro è individuato il centro di gravità del segmento di parabola, e il lavoro va pertanto posto in relazione col trattato sui galleggianti;

l'*Arenario*, *infra*;

*Sui galleggianti*, in due libri: nel secondo è studiato il comportamento di un paraboloide;

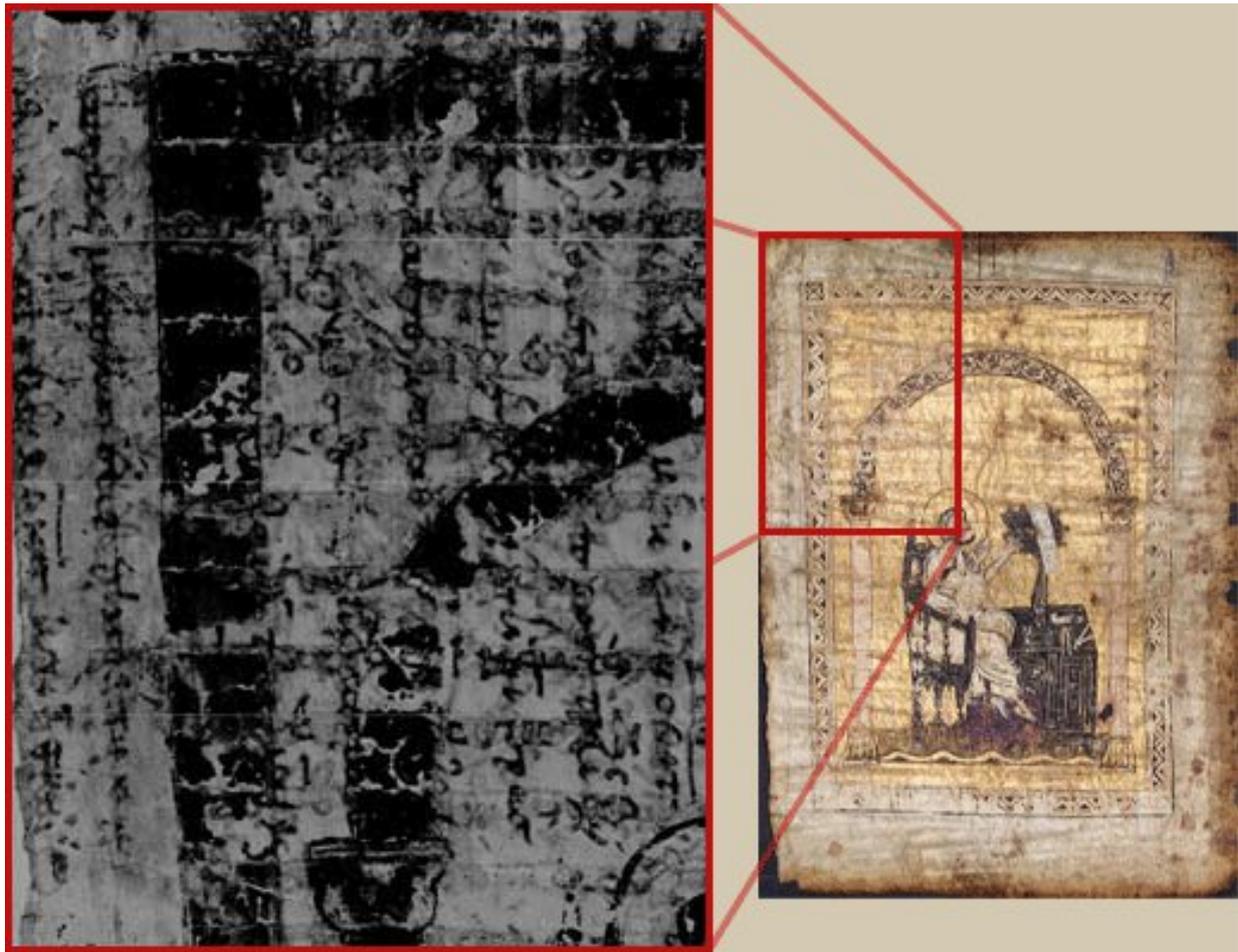
*Sulla quadratura della parabola*, dedicato ancora a Dositeo. Quest'ultimo testo è rilevante dalla proposizione VI, perché fino ad allora Archimede aveva, come di consueto, trattato le figure in modo astratto, immaginandole in uno spazio teorico; ma i testi di meccanica citati nella dimostrazione lasciano supporre che ci si trovi dinanzi ad un testo di meccanica razionale. In questa e nelle seguenti proposizioni Archimede passa di continuo dalla teoria alla meccanica, a dimostrare che ha superato i limiti delle tradizionali concezioni.

Altri testi raccolti da Heiberg sotto la voce *Lemmata* sono:

il *Liber assumptorum*, una serie di proposizioni molto probabilmente non scritte nella forma in cui sono giunte, sembrando una serie di enunciati che originariamente dovevano far parte di altre opere;

3. Queste proprietà erano da sempre connaturate alla natura delle figure citate, ma ignorate da coloro che prima di noi s'occuparono di geometria.

- ▼ Palinsesto di Archimede: a destra il palinsesto, a sinistra la parte di testo evidenziata nel rettangolo rosso sovrascritta dalle preghiere; Walters Art Museum di Baltimora



il *Problema dei buoi* inviato ad Eratostene in forma di epigramma;  
*i frammenti*, testi di autori vari che operano riferimento ad opere di Archimede;  
 il *Commentario di Eutocio*;  
 gli *Scolia* del codice fiorentino.

L'edizione dei lavori conobbe un momento significativo con il ritrovamento presso il Patriarcato di Costantinopoli ai primi del Novecento, sempre da parte di Heiberg, di un palinsesto in cui il testo originario era stato *lavato* per scrivervi alcune preghiere. Il documento si rivelò di straordinaria importanza anche se non tutte le pagine erano leggibili: delle 174 di cui si compone, nove fogli sono illeggibili e alcuni altri lasciano trasparire solo poche parole. Oltre ad opere conosciute, il palinsesto contiene il trattato *Sui galleggianti* in greco (fino ad allora noto solo in latino); lo *Stomachion*, un gioco, una sorta di *puzzle* evidentemente molto diffuso all'epoca, di cui era noto solo un frammento da un testo arabo; il *Metodo sui teoremi meccanici*.

Questi due ritrovamenti evidenziano ancora l'interesse per la meccanica, e particolarmente il già menzionato testo *Sul metodo*, concepito sotto forma di lettera ad Eratostene. La scomparsa di questo testo ha ritardato di secoli lo sviluppo della matematica, perché l'analisi infinitesimale, lì contenuta in embrione verrà riscoperta solo nel XVI secolo [28]. Tre proposizioni del *Metodo* (la I, la XII e la XIV) sono state ritrovate, ma successivamente, nella stessa biblioteca del Patriarcato in uno scritto di Erone che operava riferimenti proprio al testo archimedeeo.

Nel *Metodo* si parla ancora di teoremi già scoperti ed esposti nel lavoro *Sui conoidi e sugli sferoidi*, e questo ha aiutato a ricostruire la cronologia delle opere del Siracusano, ma soprattutto c'è una trattazione abbastanza approfondita delle tecniche del metodo di esaustione: → **Eudosso**).

Questo metodo fu perfezionato da Archimede nell'opera *Sulla misura del cerchio* ove considerò l'area e la circonferenza del cerchio come limiti delle successioni di aree, rispettivamente dei perimetri, di poligoni inscritti e circoscritti al cerchio.

L'importanza della scoperta imponeva una revisione dell'edizione critica, ed Heiberg vi pose mano pubblicando, assieme a H. G. Zeuthen, la nuova edizione negli anni dal 1910 al 1915.

Per motivi sconosciuti il palinsesto scomparve, forse trafugato. Riapparso in Francia alla fine del secolo scorso, fu venduto all'asta approdando al *Walters Art Museum* di Baltimora. Qui con tecnologie avanzate si sta tentando di recuperare l'intero manoscritto che nei decenni in cui se ne erano perse le tracce si è ulteriormente deteriorato per via della cattiva conservazione.

All'operazione è dedicato un sito [30], ove è presente il testo (che si può scaricare), e filmati relativi agli interventi condotti non sempre con metodologia ortodossa.

► **Lavori perduti.** Difficile un'elencazione completa delle opere andate smarrite. A parte il libro *Dei numeri* indirizzato a Zeusippo di cui alle prime righe dell'*Arenario*, la perdita più grave riguarda senz'altro la *Catottrica* di cui è un cenno in Teone, e gli scritti sugli specchi ustori che gli sono attribuiti da Olimpodoro ed Apuleio.

Οἰόνται τινές, βασιλεῦ Γέλων, τοῦ ψάμμων τὸν ἀριθμὸν ἀπειρον εἶμεν τῷ πλήθει· λέγω δὲ οὐ μόνον τοῦ περὶ Συρακούσας τε καὶ τὰν ἄλλαν Σικελίαν ὑπάρχοντος, ἀλλὰ καὶ τοῦ κατὰ πᾶσαν χώραν τάν τε οἰκημέναν καὶ τὰν ἀοίκητον. ἐντὶ τινες δέ, οἱ αὐτὸν ἀπειρον μὲν εἶμεν οὐχ ὑπολαμβάνοντι, μηδένα μέντοι ταλικοῦτον κατονομασμένον ὑπάρχειν, ὅστις ὑπερβάλλει τὸ πλῆθος αὐτοῦ. οἱ δὲ οὕτως δοξαζόντες δῆλον ὡς εἰ νοήσαιεν ἐκ τοῦ ψάμμων ταλικοῦτον ὄγκον συγκαίμενον τὰ μὲν ἄλλα, ἀλίκοις ὁ τὰς γὰς ὄγκος, ἀναπληρωμένων δὲ ἐν αὐτῷ τῶν τε πελαγέων πάντων καὶ τῶν κοιλωμάτων τὰς γὰς εἰς ἴσον ὕψος τοῖς ὑψηλοτάτοις τῶν ὄρεων, πολλαπλασίως μὴ γνωσόνται μηδένα κα ῥηθήμεν ἀριθμὸν ὑπερβάλλοντα τὸ πλῆθος αὐτοῦ. ἐγὼ δὲ πειρασούμαι τοὶ δεικνέειν δι' ἀποδείξεων γεωμετρικῶν, αἷς παρακολουθήσεις, ὅτι τῶν ὑπὸ ἁμῶν κατονομασμένων ἀριθμῶν καὶ ἐνδεδομένων ἐν τοῖς ποτὶ Ζεύξιππον γεγραμμένοις ὑπερβάλλοντι τινες οὐ μόνον τὸν ἀριθμὸν τοῦ ψάμμων τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τῷ γὰ πεπληρωμένῳ, καθάπερ εἴπαμες, ἀλλὰ καὶ τὸν τοῦ μέγεθος ἴσον ἔχοντος τῷ κόσμῳ.

Vi sono alcuni, o re Gelone, che stimano il numero [dei granelli] d'arena una quantità infinita, e non mi riferisco soltanto a quelli [dei granelli d'arena] che stanno attorno a Siracusa o nel resto della Sicilia, ma anche a quelli [dei granelli d'arena] che stanno in qualsiasi altro posto del mondo abitato o disabitato. Altri ancora ritengono che pur non essendo tale numero infinito, non se ne possa comunque dare uno maggiore. Se quelli che così pensano immaginassero un globo d'arena eguale a quello della Terra, tale che anche le caverne e gli abissi del mare di questa ne fossero riempiti, e che si estendesse sino alle cime delle più alte montagne, ciò nonostante non si persuaderebbero ancora dell'esistenza di un numero che superasse la grandezza di questi [granelli d'arena]. Tuttavia, con dimostrazioni geometriche che potrai seguire col pensiero, intendo mostrarti che fra i numeri da noi denominati nel libro indirizzato a Zeusippo, ve ne sono alcuni che non solo eccedono il numero [dei granelli] d'arena di un volume eguale a quello della Terra quando questa ne fosse colma, ma anche quello [dei granelli d'arena] contenuti in un globo della stessa grandezza del cosmo.

ΨΑΜΜΙΤΗΣ (ARENARIUS), [12]II, pagg. 242 - 244, 1 - 4]

Oltre il già citato Pappo, anche Proclo accenna alla *Sphaeropea* un lavoro in cui Archimede avrebbe trattato della costruzione della sfera da un punto di vista meccanico.

La brevità della descrizione del II libro *Sulla sfera e sul cerchio* lascia supporre che quella parte doveva rappresentare la sintesi di un lavoro di più ampio respiro dal titolo (approssimato) *Sulla periferia del cerchio* di cui parla Pappo, che riferisce anche di un lavoro *Sui poliedri* e di un'opera *Sull'equilibrio dei corpi*. Simplicio in un commento al *De caelo* di Aristotele parla di un'opera sul *Centro di gravità* di cui più di un cenno sembra reperirsi nel lavoro *Sui galleggianti*, ed Ipparco infine gli attribuisce un *calendario*.

Fonti arabe accreditano inoltre ad Archimede lavori sui triangoli e le loro proprietà, sulle parallele, su varie figure geometriche e il loro rapporto con il cerchio, ed un non meglio precisato libro di dati. Le stesse fonti riferiscono che dopo il sacco di Siracusa ben quattordici casse di manoscritti di Archimede furono bruciate, evidentemente non solo suoi lavori, se si deve prestar fede alla versione, ma anche la sua biblioteca.

► *L'«Arenario»*. L'*Arenario*, letteralmente «Contatore di granelli», è indirizzato al re Gelone, ed oltre ad essere l'unico lavoro (fra quelli noti e dedicati) a non essere rivolto a un matematico almeno a quanto se ne sa (Gelone una certa competenza scientifica doveva comunque possederla visto il contenuto dell'opera), è anche l'unico in cui il discorso è introdotto da considerazioni quasi filosofiche, in un'eccellente prosa, presentando uno slancio enfatico circa la capacità della mente d'immaginarsi i grandi numeri. Nell'*Arenario* Archimede espone un metodo ideato per la misura del diametro apparente del Sole,<sup>4</sup> e forse anche questa tecnica confluì in un'opera. L'opera che nell'antichità dovette godere di notevole popolarità tanto che se ne ha un'eco in Catul-

lo ed Orazio (anche se quest'ultimo la accredita ad Archita), è l'unica d'Archimede che tratti questioni astronomiche.

Muovendo dalla concezione avanzata da Aristarco in cui questi, in un'opera andata perduta, presentava come *ipotesi* un modello eliocentrico, argomentando dalle teorie dell'astronomo di Samo, Archimede comprende come un simile modello comporti una ridefinizione della struttura e delle dimensioni dell'universo (la sfera) come era allora conosciuto, e per conseguenza la necessità di esprimersi in grandezze del tutto fuori dal comune.

L'astronomia è infatti solo uno spunto per svolgere il discorso sui grandi numeri. Sotto questo aspetto l'*Arenario* assomiglia un poco al *Problema dei buoi* che non ha affatto una finalità ludica, ma fondamentalmente matematica, trattandosi anche in questo caso di grandi numeri.

Archimede non contesta la validità o meno del modello di Aristarco, contesta che questi nella sua ipotesi consideri la Terra puntiforme (... *il centro della sfera non ha alcuna dimensione e non è possibile ritenere che esso abbia alcun rapporto rispetto alla superficie della sfera*), e il suo è più che altro un discorso di formalismo matematico.

L'esigenza è in via prioritaria quella di concepire ed esprimere grandi numeri utilizzando l'antico sistema di numerazione greca che scriveva i numeri con lettere e non conosceva lo 0, circostanza questa che rende la lettura delle opere di Archimede come di altri autori del periodo greco ed ellenistico particolarmente ardua, giacché non solo i numeri, ma anche le frazioni e le equazioni sono espresse in modo del tutto diverso da come siamo abituati oggi a scriverle ed usarle: → **astronomia greca**.

La precisazione costituisce la chiave di volta di lettura dell'opera, perché ad ammettere la scrittura secondo il nostro sistema numerico-decimale, il problema perderebbe gran parte della sua rilevanza. Questa difficoltà si rinviene nelle prime righe dell'*Arenario* (vedi riquadro in questa pagina), ed il ricordato libro indirizzato a Zeusippo poteva anch'esso trattare forse anche dei calcoli oltre che dei grandi numeri.

Scopo di Archimede è rappresentare un numero che (per quanto grande) sia tuttavia nelle possibilità d'intelligenza della mente umana (con dimostrazioni geometriche che potrai seguire col pensiero), dominare il mondo fisico tramite la matematica, dimostrare che è possibile immaginare e scrivere un numero più grande del numero dei granelli d'arena che potrebbero essere contenuti nell'universo: Archimede non confuta né abbraccia le proposizioni di Aristarco, considera soltanto le dimensioni

4. Osservando l'astro al sorgere, Archimede pose su un'asta un cilindro che poteva scorrere lungo questa; il cilindro collocato fra l'occhio e il Sole (avvicinandolo e allontanandolo) permetteva di vedere o solo una debole luce ai lati del solido ovvero poteva nascondere completamente il Sole eclissandolo, proprio come avviene oggi con il **coronografo**. Misurati i due angoli sottesi dalle diverse posizioni del cilindro con vertice del triangolo sull'occhio, trovò una misura angolare compresa fra i corrispondenti 27' e 32' 56'', assai vicina all'attuale compresa fra i 31' e i 32'.

Nell'opera è anche riportata la misura del rapporto fra le dimensioni del Sole e della Luna: 30 volte quello del satellite; ed anche se la misura è errata, è tuttavia più vicina al vero di quella di Eudosso (9), di Fidia (12), di Aristarco (fra 18 e 20). A queste misure sono dedicate molte pagine dell'opera.

dell'universo adottando nuovi simboli per numeri più grandi. Dopo aver descritto il metodo di numerazione, Archimede dimostra un teorema sulle proporzioni (che grosso modo esprime la eguaglianza  $10^n \times 10^m = 10^{n+m}$  che a molti ha fatto credere che fosse ad un passo dall'ideazione dei logaritmi), e passa quindi al problema dei granelli di sabbia vero e proprio.

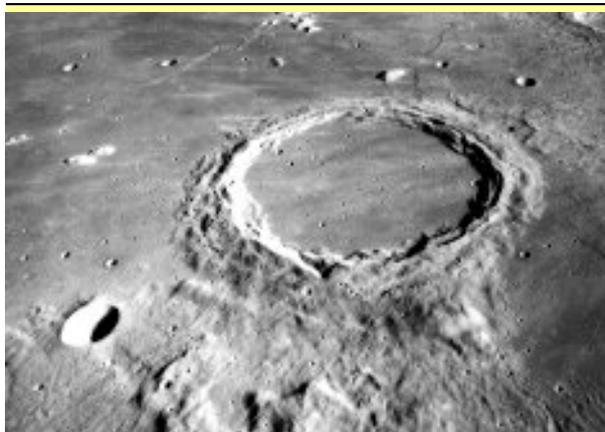
Non riporto qui tutti i passaggi che svolge Archimede che richiederebbero una trattazione a parte, ricordo soltanto che la miriade di miriadi ( $10^8$ ) è considerata l'unità del suo sistema di numerazione, e che chiama *numeri primi* (ma con significato diverso dal nostro) quelli che vanno da 1 a  $10^8$ , *numeri secondi* quelli che vanno da  $10^8$  a  $10^8 \times 10^8$  ( $10^{16}$ ), *numeri terzi* quelli che vanno da  $10^{16}$  a  $10^8 \times 10^8 \times 10^8$  ( $10^{24}$ ), e prosegue così con numeri quarti, numeri quinti... fino a che l'ordine non diventa la miriade di miriadi.

Archimede poi costruisce una sfera immaginaria con il diametro uguale alla presunta distanza terra-Sole ed ipotizza una proporzione fra diametro-Terra/diametro-Sfera e diametro-Sfera/diametro-Universo (la sfera delle stelle fisse), calcolando il diametro dell'universo ed il volume, rispettivamente, in  $10^{14}$  ed in  $10^{42}$ ; per cui la quantità di granelli sarebbe  $10^{42} \times 10^{21}$  e cioè  $10^{63}$ . Archimede non si ferma qui. Costruisce numeri sempre più grandi che poi riduce ad unità di ordini superiori e poi gli ordini li riunisce in periodi sino a raggiungere alla miriade di miriadi di miriadi del miriadesimo ordine della miriade del miriadesimo periodo e cioè  $10^{80.000.000.000.000.000}$  e cioè  $100\,000\,000 \times 1$  seguito da 800 000 000 zeri.

**Archimedes, cratere** Cratere lunare di notevole estensione (83 km) situato al limite orientale del Mare Imbrium. A sud del cratere di estende la catena dei Montes Archimedes per circa 150 km. È privo del picco centrale.

**archimetro** Strumento inventato e descritto da G. B. Aleotti, architetto fra i più rilevanti a cavallo fra il Cinquecento e il Seicento italiano. Era composto di una tavoletta triangolare con varie scale di misura. Montato su un supporto e fornito di una → **diottra**, permetteva di traguardare oggetti lontani.

**archipendolo** Strumento per controllare la perfetta orizzontalità di un piano. Era composto di due regoli incernierati dal cui centro pendeva il filo a piombo. Un arco graduato con lo 0 al centro indicava i gradi eventuali di disallineamento.



$\lambda$	$\varphi$	mld anni	d	h	h/d
4° W	27°7' N	3,8 - 3,2	83 km	2,15 km	0,0259

▲ Dati del cratere Archimedes

▼ Arcobaleno fotografato da A. Czerniak nell'Ontario, Canada, l'8 giugno 2008; da *Atmospheric Optics*



**arcobaleno**

**arco diurno**

**arco gravitazionale**

**Archita da Taranto**

**Arcturus** ( $\alpha$  Bootis), di magnitudine visuale -0,05, distante 37 al. Arturus è la quarta del cielo per brillantezza, ed è una gigante splendente circa 25 volte il nostro Sole.

**Arecibo, messaggio**

**Arecibo, radiotelescopio** L'osservatorio situato sulle Guajonex Mountains a Nord-Ovest di Portorico, prende il nome dall'omonimo città sita a 12 km.

Il radiotelescopio è situato in una depressione naturale di circa 300 m di diametro che costituisce l'alloggio (non la base d'appoggio) per il riflettore sferico costruito nel 1960 dalla Cornell University.

Una rete di cavi sorregge circa 40 000 pannelli di alluminio che La superficie del riflettore è ricoperta da Tre pilastri in ferro a 120°, sostengono tramite robusti cavi d'acciaio l'apparato ricevente che si può disassare (rispetto al centro della porzione di sfera) permettendo così l'osservazione e l'inseguimento di oggetti per 20° prima e dopo il transito allo zenith.

L'osservatorio iniziò a lavorare sui primi anni sessanta dedicandosi soprattutto a ricerche sulla → ionosfera; successivamente nel decennio successivo furono apportate modifiche al riflettore in modo che potesse essere idoneo anche alle osservazioni di lunghezze centimetriche.



▲ Il radiotelescopio di Aecibo

Questa nuova fase di ricerca fu inaugurata con il famoso *messaggio di Arecibo*, che conteneva informazioni fondamentali sulla nostra civiltà, inviato verso l'ammasso di M13 distante 25 000 al.

▼ Manoscritto dell'opera di Aristarco *Sulle dimensioni e distanze del Sole e della Luna*

## aree, legge delle

**Arenario** → **Archimede** *sub* «Arenario».

**Arend-Rolland, cometa** (C/1956 R1) Cometa scoperta nel 1957 da Silvain Arend e Georges Roland dell'osservatorio di Uccle, in Belgio. Raggiunse lo splendore della seconda magnitudine con una coda che fu stimata, in cieli particolarmente tersi, di 12°.

## areografia

**Ares Vallis** Valle su Marte localizzata a 9°,7 Nord e 23°,4 Ovest. È la zona marziana ove approdò il *Mars Pathfinder*, non lontano dalla zona dove atterrò la sonda *Viking I*.

**Argelander Friederich Wilhelm August** (1799 - 1875)

## Argelander, metodo

## argentatura

**Argo navis** Costellazione dell'emisfero australe

## argomento del perielio

## Argyre Planitia

## Ari

**Ariane** Nome di vettori missilistici

**Ariel** (1) Satellite di Urano ghiaccio

**Ariel** (2) Serie di sei satelliti scientifici inglesi posti in orbita fra il 1966 ed il 1979 destinati allo studio della ionosfera e delle radio-sorgenti galattiche.

## Aries

## Ariete, punto di

## Arietidi

## A ring

**Aristarco di Samo** (310 - 230 a.C. circa) Matematico, fisico ed astronomo. Studiò ad Alessandria alla scuola di **Stratone di Lampsaco**.

Soprannominato *il matematico* per essersi dedicato esclusivamente alle scienze, conosciuto anche come *il Copernico dell'antichità*, sostenne su basi scientifiche e matematiche, riprendendola da → **Filolao**, la teoria eliocentrica, sostenendo l'immobilità del Sole e delle stelle fisse e la circolarità delle orbite planetarie, avanzando conseguentemente l'ipotesi che la Terra fosse dotata di un proprio moto di rotazione attorno ad un asse inclinato, spiegando così il succedersi delle stagioni.

■ *Ipotesi di un sistema eliocentrico*

■ *Sole e Luna: misura delle distanze e delle dimensioni*



■ *Ipotesi di un sistema eliocentrico.* Nel formulare la teoria eliocentrica Aristarco si mosse sostanzialmente in accordo con le idee di Eraclide pontico che aveva introdotto un *parziale eliocentrismo* sostenendo che mentre il Sole gira attorno alla Terra, i pianeti inferiori (Mercurio e Venere) ruotano attorno al Sole. Fu forse scorgendo una felice intuizione in quest'idea simile a quella già avanzata da Filolao, mosso dalla necessità di precisarla e correggerla essendo inammissibile un sistema in cui alcuni corpi seguono determinate orbite e leggi ed altri orbite e leggi del tutto diverse, che Aristarco formulò la teoria che trovò non poche obiezioni.

Ma a rendere determinante in lui l'ipotesi eliocentrica devono essere state le misure effettuate sui raggi lunari, terrestri e solari e sulle relative distanze. Avendo trovato, sia pure con errore di misura che all'epoca non fu in grado di stimare, che le dimensioni del Sole erano di molto superiori a quelle della Terra e della Luna, doveva apparirgli altamente illogico nell'economia di un sistema planetario che fosse il corpo più grande a ruotare attorno al più piccolo, sembrandogli del tutto naturale e logico spostare il centro del mondo dalla Terra al Sole. Per un approfondimento sull'eliocentrismo nell'antica Grecia → **greca astronomia sub** «L'eliocentrismo».

Gli oppositori a questa cosmologia comunque, contrariamente a quanto avverrà quasi duemila anni dopo nei confronti di Galileo, si mossero prevalentemente sul lato scientifico, o almeno non soltanto su quello ideologico, confutando le sue teorie sulla considerazione che se la Terra fosse stata effettivamente in moto di rivoluzione, le stelle fisse avrebbero dovuto mutare nel corso dell'anno la loro posizione. Sulla confutazione di Aristarco a questa obiezione che fu per secoli l'arma vincente del geocentrismo, *infra*.

Opposizioni che nulla avevano di scientifico avanzate, come

spesso accade, da chi di scienze è digiuno, non furono tuttavia assenti. Secondo quanto riporta Plutarco [247, VI, 923F] che scrive tre secoli dopo, Cleante, uno stoico contemporaneo di Aristarco e che non si occupò mai di scienza, credeva che a questi dovesse essere mossa l'accusa di *empietà* per ... *aver messo in moto il focolare dell'universo...*, *ibidem*), e sempre Plutarco riporta che Aristarco sosteneva la teoria soltanto come ipotesi, al contrario di Seleuco che fu invece un tenace assertore dell'eliocentrismo affermandolo e dimostrandolo.

Testimonianze sull'eliocentrismo di Aristarco si rinvennero ancora in Ezio (un dossografo) e Sesto Empirico (uno scettico che s'occupò di medicina e che scrisse *Adversus mathematicos*), i quali però tralasciano di dire se Aristarco sostenesse le proprie idee soltanto come ipotesi o se ne avesse effettivamente fornito una dimostrazione.

Qualche problema per via delle sue idee e della sua concezione cosmologica, Aristarco deve comunque averlo incontrato, tanto che la sua unica opera pervenutaci *Sulle dimensioni e sulle distanze del Sole e della Luna* aderisce alla teoria geocentrica, anche se i calcoli lì svolti si adattano altrettanto bene al sistema geocentrico come a quello eliocentrico. È tuttavia probabile come avanzato dall'Heath [137], desideroso di salvare la concezione eliocentrica di Aristarco, che questi fosse approdato all'eliocentrismo dopo questo lavoro.

Che Aristarco avanzasse la sua concezione cosmologica come probabile ipotesi fisica sembra trovare fondamento anche in un'altra circostanza.

Archimede cui si debbono le poche notizie su Aristarco, riporta nelle prime pagine dell'*Arenario* che questi ... *aveva scritto un libro riguardante la descrizione di certe ipotesi...* – omissis – [che cioè] ... *le stelle fisse e il Sole fossero immobili, mentre la Terra e i pianeti ruotavano intorno al Sole, che occupava il centro dell'orbita, seguendo un'orbita circolare...*

Le parole usate dal Siracusano sembrano però indicare non solo una descrizione ipotetica, ma anche includere la dimostrazione tramite significativi disegni.

Archimede scrive infatti: *ὑποθέσιων τινῶν ἐξέδωκεν γραφάς* (pubblicò la descrizione di certe ipotesi), e l'uso in particolare della parola *γραφή* (disegno), sembra indubbiamente indicare, che la descrizione aristarchea di cui disponeva Archimede fosse accompagnata da probanti disegni, avendo dovuto Aristarco fornire una dimostrazione geometrica di quelle ipotesi e provare che erano atte a spiegare i fenomeni [276, pag. 168], come del resto fece per l'unica opera pervenutaci. Se poi si riflette alla circostanza, sempre secondo quanto riporta Archimede, che il sistema concepito da Aristarco non si limitava a supporre l'orbita della Terra circolare, ma la centrava direttamente sul Sole, bisogna a forza supporre che il sistema si estendesse al moto dei pianeti intorno al Sole, e tutto ciò doveva essere dimostrato accuratamente per sostenere un'idea tanto originale e innovativa. Tanta prudenza nell'esposizione delle proprie idee, nella proposizione di queste come ipotesi, ricorda in modo impressionante il cauto comportamento del canonico polacco (Copernico) che esitò a lungo prima di licenziare il *De revolutionibus*. E se quindi è abbastanza certo, ancorché non provato, che Aristarco abbia fornito una dimostrazione dei suoi assunti, questo d'altra parte suppone che quelle dimostrazioni si fondavano su una serie di osservazioni che dovevano essere riportate nei lavori andati perduti e che Archimede cita.

Sempre Archimede (*ibidem*) riporta che Aristarco avrebbe superato le obiezioni alla teoria ipotizzando che la distanza fra la Terra e le stelle fosse infinitamente maggiore del raggio dell'orbita terrestre, come in effetti è, tanto da evitare che una qualsiasi → **parallasse** fosse misurabile, almeno con gli strumen-

ti dell'epoca, idea in seguito ripresa da altri come, ad esempio, Cleomede.

Al sistema eliocentrico Aristarco giunse senza mai abdicare ai principi fisici, senza introdurre cioè in cielo alcun punto ideale privo di fisico riscontro che sostenesse le sue ipotesi; e se la cosa oggi sembra naturale come metodo scientifico non altrettanto lo era nell'antichità ove spesso l'autorità di un maestro ispirava intere scuole di pensiero senza la necessità di alcuna dimostrazione scientifica aggiuntiva. La teoria eliocentrica fu fortemente ruscata quattro secoli dopo da Tolomeo il cui geocentrismo imperò per tutto il medioevo e sino al XVI secolo: agli albori del XVII secolo Tycho ne era ancora uno strenuo assertore.

■ **Sole e Luna: misura delle distanze e delle dimensioni.** L'unica opera pervenutaci di Aristarco è *Sulle dimensioni e sulle distanze del Sole e della Luna* in cui il matematico di Samo imposta un problema di misure astronomiche: stimare le dimensioni angolari del nostro satellite e del nostro astro, un'opera a lungo sottostimata per via delle ricordate imprecise misure cui Aristarco giunse, anche se il metodo usato è degno di attenzione sia per il procedimento seguito, sia perché ci fornisce informazioni sulle cognizioni geometriche-matematiche e sulle tecniche di misura dell'epoca.

Il lavoro si articola in XIX proposizioni, ed è introdotto da una serie di postulati che qui riporto in traduzione libera ma fedele alla sostanza degli assunti:

1. la Luna riceve la luce del Sole;
2. si assume la Terra puntiforme;
3. quando la Luna è dicotoma (*mezzaluna*, in parte illuminata e in parte oscura) si presenta come un cerchio;
4. nel caso precedente la distanza della Luna dal Sole è  $87^\circ$  (*un quadrante meno la trentesima parte di un quadrante*);
5. le dimensioni dell'ombra terrestre durante un'eclisse sono pari a due diametri lunari;
6. l'arco sotteso dalla Luna corrisponde alla quindicesima parte di un segno dello zodiaco (: ha un diametro apparente di  $2^\circ$ : *infra*).

Queste proposizioni servono ad Aristarco per farne derivare tre postulati: a) il Sole dista dalla Terra una distanza compresa fra 18 e 20 volte quella a cui dista la Luna; b) il diametro del Sole e della Luna stanno al medesimo rapporto; c) il rapporto fra il diametro del Sole e quello della Terra è stimabile in un rapporto compreso fra 19 a 30 e 43 a 6. Rinviando ai testi presenti in bibliografia ([14] e [137]) per una disamina delle articolate e complesse dimostrazioni fornite da Aristarco, ci limiteremo qui ad esaminarne alcune.

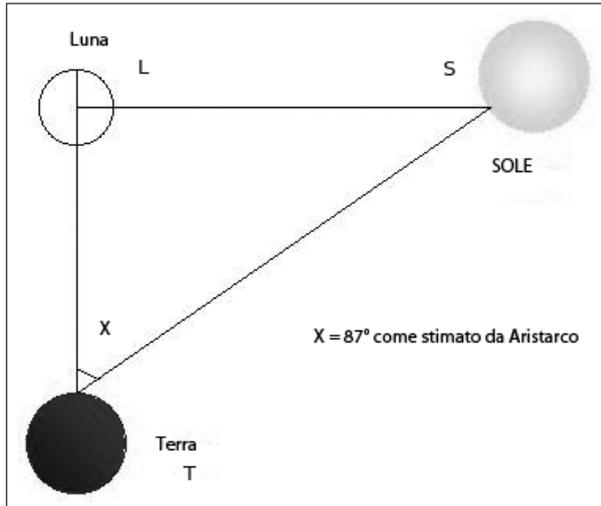
• **Distanza Terra Sole.** Si supponga che la Terra sia il centro di una circonferenza passante per la Luna.

Ricordando preliminarmente che la trigonometria greca non corrispondeva propriamente alla nostra e che non erano conosciuti né il seno né il coseno ma la *corda*, che valeva  $2r \sin \alpha/2 \rightarrow$  **greca astronomia**, *volgarizzando* allora il ragionamento seguito da Aristarco (*vedi* disegno a fronte), si può riassumere in questi termini: *Quando questa è dicotoma l'angolo composto dalla retta Terra-Luna e dalla retta Terra-Sole equivale ad un angolo retto meno 1/30 dello stesso*, ossia

$$\alpha = 90^\circ - \left(90^\circ \times \frac{1}{30}\right) = 87^\circ$$

Calcolato il terzo angolo, quello con il vertice sul Sole:  $180 - 90 - 87 = 3$ , e riportando il triangolo in scala (i triangoli che hanno uguali angoli sono simili) misurò i lati TS e TL, e ne verificò il rapporto che trovò compreso fra 18 e 20, stimandolo,

▼ Misura della distanza della Luna secondo Aristarco



Nella figura presente in questa pagina si nota che i triangoli BEA e CDB sono simili, e questo permette di applicare la relazione:

$$\frac{AD}{BE} = \frac{DB}{EC}$$

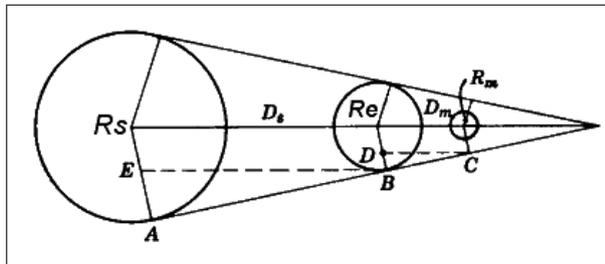
Ponendo  $R_S, R_L, R_T$  rispettivamente come *Raggio Sole, Raggio Luna e Raggio Terra*, tenendo sempre presenti le proprietà dei triangoli, la precedente relazione può essere scritta

$$\frac{R_S - R_T}{R_T - 2R_L} = \frac{d_{TS}}{d_{TL}}$$

e poiché  $d_{TS}$  vale  $19d_{TL}$  e  $R_S$  vale  $19R_L$ , si ha che

$$\frac{19R_L - R_T}{R_T - 2R_L} = 19$$

▼ Misura delle distanze della Luna e del Sole, dal Boyer: vedi bibliografia



**Aristarchus, asteroide** Asteroide della fascia principale individuato col numero 3999, scoperto nel 1989 da T. Kojima. Ha un diametro di circa 18,14 km, albedo 0,0589 e magnitudine assoluta 12,40.

**Aristarchus, cratere** Cratere d'impatto osservabile anche con piccolo strumento, situato nel quadrante Nord-Ovest della Luna.

Il cratere si presenta come una formazione circolare abbastanza regolare è caratterizzato da un modesto picco centrale e dai versanti che si elevano a gradini.

Fu scoperto da **G. B. Riccioli** che gli dette il nome che attualmente conserva a riconoscimento della paternità.

**Aristeo il vecchio** (IV - III sec. a.C. circa) Di Aristeo si sa pochissimo: dovette essere attivo intorno al 320 e negli anni a seguire) e dovrebbe essere vissuto dopo **Menecmo** e prima di **Euclide**.

Si ignora perché venga chiamato *il vecchio* e chi sia stato *l'Aristeo junior* da cui il nome, sembra differenziarlo. Il soprannome *il vecchio* fece pensare in passato che fosse un quasi contemporaneo di Pitagora.

Molto probabilmente va identificato con l'Aristeo di cui parla il neoplatonico Giamblico di Calcide (245 - 325) nella *Vita*

in media, 19 : 1, deducendo che:

$$\tan \alpha = \frac{D}{d} = 19$$

La distanza Terra - Sole risulta quindi 19 volte maggiore di quella Terra - Luna.

Aristarco (che quasi sicuramente doveva essere consapevole delle imprecisioni dei valori rilevati) effettuò la misurazione degli angoli quando il satellite si trovava in quadratura, in modo da formare con la Terra e il Sole un triangolo rettangolo, trovando per l'angolo X il valore di 87°.

In realtà il rapporto fra le distanze medie è 400, e pur avendo seguito un ragionamento corretto Aristarco incorse in errore per l'imprecisione dei mezzi di misura ad occhio nudo.

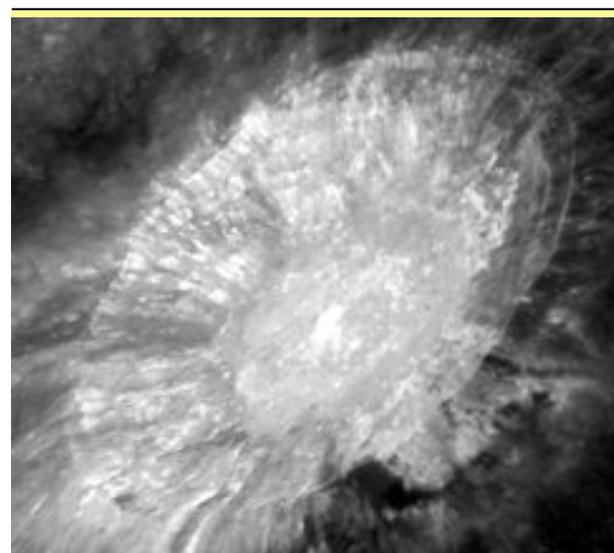
Il valore esatto è infatti 89° 50', con un errore cioè superiore ai 2°, e conseguentemente il valore trovato per l'angolo sul Sole non è di 3°, bensì di 9'.

L'errore di Aristarco è quasi della stessa entità di quello di **Posidonio** nel misurare l'altezza della stella Canopo, e questo potrebbe implicitamente fornirci anche un'indicazione sull'imprecisione degli strumenti dell'epoca: > 2°.

Altro errore è senz'altro consistito nella difficoltà di operare le misure esattamente quando il nostro satellite è in quadratura.

- **Misura del raggio lunare.** Circa invece le dimensioni del Sole e della Luna, questa va molto probabilmente considerata come un'opera giovanile di Aristarco, perché i valori assegnati a questi due corpi (*supra*) in dimensioni angolari (2°) vengono poi riportati da Archimede, sempre attribuendoli ad Aristarco, in 0,5°.

Nelle stime Aristarco usò come punto di partenza un'eclisse lunare, osservando che l'ombra proiettata dalla Terra corrispondeva, grosso modo, a due diametri lunari.



$\lambda$	$\varphi$	mld anni	d	h	h/d
00° W	00°0' N	00	00 km	0	00

▲ Dati del cratere Aristarchus. Immagine dell'HST

## ▼ Esempio di aritmometro



di Pitagora, e questo sembra essere uno dei pochi dati certi attorno alla sua persona, o che fosse cioè, ma è improbabile, un discepolo di Pitagora, molto più probabilmente si trattò di un seguace della sua scuola.

Cenni di suoi lavori si hanno in Pappo che lo cita nei libri IV e VII della *Collezione matematica*, e in Ipsicle che nel libro sui solidi riporta in un passo Aristeo come autore di una *Comparatio quinque solidorum*.

Secondo Pappo Aristeo sarebbe autore di cinque libri sulle coniche e di cinque libri sui luoghi solidi in connessione a quelli sulle coniche.

Tuttavia alcuni scrittori di storia della scienza ritengono che collocare l'epoca in cui sarebbe vissuto Aristeo così lontano, significherebbe ammettere che le sezioni coniche erano già conosciute da tempo, e doversi riscrivere in gran parte la storia scientifica della Grecia.

Questo motivo, induttivo e non provato, propende per collocare Aristeo in un periodo di poco precedente ad Euclide.

**Aristillo di Alessandria** (280 - ? a.C. circa) Astronomo greco della scuola alessandrina. Compilò assieme al suo maestro Timocari il primo catalogo stellare, dai cui dati Ipparco dedusse la precessione degli equinozi stabilendone il valore angolare e la durata: → atlante, sub «Il catalogo di Ipparco».

**Aristillus, cratere**

**Aristotele di Stagira** (384 - 322 a.C.)

**aritmometro** Strumento meccanico per l'automatizzazione del calcolo ideato da C. X. T. De Colmar (1785 - 1870).

L'aritmometro non fu il primo strumento ad eseguire le basilari quattro operazioni, dal momento che nel recente passato validi edrmpati erano stati costruiti da Pascal, Leibniz ed altri matematici che s'erano applicati a queste costruzioni.

Rispetto a quelle creazioni l'aritmometro di De Colmar presentava tuttavia il vantaggio di non costituire un prototipo, ma di essere commercialmente prodotto e distribuito in molti paesi con una fitta rete commerciale, il che gli dette una grandissima diffusione.

Lo strumento è rimasto in funzione in molti osservatori sino all'avvento delle prime calcolatrici elettrico-meccaniche.

**Arizona meteor crater** → cratere d'impatto.

Cratere d'impatto meteoritico situato nello stato dell'Arizona (USA). Il cratere fu individuato come d'origine extraterrestre solo agli inizi del Novecento da D. Barringer cui il cratere è dedicato, che per primo ne individuò la natura.

Il cratere, la cui data è stimata a circa 50 000 anni fa, si presenta con una depressione centrale di circa 180 m, un diametro di circa 1,2 km, e sporge dal terreno circostante per un'altezza variabile dai 30 m ai 60 m. Oltre 30 t di frammenti ferrosi sono stati ritrovati nella zona circostante nota come *Canyon Diablo*, composti per il 7% di nichel e per lo 0,5% di cobalto, e molti a forma di piccole sfere sono stati trovati incastrati nelle rocce. La distribuzione del materiale mostra una provenienza del corpo da Nord-Nord Ovest in direzione Sud-Sud Est.

Il meteor crater è stato il primo cratere d'impatto ad essere individuato come tale, e forse per questo motivo è spesso indicato come il più grande cratere conosciuto, ma l'indicazione è erronea (vedi la lista sub lemma **cratere d'impatto**), ed è senz'altro originata dal fatto che la zona desertica ha favorito un'ottimale conservazione delle sue condizioni nelle epoche successive all'impatto.

D. Barringer, il cui interesse era indirizzato quasi esclusivamente allo sfruttamento minerario, presentò all'*Accademia delle Scienze Naturali* di Philadelphia due distinte relazioni nel 1906 e nel 1909 argomentando l'origine meteoritica del cratere dall'assenza di vulcani nelle vicinanze e dall'abbondanza di silice nella zona, evidenziando la discreta quantità di meteorite ferroso che si rinveniva nei dintorni.

Le teorie di Barringer contraddicevano gli studi precedentemente condotti da G. K. Gilbert, responsabile geologico degli Stati Uniti, che già dal 1891 aveva condotto alcuni studi sul cratere sostenendone invece la formazione vulcanica, e definendo del tutto casuale il ritrovamento dei frammenti meteoritici. La circostanza che ci si trovasse geologicamente nell'area di San Francisco che ospita circa 400 bocche vulcaniche favoriva quest'interpretazione.

Gli argomenti di Barringer che investì molto denaro per scavare il fondo del cratere, oltre i 400 m di profondità, alla ricerca vana del meteorite, furono accolti con scetticismo, e se ne contestò a lungo l'origine meteoritica.

Le maggiori perplessità circa tale origine nascevano dal fatto che stimando la velocità di penetrazione atmosferica del meteorite intorno ai 15 - 20 km/s, se riusciva abbastanza agevole spiegare le dimensioni del cratere, non risultava giustificabile, sulla base delle conoscenze d'allora, la quasi totale assenza di roccia fusa, ed anche ipotizzando una *vaporizzazione* completa, restava il dubbio di un'origine alternativa del cratere. In aggiunta, mancava del tutto il meteorite.

All'epoca si contestava ancora l'origine meteoritica evidenziando la forma circolare del cratere, assumendo che quando un bolide colpisce il suolo secondo un certo angolo, deve necessariamente aversi una forma oblunga del cratere. Allora non erano ben noti i meccanismi d'impatto né l'angolo di penetrazione del corpo, ma un'attenta osservazione della diversa emersione delle pareti rispetto al suolo (30 m e 60 m) avrebbe dovuto evidenziare che quanto pure approssimativamente supposto si era verificato, non creando un cratere ovalizzato, ma depositando più materiale a ridosso di una parete rispetto all'altra: vedi l'immagine termica del suolo a fronte.

L'origine meteoritica del cratere è stata definitivamente accertata solo negli anni sessanta del secolo scorso, grazie soprattutto ai contributi di E. M. Shoemaker.

In un articolo del 1960, *Penetration mechanics of high velocity meteorites*, i cui contenuti furono poi ripresi in successivi contributi dello stesso autore [285], Shoemaker evidenziò la presenza nel cratere della → **coesite** e della → **stishovite**, rare forme di silice fusa create dall'enorme pressione d'impatto, minerali che non potevano affatto essere considerati di origine vulcanica. Shoemaker effettuò uno studio comparativo fra la

## ▼ Bacino del meteor crater in Arizona



conformazione geologica dei siti ove erano state fatte esplodere le atomiche (in particolare il cratere Yucca Flat in Nevada) e quella del meteor crater, individuando le stesse formazioni per processi da shock.

Shoemaker ipotizzò quindi le dimensioni del meteorite, stimandole attorno ai 40 m, ed una velocità d'impatto di circa 20 km/s, per un angolo d'ingresso quasi verticale, prossimo agli 80°.

A seguito di questi studi il meteor crater dell'Arizona divenne così un modello su cui basarsi per l'individuazione ed il riconoscimento di altri siti simili sul pianeta.

Recentemente H. J. Melosh [204] dell'Università dell'Arizona ed E. Pierazzo del [Planetary Science Institute](#) hanno tentato di ricostruire il modello.

Secondo il lavoro dei ricercatori che conferma nella sostanza le dimensioni del meteorite proposte da Shoemaker, si è supposta la massa attorno alle 300 000 tonnellate, con una velocità di penetrazione però più bassa di quella stimata da Shoemaker, e valutabile attorno ai 12 km/s. Il modello tiene conto dell'efficacia dello scudo termico offerto dall'atmosfera che avrebbe costretto il meteorite ad esplodere quando si trovava ad un'altezza di circa 5 km dal suolo.

Secondo la ricostruzione si avrebbero dunque due parti del meteorite, una quasi totalmente frammentatasi, l'altra assai piccola, che avrebbe raggiunto il suolo vaporizzando al momento del contatto, ed il *rallentamento* della corsa per via dell'efficacia dell'azione atmosferica spiegherebbe la scarsa presenza di roccia fusa, argomento sostenuto in passato – come già si è detto – per negarne l'origine meteoritica.

Si tratterebbe quindi di un modello simile a quello ipotizzato per l'evento [Tunguska](#), dove pure si suppone l'esplosione in cielo del meteorite, grosso modo alla stessa altezza, solo che in quel caso è però assente del tutto il cratere d'impatto anche se un lago è stato recentemente, ma solo come probabile, candidato a cratere.

In parziale contraddittorio a questo modello osservo che anche se le simulazioni al computer (*vedi* link per il modulo di calcolo *sub lemma cratere d'impatto*) hanno confermato le teorie proposte, una quantità enorme di microframmenti residui a seguito della suddivisione del meteorite conseguentemente all'esplosione si dovrebbe trovare ancora ad una distanza dal cratere maggiore di (almeno) 5 km (*infra*) (non potendo tutti essere *vaporizzati*), il che invece non è, ed anche considerando il notevole lasso di tempo trascorso dall'impatto, frammenti ancora non decaduti, dovrebbero essere facilmente individuabili con le tecniche adatte aderendo alla teoria proposta.

Il modulo di calcolo richiamato chiede inoltre l'inserimento di dati fondamentali che non possono che essere induttivi, se non arbitrari.

L'unico frammento di notevole dimensione è soltanto quello noto come meteorite → [Holsinger](#), di massa e dimensioni abbastanza contenute, trovato a 2,5 km dal cratere, una piccola distanza considerando l'ipotizzata esplosione, naturalmente a raggera, a 5 km d'altezza.

Se molti passi avanti sono stati compiuti nella spiegazione del modello, altrettanti ne restano da fare, in quanto le teorie proposte non forniscono una esauriente risposta alla domanda: dove è finito il meteorite?, ovvero, quale è stata la sua reale evoluzione negli strati più bassi dell'atmosfera?

Premesso che queste considerazioni vanno inquadrare nel più generale complesso delle questioni legate ai crateri d'impatto, ammesso che il meteorite si sia frantumato ad una certa altezza del suolo, le ipotesi sono due: o una parte consistente di questo ha proseguito il suo cammino generando il cratere (e allora manca il meteorite), oppure anche la seconda parte si è totalmente *sbriciolata* al momento della esplosione-suddivisione, disperdendo nella zona i pezzi, e l'onda d'urto residua, se l'intero meteorite è esploso durante il tragitto, non poteva generare un tale cratere, anche perché questo non è avvenuto per Tunguska.



▲ Immagine termica del meteor crater; fonte Nasa.

La diversa emissione termica zonale evidenzia le tracce sotto la superficie di materiale particolarmente sensibile al calore, rappresentandone la distribuzione e prospettando la traiettoria d'ingresso del meteorite quasi perpendicolare al terreno in accordo con il modello

è peraltro da non escludere che un consistente frammento abbia continuato la sua corsa verso il suolo, ma di questo non si rinviene traccia e l'evoluzione geologica successiva del cratere è scientificamente insufficiente a spiegarne la scomparsa totale. Però, se l'ipotesi che avanzo fosse vera (un secondo frammento che continua la sua corsa), la formazione del cratere risulterebbe spiegata da un'ulteriore esplosione (e vaporizzazione) a poche centinaia di metri del suolo, perché occorre un meteorite che precipiti ad alta velocità comprimendo e riscaldando l'aria davanti a sé per portare il meteorite stesso allo stato di collasso facendolo esplodere per via delle alte temperature e pressioni così raggiunte. In questo caso il meteorite, pur essendosi diviso, negli strati bassi dell'atmosfera avrebbe raggiunto un ulteriore stato critico collassando di nuovo, vaporizzando e disperdendo gli ormai pochi frammenti, ma continuando a possedere una forza d'urto più che idonea a generare il cratere.

Ho usato volutamente il termine *vaporizzazione* e non *ablazione* supponendo la prima come conseguenza dell'energia scatenatasi durante l'impatto.

Ma, sottolineo ancora, questa è una mia ipotesi che non si ritrova in nessun testo scientifico.

La possibilità teorica di una seconda esplosione che non mi sembra comunque inammissibile, creerebbe a mio parere un modello più che valido, spiegando l'assenza del meteorite, anche se quest'assenza può fornire soltanto un indizio e non comunque una prova certa, a fronte della statistica non univoca che possediamo di crateri con e senza meteoriti, e di meteoriti di dimensioni ben maggiori di quello di Holsinger (→ [Mundrabilla](#) ad esempio) che con una massa di quasi 12 t ha provocato un minore cratere, il → [Wolf Creek Meteor Crater](#), o ancora meteoriti come → [Willamette](#) per i quali l'assenza assoluta di un qualsiasi cratere ha condotto a pensare che il corpo sia stato trasportato nel luogo del ritrovamento (l'Oregon) durante le glaciazioni dal Canada, il che è senz'altro possibile.

**Arjuna** asteroidi di pochi decine di metri.

**Armagh, osservatorio** Osservatorio astronomico del Nord dell'Irlanda fondato nel 1790.

L'osservatorio, equipaggiato con due telescopi: un rifrattore da 60 mm che fu il primo strumento dell'osservatorio, ed un rifrattore da 250 mm, svolse un rilevante ruolo nel corso del XIX secolo contribuendo alla stesura del *New General Catalogue* di [J. L. E. Dreyer](#).

**Armellini Giuseppe** (1887 - 1958)

**armillare, sfera**

**Armstrong Neil Aden** (1930 - )

**Arneb** Stella  $\alpha$  Leporis, di magnitudine visuale 2,58, distante 1300 al, di tipo spettrale F0 Ib.

**ARO** → Algonquin.

**Arp Halton Christian** (1927 - )

**ARP 226** Atomi per la pace

**array**

**Array for Microwave background Anisotropy** Sistema di → array d'antenne situato a Mauna Kea del governo di Taiwan che investiga soprattutto la radiazione di fondo.

Il sistema consta di 19 piccole antenne, con diametro variabile da 1,2 ma 0,30 m.

▼ La monumentale sfera armillare di [A. Santucci](#); Firenze, Museo di Storia della Scienza



**Arrest Heinrich Ludwig von** (1822 - 1875)

**Arthenius Svante August** (1859 - 1927)

**arrossamento interstellare**

**Arsia Mons**

**artificiale, satellite**

**Arturo** → [Arcturus](#).

**Aryabata**

**Arzachel**

**ASAS** Acronimo di *All Sky Automated Survey*, progetto di monitoraggio continuo dei due emisferi che opera misure fotometriche nelle bande *V* e *R*.

Il sistema ASAS opera sulla cooperazione di due osservatori operanti uno in Cile e l'altro alle Hawaii, entrambi equipaggiati con due astrografi a largo campo che osservano simultaneamente nelle bande anzidette stelle sino alla 14<sup>a</sup> magnitudine e completamente automatizzati.

I monitoraggi hanno prodotto i cataloghi ASAS-2 nella banda visuale e ASAS-3 nella banda dell'infrarosso. la lettura dei dati disponibili in rete (*vedi* tabella a pagina 120) è agevolata da una pratica interfaccia grafica.

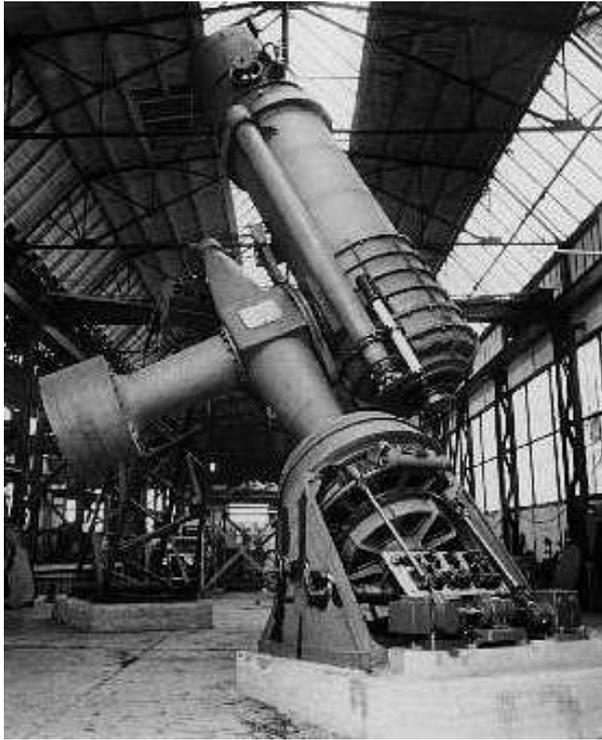
**ASCA**

**ascensione retta**

**Asclepius**

**Ascræus**

- ▼ Il telescopio Galileo in costruzione nelle omonime officine a Firenze durante la guerra; fonte osservatorio Padova-Asiago



**A.S.E.** Sigla dell' Agenzia Spaziale Europea, → ESA.

**Asellus Borealis, - Australis**

**ashen light**

**ASI** → **Agenzia Spaziale Italiana**.

**Asiago, osservatorio** Osservatorio astronomico italiano nel comune di Asiago, sull'altopiano detto *dei sette comuni*. L'Osservatorio ospita il più grande complesso di strumenti di astronomia professionale in ottico, ed è composto da due telescopi Schmidt e da due riflettori.

L'Osservatorio dipende dall'Università di Padova, e dispone di una fornita biblioteca, di una ricca strumentazione e di alloggi per ricercatori e studenti.

Nel 1942 ad Asiago fu installato dopo soli due anni di costruzione, ed in piena guerra, il telescopio «Galileo», voluto dall'allora direttore **G. Silva** costruito dalle Officine Galileo di Firenze. Questo strumento rimase sino al 1955 il più grande telescopio riflettore europeo.

Lo strumento, in montatura inglese, è in combinazione newton/cassegrain, ha uno specchio del diametro di 1222 mm che permette alle due combinazioni focali i rapporti  $f/5$  ed  $f/9$ , ed è dotato di un moderno spettrografo a reticoli che ha sostituito l'originario a prismi.

Lo strumento è stato completamente ristrutturato nella meccanica alcuni fa, ed è tuttora usato, anche se non costantemente.

L'arrivo ad Asiago di **L. Rosino** nel 1956 quale direttore dell'osservatorio, dette un nuovo impulso alla ricerca dotando l'istituto di nuova strumentazione.

Giunse dapprima (1956) una camera **Schmidt** da 500/400 mm, e quindi (1967) un'altra di maggiori dimensioni 920/670 mm.

Nello stesso tempo Rosino dava grande impulso alla ricerca trasformando Asiago in un polo centrale dell'astronomia euro-

pea, tanto che avvertì la necessaria di avere a disposizione uno strumento di maggiori dimensioni.

Per via del problema dell'inquinamento luminoso che si faceva sempre più forte sull'altopiano dei sette comuni, fu scelto di posizionare il nuovo telescopio in altro sito, a Cima Ekar, 12 km lontano da Asiago, ed a 1350 m d'altezza.

La realizzazione di questo telescopio dedicato a **Copernico** che nell'Osservatorio patavino aveva compiuto gli studi agli inizi del Cinquecento fu un vero miracolo della determinazione di Rosino, perché il Ministero dell' (allora) Pubblica Istruzione non assegnò fondi specifici per il progetto, e quindi lo strumento fu costruito, artigianalmente quanto efficientemente, in casa, affidando a ditte esterne quelle componenti che ad Asiago non potevano essere lavorate o costruite, come la montatura, la cupola, . . . Per il vetro fu scelto un **Duran**.

Lo strumento che ha un primario di 1820 mm, è in configurazione cassegrain con un rapporto focale  $f/9$ , ed è predisposto per lavorare anche in configurazione **nasmyth**, anche se in questa non è mai stato utilizzato.

La strumentazione accessoria è data da uno spettrografo Reos-Echelle e da uno strumento denominato **AFOSC**.

Sul finire del secolo scorso entrambi gli Schmidt sono stati trasportati a Cima Ekar, ma sono al presente sotto utilizzati, come anche il telescopio Galileo e Copernico, essendo lo staff dell'Università impegnato con il telescopio **Galileo (TNG)** di 3,5 m alle Canarie.

Le immagini di alcuni telescopi installati ad Asiago e a Cima Ekar sono al lemma → **montatura**.

**ASP** Acronimo di → *Astronomical Society of Pacific*

**aspetto**

**Aspidiske** († Carinae)

**asse**

**asse celeste**

**asse maggiore**

**assenza (condizione) di confine**

**assioni**

**assira, astronomia** Porre o fare solo rif. alla babilonese?

**Association of Lunar and Planetary Observers** Associazione amatoriale fondata nel 1947 che raccoglie dati su corpi del sistema solare. I dati raccolti sono pubblicati ogni anno sul periodico associativo.

**Association of Universities for research in Astronomy** Consorzio statunitense di Università, Centri di ricerca ed Associazioni di volontariato fondata nel 1957.

L'Associazione può disporre di alcuni dei più importanti osservatori degli Stati Uniti, come il *Gemini Observatory* ed il *The National Optical Astronomy Observatory*.

L'Associazione fra le proprie iniziative ha il progetto di costruire un telescopio a tasselli multipli di 30 m di diametro.

**associazione stellare**

**assorbimento atmosferico**

**assorbimento, righe**

**assorbimento interstellare**

**astatiche, leve** → **cella**.

### astenosfera

**asterismo** Nome usato in passato per indicare una costellazione. Attualmente con questo termine si indicano gruppi di stelle all'interno delle costellazioni, così, ad esempio, le **Iadi** nella costellazione del **Toro**.

**asteroide** VEDI ANCHE → Kuiper, cintura .  
asteroidi doppi o binari FAMIGLIA FLORA, GRUPPI

### asteroidi, cintura degli

### astigmatismo

### astraea

**astrario Dondi** Termine con cui si designava genericamente sino al rinascimento uno strumento idoneo alla raffigurazione dei movimenti dei corpi e alla previsione dei principali fenomeni. L'astrario costruito da **G. Dondi** detto *dall'Orologio* forniva la rappresentazione della volta celeste secondo la concezione tolemaica.

- *Storia*.
- *Tecnica di costruzione*

Realizzato per il castello di Pavia di Galeazzo II Visconti alla cui corte il Dondi lavorava come medico e astrologo, l'astrario è uno strumento meccanico assai sofisticato per l'epoca.

L'astrario è uno strumento composito di notevole perfezione, in quanto è un orologio equatoriale con annesso astrolabio, calendario ed indicatori per il Sole, la Luna e i pianeti rappresentati su sette quadranti. Regiomontano ne fece una replica verso la fine del XV secolo.

■ *Storia*. La data di costruzione dello strumento è molto probabilmente il 1365, perché le informazioni astronomiche utilizzate per la realizzazione dell'astrario conducono a quella data, quando il Dondi iniziò i calcoli astronomici.

L'astrario fu un funzione sino al 1440, anno in cui si guastò. Fu riparato diverso tempo dopo da un orologiaio olandese, un certo Zelandenus, che riuscì a farlo funzionare per un certo periodo, ma in seguito si guastò di nuovo e giacque abbandonato in una sala del castello visconteo.

Carlo V, vide lo strumento nel 1529 restandone ammirato, e ne fece fare una copia da un orologiaio cremonese, tale Gianello Torriano. A questo punto si perdono le notizie dello strumento. Dell'astrario sono state realizzate alcune repliche in epoca moderna. Un esemplare, in scala, è stato realizzato da Luigi Pippa per il Museo della Scienza e della Tecnica di Milano, mentre una riproduzione in dimensioni reali è stata completata nel 1989 da un gruppo interdisciplinare guidato da Emmanuel Poulle [250] in occasione del sesto centenario della morte del Dondi. La replica si trova presso l'Osservatorio di Parigi. Lo strumento è rappresentato in figura a fronte.

Da quanto riporta il Dondi stesso l'idea di costruire l'astrario nacque dalla lettura dei *Theorica planetarium* di Giovanni Campano [58]:

*Sumpsit autem huius propositi et ymaginationis exordium ex subtili et artificiosa ymaginatione Campani in compositione instrumentorum adequationis quam docuit in sua theorica planetarium.*<sup>1</sup>

1. Spunto e proposito per questa realizzazione mi furono offerti dalla brillante mente del Campano, che parla di strumenti di equazione nei suoi *Theorica Planetarium*.

La precisione del trattato ha favorito l'avventurarsi in queste costruzioni avendo un manuale a disposizione, ma la difficoltà – specie per i replicatori di lingua inglese – a comprendere un latino ormai abbastanza italianizzato, ha portato a delle costruzioni che non sono, tranne forse quella di Milano e quella di Parigi, nel rispetto del progetto originale. Queste realizzazioni falliscono spesso nella parte più importante: il numero dei denti degli ingranaggi ed il diametro degli stessi. L'astrario va considerato la prima macchina meccanica di calcolo costruita dopo la macchina di Antikythera ed il planetario di Archimede, almeno stando alle notizie in nostro possesso. Era una vera e propria macchina per oroscopi: essendo in grado di stabilire la posizione dei pianeti gli astrologi di corte potevano trarre i propri auspici!

■ *Tecnica di costruzione*. Il volume dedicato allo strumento è accompagnato da 180 disegni, e Dondi descrive le fasi di costruzione, i metodi di regolazione dei quadranti,...

L'astrario si articola in una torre poligonale a sette facce di circa un metro d'altezza.

Nella parte inferiore è alloggiato il meccanismo ad orologeria che aziona su una faccia l'orologio.

Una delle modernità dello strumento sta nel fatto che Dondi, nonostante all'epoca fossero in vigore le ore italiane che facevano iniziare il nuovo giorno dal tramonto (con comprensibili conseguenze stagionali), divide il quadrante in 24 parti, introducendo un computo del giorno introdotto secoli più tardi dalla rivoluzione francese ed imposto in Italia da Napoleone nelle terre occupate.

Nella parte superiore si trovano i sette quadranti relativi a quelli che erano all'epoca considerati e conosciuti come pianeti: il Sole, la Luna, Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno. Ogni meccanismo lavora indipendentemente dagli altri. È questa una via seguita sulla scia della dottrina di Tolomeo, che riconosceva il moto giornaliero della volta celeste come il motore primo degli altri moti. Egualmente, il meccanismo sovrintende a tutti i moti allora considerati planetari, Sole e Luna compresi!

Caratteristica rilevante assume il metallo usato. Gli orologi meccanici che all'epoca si costruivano erano tutti in ferro. Conoscendo le proprietà di ossidazione di questo metallo, Dondi ricorse esclusivamente al bronzo e all'ottone. Nella sua meticolosità nel *Tractatus* offre un esame completo dei materiali usati, indicando lo spessore delle lastre, la lunghezza dei bulloni, la posizione dei fori,...

L'accuratezza costruttiva è tale che de Dondi per spiegare l'irregolarità dei moti planetari ha riprodotto nello strumento gli epicicli di Tolomeo servendosi delle tavole → **alfonsine** pubblicate pochi anni prima, nel 1272. Notevole anche la precisione dello strumento, dotato di una ruota dentata di 365 denti cui adottò il profilo tondo, simile a quello cicloidale assai più tardi introdotto, e per la cui costruzione fornisce dettagliate istruzioni. Fonti bibliografiche in [58] [55].

**Astro** Serie di satelliti artificiali giapponesi.

**Astro E** Satellite giapponese per raggi X

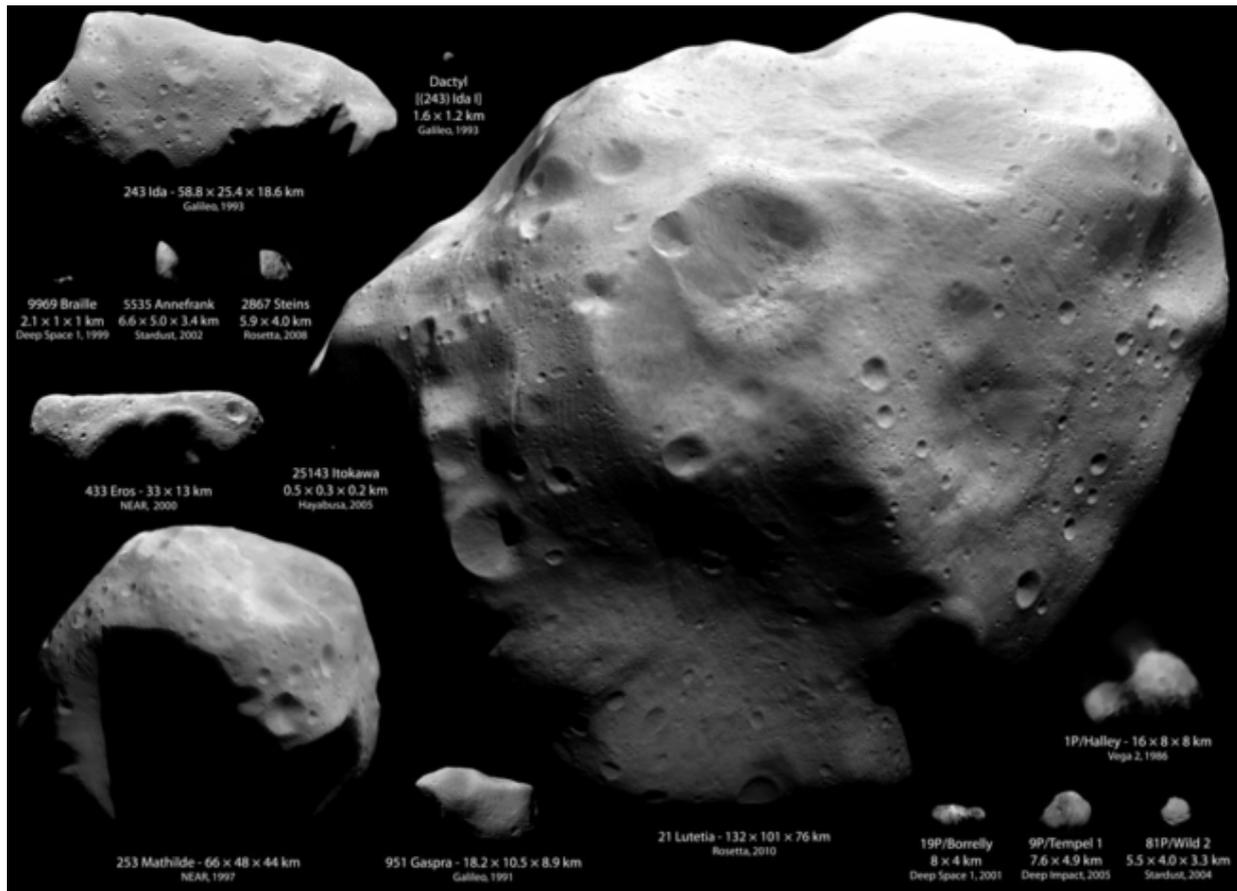
**astroarcheologia** → **archeostronomia**.

**astroblema** Parola composta che indica letteralmente la ferita causata da una stella.

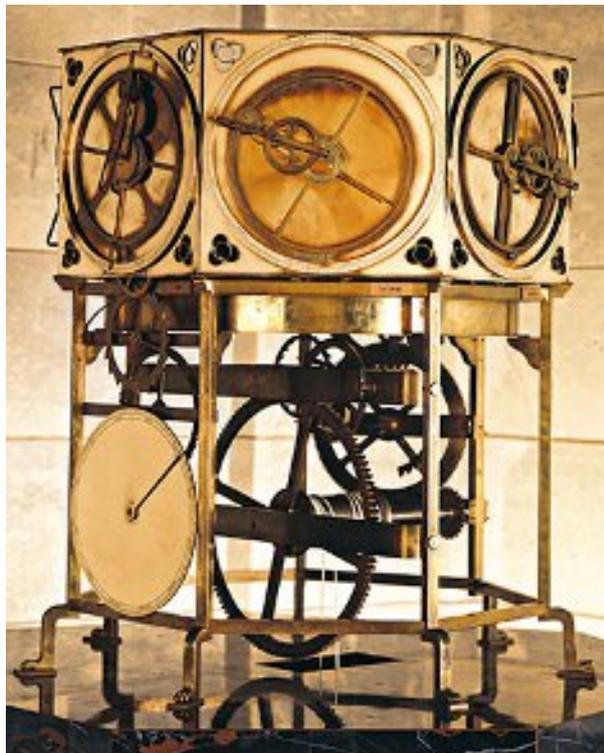
Il termine, ormai decaduto, era usato in passato per indicare le formazioni (terrestri o planetarie) dei crateri da impatto a seguito di un qualsiasi corpo proveniente dal sistema solare, cometa o asteroide; → **cratere d'impatto**.

**astrochimica**

- ▼ Mosaico comparativo dei più grandi asteroidi del sistema solare: l'asteroide Lutetia appare quasi sproorzionato rispetto agli altri. Fonte ESA, NASA & al., composizione di E. Lakdawalla della Planetary Society e T. Stryk



- ▼ Ricostruzione dell'astrario di Dondi a cura di Emmanuel Poulle [250] per l'Osservatorio di Parigi.



**astrofilo** Termine poco felice con cui vengono indicati in Italia tutti coloro che singolarmente o riuniti in associazioni si dedicano allo studio degli oggetti celesti con scientifici programmi di ricerca; coloro che si dedicano esclusivamente alla fotografia vengono definiti «astrofotografi».

Nelle associazioni degli astrofili (nel resto del mondo più correttamente individuati con il termine *amateur*) sono spesso presenti professionisti che contribuiscono con la loro presenza ad un'impostazione scientifica dell'attività di ricerca.

In Italia esiste un organismo, la **UAI** (Unione Astrofili Italiani) che dovrebbe occuparsi del coordinamento delle varie attività, ma nella sua ormai lunga storia l'organismo non è mai riuscito nell'intento, sia per via dello spiccato individualismo che anche a livello associativo caratterizza il nostro Paese, sia per via anche della notevole professionalità spesso raggiunta dai singoli organismi, nonché, non ultimo, della sofisticata strumentazione di molti osservatori che non intendono accettare linee guida senza, tutto sommato, riceverne nulla in cambio.

Questa spiccata professionalità ha portato d'altra parte molti singoli osservatori non professionistici che hanno in comune il singolo campo di ricerca, a riunirsi periodicamente per controllo dei dati, scambio di esperienze, di software... come avviene tuttora per i gruppi che si occupano di astrometria.

**astrofilo, rivista** Rivista di astronomia *on line* distribuita gratuitamente; l'indirizzo è all'url [www.astropublishing.com](http://www.astropublishing.com). Nel pallido panorama scientifico divulgativo a livello amatoriale, dopo la scomparsa di prestigiose testate come *l'astronomia* e – soprattutto – *Coelum*, la pubblicazione rappresenta uno dei più apprezzabili tentativi di divulgazione amatoriale a mezzo web.

**astrofisica**

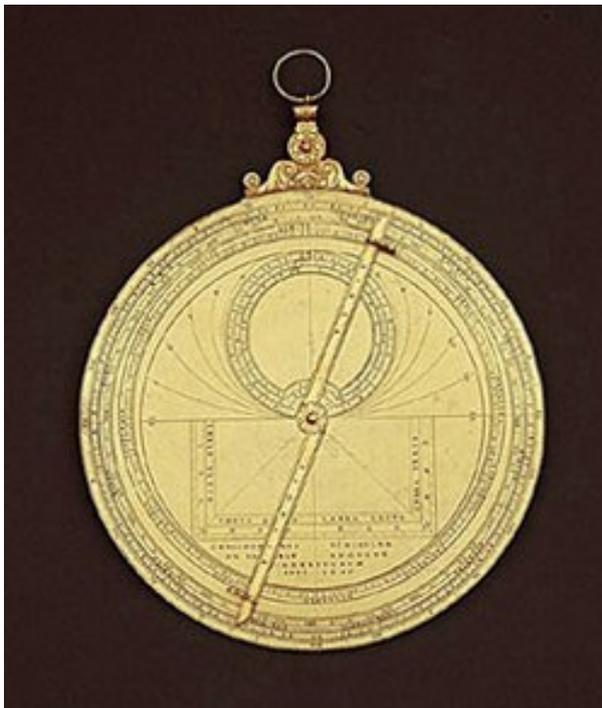
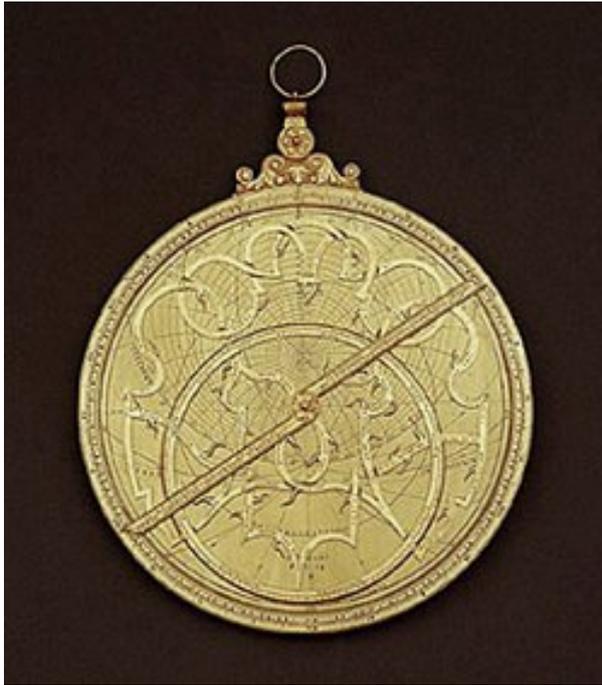
**astrofotografia**

**astrografico, catalogo** → [Carte du Ciel](#).

**astrografo**

**astrolabio** Dal greco ἄστροον (astro) e λαμβάνω (catturo), il nome indica uno strumento idoneo a determinare momento e posizione di astri su un reticolo di coordinate.

▼ Fronte e retro di un astrolabio di Christoph Schissler (1560)



Lo strumento si basa sul principio della proiezione stereografica già nota ad Ipparco che l'applicò alla costruzione dell'o-

rologio → anaforico: è questo il motivo per cui generalmente si fa risalire all'astronomo greco l'invenzione dell'astrolabio, ma lo strumento molto probabilmente era noto già a Caldei e Babilonesi.

Fu molto diffuso nel mondo greco-romano, e Tolomeo nel *Planisfero* parla di uno *strumento oroscopico*, intendendo forse riferirsi all'astrolabio piano.

Ad Alessandria d'Egitto nel IV secolo a.C. Teone scrisse un trattato sull'astrolabio e di qui poi lo strumento passò nel mondo islamico dove ne vennero sviluppate alcune varianti.

Anticamente era simile ad una sfera armillare, e la rielaborazione in astrolabio piano o planisferico si deve agli Arabi che in seguito, con la conquista araba della Sicilia e della Spagna lo diffusero in Europa ove rimase incontrastato sino a tutto il XVII secolo, quando l'apparire di strumenti più precisi ed avanzati nel calcolo ne favorì il declino.

L'astrolabio consente .....

**astrolabio impersonale a prisma** → [Danjon](#), [astrolabio impersonale a prisma](#).

**astrometria**

**astrometriche binarie** Stelle

**Astron** osservatorio spaziale sovietico...

**astronauta** Vocabolo riferito all'essere umano che naviga fra gli astri ponendo piede sulla loro superficie.

Giornalisticamente il vocabolo è, quasi sempre, impropriamente riferito anche ai cosmonauti, in specie a tecnici e scienziati delle varie stazioni spaziali, a coloro cioè che si limitano a *navigare nel cosmo* non posando piede su alcun corpo celeste.

**astronautica** Branca dell'ingegneria che riguarda l'invio di corpi nello spazio in orbita [geostazionaria](#) o destinati ad esplorare corpi del sistema solare, fondantesi sulla fisica (con riguardo particolare all'astronomia), sull'aeronautica, sull'ingegneria aerospaziale.

**astronomia araba** → [araba astronomia](#)

**astronomia greca** → [greca astronomia](#)

**astronomia infrarossa**

**astronomia XUV**

**astronomica, unità** → unità astronomica

**Astronomical Almanac, The**

**Astronomical Data Center**

**Astronomical Journal**

**Astronomical League**

**Astronomical Society of Australia**

**Astronomical Society of the Pacific**

**Astronomical Technology Centre**

**Astronomie, L'** Rivista di astronomia francese fondata da Camille Flammarion. → [L'Astronomie](#).

**Astronomische Gesellschaft**

▼ La nebulosa *fiamma* (NGC 2024) nella costellazione di Orione, ripresa dal telescopio Vista nel visibile e nell'infrarosso; fonte ESO



**Astronomo, l'** ????

**Asuka**

**Astro-rivelatore Gamma a Immagini Leggero**

**Astrophysical Journal**

**astroscopio** Strumento per la navigazione ideato attorno alla prima metà del Settecento da C. Smith. L'astroscopio riprendeva il principio di funzionamento dell'ottante. Il vantaggio principale dello strumento di Smith consisteva nel fatto che al posto dello specchio usava un prisma al posto di lamine metalliche lucidate che fornivano la riflessione; l'alluminatura era di là da venire. Lo strumento non ebbe una grande diffusione.

**ATA** → Allen Telescope Array.

**Atacama Large Millimeter Array** Radiotelescopio di un consorzio che include il Radio Astronomy Observatory, The Particle Physics and astronomy Research Council (UK) e l'European Southern Observatory.

Il radiotelescopio dedicato a lunghezze d'onda millimetriche è situato a 5000 m d'altezza sulle Ande cilene, consentendo allo strumento l'accesso alle lunghezze d'onda comprese fra 350  $\mu\text{m}$  e 10 mm.

L'array è composto di 64 antenne, ciascuna di 12 m di diametro), che danno una risoluzione di 0",01.

**Atacama Pathfinder EXperiment telescope**

**ataxite** → meteoriti ferrose.

**ATC** Acronimo di *Astronomical Technology Centre*.

**Aten, asteroi**

**Atene, torre dei venti** → **torre dei venti di Atene**.

**Atkinson Robert D'Escourt** (1898 - 1982)

**atlante** Raccolta di carte secondo un sistema parcellizzato di rappresentazione grafica, che riportano in scala, con tecnica geografica secondo specifiche caratteristiche, zone terrestri o celesti in un sistema di coordinate e proiezione. Si hanno atlanti terrestri o celesti, in cui un indice generale espresso in forma grafica o grafica-numerica, rinvia alle varie carte dell'atlante per i dettagli della zona d'interesse.

Gli atlanti celesti possono essere relativi a zone del cielo o a singoli oggetti (satelliti o pianeti), o ancora a lunghezze d'onda (X, gamma, infrarosso) nelle quali corpi o zone celesti sono stati osservati. Si hanno così atlanti lunari, planetari, di astronomia infrarossa, ultravioletta, X.

Gli atlanti, specie quelli celesti, possono essere accompagnati da cataloghi in cui gli oggetti riportati sono elencati oltreché per coordinate, secondo magnitudine, tipo spettrale, ed altre eventuali caratteristiche.

- 
- **Atlanti terrestri**
    - ▶ *Sino al tardo impero*
    - ▶ *Sino al Rinascimento*
    - ▶ *L'opera di Mercatore e Lambert*
  - **Atlanti celesti**
    - ▶ *Epoca greco-romana*
    - ▶ *Epoca medioevale*
    - ▶ *I primi atlanti*
    - ▶ *Cartografia fotografica*
    - ▶ *Cartografia digitale*
- 

■ **Atlanti terrestri.** Mappe geografiche del territorio sono esistite sin dall'antichità in uso soprattutto ai naviganti per la conoscenza delle coste, degli approdi, delle insidie marine, per delimitare confini e individuare zone: quest'ultimi sono documenti che nella sostanza ricordano più il classico **portolano** che non le carte geografiche e nautiche vere e proprie.

Le fonti relative sono scarse. Tralasciando incerte rappresentazioni su pietra del neolitico, i primi cenni di cartografia si rinvencono nell'area assiro-babilonese, in Mesopotomia, dove un frammento, la tavoletta di **Ga-Sur** (2300 a.C. - 2500 a.C.), sembra riportare un corso d'acqua fra due colline, forse il più antico documento di mappa geografica conosciuto.

Degli Egizi non possediamo mappe, ma conoscendo attraverso le storie di Erodoto le loro navigazioni, e sapendo della mania

catastale che avevano, erano sicuramente essere in possesso di mappe territoriali e costiere. Ci è giunto comunque un documento, un papiro conservato al Museo Egizio di Torino, che rappresenta la mappa di alcune miniere d'oro, e sembra redatto durante il regno di Ramsete IV (1500 circa a.C.).

► *Sino al tardo impero.* Del periodo greco arcaico abbiamo solo descrizioni. Alcuni interpreti vedono nei versi relativi allo scudo d'Achille (canto XXVIII dell'Iliade) la prima cartografia greca, anche se si riferiscono ad una cosmografia celeste; ma è solo con **Anassimandro**, secondo quanto riporta **Diogene Laerzio**, che si avrebbe la prima mappa del mondo ed il primo globo.

Sempre in epoca arcaica, a cavallo fra il VI e il V secolo, abbiamo da parte di Ecateo di Mileto, uno storico della letteratura, circa 300 frammenti dalle sue *Periegesi*, una sorta di guida alle zone costiere del Mediterraneo, quindi un portolano più che una mappa.

Sicuramente qualcosa in materia devono pur aver realizzato **Anassimene** e **Dicearco**: quest'ultimo era discepolo di **Aristotele**, che scrisse di geografia sostenendo la necessità di *tirare* una linea orizzontale di riferimento sulla carta dell'*ecumene* (da Gibilterra a Rodi), un singolo tratto progenitore dei paralleli per l'individuazione delle distanze rispetto a quello.

Un notevole progresso vi fu con **Eratostene** che realizzò uno dei primi *atlanti*, una carta geografica del mondo conosciuto, ricostruita in base a postume descrizioni. Secondo quanto narra **Strabone**, in essa erano riportati per la prima volta meridiani e paralleli.

Il termine «atlante» è tuttavia ancora improprio, in quanto l'estensione delle terre rappresentate era tale da rendere la carta poco più che uno strumento didattico.

Una mappa del globo fu redatta da **Cratete** (III - II sec. a.C.), che ritenendo non coerenti le dimensioni dell'*ecumene* come rappresentate da Eratostene, ipotizzò l'esistenza di altri continenti sconosciuti. Quest'induttiva ipotesi godette di ampio seguito in epoca romana, fu ripresa da **Cicerone** nel *Somnium Scipionis* e nel successivo commentario di **Macrobio**, ed infine trovò credito per tutto il medioevo.

Non si conosce se **Posidonio** nei suoi versatili interessi abbia composto anch'egli una carta dell'*ecumene*, è certo però che la sua errata misura della circonferenza terrestre giunse sino a **Tolomeo** che l'adottò, ed appresso a lui tutto il medioevo e buona parte dell'era seguente.

A cavallo fra l'era pagana e l'era cristiana va citata, anche se non si tratta di un cartografo, la figura di **Strabone**, che nella sua *Geographia* in XVII libri descrive i viaggi compiuti e i luoghi visitati, e riduce anch'egli le dimensioni dell'*ecumene*. L'opera non è citata da **Plinio** nella bibliografia della *Naturalis historia*, indicatore questo della probabile scarsa diffusione del lavoro in ambito romano.

Un posto rilevante occupa **Marino di Tiro** di cui purtroppo non ci è pervenuto nulla ed abbiamo notizie solo da Tolomeo, ma che dovrebbe aver svolto un ruolo essenziale spianando il passo alla *Geographia* tolemaica.

Secondo quanto racconta l'Alessandrino, Marino sostenne la necessità di un approccio scientifico-matematico alle proiezioni cartografiche illustrando le carte con un reticolo di meridiani e paralleli, secondo quale proiezione non è dato però conoscere. Per quanto Tolomeo sia a volte critico nei confronti di Marino, gli riconosce tuttavia un ruolo fondamentale, tanto che precisa d'aver letto ogni sua opera.

Contemporanea a Marino fu l'opera di **Pomponio Mela**, l'unico cartografo del periodo romano di una certa rilevanza. È indubbio che Roma dovesse disporre di mappe, soprattutto stradali, per

▼ Le isole britanniche da una pagina della geografia di Tolomeo



controllare il vasto impero, e frequenti cenni si ritrovano nei lavori degli scrittori dell'epoca, ma nulla è giunto, e tutto lascia supporre che il lavoro di Pomponio fosse l'unico a vocazione cartografica.

Su questi presupposti e sullo stato di queste conoscenze s'innesta la *Sintassi geografica* di Tolomeo, e la geografia terrestre conosce un approccio scientifico.

Negli otto libri della geografia, pervenuti in copia, Tolomeo descrive la metodologia da usare nel disegnare le mappe, adottando un tipo particolare di proiezione, la *proiezione conica*, ma poi considera soltanto il mondo abitato, che per lui equivaleva a quello conosciuto.

Quello che però rileva, al di là delle inesattezze e delle interpretazioni arbitrarie di Tolomeo, è che egli disegna il primo vero atlante geografico terrestre. Per quanto non si sia in grado di affermare con certezza quanta della geografia attribuita a Tolomeo, sia in realtà opera sua, resta il fatto che a suo nome ci sono pervenute due versioni dei manoscritti, la versione "A" che contiene 26 carte incluse negli otto libri, e la versione "B" che ne contiene 64 distribuite in corso d'opera: → **Tolomeo**, *sub «Sintassi geografica»*.

► *Sino al Rinascimento.* Con la suddivisione dell'impero romano prima e la successiva scomparsa poi, si arresta anche in questo campo qualsiasi progresso, e gli unici scarsi e non rilevanti contributi vengono da Bisanzio.

Gli stessi monasteri, tanto solerti nel tradurre e copiare lavori classici, non posero mai alcuna attenzione alla geografia, e le mappe che raramente appaiono sono del tipo più inconsueto, senza alcuna pertinenza scientifica, tanto che alcune, le cosiddette mappe del *tipo T-O*, così chiamate perché una croce taglia un cerchio, hanno l'est posto in alto. Le mappe, in aggiunta, non dovevano rappresentare gli antipodi perché la Chiesa era contraria alla loro concezione.

La cartografia araba fu l'unica in questo periodo che ebbe un ruolo rilevante, caratterizzata da mappe che accompagnano trat-

- ▼ Il mondo arabo in una mappa del 1054 copiata da quelle di Idrisi: si evidenziano i paralleli che seguono la sfera



tati geografici, e che si discostano sempre più dalla cartografia tolemaica.

Ma per quanto di ottima fattura, non mostrano ancora le distanze e tendono a distinguere il globo secondo una pratica allora diffusa, per zone climatiche.

Successivamente comunque, ad opera soprattutto del lavoro di **Idrisi**, si ebbe una produzione d'eccellenza.

Idrisi attinse indifferentemente a materiale arabo ed europeo, ed impostò all'epoca un vero e proprio stile cartografico, disegnando una carta geografica di 3,5 m × 1,5 m su una piastra d'argento, poi distrutta per *furor populis* durante lotte intestine.

Ad Idrisi si deve finalmente un nuovo atlante, il primo dopo Tolomeo, redatto per il re Ruggero, composto di 70 fogli cui era allegata una *mappa mundi*. Tale opera divenne nota in occidente come *Tabula rogeriana*, ma non godette di grande popolarità per la diffidenza verso ciò che proveniva dal mondo islamico, tanto che apparve a Roma solo nel 1619 ed in edizione ridotta, anche se l'influenza del cartografo arabo si protrasse a lungo.

La cartografia era divenuta nel frattempo soprattutto una specializzazione nautica.

Le frequenti espansioni degli Arabi verso oriente, le navigazioni nel mar Eritreo, come allora si chiamava l'Oceano Indiano, le loro conquiste europee e quindi i viaggi nel Mediterraneo, il sorgere nell'alto medioevo delle repubbliche marinare, rendeva sempre più pressante la necessità di disporre di carte accurate.

Fanno così la comparsa le prime carte in cui risultano tracciati i reticoli, che non sono ancora meridiani a paralleli, ma più che altro il sistema della rosa dei venti e della miglior rotta da seguire. Venezia e Genova guidano questo nuovo cammino, ma bisogna comunque attendere il XIII secolo per sentir parlare dell'esistenza di carte nautiche a bordo delle navi.

Le carte migliori di questo periodo sono la *carta pisana*, la più antica carta nautica pervenutaci, e la cosiddetta *tabula mediterranea* redatta a Genova da Giovanni di Mauro da Carignano del 1333, ma si tratta ancora di carte che non sono fondate su principi matematici. Gli intricati reticoli di cui sono composte tracciano delle linee da costa a costa, da costa ad isola, al fine unico d'indicare, secondo i venti stagionali, la rotta migliore.

Un altro grande cartografo di questo periodo fu **P. Vesconte** che realizzò nel 1320 un'eccellente carta del mondo riprodotta a pagina ??.

I naviganti che non avevano accesso, anche per via dell'alto prezzo, alle più ricche carte prodotte dai paesi e dalle repubbliche che le detenevano gelosamente, dovevano accontentarsi della vecchia cartografia disponibile cui veniva aggiunto ogni tanto il particolare di una nuova scoperta, spesso in modo fantasioso ed assai poco scientifico. Il disegno delle terre emerse risentiva ancora dell'iconografia pittorica.

Il nuovo periodo iniziò nella seconda metà del Cinquecento, quando fu disponibile in latino la *Geographia* di Tolomeo. L'invenzione della stampa (1450) e la rapida diffusione specie in Italia di questa nuova tecnica fece il resto. Il *Geographia* cominciò ad essere stampato in molte copie e sotto diverse edizioni che lo ampliavano con carte di nuove terre non comprese nell'opera, ma soprattutto la funzione del lavoro tolemaico fu quella di far comprendere che l'approccio empirico e ascientifico alla cartografia doveva terminare, e la geometria e la matematica presero il sopravvento sulla libera iniziativa e sulla fantasia del disegnatore.

Intanto, ad opera soprattutto dei Portoghesi, promossa da Enrico il Navigatore, s'era sviluppata la navigazione oceanica con il periplo dell'Africa e la precisione richiesta nella misura delle latitudini diveniva sempre più esigente. Fu anche introdotto sulle carte un sistema di misura per le longitudini, un reticolato a forma quadra che poneva eguali le distanze in latitudine e longitudine della stessa misura di gradi, introduzioni grossolane e fonti di errori che durarono a lungo.

Quello che rileva è che, nonostante gli errori, s'introdusse comunque un nuovo tipo di carta, la cosiddetta *carta piana* di cui fu un fautore Enrico il Navigatore.

La carta pose un sistema cardine: i punti dovevano essere introdotti sulla carta in base alle loro coordinate.

Introducendo questa tecnica i cartografi avevano rispolverato il vecchio metodo di Marino di Tiro (metodo del coseno e della latitudine media) e compresero che per poter tracciare le rotte bisognava ricominciare a pensare al sistema delle proiezioni rivisitandolo, immaginando la sfera terrestre avvolta su un cilindro sul quale si proiettavano i suoi punti.

Occorreva superare il grave inconveniente delle carte piane. Su queste infatti non era possibile effettuare misure o tracciare rotte se non empiricamente: la rappresentazione in piano di una superficie sferica andava risolta.

L'innovazione si ebbe con **Mercatore**, cui fra l'altro si deve l'introduzione della parola «atlante».

Appare chiaro che quest'operazione fu resa possibile anche perché si cominciava a disporre di mappe che descrivevano abbastanza accuratamente le terre.

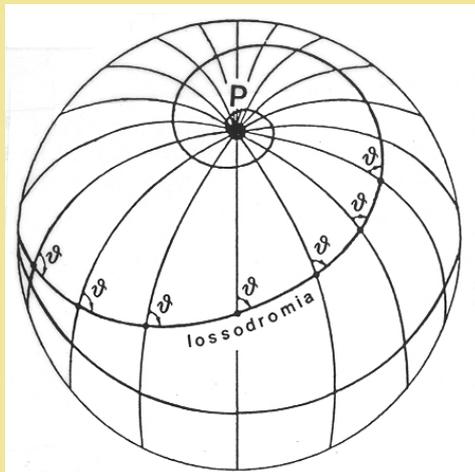
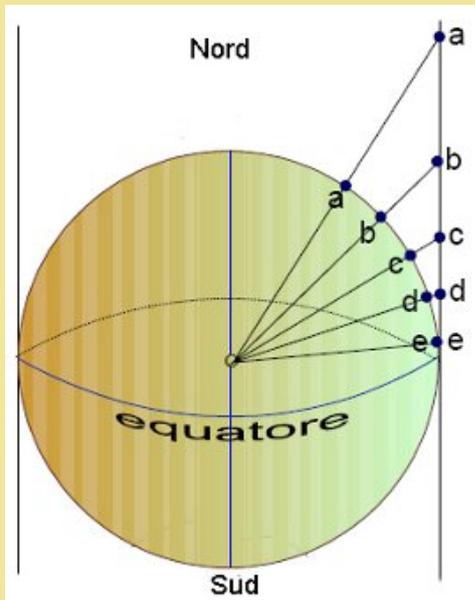
► *L'opera di Mercatore e di Lambert*. Su presupposti di richiesta di carte geografiche non soltanto belle a vedersi ma



- ▲ La carta pisana della seconda metà del XIII secolo su pergamena. Parigi, Biblioteca nazionale

## Sulla proiezione di Mercatore

La proiezione di Mercatore nacque dall'esigenza di tracciare sulla carte nautiche una linea retta congiungente due punti e considerando la curvatura terrestre, possibilità preclusa alle carte piane, ove per tracciare una rotta bisognava seguire una complessa procedura. Assumendo la Terra come una sfera perfetta ed avvolgendola in un cilindro di eguale diametro dell'equatore, se si pone il punto di proiezione all'interno della sfera-Terra, per ogni meridiano e per ogni parallelo si può generare un reticolato, che andrà a costituire, rispettivamente, linee verticali ed orizzontali, cioè meridiani e paralleli.



▲ Schema di costruzione della carta di Mercatore; una rotta rettilinea sulla carta corrisponde ad una rotta spiraliforme sulla sfera.

Questo è il problema cui si applicò Mercatore, e che risolse adottando una *proiezione cilindrica centrale* per proiettare i meridiani sul cilindro, e ricorrendo ad un artificio per ciò che riguarda un qualsiasi arco, anche infinitesimo, di meridiano, di rappresentarlo cioè diviso per il coseno della latitudine locale dell'elemento.

È chiaro che in questa discussione si è semplificato di molto il procedimento senza riportarne attraverso il calcolo la giustificazione che si ritiene vada approfondito nelle debite sedi.

Posto che il cilindro che avvolge la sfera ha in comune con questa l'asse e il diametro, si proiettano sulla superficie del cilindro i punti da a) ad e) presi su un arco di meridiano terrestre. Sul cilindro essi saranno dunque punti giacenti sulla proiezione del meridiano della sfera.

A questo punto sorge però un problema per i paralleli.

Ragionando sulla proiezione, si nota che questa è perfettamente coerente con la geometria dei meridiani, in quanto la differenza in longitudine fra due punti della sfera è conservata ed esattamente riprodotta sul cilindro. Non altrettanto può dirsi per i paralleli che sono (sulla sfera) circonferenze maggiori all'equatore che decrescono man mano che ci si avvicina ai poli. Sul cilindro i paralleli risultano invece proiettati come eguali circonferenze, a prescindere dalla latitudine che esprimono.

Ma durante una navigazione non si usano certo i cerchi dei paralleli, bensì loro frazioni, e sorge qui la complicità maggiore, perché gli archi dei gradi di latitudine che sono di misura costante sulla sfera, sulla superficie del cilindro risultano rappresentati con valori crescenti, perché le proiezioni di ogni parallelo distano dall'equatore sulla superficie del cilindro proporzionalmente alla tangente della latitudine del parallelo considerato.

Guardando sempre il disegno in alto, assumiamo ora i punti segnati dalle lettere, da a) ad e), non più come punti di meridiano ma come punti giacenti su distinti paralleli, notiamo che gli archi *de* e *ab* sono di eguale valore, ma non è eguale la loro proiezione, in quanto il segmento *ab* sul cilindro è di misura maggiore del segmento corrispondente alla proiezione dell'arco *de*. Dal punto di vista pratico si intuiscono le implicazioni che ciò comporta; se si considerano due punti giacenti sull'equatore e distanti fra di loro un certo angolo di longitudine, sulla proiezione essi hanno la stessa distanza di due altri punti giacenti su un altro parallelo, per esempio a 50° N, e distanti dello stesso angolo di longitudine, mentre sulla superficie sferica essi sono decisamente più vicini.

Tralasciando le tecniche di marineria relative alla rotta tracciata, al rilevamento vero, a quello relativo... vediamo come fu risolto il problema, limitandoci a un cenno di navigazione.

Navigando fra due punti a rotta costante di un angolo  $\theta$  rispetto alla direzione del N, seguendo una rotta discretamente lunga, un'imbarcazione, dal momento che si trova su una superficie sferica, non percorre un arco di cerchio massimo, ma interseca tutti i meridiani successivamente incontrati sotto lo stesso angolo, seguendo una curva che – se prolungata – s'incontra con uno dei poli. Tale curva, che assume la forma a spirale, è detta **lossodromia**.

La cartografia nautica considerando che l'uso della bussola costringe a tagliare i meridiani con angolo costante, si pose il problema di poter tracciare una curva lossodromica nel modo più semplice. Quindi il problema di ridurre l'operazione alla massima semplicità andava così spostato dall'operatore alla carta.

Per la navigazione era anche necessario che ogni rilevamento di due punti, cioè che l'angolo da cui sono visti due punti in ogni direzione potesse essere rappresentato sulla carta con linee che formassero lo stesso angolo; in definitiva che la carta fosse *isogonica*.

Bisognava dunque, il problema era sempre lo stesso, disegnare una nuova carta che consentisse di tracciare le lossodromie come se fossero rette, e così anche il problema dell'isogonismo sarebbe stato risolto.

anche precise e scientificamente corrette s'innestò l'opera di Mercatore.

Questi pubblicò dapprima (1569) la *Nova et Aucta Orbis Terrae Descriptio ad Usus Navigantium Emendate* (Nuova descrizione della Terra accresciuta e corretta per l'uso della navigazione), quindi si dedicò ad un'opera gigantesca, la pubblicazione dell'*Atlas sive cosmographicae meditationes de fabrica mundi*

*et fabricati figura*, la cui terza ed ultima parte fu pubblicata postuma nel 1595.

Il successo dell'opera fu tale che eclissò il precedente lavoro del pur valido **Ortelius**, che nel 1570 aveva dato alle stampe il *Theatrum Orbis Terrarum* in 33 carte accompagnate da 35 fogli di testo.

Il problema della rappresentazione grafica fu risolto da Merca-

tore utilizzando la *proiezione cilindrica conforme*, in sostanza un *trucco* che permetteva di rappresentare una superficie sferica proiettandola su un foglio tangente la Terra all'equatore.

In questo modo, se la raffigurazione è in piano, il navigante può tracciare sulla carta una linea retta congiungente il punto di partenza e quello di destinazione, senza ricorrere a curve.

È chiaro che quest'operazione esige che si potesse disporre di mappe che descrivessero accuratamente le varie porzioni del globo, compensando la curvatura della superficie terrestre.

Mercatore raggiunse l'obiettivo rendendo fra loro paralleli i meridiani e compensando la deformazione in longitudine che così s'introduceva con aumenti proporzionali delle distanze fra i vari paralleli man mano che ci si allontanava dall'equatore, riuscendo così a mantenere inalterati gli angoli.

Discende da quest'impostazione di proiezione, quell'alterazione dimensionale delle terre che all'equatore sono rappresentate più piccole rispetto a quelle delle regioni nordiche, rappresentazione che ha fatto esprimere più di uno, assai impropriamente, a favore d'una interpretazione *colonialistica* della cartografia mercatoriana, mentre tale rappresentazione è unicamente conseguenza diretta della proiezione.

Una breve discussione della proiezione di Mercatore è nel box a fronte.

Il lavoro di Mercatore fu continuato da figli e nipoti, e si protrasse sino al 1602 con varie edizioni dell'*Atlas*. Le lastre furono successivamente acquistate dall'**Hondius** che ripubblicò l'*Atlas* implementandolo con diverse sue mappe, mentre a poco a poco al latino si andavano affiancando altre lingue: il francese, il fiammingo, il tedesco e l'inglese.

Questa dinastia di cartografi fiamminghi (tali erano infatti tutti) si arricchì con l'ingresso della famiglia **Blaue** che produsse un *Atlas major* pubblicato contemporaneamente in più lingue, fra cui questa volta anche l'olandese e lo spagnolo.

Una nuova modalità cartografica fu introdotta da **Lambert**.

In questo caso la superficie della Terra è proiettata su un cono (proiezione conica) secondo una costruzione per cui il cilindro può essere tangente o secante alla sfera.

A differenza della proiezione di Mercatore secondo la quale la distanza fra paralleli aumenta allontanandosi dall'equatore esaltando le regioni ad alta latitudine, in quella di Lambert i paralleli sono posizionati nel punto in cui il piano che taglia il globo a un certo parallelo interseca la superficie cilindrica. In tal modo risultano schiacciate le zone polari.

Successivamente anche **C. F. Gauss** portò un rilevante contributo al sistema della proiezione cartografica.

Questa proiezione, oggi più nota come proiezione Gauss-Boaga, anziché prendere come riferimento un cilindro tangente all'equatore, utilizza un cilindro tangente ad un meridiano preso come riferimento. La proiezione Gauss-Boaga è usata nella cartografia ufficiale italiana.

La cartografia si spostò in seguito come centro di massima produzione in Francia, dove vennero pubblicati l'*Atlas General*, l'*Atlas Nouveau* e l'*Atlas Universel*.

Oggi la cartografia terrestre è eseguita soprattutto da satellite, ma resta sempre valida nel riporto sulla carta l'impostazione generale mercatoriana, che ovviamente è andata incontro a varianti tese a perfezionarla.

A livello internazionale il tipo di cartografia utilizzato è l'**UTM** (Universal Transversal Mercator), una proiezione conforme in cui il meridiano ha deformazione costante.

■ *Atlanti celesti*. Dell'antichità remota non ci è stato tramandato alcun tangibile documento, qualcosa da ricondurre ad una rudimentale cartografia.

L'archeoastronomia che potrebbe portare un notevole contributo, non dispone di una sola incisione che raffiguri due o più corpi celesti che mostrino inequivocabili tracce cartografiche, ma soltanto di flebili e incerti indicatori.

Qualcosa possediamo dalle antiche civiltà orientali, pochi documenti che in assenza di maggiori tangibili testimonianze, indicano tuttavia, e non induttivamente, che Caldei, Assiri, Babilonesi, ed in specie Egizi, debbano aver proceduto al disegno dei percorsi in cielo di pianeti, stelle, comete, Sole e Luna (altrimenti non avrebbero potuto prevedere le eclissi), e che a loro si debbano far risalire i raggruppamenti stellari associandovi immaginarie figure sia per una più facile individuazione dei corpi celesti, sia a fini d'orientamento in eventuale navigazione notturna.

Sconosciuti sono gli strumenti di misura usati, ma le ziqqurat, come quella di Uruk, evidenziando destinazione e finalità astronomica delle costruzioni, mostrano che i terrazzamenti non erano solo luoghi elevati, ma che essendo costruiti in determinati allineamenti consentivano di calcolare posizioni.

Gli Egizi dal canto loro, attenti osservatori della levata di Sirio, dovevano disporre, oltre che dello → **gnomone**, di cui con gli obelischi hanno costellato le loro terre, di una sorta di compasso celeste, di un rudimentale arco goniometro per le misure delle altezze e delle distanze, e del quadrante solare dal momento che almeno quest'ultimo si trova raffigurato nella tomba di Seti I: → **egizia astronomia**.

Sembrano suffragare quest'interpretazione due ritrovamenti: tre stelle disposte verticalmente nella camera di Senmut, un cancelliere del regno, e che rappresentano probabilmente la cintura di Orione (1500 a.C. circa), e quello che è forse il più antico dei reperti tematici che l'Egitto ci ha lasciato, il planisfero di **Dendera**, trovato nel tempio dell'omonima località egiziana durante la campagna d'Egitto di Napoleone e *regolarmente* trafugato e trasportato al Louvre.

S'è detto «forse» perché la datazione del manufatto è molto incerta e fluttuante nel tempo. C'è chi lo data al 2500 a.C., e chi basandosi sul fatto che nel tempio sono stati rinvenuti nomi d'imperatori romani propende per una datazione assai più recente, addirittura dell'era cristiana.

Si tratta di un planisfero zodiacale che sembra presentare aspetti più astrologici che astronomici, che ricorda abbastanza la **Sphaera graecanica**, e che ha stuzzicato l'incontrollata fantasia di molti che hanno prospettato le più svariate fantastiche indimostrate ipotesi.

Altro del periodo antico non abbiamo.

► *Epoca greco-romana*. Dello scudo di Achille nell'Iliade si è discusso sopra: è una descrizione poetica di alcuni corpi celesti che poco illumina sulle conoscenze del tempo.

Del periodo greco classico non è rimasto nulla, e di quello ellenistico, scientificamente rilevante, si hanno solo notizie da fonti talvolta non qualificate e spesso imprecise dello stato delle conoscenze, ma finalmente comincia ad esservi traccia di studi seri.

**Arato**, l'autore dei *Fenomena*, un poema composto attorno al 270 a.C., racconta che il più antico raggruppamento di stelle in costellazioni si deve ad **Eudosso** (IV sec. a.C.), il primo greco a descrivere e catalogare le costellazioni, e la tradizione tramanda ancora che nella stessa epoca **Anassimandro** aveva costruito un globo celeste raffigurante le costellazioni.

In questo periodo i globi e le più tarde sfere armillari furono senz'altro l'unico modo di rappresentazione della sfera celeste, gli unici atlanti stellari possibili.

• *Il primo catalogo scientifico*. Le prime sistematiche scientifiche osservazioni sulle *stelle fisse* si devono a due astronomi

della scuola alessandrina: **Timocari** ed **Aristilio**, e con loro il termine «astronomo» può essere usato con proprietà.

Timocari ed Aristilio, rispettivamente maestro e allievo, misurarono la posizione di alcune stelle ad Alessandria. Tolomeo che riferisce loro notizie non dice quante, si limita a riportare le loro osservazioni per 18 stelle, ma è da credere che gli studi dei due non si limitassero a così poche se intendevano condurre studi sistematici. Costoro intorno al 300 riportarono i dati in un catalogo, di cui come di consueto non si ha traccia, annotando fra l'altro (Timocari) la posizione di **Spica** ad  $8^\circ$  dal punto equinoziale d'autunno, un dato che sarà rilevante per l'esposizione di successive fondate teorie: *infra*.

- *Il catalogo di Ipparco*. In pieno periodo alessandrino, secondo quanto sappiamo da Tolomeo, fu compilato da **Ipparco** un catalogo stellare, andato anche questo perduto. Secondo un recente studio di B. E. Schaeffer [275], il catalogo sarebbe stato in seguito riprodotto sul globo → **Farnese** le cui raffigurazioni mostrano un buon accordo temporale con l'epoca in riferimento. Non è noto con certezza quante stelle contenesse il catalogo che la tradizione vuole ispirato da una brillantissima **nova** o **supernova** apparsa attorno al 134. Il numero oscilla secondo le fonti da poco meno di 900 stelle a 1027, a 1088 stelle. Una stima esatta non è possibile, ma tutto sommato pure ininfluente visto che il catalogo è andato perduto.

Quello che rileva è che Ipparco inserì nel catalogo le stelle poco oltre la quinta magnitudine, introducendo un metodo di stima della brillantezza stellare, e fornendone le coordinate eclittiche: latitudine e longitudine.

Le osservazioni metodiche di Ipparco dettero nuovo impulso agli studi dell'astronomia, e fu proprio sulla base di questa moderna tecnica osservativa-deduttiva di approccio che Ipparco poté accorgersi della **precessione degli equinozi** osservando il mutamento di posizione longitudinale della stella Spica già annotata da Timocari come a  $8^\circ$  dal punto equinoziale d'autunno, e da lui osservata invece a  $6^\circ$ , deducendo da questo spostamento apparente il movimento ellittico della Terra attorno al proprio asse.

Se Ipparco poté eseguire queste misure confrontando le sue con quelle di Timocari, vuol dire che esisteva già all'epoca una strumentazione affidabile, qualcosa di più di un arco goniometrico, che permetteva con poco margine d'errore non solo di eseguire misure, ma anche di confrontare queste con quelle precedenti.

- *Il catalogo di Tolomeo*. Sul lavoro di Ipparco s'innestò qualche secolo dopo quello di Tolomeo che fornì (libri VII ed VIII dell'**Almagesto**) un nuovo catalogo stellare in cui sono riportate 1022 stelle visibili alla latitudine di Alessandria.

Neanche di questo catalogo possediamo l'originale o la revisione dell'opera effettuata da ultimo da **Teone** e da sua figlia **Ipazia**, e quindi bisogna innanzi tutto tener nel debito conto gli errori in cui sicuramente saranno incorsi i copisti nel riportare dati numerici espressi secondo l'uso e la norma del tempo in lettere dell'alfabeto greco. L'omissione eventuale di un segno vicino alle lettere, che ne altera notevolmente il valore, o la confusione del segno  $\Delta'$  col segno  $\Delta$  che ugualmente modifica il valore, è una circostanza tutt'altro da escludere.

Commentatori dell'opera tolemaica ritengono che questo catalogo non sia altro che quello ipparcheo aggiornato con nuove misure e nuove stelle e corretto per l'epoca: se le stelle elencate sono maggiori di quelle di Ipparco, molte sono duplicati, e già questo non testimonia a favore dell'originalità.

In sostanza Tolomeo si sarebbe limitato ad aggiungere poco più di  $2^\circ$  alle longitudini di Ipparco per compensare la precessione: Ipparco aveva fornito come valore minimo per la precessione



▲ A. Dürer, *Imagines coeli Septentrionales cum duodecim imaginibus zodiaci*, Norimberga 1515

$38'$ , che tra l'altro non è un valore esatto, e che Tolomeo accetta senza discutere.

Di conseguenza sembra di poter dedurre che nonostante la compilazione del catalogo si faccia risalire al 138 d.C., il riscontro dei dati con le osservazioni indica di retrodarli al 43 d.C., proprio perché Tolomeo avrebbe usato i dati di Ipparco correggendoli per la sua epoca aggiungendo ad ogni longitudine ipparchea  $2^\circ 40'$ , usando tuttavia per la precessione un valore erroneo ( $1^\circ$  al secolo anziché  $1^\circ 4'$  a secolo), e quindi le sue longitudini sono errate in difetto.

Il catalogo di Tolomeo si estende dal Nord celeste a  $52^\circ$  Sud, e riporta per ciascuna stella i seguenti dati:

- posizione all'interno della costellazione;
- longitudine eclittica in gradi e primi all'interno di uno dei dodici segni zodiacali;
- latitudine eclittica in gradi e primi con indicazione del Nord o Sud rispetto all'eclittica;
- magnitudine espressa da 1 a 6, con alcune indicazioni aggiuntive tipo *major*, *minor*, *obscura* e *nebulosa*.

- *Epoca medioevale*. Anche in questa disciplina, come per la cartografia terrestre e per tutte le scienze in genere, il medioevo segna nel mondo occidentale la fine di ogni progresso. Dell'**Almagesto** di Tolomeo si persero quasi subito le tracce e bisognò attendere il 1022 per vederlo comparire tradotto dall'arabo da **G. da Cremona**.

Alla base non v'era nessun interesse per l'astronomia, e tantomeno poteva esservene per la cartografia. Se si pensa che i maggiori interessi astronomici nel primo medioevo furono espressi da **M. Capella**, **Macrobio** e **S. Boezio**, tutti filosofi il cui interesse astronomico era esclusivamente letterario, si ha un'idea dello stato delle cose.

Intorno al 1200, nell'alto medioevo, l'astronomia era ancora stantia, e se riceveva impulso, lo riceveva dall'astrologia intesa come pratica in grado di mettere in comunicazione la terra con il cielo. Quando fece la sua comparsa l'ago magnetico si ritenne a lungo che questo si indirizzasse verso il Nord perché sensibile all'influenza celeste sulle cose terrestri.

Bisogna attendere il XIV secolo perché si veda distinguersi, più che emergere, la figura di G. Dondi dall'Orologio, sempre

contr.!

comunque più astrologo che astronomo, perché si assista ad un primo timido risveglio. In tutto il secolo precedente il massimo compendio astronomico fu la *Commedia* di Dante.

Il vero fiorire della cartografia fu anche in questo campo nei paesi arabi e nelle terre da loro conquistate. Centri di studio furono Bagdad, dove operarono **Albategnius** che compilò la *Scienza delle stelle*, **al-Sufi** che catalogò 1008 stelle ne la *Descrizione delle stelle*, e molti altri.

Il medioevo arabo (che per quella civiltà medioevo non fu!) vede soprattutto la pubblicazione delle prime effemeridi di una certa precisione, come le tavole **kakemite**, le tavole **alfonsine**, le tavole di **Toledo** di Azarchel, il catalogo di **al-Sufi**, le tavole della scuola di **Maragha**, le **tavole Zij i Gurgani** di **Ulugh-Begh**, e varie altre che segnano un'indiscussa superiorità culturale del mondo orientale su quello occidentale: alcune riportavano le misure di stelle approssimate al decimo di grado. Una sola di queste effemeridi, le *tavole alfonsine*, fu compilata in Europa, e fu opera di un arabo e di un ebreo.

Fra tutti questi emerge il catalogo stellare di **Ulugh-Begh** del 1437, che anche se conteneva quasi lo stesso numero di stelle dell'Almagesto (1018) presentava una maggiore precisione: è questo il secondo catalogo stellare prodotto dopo quello di Tolomeo.

È strano che l'astronomia araba, così ricca di cataloghi, non abbia lasciato una copiosa produzione per quel che riguarda gli atlanti celesti, fu senz'altro molto più prolifica per gli atlanti terrestri, una tradizione di atlanti celesti manca infatti nel mondo arabo. È difficile, e forse azzardato, sostenere che questo si debba al divieto islamico della raffigurazione, giacché si trattava di disegnare costellazioni, e queste, anche se sempre vestite, risultano raffigurate nei libri solo i Gemelli appaiono nudi.

Nel 1551 Mercatore pubblica il *Mappamondo celeste*, ma salvo il fatto che aggiunse alle costellazioni tolemaiche la *Chioma di Berenice* (**Coma Berenices**), non rappresenta alcun progresso rispetto a quello tolemaico.

Intanto il cielo si arricchiva delle nuove costellazioni australi. **P. Plancius** nel 1598 pubblicò un mappamondo con dodici nuovi costellazioni per l'emisfero australe, e di queste tutte, tranne una, l'**Apis** furono ammesse poi dall'Unione Astronomica Internazionale nel 1922.

Finora nella cartografia celeste sono stati ricompresi i cataloghi. La circostanza che non ci sia giunta nessuna mappa celeste dall'antichità, ha richiesto, non del tutto impropriamente credo, che i cataloghi rientrassero in questa trattazione. Le descrizioni a seguire tratteranno invece *esclusivamente di cartografia celeste*. I cataloghi trovano discussione nel relativo lemma: → **catalogo astronomico**.

► *I primi atlanti*. La cartografia astronomica riprese vita a con la scoperta delle terre nel Nuovo Mondo che mostravano pure nuovi cieli, ed anche se incentrata ancora sulle costellazioni, l'approccio era assolutamente più scientifico. Sotto il grande influsso della pittura del Rinascimento, all'accuratezza dei particolari si unì la ricchezza pittorica.

Una delle prime mappe del cielo fu quella che A. Dürer produsse nel 1515 incidendo due matrici di legno, ciascuna per emisfero, che presentano ancora secondo un uso che sarà lungo a morire le costellazioni viste dall'esterno e le stelle identificate con numeri. Le tavole del Dürer non presentano elementi originali anche perché riproducono il cielo presente in un anonimo manoscritto di Vienna del 1440, ma la rilevanza sta nel fatto che essendo stampate, in due sole tavole si poterono diffondere per la prima volta carte celesti.

Nel 1570 compare a Venezia *De le stelle fisse* di **A. Piccolomini**, ove l'esigenza artistica cede il passo ad una ricerca di precisione:

il riconoscimento delle stelle in cielo, l'accuratezza delle loro posizioni, sono i criteri guida. Allegato all'atlante è anche un catalogo stellare.

Le stelle sono distinte in quattro grandezze su scala graduata e l'atlante consente agevolmente di orientarsi nel riconoscimento degli oggetti.

Nel 1588 **G. P. Gallucci** pubblica a Venezia il *Theatrum mundi et temporis*, non soltanto una guida al riconoscimento degli oggetti, ma una *summa* dell'umanesimo tolemaico

Si trovano descritte le teorie tolemaiche planetarie e i meccanismi delle eclissi, tavole terrestri e dell'inferno di Dante, tavole per il calcolo del passaggio del Sole al meridiano e del numero aureo, tavole trigonometriche del seno, una tabella con la previsione della precessione degli equinozi, ... e le costellazioni sono rappresentate in distinte tavole.

Per quanto d'impostazione tolemaica, l'atlante è sorprendentemente moderno. Ai bordi e al centro delle tavole Gallucci riporta le coordinate di latitudine e longitudine tratte dal *De Revolutionibus* di **Copernico**, cui sono riferite con precisione le posizioni delle stelle suddivise in magnitudini.

Le singole stelle sono ancora presenti in tabelle con indicate le coordinate ed il numero progressivo dell'astro, la magnitudine e la *natura* astrologica, e sono anche presenti oggetti di natura non stellare.

Da qui in poi la produzione si farà continua e citare gli atlanti diverrebbe un compito arduo. Ci si limita a quelli che credo siano più significativi, ma le omissioni sono davvero numerose.

Nel 1687 **J. Hevelius** pubblica il *Firmamentum Sobiescianum sive Uranografia*, un'opera in 56 tavole, nel 1753 **J. Flamsteed** l'*Atlas coelestis*, nel 1782 **J. E. Bode** il *Vorstellung der gestirne*, un atlante a colori, e così via.

Da questa breve rassegna manca tuttavia un atlante dei primni anni del secolo XVII cui si è inteso dedicare un posto privilegiato, l'*Uranometria*: compilata nel 1603 da **J. Bayer** va considerata il primo vero atlante stellare dell'era moderna.

Adottando una tecnica tuttora in uso, Bayer assegnò ad ogni stella secondo il proprio splendore apparente, una lettera dell'alfabeto greco: le stelle più brillanti erano individuate dalla lettera  $\alpha$ , cui seguiva la  $\beta$ , la  $\gamma$  e così via fino alla  $\zeta$ ,

Per quanto innovativo quest'atlante è comunque l'ultimo redatto esclusivamente con le tecniche antiche visuali, e segna anche la fine dell'astronomia osservativa e posizionale compilata esclusivamente coi quadranti. Di lì a pochi anni si diffonderà il cannocchiale, e nuove prospettive si apriranno finalmente alla cartografie dall'epoca di Tolomeo. Una rassegna di atlanti è riportata a pagina 120.

Trattando gli atlanti va inoltre ricordato che la cartografia celeste non si è occupata soltantanto di costellazioni, ma ha riservato una parte rilevante alla selenografia, ed anche questi atlanti hanno segnato un momento essenziale affinando la capacità di rappresentare particolari di un corpo relativamente vicino.

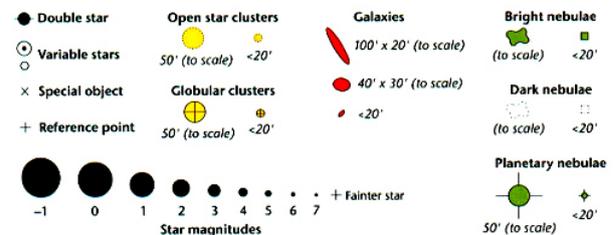
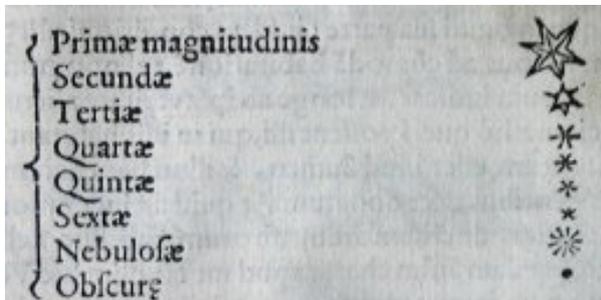
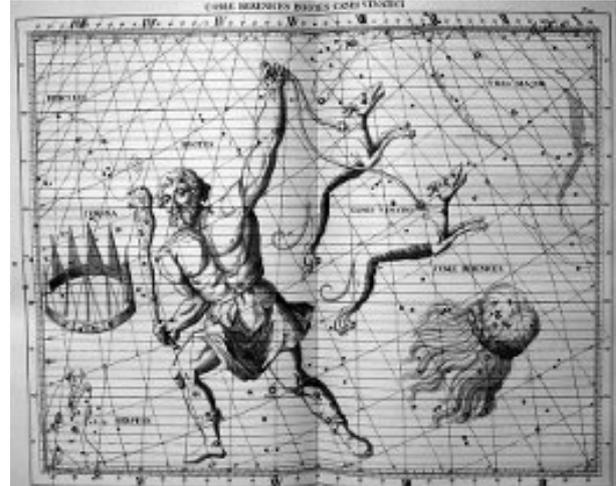
Si precisa che molti degli atlanti qui trascurati risultano trattati ai singoli lemmi relativi ai vari cartografi e a quelli relativi allo studio di un corpo celeste.

L'invenzione del telescopio e la maggiore ricchezza di particolari ed oggetti che lo strumento permetteva, rivoluzionò la cartografia celeste.

Ormai si poteva guardare più lontano, ma si disponeva di tanti piccoli campi, quelli che l'obiettivo e la focale del telescopio consentivano, e cominciarono a nascere i nuovi cataloghi stellari da cui poi estrarre gli atlanti di zone del cielo.

• *La proiezione negli atlanti celesti*. Anche nel caso degli atlanti celesti, come in quelli terrestri, occorre scendere ad alcuni compromessi per rappresentare in piano una superficie sferica.

- ▼ Nelle immagini in alto la costellazione di Bootes nell'atlante di Hevelius (sinistra) ed in quello di Flamsteed (destra): Hevelius, disegnò la costellazione con la tecnica *viste dall'esterno*, quindi rovesciate, mentre Flamsteed le raffigura correttamente. In basso a sinistra rappresentazioni grafiche delle magnitudini stellari nel *Theatrum mundi et temporis* del Gallucci; a destra simbologie grafiche in un moderno atlante



- ▼ Compilatori dei principali atlanti dall'antichità al secolo XX e luogo di edizione

Autore	Atlante	Anno
Abd ar-Rahman as-Sufi	Liber locis stellarum fixarum	?, 964
P. Apianus	Astronomicum Caesareum	Ingolstadt, 1540
A. Piccolomini	De le stelle fisse	Venezia, 1570
G. Gallucci	Theatrum mundi et temporis	Venezia, 1588
J. Bayer	uranometria	Augusta, 1603
A. Cellario	Atlas coelestis seu Armonia macrocosmica	Amsterdam, 1603
J. Schiller	Coelum Stellarum Christianum	Augusta, 1627
J. Hevelius	Uranographia	Danzica, 1690
J. G. Doppelmayr	Atlas coelestis	Norimberga, 1742
J. Flamsteed	Atlas coelestis	Londra, 1753
Diderot et d'Alembert	recueil de planches de astronomie	1789 Parigi
J. E. Bode	Vorstellung der gestirne	Berlino, 1782
F. N. König	Himmels Atlas	Berna, 1826
F. W. A. Argelander	Uranometria nova	Berlino, 1843
J. J. von Littrow	Atlas des gestirnten himmels	Stoccarda, 1854
K. Bruhns	Atlas der Astronomie	Lipsia, 1872
C. Dien, C. Flammarion	Atlas céleste	Parigi, 1877
E. Delporte	Délimitation scientifique des constellations, cartes	Londra, 1930
A. Bečvář	Atlas Coeli Skalnaté Pleso	Praga, 1956

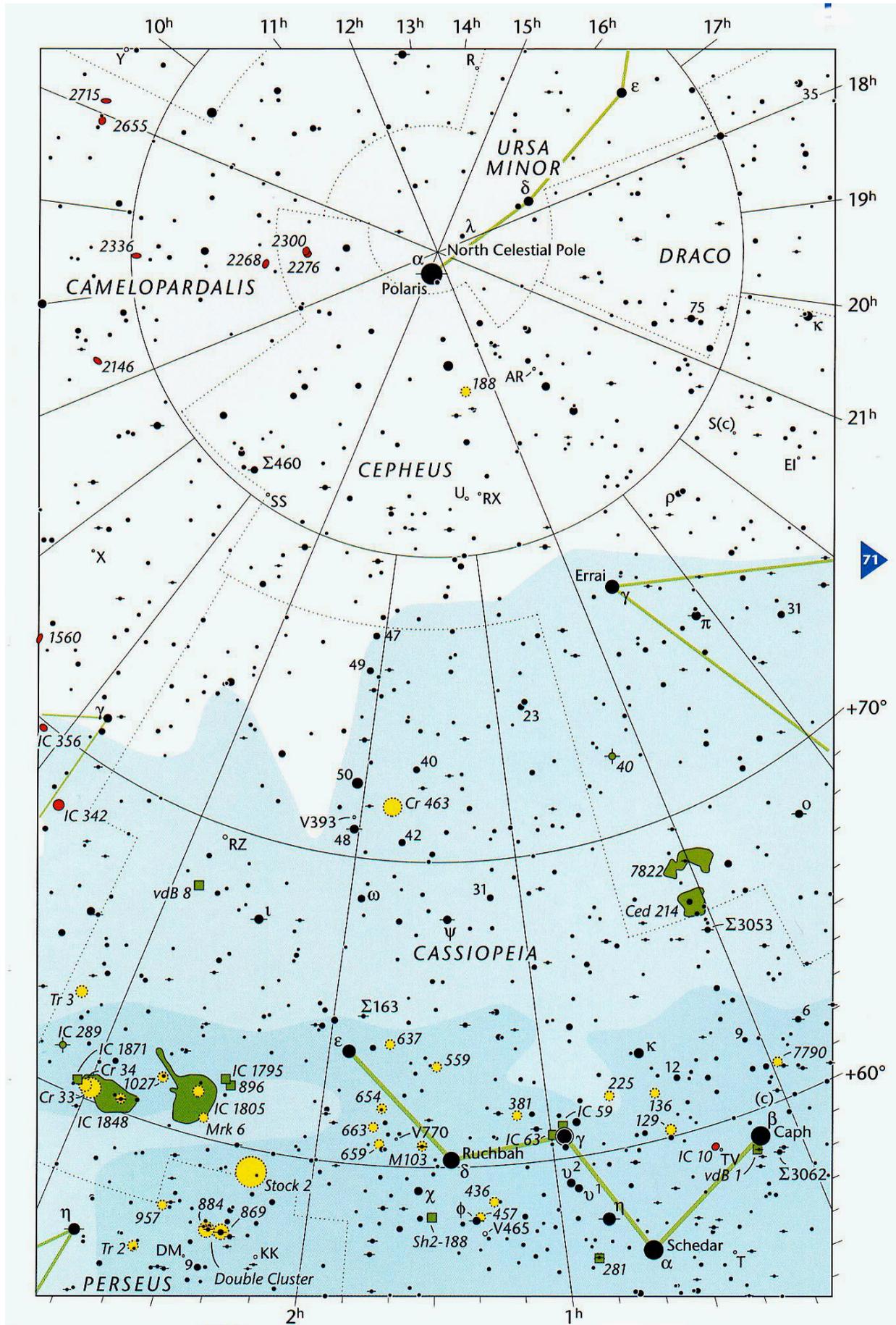
La pratica più usuale consiste nel far sì che la superficie di proiezione intersechi la superficie della sfera, e per questo si dice che tecnicamente le mappe di proiezione si riferiscono al principio della secante conica e della secante cilindrica.

Nell'immagine a fronte è mostrata la prima pagina di un atlante moderno incentrata sul polo Nord celeste. La raffigurazione è quella standard della cartografia celeste. Una serie di cerchi rappresentano le declinazioni dei corpi, mentre i segmenti che dipartono dal centro in prossimità della polare a 360° sono

le ore di ascensione oraria dei corpi: ciascun segmento orario indica approssimativamente l'estensione in declinazione di ogni proiezione. In questa rappresentazione le zone tratteggiate rappresentano le medesime coordinate sulla sfera celeste.

Alcuni atlanti, come il diffusissimo nei paesi anglosassoni **Norton's Star Atlas** sfruttano una particolare griglia curva chiamata *proiezione glòbulare* che consente una distorsione molto modesta per via della grande porzione del cielo che rappresenta: in ogni carta sono rappresentate sei ore di ascensione retta e 120°

▼ Pagina di un atlante moderno per astronomia amatoriale redatto da Sky % Telescope con 30 796 stelle sino alla magnitudine 7,6



di declinazione, mentre attorno ai poli l'atlante usa una griglia ricavata dal sistema planisferico standard.

► **Cartografia fotografica.** Quando le tecniche consentirono di passare dagli atlanti redatti con stime e osservazioni visuali a quelli basati sulla tecnica fotografica, il pioniere di questa nuova via fu **D. Gill** dell'osservatorio di Città del Capo, che colpito dal numero delle stelle fotografate durante il passaggio di una cometa, decise di dare il via ad una cartografia fotografica per l'emisfero australe. Nacque così la **Cape Photographic Durchmusterung**, un atlante in 613 carte con stelle sino alla decima magnitudine.

Nel 1887 prese il via l'ambizioso progetto di redazione della → **Carte du Ciel**, di cui D. Gill fu uno degli ispiratori principali, e che procedette assai lentamente.

Mentre si attendeva a questo lavoro che avrebbe dovuto condurre ad un atlante fotografico per i due emisferi, furono redatte da due osservatori astronomici, uno in Inghilterra e l'altra a Città del Capo, le → **Frankin-Adams Charts**. Con questa *survey* fotografica svoltasi in tempi relativamente brevi (fra il 1903 e il 1912), termina l'era degli atlanti fotografici operata con i rifrattori.

I riflettori non furono mai impiegati perché a fronte di una maggiore *profondità* celeste mostravano un campo assai più piccolo, e quindi venivano preferibilmente usati nella fotografia di oggetti di piccola (apparente) dimensione, e risultavano inservibili per fotografare grandi estensioni del cielo.

La cartografia celeste riprese vita con l'invenzione del telescopio **Schmidt**, che ad una notevole luminosità univa un campo più ampio di quanto consentisse il miglior astrografo.

Il telescopio Schmidt di monte Palomar, operativo dal 1948, rese di fatto vana la continuazione della *Carte du Ciel* (a quell'epoca non ancora ancompletata), fornendo un atlante fotografico dell'emisfero boreale, la → **Palomar Sky Survey**, in un tempo veramente breve: dal 1949 al 1951. La Palomar Survey è consultabile all'indirizzo citato in bibliografia: [222].

L'atlante di tutto il cielo (boreale e australe) fu completato negli anni settanta grazie alla collaborazione fra l'osservatorio anglo-australiano di **Siding Spring** e quello dell'**ESO** a **La Silla**, che dettero vita all'**ESO-SRC Sky Atlas**.

Gli ultimi atlanti redatti a mano sono stati l'*Atlas coeli*, compilato negli anni cinquanta del secolo scorso da **A. Bečvář**, in 16(?) carte con stelle sino alla magnitudine 7,5, e l'atlante in 43 carte compilato dello stesso periodo da **G. B. Lacchini** che riporta le stelle visibili, le doppie, le variabili le novae, gli ammassi, le nebulose e gli spettri sino alla 5<sup>a</sup> magnitudine. Entrambe gli atlanti sono compilati con riferimento all'equinozio 1950.

Negli anni sessanta lo **Smithsonian Astrophysical Observatory** ha estratto per la prima volta in via automatica dal database del SAO (→ **catalogo astronomico**) un atlante in 152 carte di grande formato accompagnato dal relativo omonimo catalogo.

L'atlante comprende stelle sino alla magnitudine 9,5 ed ha una scala di 8,6 mm per grado.

Nel 1987 **W. Trion**, un appassionato d'astronomia che già negli anni cinquanta aveva realizzato lo *Sky Atlas 2000*, compilò l'*Uranometria 2000*,

L'atlante comprende gli oggetti dei due emisferi, si estende sino alle stelle di magnitudine 9,5 con una scala di 18 mm per grado, e i corpi celesti sono evidenziati secondo le caratteristiche: ammassi, nebulose, radiosorgenti,...

In chiusura un cenno merita il *Sarna Deep Sky Atlas*, un atlante in 102 carte costruito per gli oggetti del profondo cielo.

► **Cartografia digitale.** le nuove frontiere aperte dall'astronautica ed i progressi dell'elettronica hanno orientato negli ultimi decenni verso una cartografia digitale diretta o a singoli

corpi (del sistema solare e al di fuori esso), o a singole regioni del cielo fotografate a determinate lunghezze d'onda.

Cartografie planetarie sono state realizzate da varie sonde come le → **Mariner**, **Voyager**, Galileo, **Cassini**, mentre satelliti dedicati o telescopi spaziali come → lo **IUE**, l'**HST**, lo **Spitzer** e tantissimi altri si sono occupati di fotografare oggetti lontani e il cielo in varie lunghezze d'onda, e altre sonde come Giotto o **Vega** hanno fotografato e studiato la cometa **Halley**.

Nel tempo sono state digitalizzate le "vecchie" *survey* fotografiche e rese a disposizione tramite la rete.

Gli atlanti oggi si producono in tempo reale dai data-base fotografici digitalizzati e dai cataloghi, per zone di cielo anche di pochi secondi d'arco, personalizzandoli secondo necessità.

In rete sono disponibili oltre a cartografie professionali come la citata *Palomar Survey* o la Sloan Digital Sky Survey, anche cartografie di tutto rispetto redatte da non professionisti, come, ad esempio, il **TRIATLAS**, che ha raggiunto la seconda edizione e raccoglie stelle sino alla 13<sup>a</sup> magnitudine.

Da segnalare ancora l'atlante all'indirizzo [www-wiki-sky.org](http://www-wiki-sky.org).

**Atlantidi** . Antico nome con cui era conosciuta la costellazione delle **Pleiadi**.

**Atlas** Satellite di **Saturno** scoperto nel 1980 dalle immagini riprese dalla sonda **Voyager II**.

Il satellite di piccole dimensioni e di forma irregolare (20 km per 40 km circa) si trova in orbita lungo l'anello «A» del pianeta e si è supposto che proprio la sua collocazione sia, per accrescimento di polveri, all'origine delle sue inusuali dimensioni a forma di *disco volante*.

**Atlas, vettore** vettore sviluppato a partire dagli anni cinquanta del Novecento per portare satelliti in orbita bassa o geostazionaria. Il vettore ha conosciuto una notevole evoluzione sino all'Atlas V ed ha assolto con successo a quasi tutte le missioni.

**Atlas coeli** . Atlante pubblicato negli anni cinquanta dall'astronomo cecoslovacco → **A. Bečvář**, che contiene stelle sino alla magnitudine 7,5 suddivise in 16 tavole in scala di 1° = 7,5 mm.

L'*Atlas coelestis* è parte di una serie di atlanti pubblicati dallo stesso autore: *Atlas eclipticalis*, *Atlas borealis*, *Atlas australis*.

**atmosfera**

**atmosferici, fenomeni** → fenomeni atmosferici.

**Atomi per la Pace** L'inconsueto nome attribuito all'oggetto NGC 7252, conosciuto anche come **ARP 226**, deriva allo stesso da una lontana somiglianza con un francobollo emesso dagli Stati Uniti nel 1953 che recava la stessa dicitura.

NGC 7252 si trova nella costellazione dell'Acquario ed è visibile nell'emisfero australe anche con strumenti di modesti dimensioni nei quali si presenta come il classico batuffolo d'ovatta sfocato.

**atomica, struttura**

**atomico, numero**

**atomico, orologio** Orologio in cui la movimentazione, che costituisce anche la base dei tempi, è data dalla frequenza cui risuona un atomo.

Il primo orologio atomico fu prodotto negli Stati Uniti dal *National Bureau of Standards*, e si fondava sulla transizione d'energia dell'atomo di cesio. Il perfezionamento di questi strumenti ha

di fatto sostituito a partire dagli anni sessanta del secolo scorso qualsiasi altra misurazione del tempo effettuata con metodi tradizionali, conducendo prima (1967) alla definizione del secondo secondo il tempo atomico, e quindi (1972) all'introduzione del *tempo atomico*.

Gli orologi atomici che si basano sul principio di funzionamento del **maser**, e sfruttano l'atomo di cesio contenuto sotto forma di gas in una cavità risonante, perché alla base del secondo considerato come 9 192 631 770 cicli della radiazione corrispondente a due livelli energetici dello stato dell'elemento.

La ricerca attuale sta sviluppando altri tipi di orologio atomico che sfruttano (in risonanza) altre sostanze, come l'elio, lo zaffiro o il mercurio,...

**atomismo** Corrente filosofica sorta in Grecia attorno al VI secolo a.C. che ipotizza la composizione del mondo naturale composta sostanzialmente di due parti: atomi indivisibili e vuoto.

I principali esponenti di questo movimento furono soprattutto → Demogrito ed **Anassagora**, ma l'influenza di questo movimento, fortemente ostacolato da **Platone** e dalla sua scuola ebbe seguaci anche in Epicuro e **Lucrezio**. Il movimento fu completamente trascurato nel medioevo e riscoperto dopo la scoperta dell'elettrone che aprì la strada al protone.

**atomo primordiale**

**ATFN** Acronimo di *Australia Telescope National Facility*, complesso di radiotelescopi a disposizione anche della comunità scientifica internazionale, composto da un **array** di sei antenne di 22 m di diametro e due parabole, una di 22 m e l'altra di 64 m. Con il complesso è stato redatto nel 2005 da R. N. Manchester un nuovo catalogo delle → **pulsar**.

**atomica, unità di massa**

**atomico, tempo** → **tempo atomico**.

**atomo**

**Atria** Stella della costellazione del **Triangolo australe** di  $M_{ap} 3,42$  e  $M_{as} 1,95$ .



▲ La galassia NGC 7252 (Arp 226) detta *Atomi per la pace*; ESO

**ATT** → **Anglo-Australian Observatory**.

**attinometro** Strumento inventato intorno al 1825 da **F. Herschel** per misurare l'effetto di riscaldamento prodotto dai raggi solari con cui Herschel evidenziò un maggiore riscaldamento verso il rosso dello spettro.

**attiva, ottica** → **ottica attiva**.

**attività solare**

**attrattore, grande**

**attrazione universale**

**AU** Acronimo di → *Unità Astronomica*.

**aubrite** Meteorite rocciosa appartenente alla famiglia delle **acondriti**.

**Audifreddi Giovanni Battista** (1714 - 1794) Prefetto biblioteca casanatese

**aureo, rapporto** Detto anche *costante di Fidia* o *sezione aurea*, è un rapporto espresso da un numero che presenta affinità con il  $\pi$ , essendo al pari di esso irrazionale, ma non come quello trascendente. Il rapporto (simbolo  $\varphi$ ) fu descritto intorno al 300 a.C. da **Euclide**, che lo chiamò *proporzione estrema e media*, e acquisì un significato magico col Rinascimento grazie a L. Pacioli, che nel (*De divina proportione*) ne analizzò le caratteristiche geometriche applicandole al corpo umano, e convincendosi che sulla proporzione di Euclide si fondasse gran parte del mondo naturale.

La sezione aurea è la parte di segmento che esprime la media proporzionale fra il segmento intero e la parte restante di esso, la parte di segmento che esprime la media proporzionale fra il segmento intero e la parte restante di esso.

Dato un segmento *AB*



s'individua il punto *P* tale che il segmento risulti suddiviso in due parti diseguali: *AP* e *PB*; il punto *P* è la *sezione aurea* del segmento *AB* se il rapporto tra l'intero segmento *AB* ed il segmento maggiore *AP* è uguale al rapporto tra il segmento maggiore ed il segmento minore.

La sezione aurea soddisfa cioè la relazione:

$$(AP + PB) : AP = AP : PB$$

che rende l'equazione  $a^2 - ab - b^2 = 0$  che risolta dà

$$a_1 = 1,618 \quad a_2 = -0,618$$

La sezione aurea di un segmento è data dal prodotto della lunghezza del segmento per 0,618; si ottiene la lunghezza del segmento maggiore (nel caso *AP*). Poiché ovviamente il segmento si può sempre sottodividere, la sezione aurea esprime un carattere di invariante algebrico, invariante che, si scoprì poi, è associato alle funzioni stesse della vita.

A queste evidenziazioni si pervenne assai spesso tramite puro gioco numerico, e soltanto in seguito (L. Fibonacci) si giunse ad una formulazione matematica soddisfacente del rapporto.

La sezione aurea ha spesso suggestionato molti ricercatori, e quasi di fronte ad ogni nuova scoperta si è provato a vedere se a questa si adattasse il rapporto aureo, avendone spesso riscontri

## ▼ Stelle della costellazione Auriga

Nome	RA	δ	mv	ma	ts	al
α Capella	05 17	+46 00	0,0039	0,0094	0,0088	0,0021
β Menkalinan	06 00	+44 57	0,075	0,013	0,17	
Θθ <sub>η</sub>	0,031	0,31	0,0046	0,80	0,12	0,23
Aql 82	0,01	0,02	0,18	0,03	0,40	0,15
Dq Her	0,34	0,095	0,45	0,23	0,29	–

positivi. Si è potuto così constatare che la struttura del DNA è in rapporto aureo, che le piante crescono secondo la sequenza di Fibonacci, ecc. Esiste una formula che dà il valore della sezione aurea utilizzando soltanto il numero *base*, 1:

$$\varphi = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \dots}}}} \quad (1)$$

È probabile, anche se qui si sconfinava nella *metamatemica* piuttosto che nella *fantamatemica*, che il rapporto aureo voglia indicarci qualcosa che ancora sfugge alla nostra indagine. Attualmente esso è sottoposto a notevole critica, specie nella parte in cui si voglia, ad esempio, si tenti ad ogni costo in un'opera d'arte individuare un rettangolo aureo, forzandolo anche ad apparire mutando eventualmente i punti se questo non si evidenzia: confronta in proposito [176]. Del pari è contestata anche la presunta gradevolezza che deriverebbe all'occhio umano dal percepire figure composte secondo questo rapporto. La concezione, che risale alle osservazioni di G. T. Fechner, è oggi caduta perché tuttora una serie di studi, fra cui quello di C. D. Green, ne hanno mostrato l'infondatezza scientifica.

**aureola** Fenomeno (Effetto???) atmosferico noto anche come *Heiligenschein*.

**Auriga** Costellazione boreale che raffigura un carro da corsa (o da guerra) guidato dal leggendario re di Atene Erittonio. La costellazione situata fra il Perseo e i Gemelli rappresenta una delle zone del cielo più ricche di oggetti. Al suo interno raccoglie **Capella**, la sesta stella più brillante nel cielo, facilmente individuabile per il suo splendore; due binarie ad eclisse: ε Aurigae e ζ Aurigae, e tre ammassi ammetti (M3, M37 ed M38).

**Aurigae, AE**

**aurora**

**aurora boreale**

**aurore polari** aurora polare

**Ausonio Ettore** (??- ???)

**Austin, cometa** orione 1983 n. 6

**australe**

**Australia Telescope Compact Array**

**autocinetico, moto stellare**

**autoguida**

**Autolico di Pitane** (??)

## ▼ Aurora boreale ripresa dalla stazione spaziale



**Automatic Plate-measuring Machine**

**autunnale, equinozio**

**Auwers Arthur** (1838 - 1915) primo catalogo fondamentale FK1

**Auzout Adrien** (1622 . 1691)

**Avebury** → **archeoastronomia**.

**Avior** (ε Carinae)

**Avicenna**

**AXAF**

**axion**

**Azarchel**

**azimuth**

**azimutale**

**Azophi** Nome latinizzato dell'astronomo arabo → **al-Sufi**.

**azoto**

**azteca, astronomia** idem di astronomia maya?

**azzurro, spostamento** → **blu, spostamento**.

# B

## B, stelle

**Baade Wilhelm Heinrich Walter** (1893 - 1960)

**Baade, finestra**

**Baade, stella**

**Babbage Charles** (1791 -1871)

**Babcock Harold Delos** (1882 - 1968).

**Babcock Horace Welcome** (1912 - )

**babilonese, astronomia**

**Bacchus** asteroide apollo....

**Bacone Ruggero** (1214 - 1293/4)

**background, rumore**

**backscattering**

**baculus** Strumento per misurazioni astronomiche e topografiche ideato – sembra – da **Levi ben Gerson**, filosofo e matematico spagnolo.

Lo strumento che Levi fa risalire al bastone di Giacobbe, era composto di un bastone lungo *sei spanne* (circa 135 cm), ed ognuna era divisa in 8 parti: la prima parte era più corta di 1/20 (circa 1 cm), perché secondo Levi questa era la distanza fra la superficie dell'occhio ed il centro della visione. Come in molti altri strumenti dell'epoca (→ **balestriglia**, che da questo deriva) lungo il bastone scorre un'asta trasversale e traguardando si costruiva una figura triangolare che permetteva di effettuare calcoli lavorando sugli angoli e sulle proprietà dei triangoli. Lo strumento era ancora usato nel XVI secolo da **Apiano**.

**Bahcall John** (1934 - )

**Baikounour**

**Bailey Solon Irving** (1854 - 1931)

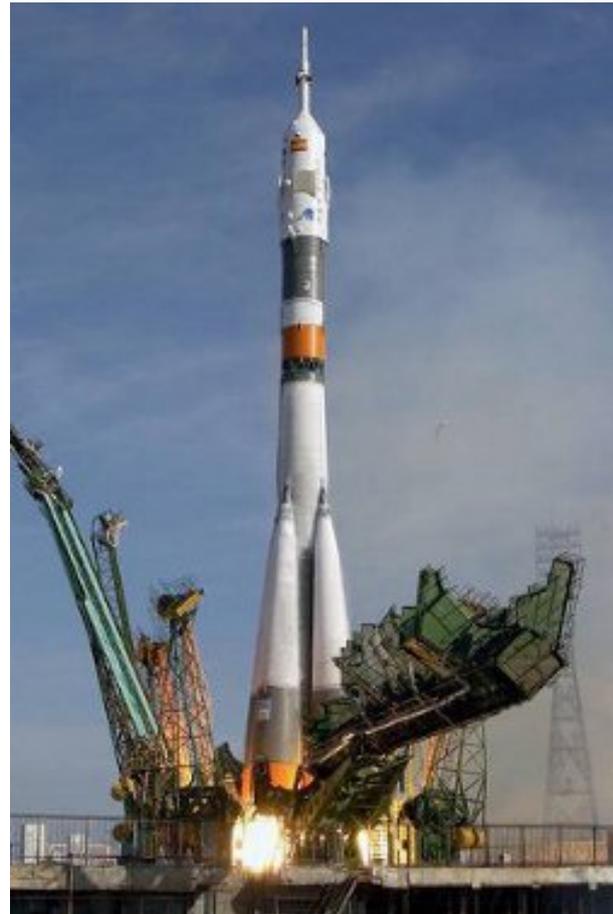
**Bailly** lunare...

**Bailly Jean-Silvain** (1736 - 1793) matematico, astronomo, letterato e uomo politico francese.

Aderì con convinzione alle idee della rivoluzione francese, e rivestì cariche importanti divenendo anche sindaco di Parigi. Il 17 luglio 1791 represses nel sangue un moto popolare ai Campi di Marte, e qualche tempo dopo si dimise. Nonostante la sua sanguinosa azione, fu oggetto di accuse di conservatorismo da parte di Marat, e chiamato a testimoniare nel processo contro la regina, formulò invece un atto di difesa di questa. Conseguentemente, fu imprigionato nel luglio del 1793 e ghigliottinato l'11 novembre dello stesso anno in quella stessa piazza in cui aveva soffocato la rivolta.

Interessatosi giovanissimo all'astronomia, si fece costruire un piccolo osservatorio sul Louvre, e di questa sua passione lasciò numerosi scritti, tutti comunque a sfondo letterario-divulgativo, anticipando in un certo qual modo l'opera di **C. Flammarion**. I

▼ Il lancio di una Sojuz dal poligono di Baikonour



lavori gli aprirono le porte dell'Accademia delle Scienze, e se è ricordato soprattutto per la *Histoire de l'astronomie ancienne*, va notato che scrisse anche altre opere, come *Essai sur la théorie des satellites de Jupiter*, *Historie de l'astronomie moderne*, e vari saggi, lettere e memorie.

*L'Histoire de l'astronomie ancienne* fu tradotta in italiano da Francesco Milizia, che ne fece un compendio e la pubblicò nel 1791 presso Remondini in Venezia con il titolo *La storia dell'astronomia di M. [onsieur] Bailly*.

**Baily Francis** (1744 - 1844) Catalogo pubblicato dall'Astronomical Society [di che?] di 2881 stelle prese da altri cataloghi (Bradley, Lacalle, Piazzi) senza dire nulla sui dati.

**Baily, grani**

**Baker-Nunn camera** Telescopio di grande luminosità simile nella geometria ottica alla camera **Baker-Schmidt**.

La Baker-Nunn è un telescopio, esclusivamente fotografico caratterizzato da una notevole luminosità ( $f/0,7$  ed anche  $f/0,6$ ) e da un eccezionale campo che raggiunge i  $55^\circ$ , risultando così particolarmente adatta all'osservazione delle meteoriti e dei satelliti artificiali, come il modello mostrato nella pagina successiva già in servizio presso lo **Smithsonian Astrophysical Observatory**. L'elevato rapporto di luminosità è ottenuto con due menischi che presentano un accentuato raggio di curvatura, e la correzione è ottenuta con un tripletto.

Assai in voga negli anni sessanta e settanta, le Baker-Nunn oggi sono poco usate, tranne che per le meteore. Generalmente sono installate su montature del tipo **alt-alt**: → **montatura sub «Montatura alt-alt»**.

## ▼ Camera Baker-Nunn

▼ Pagina dell' *Introductio geographica* di P. Apianus, 1534**Baker-Schmidt camera****Balena** → **Cetus**.

**balestriglia** Strumento ad uso topografico ed astronomico per misurare la distanza angolare fra due corpi celesti o due punti di riferimento terrestri.

La balestriglia è uno dei primi regoli calcolatori usati di una certa affidabilità, e si compone di un'asta principale graduata chiamata *freccia* su cui scorre un martello fornito di mire. L'osservatore guardando gli oggetti dal punto S formava con i traguardi un angolo con vertice in S. Grazie a scale graduate presenti sulla freccia poteva di misurare la separazione angolare degli oggetti, la distanza o l'altezza di un edificio: in questi casi doveva essere nota almeno una misura lineare.

Sulla freccia sono presenti quattro scale graduate: due sono usate per la misura degli angoli e delle lunghezze, e due riportano i seni e le tangenti degli angoli.

Adottata dai naviganti, topografi ed astronomi, è stata usata sino a tutto il XVII secolo.

**Bali Robert Stawell** (1840 - 1913)**ballon astronomia****Balmer Johan Jakob** (1825 - 1898)**Balmer, linee****Bamberg Paul** (-) ottico berlinese... strumento passaggi**Bappu Nanali Kallat Vanu** (1927 - 1982)**bar****barbarica, sphaera** → **Sphaera barbarica**.**Barycentric Dynamical Time****baricentro****bario, stella al****barionica, catastrofe****Barlow, lente****Barnard Edward Emerson** (1857 - 1923)**Barnard, anello****Barnard, stella**

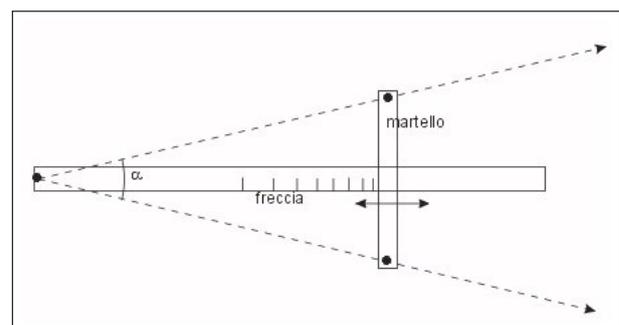
**Baroni Isidoro** (1863 - 1930) Astronomo non professionista italiano. Compiuti gli studi nautici a Venezia e Genova fu comandante di lungo corso di navi mercantili.

Fu autore di numerose effemeridi ed almanacchi ed ideatore di un ingegnoso metodo per conoscere l'ora siderale della notte basandosi sull'osservazione dell'Orsa maggiore, metodo che chiamò *Orologio siderale Baroni*.

Dopo aver tentato inutilmente di formare un circolo astronomico, fondò la prima rivista divulgativa di astronomia *L'astrofilo* che uscì nel maggio del 1900 ottenne un immediato successo e numerose sottoscrizioni. Pubblicò anche nel 1903 una descrizione degli almanacchi nel tempo.

**barrata, galassia a spirale**

**Barringer Daniel** (-) Ingegnere minerario statunitense che sostenne per primo l'origine meteoritica dell'→ Arizona meteor crater, il cui nome ufficiale è *Barringer crater*, anche se è maggiormente conosciuto come *Arizona meteor crater*.

**basalto**

▲ Componenti e schema geometrico di funzionamento della balestriglia

**Bassano bresciano, osservatorio****bastone di Giacobbe** → **balestriglia**.**Bath, Adelardo** → Adelardo di Bath.**bastone di Giacobbe****Bayer Johan** (1572 - 1625) Magistrato tedesco appassionato di astronomia, → **atlante sub** «Atlanti celesti».

Nel 1603 pubblicò l'**Uranometria**, un atlante stellare dove le stelle delle costellazioni vengono per la prima volta indicate in base alla loro grandezza luminosa con una lettera dell'alfabeto greco, a cominciare dalla lettera  $\alpha$  per le stelle più luminose. L'**Uranometria** che si fondava su precedenti lavori di **Tycho**, rappresenta il primo atlante scientifico dell'era moderna, ed il primo in assoluto che riporta anche le costellazioni dell'emisfero australe, come illustrate dalle prime spedizioni di A. Vespucci.

**BAA** → **British Astronomical Association****BD** Acronimo di Bonner Durchmusterung: → **catalogo astronomico**.**BDT** → **Barycentric Dynamical Time**.**Be, stelle****Beagle 2****Beccaria Giovanni Battista** (1716 - 1781) Abate umanista, fisico e matematico. Contribuì alla diffusione della disciplina all'epoca chiamata «elettrologia» facendole assumere dignità scientifica relegata com'era allora a semplice curiosità scientifica, effettuò misure geodetiche di rilevante importanza fra le prime in Italia.

Chiamato in Piemonte, sua terra d'origine, da Carlo Emanuele III alla cattedra di Fisica, iniziò una capillare diffusione della fisica moderna facendosi propugnatore del razionalismo cartesiano e della meccanica galileiana e newtoniana che ancora stentavano ad attecchire. Tanto incisiva fu la sua opera che ebbe fra i suoi allievi nomi in seguito divenuti celebri: G. L. Lagrange, il fondatore dell'Accademia delle Scienze di Torino, A. Volta e L. Galvani per citare solo i nomi più rilevanti.

Nel 1753 pubblicò il trattato *Dell'elettricità Artificiale e Naturale* accedendo all'idea propria di B. Franklin del cosiddetto *fluido unico*, studiando le proprietà magnetiche dei conduttori, classificando i corpi secondo le proprietà elettriche, distinguendo i conduttori dai dialettrici ed illustrandone le proprietà caratteristiche. Beccaria nell'esame delle proprietà fondamentali dei corpi anticipò anche il concetto poi formulato di M. Faraday secondo il quale la carica elettrostatica non si diffonde nella sostanza dei corpi, derivandone che la resistenza elettrica in un conduttore è proporzionale alla sua dimensione lineare.

Il trattato ebbe notevole diffusione tanto che fu tradotto in inglese, godette di diffusione negli Stati Uniti grazie soprattutto a B. Franklin, e gli guadagnò (1755) la nomina a membro della Royal Society.

Nel 1759 Beccaria fu incaricato da Carlo Emanuele III della misura del cosiddetto → **gradus taurinensis** col fine di aggiornare le carte geografiche dello stato sabaudo e misurare la circonferenza terrestre. Nel saggio dall'omonimo titolo che pubblicò nel 1774, ricavò la lunghezza del meridiano terrestre in  $7^{\circ}$ ,  $50'$ , pari a 40 332 km contro i 40 009,152 accettati). Il valore contestato da eminenti personalità scientifiche dell'epoca (fra cui il nipote di G. D. Cassini) fu tuttavia giustificato nel 1829

da → **G. Plana** che confermando i dati del Beccaria, motivò la discrepanza con la vicinanza delle Alpi, la cui attrazione gravitazionale influenzava in maniera sensibile la direzione del filo a piombo.

Due obelischi situati a Rivoli e a Piazza Statuto rappresentano (e sostituiscono) oggi le pietre che il Beccaria utilizzò come basi nelle sue triangolazioni seguendo un metodo simile a quello di **Eratostene**.

**Becker Cristopher** (1806 - 1890)**Becklin-Neugebauer oggetti****Bečvř Antonin** (1901 - 1965) Astronomo cecoslovacco che lavorò all'osservatorio di Skalnaté Pleso.

Bečvř è ricordato soprattutto per la stesura dei suoi atlanti, in specie l'*Atlas Coeli Skalnaté Pleso* del 1951, di cui furono redatte due versioni, e che presenta un catalogo allegato e stelle sino alla magnitudine 7,5, coordinate per il 1950. L'atlante fu pubblicato dapprima nel 1956 dall'Accademia delle Scienze della Repubblica ceca, e successivamente dalla Sky Publishing Corporation.

Bečvř ha compilato anche un *Atlas eclipticalis* (1958), l'*Atlas borealis* (1962) e l'*Atlas australis* (1964), tutti riferiti alle coordinate del 1950.

Questi atlanti, unitamente all'*Atlas Coeli*, rappresentano il massimo grado espresso dalla ricercatezza amanuense, perché furono tutti compilati a mano da Bečvř assieme ai suoi collaboratori.

Bečvř produsse numerosi lavori sugli sciami meteorici e scoprì due comete la 1942 IV e la C/1947 F2 (Bečvř). A lui sono stati dedicati un asteroide, il 4567, ed un cratere sulla Luna

**Beda il venerabile** (672 - 735) Monaco inglese che trascorse gran parte della sua vita nel monastero di san Pietro e Paolo a Wearmouth e a Jarrow, in Inghilterra.

Studioso di prim'ordine, già nel 700 aveva scritto il *De rerum natura*, un lavoro che si presentava ai contemporanei come enciclopedico. Dopo una *Historia ecclesiastica* mise mano alla sua opera più famosa, il *De temporum ratione*, dove utilizzando come fonte **Plinio**, assieme a vari temi astronomici affronta il problema del calendario, ed è questa l'opera che ha tramontato il suo nome sino ai giorni nostri.

In questo lavoro basato su osservazioni astronomiche e matematiche, Beda effettua la comparazione dei vari calendari ancora in uso, dal momento che non esisteva ancora un sistema di calendarizzazione universalmente accolto e mentre alcuni datavano ancora *ab urbe condita*, altri seguivano il sistema di Diocleziano: → **calendario**, tanto che San Girolamo nei suoi scritti per datare gli eventi li riferisce o alle Olimpiadi o ai nomi dei consoli all'epoca in carica.

Le sue preoccupazioni sono ovviamente cristiane, e in tal senso è soprattutto interessato a stabilire la data di nascita del Cristo. Lavorando molto su **Dionigi il piccolo**, un monaco a cavallo fra il V e il VI secolo che s'era occupato dello stesso problema fissando la data di nascita di Cristo all'anno 753 dalla fondazione di Roma, accoglie – sbagliando – la sua tesi: → **calendario sub «Era cristiana»**. L'autorevolezza di Dionigi prima, e quella di Beda poi, in seguito alla diffusione che in Europa ebbero le loro opere, furono all'origine della divisione del mondo temporale in due epoche: prima e dopo di Cristo.

La parte rilevante del nuovo calendario di Beda, è che in esso i giorni sono indicati per la prima volta con numerazione progressiva a partire dal primo giorno del mese, e questa numerazione sarà in seguito adottata da Carlo Magno.

Beda scrisse anche una *Grammatica*, un'opera sui fenomeni naturali, il *De rerum natura*, e due sulla cronologia, il *De temporibus* e il *De temporum ratione*. In contrasto con l'opinione del tempo che era tornata a credere la Terra piatta, ne sostenne la forma sferica.

**Beer Wilhelm** (1797 - 1850)

**Beijing, osservatorio** → **Pechino**.

**Belinda**

**Bell, osservazioni** Antico catalogo di osservazioni planetarie, costellazioni e stelle redatto in caratteri cuneiformi su tavolette d'argilla in Mesopotamia intorno al 1700 a.C.

Le osservazioni avevano particolare riguardo al pianeta **Marte** ed erano redatte dai sacerdoti Caldei.

**Bellatrix** ( $\gamma$  Orionis) Nota in latino come *La guerriera*, è una stella azzurra di classe spettrale B2 e magnitudine 1,6 distante 300 anni luce dalla Terra.

**Bell Burnell Susan Jocelyn** (1943 - )

**Bellini, osservatorio** → Catania osservatorio.

**Benetnasch** Nome alternativo ...

**Bennet, cometa**

**Bepi Colombo**

**BeppoSAX**

**Berenice, chioma** → **Coma Berenices**.

**Berkeley George** (1685 - 1753)

**Berkeley Illinois Maryland Association**

**Bermuda, triangolo delle**

**Bertola Francesco** (1937 - )

**Bessarione Giovanni** (1403 - 1472) Nome vero Basilio nato a Trebisonda veicolò in Europa anche del Nord la cultura classica greca.

**Bessel Friederich Wilhelm** (1784 - 1846)

**besseliani, elementi**

**Beta Centauri**

**Beta Cephei, stelle**

**Beta Lyrae**

**Beta Lyrae, variabili**

**beta, decadimento**

**beta, partecelle**

**Beta Pictoris**

**Beta Regio**

**Beta Tauridis**

**Beteulgeuse**

▼ Particolare della meridiana del Bianchini



**Bethe Hans Albrecht** (1906 - 2005)

**Bethe, ciclo di -????**

**Becrux** ( $\beta$  Crucis Australis)

**Bianca**

**Bianchini Antonio** (XVI secolo) Figlio probabilmente di **G. Bianchini**, di lui si hanno pochissime notizie. È ricordato soprattutto per la costruzione di un regolo conservato a Firenze al Museo di Storia della Scienza in cui è riportato il suo nome. Lo strumento detto anche → **triquetro**, consentiva di misurare distanze terrestri ed astronomiche; si trova raffigurato nel *Trattato di diversi istrumenti matematici* del 1593 di **A. Santucci** col nome di *Gran Regola di Tolomeo*.

**Bianchini Francesco** (1662 - 1729) Astronomo, archeologo e storico. Dopo gli studi a Bologna presso la scuola dei Gesuiti, frequentò l'Università di Padova dedicandosi alla teologia, all'anatomia, alla matematica e alla fisica, ma applicandosi soprattutto all'astronomia seguendo gli insegnamenti di **G. Montanari** e scoprendo (1684) la cometa che porta il suo nome.

Trasferitosi a Roma, vi studiò diritto ottenendo la protezione di un mecenate dell'epoca, il cardinale P. Ottoboni, e negli anni novanta si dedicò a scavi archeologici nella zona di Pompei avanzando l'ipotesi, appresso verificatasi corretta, che i reperti trovati dovevano appartenere alla città distrutta dall'eruzione del 79. Nominato custode della *Biblioteca Ottoboniana*, iniziò a lavorare all'*Historia universalis* un'opera che comunque interruppe all'impero assiro. Tornato a Verona, la città natale, rientrò a Roma dopo poco tempo e riprese la stesura dell'*Historia*.

Nel 1699 il cardinale G. F. Albani, da anni suo protettore divenuto Pontefice col nome di Clemente XI, e gli affidò la realizzazione in S. Maria degli Angeli di una linea meridiana per verificare l'esattezza della riforma gregoriana: → **calendario sub «Calendario giuliano riformato: gregoriano»**.

Anche se la riforma gregoriana del calendario si stava consolidando nella totalità dei Paesi europei, nell'ambito delle sfere ecclesiastiche permanevano tuttavia, abbastanza ascientificamente in verità, dubbi circa la validità di questa riforma, e si voleva appurare che le modalità di fissazione della data della **Pasqua**, cui risultano conseguentemente collegate tutte le altre feste mobili ecclesiastiche, fossero state correttamente determinate dalla riforma proposta da **L. Lillo**. Fine della realizzazione era appunto fornire con esattezza la data dell'equinozio di Primavera (fondamentale per fissare la data della Pasqua), e Bianchini stesso era stato nominato segretario della Congregazione per la riforma del calendario.

Le osservazione di Bianchini, affiancato da J. P. Maraldi, iniziarono nel 1701 e terminarono l'anno seguente; Bianchini formulò

le risultanze e la metodologia del lavoro in una relazione redatta in forma epistolare, il *De nummo et gnomone clementino*. La meridiana costruita è del tipo a **foro gnomonico**.

Nel 1703 fu nominato sovrintendente alle antichità in Roma: gli scavi da lui diretti accrebbero notevolmente le conoscenze dell'antichità iniziando a gettare un ponte verso il neo-classicismo proprio dei primi anni dell'Ottocento, portando alla luce diverse costruzioni romane ed un planisfero del III secolo.

Ingegno versatile, in contatto con le maggiori autorità scientifica italiane ed europee, fra cui **G. W. Leibniz** e **Newton**, alla morte fu sepolto nella basilica in cui aveva realizzato la sua opera maggiore in campo scientifico.

**Bianchini Giovanni** (XV secolo) Astronomo di cui si hanno scarse notizie. Nativo probabilmente di Ferrara (città in cui curò l'amministrazione degli estensi alla cui corte si trovava), fu autore di tavole astronomiche, pubblicate nel 1495 e poi nel 1526 da **L. Gaurico**, tavole trigonometriche in cui fu il primo ad usare la posizione decimale nelle frazioni ed a compiere operazioni con segni negativi; tenne inoltre corsi di astronomia a Ferrara nei primi anni del XVI secolo, ed ebbe fra i suoi allievi **Copernico**.

In rapporto con **G. von Peurbach** e il **Regiomontano** con cui fu in contatto epistolare (alcune lettere del 1464 ci sono pervenute), fra i suoi meriti principali va annoverato il ritrovamento di lavori di **Diofanto** e l'enunciazione di alcuni problemi geometrici. Compose ancora un commento all'**Almagesto** sino al libro VI intitolato *Flores Almagesti*.

Probabilmente padre di **A. Bianchini**, a lui è dedicato sulla Luna il cratere *Bianchinus*.

**bibblica, scala** → **J. Ussher**.

**Biela, cometa 3D/-**

**Bielidis** → Andromedidi.

**Bienewitz Peter** → Apianus.

**Biesbröck Van George** (1880 - 1974)

**big bang, teoria del**

**Big Bear Solar Observatory**

**big crunch** inverso del **big bang**.

**Bignami Giovanni** (1945 - )

**Bigourdan, metodo**

**Bilancia** → Libra.

**BIMA** Acronimo di → *Berkeley Illinois Maryland Association*.

**binari, sistemi** → binarie, stelle.

**binarie, pulsar**

**binarie, stelle**

**binarie X**

**binarie per contatto** → **superfici equipollenti**.

**binarie spettroscopiche**

**binarie visuali**

**binding**

**binocolo**

**binoculare**

**biosfera**

**Biot Jean-Baptiste** (1774 - 1862)

**bipolar flow**

**Birr Castle astronomy**

**BIS** Acronimo di → **British Astronomical Society**.

**bisestile, anno** Anno la cui durata è maggiore di un giorno rispetto agli anni comuni.

L'introduzione dell'anno bisestile è dovuta dal fatto che il tempo impegnato dalla Terra per percorrere una rivoluzione attorno al Sole non corrisponde a un numero di giorni preciso, essendo questo periodo di 365,2422 giorni. Le frazioni di giorno così accumulate vengono contate ogni 4 anni. Siccome la correzione comporta comunque uno sfasamento, con l'introduzione del calendario *gregoriano* si decise, modificando il calendario *giuliano*, che fosse bisestile un anno su quattro, eccezion fatta per gli anni di fine secolo a meno che il loro numero non fosse divisibile esattamente per 400: → **calendario sub** «*Calendario giuliano*» e *sub* «*Calendario gregoriano*».

**Blaauw Adrian** (1914 - ??)

**black drop**

**black dwarf**

**Black Eye Galaxy**

**black hole**

**Blagg Mary Adela** (1858 - 1944)

**blazar**

**Blaue** Atlas major Correggi bedilemma sotto atlante quando trovi il nome

**Blaze, stella**

**Blazhko, effetto**

**blinker-comparator** Strumento in uso presso gli osservatori astronomici sino alla fine del secolo scorso composto di due distinte componenti meccanica ed ottica, usato soprattutto per la scoperta di pianetini su lastre fotografiche.

Il blinker-comparator è formato da due portalastre su cui vengono posizionate la lastra fotografica di riferimento del campo stellare in osservazione e la lastra fotografica relativa all'osservazione effettuata. I portalastre sono dotati di tre regolazioni micrometriche coasceno per la traslazione orizzontale, verticale e circolare al fine dell'allineamento corretto (sovrapposizione in visuale) delle due lastre. In teoria sarebbe possibile applicare questi moti ad uno solo dei due, ma l'allineamento finale sarebbe più laborioso.

La componente ottica, oltre che da un visore binoculare, prevede un prisma birfrangente

- ▼ Blinker-Comparator costruito dall'associazione Ternana Astrofili M. Beltrami, osservatorio di Stroncone Santa Lucia, Terni



Le due lastre sono illuminate da una sorgente artificiale che può illuminarle entrambe oppure alternativamente l'una o l'altra. Una volta che le lastre sono state allineate con micrometrica precisione, nella visione binoculare le due immagini si sovrappongono, originandone una soltanto.

Illuminando alternativamente l'una o l'altra lastra, cambia però continuamente nella visione l'immagine 8effetto *blink* e se in una delle lastre è presente un oggetto che non compare nell'altra l'occhio riesce a distinguere nella lastra in esame il corpo non presente nella lastra campione (od ad escluderne l'esistenza).

Se effettivamente compare un corpo non presente nella lastra di riferimento, viene effettuata una nuova fotografia del campo celeste per essere sicuri che non si tratti di una macchia sulla pellicola, ed in caso negativo si cominciano a svolgere i calcoli per individuare se il corpo fosse già stato osservato.

Questa complessa procedura utilizzata ancora nei primi anni novanta, è stata soppiantata dal calcolatore e da appositi software che disponendo di archivi permettono in tempo reale di allineare i campi stellari, *blinkarli*, accertare l'eventuale scoperta di pianetini fornendone altresì coordinate, orbita e misure fotometriche, individuando istantaneamente l'eventuale scoperta di un nuovo oggetto.

#### Blinking Planetary

**Bliss Nathaniel** (1706 - 1764)

**BL Lacertae, oggetti**

**blooming**

**blue moon**

**blu, foglio**

**blu, spostamento**

**blue straggler**

**BN oggetti**

**Bode Johan Elert** (!747 - 1826)

**Boaga Giovanni**

**Bode, legge**

**Boezio Severino** (480 circa - 525)

**Bohr**

**Bok Bartolomeus Jan Bart** (1906 - 1983)

**Bok, globuli**

**bolide** Metora brillante che supera la magnitudine apparente  $-3 \rightarrow$  meteoriti.

**Bologna, osservatorio**

**bolometrica, luminosità**

**bolometrica magnitudine**

**bolometro**

**Bolton John Gatenby** (1922 - 1993)

**Boltzmann, costante**

**Boltzmann, equazione**

**Bonati**

**Bond-albedo**

**Bond George Philips** (1825 - 1865) Astronomo americano che si dedicò allo studio del sistema solare ed in particolare all'astrofotografia, ottenendo nel 1850 la prima significativa fotografia della Luna.

Si dedicò particolarmente allo studio della brillantezza comparata del Sole, della Luna e di Giove, e pubblicò un articolo sulla cometa Donati del 1850.

Bond è ricordato soprattutto per gli studi sull'  $\rightarrow$  albedo e per la relazione che reca il suo nome.

**Bondi Hermann**

**Bonner Durchmusterung**  $\rightarrow$  **catalogo astronomico sub «Cataloghi di posizione»**. Atlante-catalogo pubblicato nel 1863. L'atlante raccoglieva 65 carte celesti. Il catalogo a datare dal 1876 fu ampliato dall'*Astronomie Gesellschaft* e contiene circa 320 000 stelle fino alla 9<sup>a</sup> magnitudine.

**BOOMERANG** Acronimo di *Balloon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics*

**Boomerang, nebulosa**

**Boote, vuoto**

**Bootes**

**Borda Jean-Charle** (1733 - 1799)

**boreale**

**Borelli Giovanni Alfonso** (1608 - 1679)

**Borexino**

**Borrelly, cometa 19P/-**

**Bortle John E.**

**Bošković Ruggero s. J.** (1711 - 1787)

**bosone**

**Boss Lewis** (1846 - 1912) Astronomo ... direttore dell'osservatorio di ... redasse il **General Catalogue of 33 242 stars.**  
→ [catalogo astronomico.](#)

**Bouhuer Pierre**

**Boulliau Ismaël** (1605 - 1694)

**Bowditch Nathaniel** (1773 - 1838)

**Bowen Edward George** (1911 - 1991)

**Bowen Ira Sprague** (1898 - 1973)

**bow shop** ?????

**Boyden, osservatorio**

**bracci a spirale**

**brachinite**

**Brackett, serie**

**Bradford Robotic Telescope**

**bradisismo**

**Bradley James** (1693 - 1762)

**Brahe Tycho** → [Tycho.](#)

**Brahmagupta** (598 - 670 circa)

**Braille**

**Brayerbrook, osservatorio**

**Brans-Dicke, teoria**

**Brashear John Alfred** (1840 - 1920)

**Braun Werner Magnus Maximilian von** (1912 - 1977) Fisico tedesco che collaborò con il terzo Reich nell'attuazione dei programmi missilistici che sfociarono nella costruzione delle V1, V2 e nella progettazione della mai lanciata V7.

Al termine della guerra fu reclutato dagli Stati Uniti per l'attuazione del progetto missilistico e spaziale americano,....

**breccia**

**Brembate, osservatorio** Osservatorio astronomico non professionistico situato a Brembate di sopra in provincia di Bergamo e gestito dal circolo astrofili bergamaschi in collaborazione con gli enti locali che hanno realizzato la struttura.

L'osservatorio è parte di un vero e proprio parco astronomico che comprende oltre ad un giardino didattico, anche un planetario con una cupola di 8 m di diametro e capienza per 50 posti prodotto dall'americana Spitz, nonché di una sala convegni con una capienza di circa 120 posti.

La torre che ospita l'osservatorio, alta più di 30 metri, è stata costruita in parte demolendola ed in parte riadattandola, un vecchio serbatoio dell'acqua ed è stata destinata alla sede del telescopio, mentre a fianco di questa è stata edificata un'altra torre per consentirne l'accesso.

▼ Osservatorio di Brembate: il telescopio con l'eliostata



L'intera costruzione ottica e meccanica è stata realizzata in Italia. Il telescopio ha un'obiettivo di 300 mm della ditta **Zen**, ed è costituito da un obiettivo apocromatico spaziatizzato con focale di 5 m (F/16,7).

Sotto le torri, parzialmente visibile nell'immagine in basso in questa pagina è collocato il planetario digitale.

Geniale risulta la soluzione adottata per rendere la montatura del telescopio funzionale anche come eliostato. Come si evidenzia dalla foto, uno specchio piano situato nel lato Sud dell'asse polare della montatura, segue il Sole durante il percorso, rinviando il fascio luminoso prima su un altro specchio posto sulle pareti della cupola, quindi all'interno del cilindro cavo che supporta la montatura, che con rinvio a 45° invia finalmente il fascio luminoso in basso, proiettando l'immagine del Sole su uno schermo, e consentendo la visione delle macchie, della granulazione e delle facole.

L'osservatorio è stato inaugurato nel marzo del 2008, ed assolve alla dolce funzione didattica-divulgativa e di ricerca astronomica.

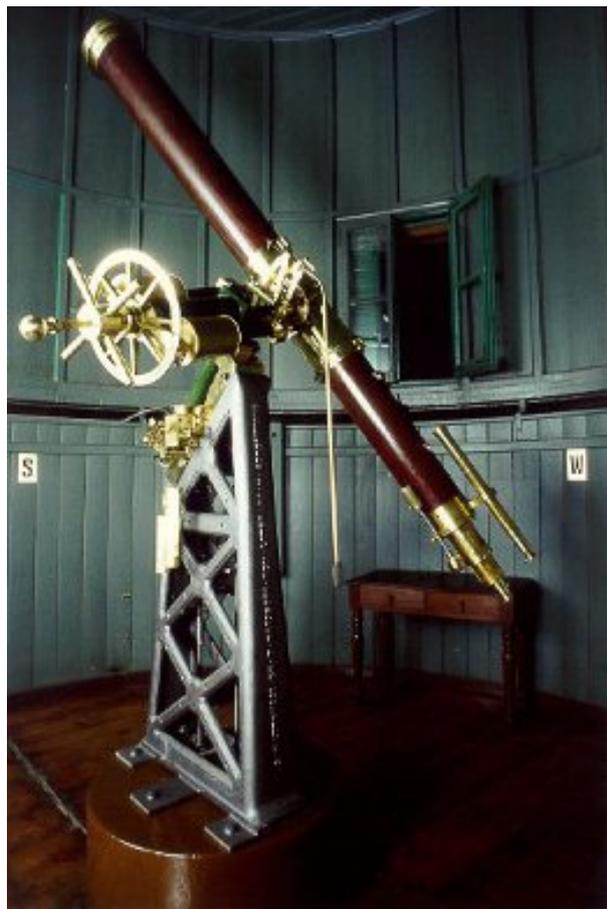
**bremsstrahlung**

**Brera-Merate, osservatorio** L'osservatorio di Brera nel 1760 per impulso dei gesuiti P. Bovio e D. Guerra lettori del locale collegio e parte integrante dello stesso.

Nel 1764 sotto l'impulso del gesuita di origine dalmata **R. Bošković** e con elargizioni dello stesso ebbe nuova vita la specola che sotto la direzione di P. L. La Grange (non il celebre matematico) iniziò una serie di osservazioni, soprattutto meteorologiche.

Nel 1773, a seguito della soppressione della Compagnia dei Gesuiti, divenuto proprietà statale, l'osservatorio ricevette una nuova organizzazione incominciando a pubblicare dal 1775 una serie di effemeridi astronomiche che si protrarranno sino al 1874.

- ▼ Il primo rifrattore Merz dell'osservatorio di Brera dopo il restauro della fine del secolo scorso. Questo strumento fu poi sostituito con un rifrattore da 488 mm; fonte Osservatorio Brera-Merate



La specola di Brera era dotata all'epoca di strumenti notevoli: quadranti, sestanti, un piccolo telescopio a riflessione con micrometro, ed un equatoriale usato soprattutto per l'osservazione dei pianeti e delle comete.

Cessato l'ostracismo contro i gesuiti, rientrato il padre Bošković, questi arricchì l'osservatorio con un quadrante di **Ramsden**.

In questo periodo l'osservatorio svolse più che altro operazioni di geodesia compilando carte della Lombardia e del ducato di Parma. Nonostante l'occupazione napoleonica, l'osservatorio continuò ad accrescere la sua dotazione dotandosi (1810) di uno strumento dei passaggi e di un cerchio moltiplicatore usati per oltre cinquant'anni.

Uno dei più prestigiosi direttori in questo periodo fu B. Oriani che compilò un catalogo di 40 stelle e si dedicò allo studio della rifrazione atmosferica. Alla sua morte beneficiò l'osservatorio con un lascito di 200 000 lire, e grazie anche a questo munifico contributo all'osservatorio s'iniziarono a tenere regolari corsi di astronomia.

Passata la Lombardia sotto il governo austriaco, l'osservatorio svolse principalmente ricerche meteorologiche, con poco riguardo all'astronomia.

Dopo la relazionazione dell'unità d'Italia, l'osservatorio si arricchì di un nuovo strumento, un rifrattore Merz commissionato da **G. V. Schiaparelli**, da pochi mesi direttore dell'osservatorio: novembre del 1862. Si tratta di un rifrattore con obiettivo, un doppietto crown-flint, di 218 mm di diametro ed un rapporto focale  $f/14,5$ ; il tubo risente della costruzione classica dei rifrattori del primo ottocento del Fraunhofer di cui il Merz era allievo,

essendo costituito in legno d'abete impiallacciato in mogano. La montatura equatoriale è quella detta *alla tedesca* ed è a composizione mista: parte in ferro (gli assi) e parte in ottone, e poggia su una struttura tronco-piramidale in ghisa. Il moto orario era assicurato da un sistema a gravità che non funzionò mai a dovere.

La dotazione strumentale comprendeva sette oculari (che sono spariti), un micrometro filare e un cercatore.

Lo strumento fu consegnato nel 1865, ma venne collocato in sede soltanto nel 1875 e doveva servire, nella primitiva intenzione di Schiaparelli, all'osservazione di comete, stelle doppie e asteroidi, e fu solo casualmente che Schiaparelli si dedicò all'osservazione planetaria compiendo le osservazioni su Marte che gli dettero tanta celebrità sulla fine del secolo XIX.

Successivamente la ricerca astronomica si è trasferita a Merate...

### Brig Star Catalogue

brillanti solari

Brilliant, cometa

B ring

British Astronomical Association

British Astronomical Society

British National Space Centre

Brocchi, ammasso

Brocken, spettro (arco) → gloria.

Broglio Luigi (1911 - 2001)

Brooks, cometa

Brorsen, cometa (5D/???)

Brorsen-Metcalf (cometa 23P/???)

Brouwer Dirk (1906 - 1966)

Brown Ernst William (1866 - 1938)

Brown Robert Hanbury (1916 - 2002)

brown darf VEDI ????????

**Bruno Giordano** (1548 - 1600) Uno dei massimi filosofi naturalisti e pensatori di tutte le epoche.

Impregnato di umanesimo e rinascimento, proiettato per lo spirito libero molto al di là della sua epoca, teologo, filosofo e ricercatore, non limitò il pensiero alle speculazioni filosofiche ancora in massima parte al tempo di stampo post-aristotelico, ma si spinse oltre queste e oltre i mondi visibili, teorizzando un sistema cosmologico nuovo che se fondava ancora sulla tradizione filosofica e scientifica, faceva della realtà deducibile dall'esperienza un momento cardine della speculazione.

Il prezzo della libera indagine e della coerenza in momenti storici in cui non c'era posto per un pensiero *non allineato*, al di fuori cioè degli insegnamenti cattolici, fu il supplizio.

- *Biografia*
- *Il pensiero filosofico-scientifico*
- *Cosmologia bruniana*

▼ Presunto ritratto giovanile di G. Bruno. Da una litografia di *Leben und Meinungen*, di T. A. Rixner e T. Siber, 1824



■ **Biografia.** Nativo di Nola, vicino a Napoli, allora piccolo centro, compiuti i primi studi sotto la guida di un religioso, frequentò giovanissimo l'Università partenopea e quasi contemporaneamente fece ingresso nel convento dei Domenicani Predicatori di Napoli, mutando secondo la regola il nome originario da Filippo in Giordano.

Novizio nel 1565, studente in teologia nel 1572, dottore in Teologia nel 1575, già nel 1576 abbandonava l'abito monastico perché in sospetto d'eresia per la lettura dei lavori di Erasmo e per la difesa delle idee di Ario sanzionate dal Concilio di Nicea del 325. Temendo la prigione fuggì a Roma ed iniziò a girovagare per l'Europa. Nel 1577 fu a Savona, poi a Torino quindi a Venezia, che abbandonò presto per via di un'epidemia.

Indossato di nuovo il saio, si recò a Ginevra ove si spogliò nuovamente, e indossate cappa e spada fu al servizio del marchese G. G. Caracciolo che nella cittadina elvetica aveva fondato la comunità evangelica italiana. Nell'occasione si avvicinò alla chiesa calvinista, da cui pure fu presto allontanato.

Si recò allora in Francia. Dopo un breve soggiorno a Lione fu a Tolosa, per due anni lettore all'Università, e compose qui una delle sue prime opere, un trattato sulla memoria andato perduto. Temendo di essere coinvolto nelle lotte fra Ugonotti e Cattolici si rifugiò a Parigi, e insegnò all'università materie inerenti la Sfera di **Sacrobosco**. In Francia pubblicò il *De umbris idearum*, il *Cantus Circaeus* e il *Candelaio*, lavori in cui assume nette connotazioni il suo pensiero incentrato sul neoplatonismo, mentre una parte notevole dei suoi interessi s'indirizzava sempre più verso il soprannaturale visto in proiezione magica. Durante questo soggiorno acquistò il favore e la protezione del re Enrico III ammirato dalla sua capacità mnemonica, e tanto salì in stima presso di lui che questi lo inviò in Inghilterra quale proprio rappresentante al seguito dell'ambasciatore.

In Inghilterra tenne lezioni ad Oxford e Londra, e pubblicò alcune fra le sue opere maggiori: *La cena delle ceneri*, *De causa*, *De infinito universo*, *De la causa principio e Uno*, *Degli eroici furori* e diverse altre che godettero di notevole seguito in Europa ed Italia, ma che non potevano attirargli certo le simpatie delle gerarchie ecclesiastiche cui cominciava a giungere fama del suo

libero pensiero predicato per di più in terre che da qualche tempo s'erano ribellate all'autorità religiosa romana.

Ad Oxford, tenne lezioni (1583) sul copernicanesimo, ma per la grettezza di un ambiente profondamento vecchio mentre faceva mostra di aspirare ad un rinnovamento, non godette di gran seguito. A pochi anni dalla morte, nel 1604, senza nemmeno il dovuto rispetto *pro defunctis*, l'arcivescovo di Canterbury, tale G. Abbot, si esprimeva su di lui definendolo *l'omicciattolo italiano che fra l'altro tentò di far stare in piedi l'opinione di Copernico, per cui la Terra è in moto e i cieli sono fermi, mentre era soltanto la sua testa a girare*. Il periodo inglese fu comunque fecondo, ma quando Enrico III richiamò l'ambasciatore, Bruno fece ritorno a Parigi e riprese l'inquieto peregrinare.

Nel 1590 fu in Germania, dove il suo insegnamento ed i suoi libri godettero di ampio seguito acquistando un'eco che tuttora continua, quindi fu a Praga, Francoforte e Zurigo. Entrato in contatto con il patrizio veneziano G. Mocenigo, questi lo invitò a Venezia, forse colpito anch'egli dalle sue prodigiose facoltà mnemoniche. Bruno accettò l'invito. Sostò dapprima a Padova, dove probabilmente gettò i semi che faranno poi germogliare il movimento dei Rosacroce, e quindi fu a Venezia, introdotto nei salotti della città molto attenti ai discorsi magico-cabalisti. In una città cosmopolita, aperta a diverse culture, libera, Bruno si sentì finalmente sicuro di professare spregiudicatamente le proprie idee, ma errava profondamente.

Per motivi che restano ancora nella sostanza oscuri, Bruno dovette entrare in forte contrasto con il Mocenigo, tanto che questi lo denunciò al Sant'Uffizio. Grazie all'abilità dialettica Bruno era riuscito a incanalare il processo a favor suo, ma mentre si trovava ancora in carcere gli incartamenti giunsero a Roma, e lo spirito acceso della controriforma non spingeva a replicare un mite comportamento nei suoi confronti.

Condotta nel 1593 a Roma, iniziò da questo momento il calvario di Bruno protrattosi per sette anni durante i quali le istituzioni ecclesiastiche cercarono con ogni mezzo, tortura compresa, di convincerlo all'abiura ed alla recusazione degli scritti che lo inchiodavano all'accusa di eresia. Anima del processo fu il cardinal Bellarmino, che più tardi rivestirà medesimo ruolo accusatorio nei confronti di Galileo.

La predicazione di Bruno aveva assunto agli occhi della Chiesa i connotati della sovversione, ed in quel delicato periodo, con lo scisma che ancora ci si illudeva di ricomporre, con il mondo islamico che premeva da oriente, con la diffusione sempre più spinta della magia, idee non consoni al dogmatico insegnamento cattolico non potevano essere tollerate, per di più da parte di un religioso. Bruno nell'animo s'era ormai allontanato da anni, dallo spirito ecumenico: a lui che aveva visto il mondo come pochi, che come pochi aveva intrattenuto rapporti con le più brillanti menti del tempo, quel processo non poteva apparire diverso da quello che era: una farsa ideologica; considerandosi un libero pensatore infine non abiurò e non si pentì di nulla.

Falliti i tentativi di condurlo ad un ragionevole ripensamento, trascorsi gli ultimi mesi fra abiure parziali e successive ritrattazioni, il 17 febbraio dell'anno 1600 Bruno fu condotto al patibolo con un morso sulla bocca per evitarli di proferire parola contro le istituzioni ed arso vivo affinché, secondo la trista usanza del tempo, l'anima si potesse separare dal corpo. Non gli fu riservata neanche l'estrema *pietas* concessa in genere ai penitenti, lo strangolamento prima di essere dato alle fiamme.

Il suo ultimo gesto fu volgere il capo mentre gli veniva avvicinato il crocifisso, un simbolo dal quale forse non s'era mai allontanato, ma che riteneva certo non gli potesse essere porto da mani che riteneva indegne.

La sua morte passò sotto silenzio: Galileo non disse una parola, Thyco lo schernì chiamandolo *Jordano Nullanus*, Voltaire lo dichiarò una sprovveduto morto per idee confuse e contraddittorie, e solo dalla Germania si levò la voce di Keplero ad onorare le sue prodigiose intuizioni rimproverando Galileo dopo la scoperta dei satelliti medicei di non aver dato ascolto a quei predecessori (Bruno compreso) che lo avevano aiutato a giungere alla scoperta.

■ *Il pensiero filosofico-scientifico*. La complessità spirituale e il furor cognitivo di una mente poliedrica come quella di Bruno esigono ovvi approfondimenti del pensiero nelle debite sedi, e succinti riferimenti alla sua filosofia rappresentano qui i minimi presupposti per l'esplorazione del suo mondo.

Premessa la prioritaria scontata considerazione che Bruno (per scelta, non per incapacità) non fu né astronomo né matematico, per quanto ne sapesse abbastanza dell'una e dell'altra, il primo problema della sua cosmologia riguarda la validità letteraria delle sue tesi, la probabile coerenza scientifica dei modelli proposti, questione analoga a quella che si pone per le cosmologie avanzate dopo di lui da G. W. Leibniz e I. Kant e nell'epoca contemporanea da scienziati come I. Prigogine (per citarne uno) che hanno fatto dello sconfinamento degli studi nella cosmologia un momento essenziale dell'attività di ricerca.

Se oggi dal mondo scientifico non sarebbe tollerata (quanto a ragione o a torto è davvero altro discorso) una teorizzazione cosmologica esposta da chi non in possesso dei relativi titoli accademici, la situazione non è poi sostanzialmente diversa da quella dei tempi di Bruno quando le uniche teorie cosmologiche ammissibili erano quelle non in contrasto con la Chiesa. In non pochi casi le autorità accademiche continuano ad ostentare intolleranza verso teorie formulate da colleghi non allineati, giudicate come nel passato «eretice»: il caso H. Arp è sintomatica espressione di quest'atteggiamento.

E se né Leibniz, né Kant, né Prigogine hanno mai esposto il loro pensiero in forma di commedia, va rilevato comunque che la rappresentazione formale non può essere considerata elemento discriminatore per accettare o recusare una teoria, a meno di negare validità storico-scientifica a tutto il pensiero del periodo greco e neoclassico, da Platone, Aristotele, Plutarco e giù giù sino ai dialoghi di G. Galilei, Copernico compreso, che più di Bruno fu solo sistematico. Il punto focale è dunque un altro: vedere se l'avvicinamento da parte di Bruno alle questioni cosmologiche sia, per quanto i tempi consentivano, scientificamente corretto, alieno cioè non solo da pregiudizi e dogmatismi (e da questo punto di vista è difficile nutrire sospetti), ma anche fondato su reali deduttive considerazioni.

In campo filosofico Bruno fu soprattutto un neoplatonico. Da Platone trasse in principio soprattutto il mondo delle idee del *Candelaio* e del coevo *De umbris idearum*, in cui inizia a delineare il suo sistema: al centro è il Sole e il mondo delle idee (gli archetipi), fuori di questo cerchio sono soltanto le ombre delle idee, sentimenti e passioni come la cupidigia, la brama di potere, ... frutto inconscio di pseudoculture, e come tali condannabili, che generano l'ulteriore sfera delle *oscenità*.

Se l'avvicinarsi alla scienza non costituì mai un lato episodico della sua sete di sapere, il momento di uno spirito «anche», e «soprattutto», scientificamente curioso, se rappresentò piuttosto l'esigenza di concepire un sistema in cui teologia filosofia e scienza non fossero parti antitetiche di un universo che doveva trascendere l'immanenza osservativa ed estendersi sino ad una più vasta cosmologia, va precisato che l'interesse cosmologico non è una singolarità del pensiero bruniano, ma costituisce piuttosto una comune quanto classica metodologia di approccio ad una più vasta concezione filosofica.

Da questo punto di vista Bruno è legittimo figlio del suo tempo: elementi primordiali di cosmologia si rinvergono nella *Genesis* come in quasi tutti gli scritti di filosofia classica, e l'impronta umanistica-filosofica non durerà solo sino a Copernico, ma si estenderà nella concezione sino ai *Principia* di Newton.

Bruno fu dunque, e piuttosto, un libero pensatore che spinse l'indagine filosofica e teologica a compiere incursioni nel mondo scientifico nel tentativo di raffigurarsi un universo nuovo toccando problemi cosmologici con una intuizione, più che visione, davvero futurista, tanto rivoluzionaria che riuscì ad inimicarsi non soltanto lo scontato rancore della chiesa ma anche quello della scienza contemporanea.

■ *Cosmologia bruniana*. La cosmologia di Bruno prospetta una filosofia della natura che viene da lontano e affonda le radici sino in Lucrezio di cui riprende i principi secondo cui la verità dei fenomeni è solo quella riferibile all'esperienza sensibile e materiale. In tempi più recenti le altre fonti di Bruno sono P. Bembo, M. Ficino e soprattutto N. Cusano che movendo da impostazioni più teologiche che filosofiche aveva già incrinato il geocentrismo.

Da questi presupposti, Bruno affronta *ex-novo* il problema della costruzione di una nuova cosmogonia fondata sul neoplatonismo ed incentrata sul concetto di *infinitezza* che proprio il Cusano aveva già avanzato.

In questa cosmogonia se si accetta l'idea del Dio creatore e principio unico, ordinatore di tutto ciò che esiste in natura, come pare giusto e naturale per ognuno che sia credente, ne discende che non si può ammettere più che la Terra, intesa come pianeta, occupi un ruolo privilegiato, e che occorra declassarla a semplice «particolare» di una delle molteplici creazioni divine, concezioni queste già sostanzialmente espresse in uno dei primi lavori, il *De umbris idearum* del 1581.

Riconoscendo a Copernico, che stima fra i massimi astronomi, il merito di aver ristabilito la verità riproponendo un valido modello per secoli negletto (: il filosofo disprezza l'«anonima» prefazione al *De revolutionibus* di A. Oslander che presenta il sistema copernicano come probabile), Bruno osserva tuttavia che la cosmogonia copernicana è limitata: l'approccio è innanzi tutto troppo matematico, e secondariamente Copernico considera soltanto il Sole al centro dell'universo, trascurando le stelle (*infra*) quali centri di altri sistemi.

Ne *La cena de le Ceneri* la visione classica del mondo (terra sotto e cielo sopra) è rigettata: non c'è più posto per questa rigida dicotomia che vedrebbe comunque la Terra ancora in posizione centrale. *Sopra e sotto* sono dappertutto e da nessuna parte, e la gerarchia che distingue fra sopra e sotto vale soltanto per ogni singolo mondo, per parti dell'universo.

Bruno si spinge abbastanza in avanti nella concezione eliocentrica tanto che (*De immenso*) disegna anche lo sviluppo del movimento coordinato Terra-Luna e Mercurio-Venere, raffigurandosi la coppia di corpi come un sistema doppio. La valutazione negativa *ex-post* di questo modello, sulla base delle osservazioni sperimentali a quei tempi – va notato – non disponibili, è stata spesso usata per escludere Bruno dai precursori della moderna ricerca scientifica.

A parte la considerazione che Bruno non fu il solo ad ipotizzare siffatti modelli, ed a parte ancora il fatto che seguendo tale logica dovremmo contestare a Copernico l'eliocentrismo e negargli il ruolo d'innovatore per le tante inesattezze su cui è fondato il suo sistema che introduce un solo elemento di novità: la centralità del Sole, il modello di Bruno sembra porsi addirittura come esemplare se anziché considerare lo stato attuale del nostro sistema planetario, si ipotizza lo stato del sistema alla genesi, e allora sarebbe senz'altro possibile immaginare plausibilmente

che entrambe le coppie abbiano avuto origine da una medesima cintura planetaria. Su questo punto per riconoscere valenza alla cosmogonia planetaria bruniana è più che sufficiente considerare che nella sua epoca le idee proposte erano in linea con la filosofia naturale del tempo, e che non si tratta di immaginari sistemi avulsi da ogni probabile realtà.

Se si aggiunge che Bruno – a differenza di Copernico – rifiuta gli epicicli, le sfere cristalline e nega l'etere, ce n'è abbastanza per considerarlo – quantomeno – un felice visionario e un propugnatore di una nuova fisica, ancorché, si ripete, ogni sua teorizzazione e dimostrazione fondi sulla logica filosofica e non sulla matematica, e pure considerando alcune ingenuità come quelle che immaginavano la natura angelica delle stelle.

Ma Bruno *trascende* il sistema planetario e si slancia verso lo spazio infinito. Se in *Articuli contra Mathematicos* aveva osservato che *... astra omnia scintillantia sunt ignes seu soles*, e che *... in sphaera infinita ita motus est infinitus ut et virtus est infinita*<sup>1</sup>, in *De la causa, principio et uno* intende addirittura stabilire i principi della realtà universale. La materia in se stessa non è indifferenziata ma rappresenta uno dei principi della natura, e portando il discorso all'estremo tutta la vita è materia, una materia infinita.

L'universo è dunque uno, ma infinito. Prospettare un universo *copernicamente* finito corrisponde per Bruno, né più né meno, a sistemare di nuovo anacronisticamente ed illogicamente la Terra al centro dell'Universo; e se l'universo è infinito non è possibile immaginare un centro perché questo non esiste, e come l'universo è infinito anche la materia è infinita. Per Bruno la materia non rappresenta altro che una derivata della natura, è essa stessa parte del creato, ma non è una cosa morta, tutt'altro, è potenza attiva ed infinita anch'essa.

Considerando Copernico soltanto come un punto di partenza, ponendo di fatto l'equazione *infinito = libertà*, Bruno ripensa la natura, ed in fondo ripensa anche Dio, la causa infinita che ha creato l'universo. Dio è sì estrinsecazione del mondo, ma non conosciamo lo *stato* di Dio negli attimi seguenti l'atto della creazione, come non possiamo conoscere Dio se non per quanto è rivelato, e ancora Bruno si slancia in una filosofica disamina fra «causa» e «principio» sfruttando gli esempi scolastici a disposizione.

Insomma tutta la fisica di **Aristotele** (che chiama sempre con disprezzo *il sofista*) è rigettata. Ce n'era abbastanza per inimicarsi i mondi dotti d'allora, e contro queste visioni si scaglieranno **Tycho**, **G. Galilei** e **Keplero**.

Ma la vera novità del pensiero bruniano sta forse nel fatto che lo spazio infinito da lui immaginato spazza via ogni diversità fra fisica terrestre e celeste.

Affermando che lo spazio è uno, omogeneo, esteso ovunque e sempre eguale a se stesso, geometrico e senza punti di riferimento, anticipa tutte le teorie del XVIII e XIX secolo. Se è la sua estrema fantasia a consentirgli d'abbracciare l'infinità dell'universo, se sembra sempre essere posseduto da una crisi mistica nella descrizione di scenari di cui gli è sufficiente intuire la fondatezza per sostenerli con fede incrollabile, tutto è però sempre sostenuto dalla logica che gli consente di avvicinarsi a ciò che scorge. Bruno cioè coglie, ampliandolo, il valore umano, più che quello scientifico, di quella che sarà poi detta abbastanza impropriamente *rivoluzione copernicana*, una rivoluzione la sua che non sminuisce l'uomo di fronte al nuovo universo infinito, ma ne esalta la capacità indagatrice.

Se Copernico s'era arrestato a considerare, se non ad ammettere, principalmente due centri di gravità (il Sole e i pianeti e il siste-

ma Terra-Luna) Bruno osserva logicamente che ammettere due centri vuol dire non ammetterne nessuno, o negare comunque un qualsiasi centro, e conduce la sua visione cosmologica ad una rappresentazione fisica coerente ammettendo tanti centri di gravità quanti sono i corpi, immaginando di conseguenza un sistema di leggi valido per tutti i corpi.

Le sue visioni, poco o nulla matematicamente supportate (come se Bruno non avesse bisogno della matematica tanto il suo pensiero gli sembrava manifesto), messe in dubbio dall'interesse per la magia che investigava però come componente di un mondo sconosciuto, quasi soprannaturale, conducono ad un panteismo ed ad una immanenza divina che permea tutto di sé, troppo avanti per i tempi e sostanzialmente allora intollerabili.

La magia non era infatti intesa da Bruno nell'accezione che diamo oggi del termine.

Nel *De monade numero et figura* Bruno parla della magia quale mezzo per conoscere i rapporti fra le cose, le figure geometriche, sembrando a lui prodigioso (magico appunto) il modo con cui si combinavano, ed in chiave prodigiosa cercava di andare a cogliere quei rapporti che altri trascuravano o che non vedevano. Anche in questo campo egli viene da lontano, addirittura si riallaccia a **Talete** e ai pitagorici.

Allo stesso modo la sua prodigiosa memoria era da lui sfruttata e ritenuta indispensabile per operare i collegamenti fra oggetti: è la memoria che richiamando le idee delle mente permette di coordinare un discorso e sviluppare un ragionamento. Senza memoria non c'è logica, e quanto più essa è sviluppata ed allenata tanto meglio si può affrontare una tematica richiamando e collegando le idee, i concetti, gli esempi.

Stretto figlio e parente dell'umanesimo classico, non dando nulla per scontato, Bruno anticipa alle soglie del Seicento che non vedrà l'epoca dei lumi che pone in discussione tutto ciò che non sia fondato sulla ragione, ma per lo stato della situazione in Europa, e specie in Italia, al suo pensiero non fu concessa la rilevanza che meritava.

In campo filosofico ispirò senz'altro le monadi di Leibniz, ed in campo storico G. B. Vico riprese senz'altro da lui non solo il disprezzo per la *boria dei dotti*, ma anche l'avvicinamento scientifico filosofico-naturalista allo studio della storia.

Credo abbia ragione R. Migliavacca quando sostiene [207] che in Bruno è possibile rinvenire tracce del misticismo di un **Anasimandro** confuse ad un lungimirante razionalismo di stampo democriteo, mutuando dal primo la fantastica visione dell'universo, e dal secondo la necessità di supportare logicamente il sistema che prospettava.

Ma forse il miglior giudizio su Bruno è stato espresso dal Diderot nel compilare per lui la voce dell'*Encyclopédie*, quando scrisse che Bruno era nato poeta, e che se solo l'impeto dell'immaginazione gli avesse concesso di dare sistematicità ai suoi scritti, pochi sarebbero davvero i filosofi a lui paragonabili.

**Bruno Giordano, cratere** Crateresituato nel lato nascosto della Luna visibile solo durante le **librazioni** favorevoli, ma anche in questo caso solo parzialmente e senza esaltazione di particolari.

Attorno al cratere si trova abbondanza di materiale espulso sino ad una distanza di 300 km che mostra rispetto alla zona circostante diversi valori di **albedo**. La particolare conformazione del cratere che presenta un bordo esterno marcatamente chiaro, lascia supporre che si tratti di una formazione geologica relativamente recente, la cui età potrebbe essere inferiore ai 350 milioni di anni.

Osservazioni del giugno 1178 fatte poco dopo il tramonto da parte di alcuni monaci di Canterbury che stavano osservando in

1. ... tutti gli astri scintillanti sono fuochi o soli; come il moto è infinito nella sfera infinita anche la forza è infinita.

quella direzione, riportano che nella regione in ombra si svilupparono *corni di luce*. Se il racconto storico fosse rispondente al vero, potrebbe trattarsi di un cratere d'impatto relativamente recente, in quanto effettivamente la forza d'urto dell'impatto stesso genera materiale fuso dalla superficie del corpo colpito dal bolide in accordo con la descrizione fornitaci, e si avrebbe corrispondenza nella località d'impatto, e la conformazione a raggiera si accorda con la giovane età dello stesso. La datazione è comunque controversa ritenendosi che un'implosione in grado di generare un cratere di 22 km avrebbe dovuto sollevare una enorme quantità di detriti, al punto che questi si sarebbero dovuti riversare sulla Terra generando una tempesta di meteorie di cui però nessuna cronaca fa cenno.

**BS** acronimo di *Bright Stars Catalogue*, → **catalogo astronomico**.

**buco bianco**

**buco coronale** rinvio a corona philips

**buco nero**

**buco nero di Kerr**

**buco nero di Schwarzschild**

**buckminsterfullerene**

**Bulino** → **Caelum**.

**Bulletin de la Société astronomique de France**

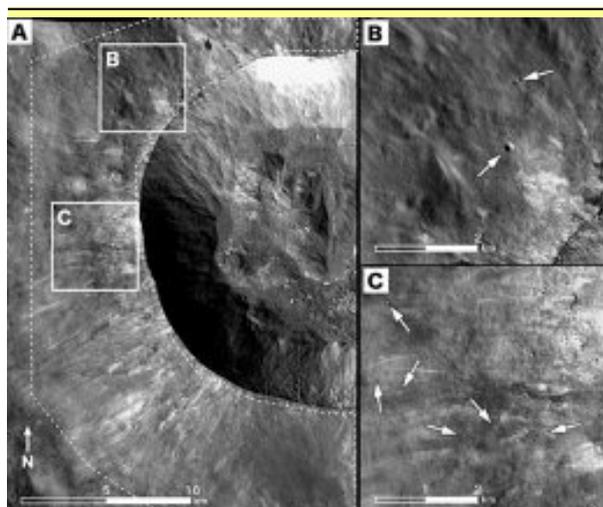
**Bullialdus**

**Burbidge Geoffrey Ronalds** (1925 - ), (1919 - )

**Bunsen Robert** (-)

**Bunsen, fotometro** → fotometria.

**Burbidge Geoffrey** (1925 - )



$\lambda$	$\varphi$	mld anni	d	h	h/d
4° W	27°7' N	3,8 - 3,2	83 km	2,15 km	0,0259

▲ Dati del cratere Giordano Bruno. Da *Meteoritics & Planetary Science*, vol. 44, 8. **Terrain** Camera Kaguya della Japan Aerospace Exploration Agency

**Burges, corpo nero** Vedi → luce, flusso luminoso.

**Buridano Giovanni** (1300 circa - 1358) Filosofo-naturalista francese conosciuto anche come Joannes Buridanus. Allievo di Guglielmo di Ockam, si staccò in seguito dalle sue teorie attaccandolo anche pubblicamente.

In campo scientifico fu un sostenitore re della *teoria dell'impeto*, seconda la quale applicando una forza ad un corpo, gli si trasferisce un *impetus* che gli permette di continuare a muoversi con la stessa velocità se non è frenato da ostacoli.

L'idea accennata da Aristotele basandosi sulla considerazione che la freccia una volta scagliata continua a muoversi pur non essendo spinta da nulla perché dietro di esse si formerebbero dei vortici, è ripresa da Filippo.

A questo punto, se si ammetteva l'*impetus*, divenivano superflue le *Intelligenze motrici* che nella fisica aristotelica presiedono al moto dei cieli; in aggiunta, contrariamente ad Aristotele che considerava lo spazio pieno di materia trasparente, Buridano lo considera vuoto.

Buridano fu uno strenuo assertore della sfericità della Terra e della rotazione di questo attorno al proprio asse.

Il famoso paradosso dell'asino che non sa scegliere fra due mucchi di fieno con vicino a ciascuno un secchio d'acqua, ed erroneamente a lungo a lui attribuito, doveva confutare il determinismo causale, secondo il quale ogni azione è casualmente predeterminata. Il paradosso fu confutato strenuamente da Leibnitz nei *Saggi di Teodicea*.

**Burnell Jocelyn** → **S. J. Bel Burnel**.

**Burnham Sherburne Wesley** (1838 - 1921)

**burster**

**Bussola, costellazione della** (1) (*Pyxis*) costellazione australe a Nord della costellazione della Vela. La costellazione fu introdotta nel 1752 da ? La Calle....

**bussola** (2) → **navigazione astronomica**.

Strumento per la navigazione marittima ed aerea funzionante sul principio dell'attrazione magnetica. In archeologia astronomica è usato soprattutto per rilevare l'allineamento di monumenti, sepolture, dolmen,...

Lo strumento è costituito da un ago magnetizzato incardinato su un asse verticale che indica il Polo Nord magnetico. Sotto l'ago è posto un quadrante dove su un cerchio goniometrico tarato da 0° a 360° è riportata la rosa dei venti.

Prima dell'avvento dei radiofari, e soprattutto del GPS, la bussola è stata, dalla sua invenzione, l'unico strumento usato dai naviganti per seguire una rotta tracciata.

■ **Navigazione prima della bussola magnetica**

■ **Sfruttamento del magnetismo terrestre**

▶ *La «pixidis nautica»*

▶ *Bussola magnetica*

■ **Navigazione prima della bussola magnetica**. Prima dell'avvento della bussola magnetica, la navigazione diurna avveniva seguendo l'altezza del Sole nelle varie ore a seconda delle stagioni, e di notte osservando la stella polare ed i principali astri osservabili: la navigazione notturna diminuì sensibilmente nel medioevo.

La navigazione astronomica è attestata da numerosi passi degli scrittori classici, con particolare riferimento all'altezza di un corpo sull'orizzonte: Omero, *Odissea* [V, 270-277]; Lucano,

- ▼ Bussola magnetica *a secco* dei primi decenni del Novecento. I punti cardinali della rosa dei venti sono indicati con la lettera iniziale del nome dei venti



*Pharsala* [VII, 172-176]; Plinio [243, II, 47, 122-125] e diversi altri scrittori e poeti come Saffo, Teocrito, Eraclito,...

Il trattato sulla nautica di **Talete** è andato perduto, ma è certo che i Greci, da sempre attenti ai fenomeni celesti, avessero già a quel tempo compreso il fenomeno della rotazione della volta celeste, e sia che questa fosse spiegata con la teoria geocentrica o con quella eliocentrica, la rotazione della volta e la fissità della polare (all'epoca la  $\beta$  Ursae Minoris) erano comunque usate per la navigazione.

Conoscendo la latitudine della località da raggiungere, era sufficiente spostarsi dalla latitudine d'origine a quella di destinazione (in grado maggiore o minore a seconda della meta da raggiungere) per approdare in un determinato porto.

Delle stelle e dei corpi principali era anche nota la posizione sulla volta celeste nelle varie ore stagionali, ed anche noto era il levare dei corpi che costituivano un punto di riferimento per la navigazione, come il corso del Sole nel giorno.

► *La «pixidis nautica»*. Questa fase intermedia fu rappresentata dalla *pixidis nautica*, la progenitrice delle attuali bussole, in quanto non aveva l'ago posato su un galleggiante immerso in un recipiente, ma sostenuto da un perno amagnetico in bronzo, che presentava già il quadrante goniometrico suddiviso in 360 parti. Molto probabilmente la diffusione della *pixidis* (poi bussola) nel mondo nautico ed il nome stesso di *pixidis* si deve al **P. de Maricourt**, che nell'opera *De magnete* esamina gli strumenti sensibili all'attrazione magnetica.

L'ago della *pixidis*, come quello della bussola a lungo, era costituito di due parti, una in ferro che veniva magnetizzata con la magnetite, e l'altra in materiale amagnetico, generalmente bronzo. Lo strumento non aveva solo la finalità di bussola, ma era compleatto con una *regula*, una *diottra* utilizzata per la misura dell'azimuth solare.

► *Bussola magnetica*. La bussola magnetica è uno strumento per la navigazione marittima ed aerea funzionante sul principio dell'attrazione magnetica di un leggero e sottilissimo ago incardinato su un asse verticale o lasciato libero di galleggiare

in un supporto sferico ove è immerso in un liquido che abolisce l'attrito.

Il principio della bussola si basa sull'interazione fra ago calamitato e campo magnetico terrestre: l'ago si dispone lungo il meridiano, cioè nella direzione Nord-Sud, ciò è possibile in quanto i poli dell'ago non sono disposti lungo la congiungente dei due poli opposti magnetici terrestri: se così fosse l'ago resterebbe immobile.

Il nome deriva senz'altro dai primitivi strumenti d'orientamento come la **bussola pelasgica**, o forse dalla cassetta che la conteneva *bossolo*, da cui in seguito lo strumento prese il nome.

La diffusione nella nautica avvenne quando l'ago galleggiante che all'inizio poggiava su un sughero, fu sostituito con un ago incernierato su un'asta verticale col minimo attrito.

L'innovazione fu introdotta senz'altro dalla repubblica marinara di Amalfi fra la fine del XII e l'inizio del XIII secolo, ma del tutto infondato, secondo recenti studi, è far risalire la paternità dell'invenzione a Flavio Gioia, ed anche se l'umanista Lilo Gregori Giraldi nel *De re nautica* del 1540 fa risalire a questi l'invenzione della bussola, il personaggio non è mai esistito.

Indubbia è comunque la paternità degli amalfitani (nel perfezionamento) di questo strumento, come testimoniano Giambattista Pilo e Flavio Biondi (entrambi del XVI secolo) le cui cronache riconducono alla città del Tirreno.

Nei secoli successivi il cremonese Jannello Torriani applicò la sospensione cardanica alla bussola introducendola sulle navi di Carlo V re di Spagna.

All'inizio i punti cardinali di riferimento erano segnati sulla scatola che conteneva lo strumento, ma fra la fine XV e l'inizio del XVI secolo si cominciò ad applicare sotto l'ago la rosa dei venti.

I passi successivi furono l'illuminazione della bussola, in genere con una candela posta al fianco in un astuccio chiuso da cui fuoriusciva la luce attraverso una finestrella, l'immersione dell'ago in un liquido per limitarne le oscillazioni in presenza del rollio e del beccheggio della nave, e soprattutto l'apposizione di magneti di compensazione a fianco dello strumento quando le navi in legno furono sostituite da quelle in ferro che presentando un forte campo magnetico falsavano la direzione dell'ago.

Le bussole su una qualsiasi imbarcazione o nave vanno tarate con i *giri di bussola* al fine di eliminare errori periodici residuali imputabili al magnetismo residuo presente sull'imbarcazione o alla imperfetta carica magnetica dell'ago.

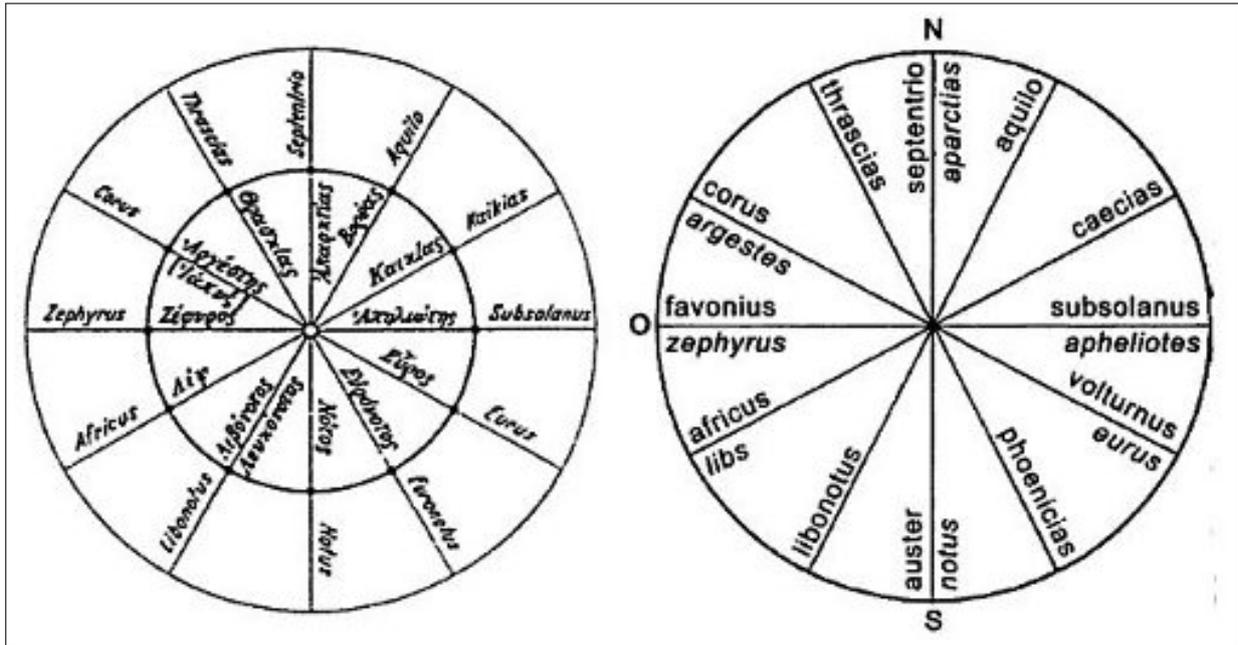
**bussola pelasgica** Strumento denominato anche *pinace* usato dai marinai greci e romani per orientarsi durante la navigazione.

Se ne ha notizia in Vitruvio [332, I, 4], e una bussola pelasgica si trova raffigurata sulla volta della *Tomba delle bighe* a Tarquinia. La bussola (ma il termine – se applicato a quella oggi conosciuta – è improprio) era costituita da un supporto di legno a forma circolare sulla quale era disegnata la rosa dei venti, con gli otto venti principali come quelli rappresentati nella → *torre dei venti* ad Atene.

La tavoletta posizionata a mezza-nave s'incernierava su un perno ed era fornita di un'alidada con mire; ed a seconda dell'inizio della navigazione o (forse anche) del giorno era orientata a levante o a ponente, con correzioni che tenevano conto del moto di declinazione del Sole e della latitudine della nave. Un indice fisso rappresentava la *linea di fede*, ossia la direzione della nave permettendo così di avere la rotta vera.

Di notte veniva usata sfruttando la polare come riferimento e conoscendo la latitudine della nave, operazione alla portata di qual-

▼ Rose dei venti antiche: a sinistra secondo Timostene, a destra secondo Plinio



siasi navigante con buona approssimazione, e la declinazione di un astro si aveva un buon orientamento.

Queste misure presupponevano tuttavia per la navigazione in mare aperto della durata superiore al giorno che ci fosse assenza di scarroccio e deriva, ipotesi più impossibile che improbabile in qualsiasi mare.

#### butterfly cluster

#### butterfly diagram

#### Butterfly Nebula

**BV, indice** colore

**BY Draconis, stelle**

**Byurakan Astrophysical Observatory** Osservatorio armeno fondato nel 1946 da [V. Ambartsumian](#). gestito attualmente dall'Accademia Armena delle Scienze, a seguito del crollo dell'Unione sovietica la sua attività di ricerca si è molto ridotta rispetto al passato. L'osservatorio ha svolto in passato ricerche importanti sulle stelle a [flare](#) e sugli oggetti Herbig-Haro, avendo all'attivo anche la scoperta di molte supernovae.

La strumentazione in dotazione comprende un riflettore cassegrain da 2,6 m di apertura e due camere [Schmidt](#) da 1 m e da 500 mm di apertura.

## C

**3C 48** Radiosorgente **quasar**, uno dei primi due quasar ad essere scoperto.

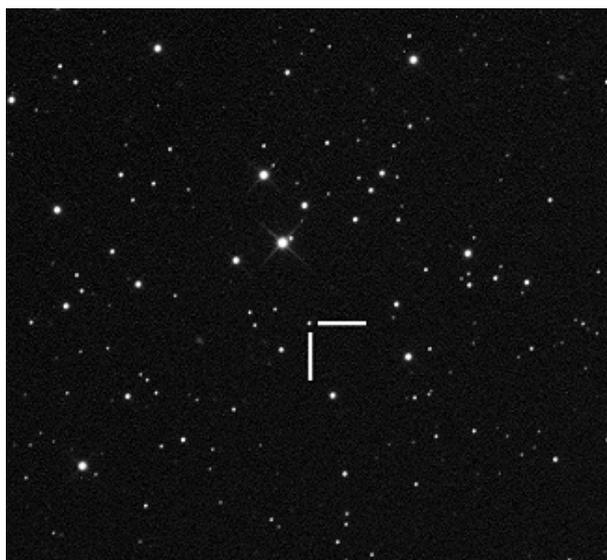
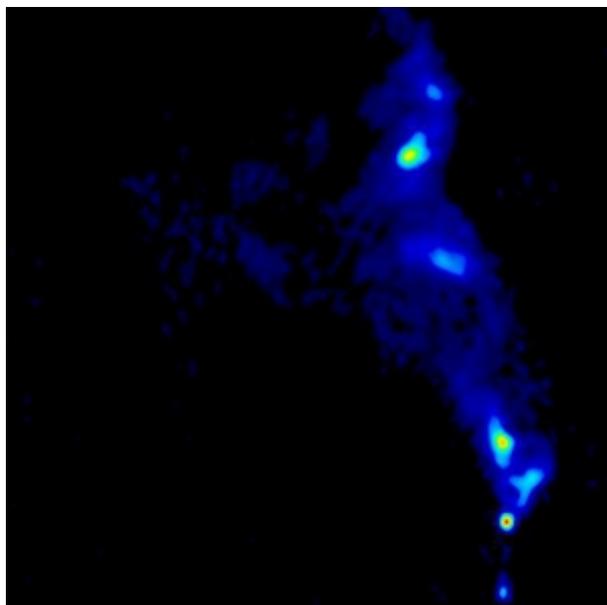
**3C 273**

**3C 274** Virgo A

## C, campo

**C star** Sigla delle stelle al carbonio (*Carbon Star*), stelle di grande massa che traggono energia consumando idrogeno attraverso il ciclo del carbonio.

## Cà del Monte, osservatorio



▲ In alto mappa radio del quasar 3C 48, da *Atlas of DRAGNs*, Wilkinson et al., 1991, Jodrell Bank Centre for astrophysics; in basso la stessa fotografata in ottico da A. Ayiomamitis con rifrattore da 170 mm di apertura

**caduceo** Il vocabolo, dal greco *χρῦκειον*, indica l'*araldo*, l'*insegna*,... e risulta sempre connesso ad un qualcosa (divinità od oggetto) che mostra la via da seguire; sempre in greco *κάλαμος* indica un bastoncino, l'asta su cui il caduceo veniva fissato. Il caduceo si trova spesso abbinato ad Hermes, che accompagnando il gesto con la mano indica una direzione.

Raffigurazioni del caduceo si rinvennero nelle stelle punica (vedi immagine in basso) e nel vaso François conservato al Museo archeologico di Firenze.

Il caduceo è poi transitato nel campo della medicina ove tuttora indica la scuola medica, ed anche in questo caso esso è legato ad Hermes che getta la verga contro due serpenti che stanno lottando.

Se la sacralità non è assente e se la cultura classica tende per lo più ad interpretarlo univocamente come simbolo sacro, tuttavia varie circostanze deducibili da una serie di raffigurazioni, sembrano evidenziare che nel mondo fenicio e punico il caduceo fosse qualcosa di più che un simbolo sacro, e che anzi proprio la sacralità indicasse qualcosa che, pur non compresa, era *sfruttata* nei suoi principi.

Infatti, secondo l'analisi di alcuni raffigurazioni in cui compare, potrebbe trattarsi di uno strumento idoneo all'orientamento durante la navigazione sfruttando le proprietà del polo magnetico terrestre: secondo alcuni (*infra*) il caduceo sarebbe una vera e propria bussola.

Se si addivene a queste proposizioni, che però sono esclusivamente induttive, si può avanzare l'ipotesi che il caduceo fosse, probabilmente, un vero e proprio strumento per la navigazione, una sorta di bussola primitiva, collocato a prua o a poppa della nave, dove era cioè il timoniere [110, cap. II, p. 22 e segg.].

Questa visione interpretativa sembra potersi dedurre anche da alcuni particolari, come quelli presenti nel vaso François e nella stele punica raffigurata in basso: in entrambi i casi la parte inferiore dell'asta è fornita di una sorta di contrappeso altrimenti ingiustificabile in una verga.

M. Pincherle [240] ha proposto una ricostruzione secondo la quale (vedi disegno) il caduceo era posizionato in cima ad un'asta (A) munita di contrappeso (C) per favorirne la stabilità verticale in presenza di beccheggio e rullio, incardinato su strisce di cuoio (B) che fungevano appunto da sospensione cardanica.

Lo strumento vero e proprio (la bussola) sarebbe stato rappresentato dal ferro a forma di O aperta poggiata su una sfera per diminuirne l'attrito ed agevolarne la sensibilità di rotazione.

Va comunque osservato che la suggestiva ipotesi avanzata dal Pincherle di vedere nel caduceo una sorta di bussola primitiva, difficilmente appare reale, perché il peso della O aperta, incernierata sul suo supporto sferico, crea un notevole attrito che impedisce allo strumento che funge da indicatore (la O aperta stessa) di ruotare cercando il Nord magnetico. Tale strumento presunto indicatore del Nord magnetico, proprio per la sua stessa conformazione con i due poli quasi affacciati, avrebbe reso nullo il momento magnetico, ed essendo il campo magnetico terrestre assai debole, la coppia necessaria a far ruotare il tutto non sarebbe stata sufficiente a vincere l'attrito [38].

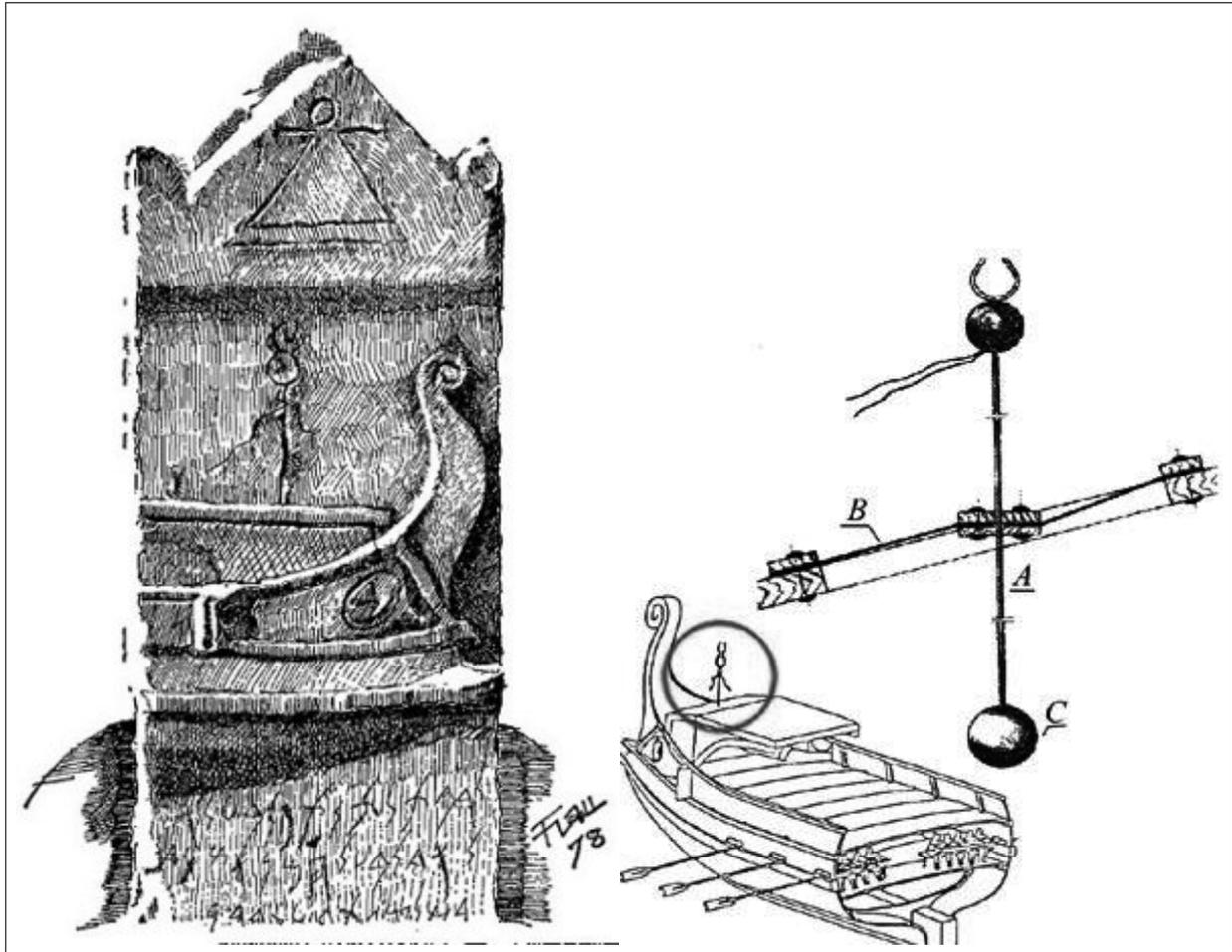
Per approfondimenti → **bussola, bussola pelasgica**.

**Caelum** Costellazione australe. Chiamata in origine *Caela Sculptoris*, questa costellazione fu introdotta da N-L. La Caille nel 1572.

**Calar Alto, osservatorio** Osservatorio tedesco-spagnolo situato nella Spagna meridionale nella regione dell'Andalusia.

Il centro lavora sotto il coordinamento del **Max-Planck-Institut** di Heidelberg e l'Istituto di Astrofisica di Granada., e dispone di quattro telescopi di apertura variabile da 1,5 m a 3,5 m.

- ▼ A sinistra stele punica a Cartagine: nave con presunto caduceo a prua; a destra ipotesi di posizionamento su struttura tipo *cardanica* del caduceo su nave: vedi testo



**Calcagnini Celio** (1479 - 1541) Umanista italiano. Al servizio del cardinale Ippolito d'Este viaggiò molto in Europa ed insegnò all'Università di Ferrara..

Nel 1544 uscì postuma la sua opera *Quod caelum stet, terra moveatur, vel de perenni motu terrae*, in cui Calcagnini sostiene la rotazione della Terra attorno al proprio asse deducendola dalle maree e dall'inclinazione dell'asse terrestre. Tale concezione, peraltro limitata al solo moto diurno della Terra, non può essere sufficiente per considerarlo un precursore di **Copernico**, ma va solo considerata come un ulteriore recepito sintomo d'insoddisfazione scientifica per il sistema tolemaico, senza alcuna proposizione di un valido sistema alternativo.

**Calcidio** (370 - 310 circa) Filosofo greco noto soprattutto per la traduzione del *Timeo* di Platone, un testo di primaria importanza per tutto il medioevo fino alla nuova diffusione nel Rinascimento dei testi platonici. A lui si devono notizie su alcuni filosofi naturalisti dell'antichità come Eraclide pontico.

**caldera(e)** Con riferimento alle aree vulcaniche, il termine denota in geologia una depressione, in genere di forma circolare, formatasi nel terreno a seguito di un'eruzione violenta di magma che origina collassi anche a rilevanti profondità propagandone gli effetti sino alla superficie.

La caldera è una formazione geologica morfologicamente diversa dal cratere che risulta costituito tanto dalla depressione circolare (caldera), tanto dall'azione combinata e simultanea del magma eruttato dalla bocca del vulcano e dalla ricaduta in

questa del materiale eiettato, ed è caratterizzata da un fondo di natura instabile che nel tempo può abbassarsi spostandosi lungo le fratture che lo delimitano che divengono le vie naturali per successive eruzioni o l'origine di fenomeni di **bradisismo**.

Il meccanismo standard di formazione di una caldera nel caso del vulcanismo è intimamente connesso ad una eruzione esplosiva, e quindi le dimensioni della caldera sono in diretta funzione della camera magmatica svuotata durante l'eruzione. Questo meccanismo classico si è mostrato tuttavia insufficiente a spiegare, in alcuni casi, caldere di dimensioni gigantesche a fronte di una modesta attività nella camera magmatica.

In Europa ed in specie nell'Italia centro-meridionale si distinguono diverse caldere di vulcani quiescenti e spenti, alcune riconoscibili solo dall'alto perché la zona è fittamente popolata come quella dei *Campi Flegrei* in Campania, e quindi da tempo sedimentate, altre che hanno invece dato origine a laghi, come quelle di Albano, di Bolsena, di Vico, ecc. Caldere si rinvergono anche nelle profondità sottomarine di vulcani spenti o ancora attivi, e su corpi del sistema solare.

Non sono invece da considerare caldere, in senso stretto, le depressioni che si sono originate per fenomeni erosivi a prescindere da un'attività vulcanica.

Il termine «caldera» denota anche una depressione formatasi sulla crosta di un qualsiasi corpo (Terra, satellite planetario, asteroide, meteorite...) per causa diversa dall'attività vulcanica, a seguito dell'impatto sulla superficie di un corpo planetario di un oggetto comunque proveniente dal sistema solare, quale

- ▼ In alto il cratere e (parzialmente in ombra) la caldera del Vesuvio; fonte Università di Roma 3; in basso caldere sul satellite gioviano Io, mosaico di foto dalle sonde Voyager 2 e Galileo; fonte Nasa-JPL



può essere un meteorite o una cometa: → **cratere d'impatto**, **Arizona meteor crater**.

Corpi come la Luna o Marte, i satelliti gioviani, o anche asteroidi di dimensioni ridotte presentano caldere originatesi a seguito dell'incontro-scontro con un altro corpo precipitato su di essi per attrazione gravitazionale, o anche, in caso di asteroidi, dello scontro fra corpi per reciproca influenza gravitazionale. Nei corpi privi di atmosfera, o con atmosfera rarefatta come Marte, i bacini d'impatto risultano molo più grandi in diametro che non sulla Terra non essendo stati i corpi frenati nella loro discesa dall'atmosfera, conservando pressoché integra la forza cinetica.

Lo studio di questi crateri si è arricchito negli ultimi decenni con le esperienze delle missioni **Deep Impact**, satelliti inviati a distruggersi sulle comete per studiare in relazione alla massa e alla velocità conosciute lo stress geologico originatosi sul corpo

bersagliato (asteroide o cometa); → cometa **Tempel**.

**Caldwell, catalogo** Catalogo compilato dall'astronomo non professionista **A. P. Caldwell-Moore** che in Inghilterra ha svolto un notevole ruolo per la diffusione dell'astronomia.

Il catalogo riporta 109 oggetti del profondo cielo destinati ad integrare quelli dell'emisfero boreale non compresi nel catalogo di **Messier** come le **Iadi** o il doppio ammasso di Perseo, nonché quelli dell'emisfero australe. Il catalogo non ha rilevanza scientifica, è soltanto una guida all'osservatore amatoriale, in specie quello dell'emisfero australe.

Gli oggetti, elencati per ordine di declinazione a partire dall'emisfero boreale, sono indicati come nel catalogo Messier, da un numero progressivo, ed individuati da una sequenza numerica affiancata alla lettera identificativa che è la C e non la M del cognome di Moore, che è ricorso all'accorgimento di usare solo una parte del suo cognome per tenere distinto il proprio catalogo da quello di Messier. Il catalogo è riportato a pagina **324**.

**Calendae** → **Kalendae**.

**calendario** Per l'etimologia del termine → **Kalendae**.

Dal latino *calendarium*: sistema di misura, ordinamento e raggruppamento di periodi temporali di varia lunghezza, determinati secondo fenomeni astronomici e raccolti in un apposito registro a forma tabellare, il «calendario», in cui, oltre i giorni dei singoli mesi sono in genere riportate le fasi della Luna e le festività. Questo è il calendario civile di derivazione astronomica usato per organizzare e coordinare le attività umane.

Altri tipi di calendari destinati alla navigazione navale ed aerea o in particolare all'astronomia dove oltre i giorni dell'anno sono riportate posizioni, altezze, splendori (magnitudini), tempi del sorgere e del tramonto, dei transiti dei corpi celesti ed altri dati di rilevanza astronomica, prendono il nome di **almanacchi**, ed hanno nei **parapegma** i più immediati predecessori. Altri ancora sono i calendari agricoli e liturgici che pur facendo riferimento a fenomeni astronomici li considerano in funzione di opere agricole da compiere o festività sacre da adempiere.

- *Genesi del sistema calendariale*
  - ▶ *Cronologie considerate*
  - ▶ *Il tempo civile*
- *Calendari dell'area mesopotamica*
- *Calendario greco*
- *Calendario egizio*
- *Calendario romano*
  - ▶ *Calendario romuleo*
  - ▶ *Calendario numiano e repubblicano*
- *Calendario giuliano*
  - ▶ *Calendario giuliano «cristianizzato»*
  - ▶ *La settimana*
  - ▶ *Calendario giuliano riformato: gregoriano*
- *Calendario musulmano*
- *Calendario ebraico*
- *Ere sacrali*
- *Calendari dell'area americana*
- *Calendari dell'area orientale*
  - ▶ *Calendario cinese*
  - ▶ *Calendario giapponese*
  - ▶ *Calendario tibetano*
- *Riforma del calendario*

■ *Genesi del sistema calendariale*. Il sistema calendariale era all'origine finalizzato a scandire le epoche dei lavori in agricoltura, un sistema stagionale che raggruppava i periodi salienti dell'anno e che trovava nel capodanno, come inizio di un nuovo

ciclo, il momento rappresentativo astronomico e sacrale, la prima suddivisione temporale su larga scala. Questi primi calendari nacquero ovviamente da osservazioni del cielo, computando i periodi secondo linee tracciate su supporti, arcaici cataloghi più che calendari, di cui sono rimaste solo flebili testimonianze, come i graffiti di Cuma, e che l'**archeoastronomia** cerca d'interpretare.

Gli interrogativi che questi calendari pongono: «quali corpi celesti erano osservati per contare i giorni e più lunghi periodi temporali?», «in quale modo le antiche tecniche di computo si sono poi trasferite negli odierni calendari civili?», si possono risolvere considerando in via prioritaria che l'oggetto principale che regola la vita quotidiana è il Sole che con il sorgere e tramontare scandisce il ripetersi degli eventi. L'astro non può fornire tuttavia alcuna periodicità significativa al di là di quella giornaliera, e se una periodicità a più lungo termine è senz'altro data dal succedersi delle costellazioni, gli antichi dovettero trovare più pratico ricondursi alla Luna che con le sue fasi rappresenta un immediato ed ideale metodo di misura e suddivisione di periodi su riferimenti precisi: al termine di ogni ciclo il nostro satellite torna infatti dinanzi alle stesse stelle (**stazioni lunari**) ogni 27 giorni circa, compiendo il mese cosiddetto **sidereo** perché contato appunto in relazione alle stelle; mentre in 29,5 giorni circa compie un ciclo completo delle sue fasi, mese cosiddetto **sinodico**. Da questi numeri si enuclearono i primi calendari composti di mesi di 30 e 27 giorni che contenevano, secondo consuetudini locali, periodi più brevi come la "settimana degli Inca" ad esempio, articolata su tre periodi di nove giorni dati dalla facile divisione di 27 per 9. Questi calendari erano tutt'altro che immuni da errori, ma furono queste primitive tecniche di computo a condurre agli odierni calendari.

Per una serie di cause fisiche che attengono al moto della Luna ed ad elementi perturbatori della sua orbita, le oscillazioni di questo corpo causano variazioni nel suo moto, ed il mese sinodico non è a durata costante ma presenta una sensibile variazione rispetto al mese anomalistico (il tempo necessario alla Luna per tornare al **perigeo**), variazioni che comportano differenze fra lunazioni reali e calendariali basate sul mese sinodico medio. Sono queste le ragioni per cui i calendari lunari furono abbandonati in favore dei calendari solari che su lunga scala temporale presentano un errore residuale più piccolo.

Riepilogando, i certi fenomeni astronomici secondo cui nelle varie epoche sono stati compilati i calendari, sono: il giorno solare, il mese sinodico e l'anno tropico, con riferimento, secondo la specie, al ciclo lunare, a quello solare, ovvero ad entrambi, raggruppamenti naturali che hanno conosciuto nelle varie epoche, a fini civili, diversi periodi di durata e momenti di principio. La settimana invece va piuttosto considerata un raggruppamento temporale ad uso esclusivo civile e religioso, la cui articolazione su sette giorni ha a vedere storicamente o con la durata media delle singole quattro fasi lunari o con i sette pianeti conosciuti: secondo il sistema geocentrico tutti i corpi sono pianeti.

Di conseguenza i calendari hanno diverso nome a seconda dell'unità di misura temporale presa in considerazione: lunari se considerano i giorni di un ciclo lunare; solari se considerano i giorni di un completo ciclo solare; luni-solari se tendono a conciliare i due cicli: dal momento che 12 cicli lunari non bastano a comporre un anno, si provvede alla mancanza aggiungendo giorni durante un anno solare o mesi se si considerano più cicli solari. Si sono avuti anche calendari cosiddetti *vaghi* basati appunto sull'*annus vagus*, un anno considerato di 365 giorni esatti anziché 365,25 giorni (tale fu il calendario egizio), il nome deriva dal fatto che la data del capodanno è variabile; oppure *calendari d'orizzonte*, quelli di antiche popolazioni che avevano

come riferimento il ritorno del Sole alla medesima posizione visibile un anno prima e che sfruttavano ovviamente l'orografia del territorio.

Di qualsiasi tipo i calendari siano, l'unità base è l'anno inteso come unità numerica crescente di significativa cronologia non sempre contato in riferimento ai cicli solari susseguentesi, ma anche a volte (Egitto) secondo il faraone regnante, ovvero secondo gli arconti e i consoli in carica (Atene e Roma), ovvero ancora secondo l'imperatore o il pontefice regnante, usanza quest'ultima tuttora vigente presso le chiese cattolica ed ortodossa. A partire dalla personalità in carica in quel momento, per l'individuazione del periodo s'indicano gli anni di regno.

Parlare del calendario vuol dire in ultima analisi discutere delle unità di misura temporali previste nel computo, unità di misura relative a vari e diversi intervalli temporali: oltre ai già detti anno, mese, settimana e giorno, anche l'ora, il minuto, il secondo. Tali unità temporali hanno natura, al tempo stesso, astronomica e storica: astronomica perché alcune di queste unità derivano direttamente da fenomeni celesti che si presentano periodicamente ad intervalli di tempo variabili secondo la specie, storica perché alcuni fenomeni sono stati privilegiati rispetto ad altri sino a divenire le unità di misura fondamentali per la regolazione della vita civile e religiosa.

► *Cronologie considerate*. Il termine è usato in senso lato, e non ci si riferisce certo alle cronologie che misurano gli eventi secondo una scala temporale standardizzata, bensì alle metodologie di misura che su base circoscritta (mese e anno) hanno originato i calendari.

Dalle poche premesse sin qui svolte discende comunque che tre sono i tipi di calendari che si possono incontrare: a) *lunari* se fondati esclusivamente sulla Luna e sul mese sinodico come quello islamico; b) *solari* se approssimano al ciclo solare di 365 giorni (circa, *infra*) com'è quello giuliano e gregoriano; c) *lunisolari* se contano i mesi per approssimarsi all'anno tropico, come quello ebraico e (in parte) quello cinese. I periodi astronomici assunti come unità di misura cronologica (→ **anno**, **tempo**...) sono discussi ai relativi lemmi, ma dato che più volte saranno presi in esame, si ricorda a quali corpi si riferiscono e quale sia (oggi) il loro valore stimato.

- *Giorno solare medio*. È l'intervallo di tempo fra due successive culminazioni del Sole al meridiano locale (quello dell'osservatore). Si chiama «medio» perché la sua durata è mediata su base annua.

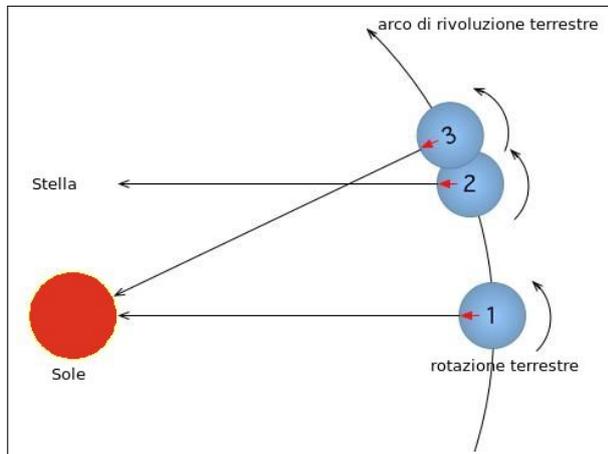
Il giorno solare medio è quindi misurato anch'esso su un *sole medio*, e vale 23 h 56 min 4 s, ritardando rispetto alle stelle fisse di 3 min 56 s al giorno: 24 h in un anno.

Affinché l'osservatore solidale con la Terra possa tornare a vedere il Sole culminare al proprio meridiano, deve compiere assieme al pianeta più di un giro, essendosi anch'egli spostato nell'arco delle 24 ore durante la rotazione terrestre sull'orbita di rivoluzione attorno al Sole (*giorno sidereo* o *giorno vero*) di un minimo valore angolare, che fa comunque una differenza rispetto al giorno medio:  $\pm 20$  s.

- *Anno tropico*. → **anno**. Dal greco τροπή (ritorno). L'anno tropico si trova spesso definito, anche in autorevoli testi d'astronomia, come il periodo impiegato dal Sole fittizio a transitare due volte all'equinozio di primavera, ossia fra due successivi passaggi del Sole vero al punto vernale [289, p. 132], [150, p. 37]. È più esatto definirlo invece (*vedi* discussione al lemma relativo) come l'intervallo di tempo necessario perché la longitudine del Sole cresca di 360° (una rivoluzione terrestre), in quanto a causa della **precessione degli equinozi** che cresce di pochissimo, pure di pochissimo diminuisce (0,53 s/secolo) il valore dell'anno → **tropico**. La durata dell'anno tropico è sti-

▼ **Giorno solare e giorno siderale.**

Il tempo siderale, assunto con riferimento alle stelle, è il periodo che occorre alla Terra per compiere un'intera rotazione sul proprio asse e *puntare* la stessa stella dal meridiano preso a riferimento. Il giorno siderale è così più corto del giorno solare vero di quasi 4 min, che corrispondono a poco meno di 1°. L'osservatore rileva la prima volta il Sole nella posizione 1); dopo 24 ore (posizione 2), compiendo la Terra anche il movimento di rivoluzione, alla medesima ora del giorno antecedente non vede ancora il Sole al proprio meridiano, ma deve attendere 4 min per trovarsi nella posizione 3).



mata in 365 d 05 h 48 min 45,2606 s, equinozio 2000; in valori decimali 365,2422 d. Questa frazione residuale di giorno è stata all'origine dei problemi che hanno da sempre afflitto i calendari. Sulle modalità di riduzione dell'anno in valori decimali *vedi* riquadro in questa pagina.

• **Mese sinodico e siderale.** Il mese sinodico è il ciclo completo delle fasi lunari che si compie in 29 d 12 h 44 min 03s; in valori decimali 29,53059 giorni. Questo periodo, chiamato *lunazione*, è la durata media, perché per l'eccentricità dell'orbita la lunazione oscilla fra 29,30 giorni e 29,83 giorni, con un'ampiezza di 13 ore su un periodo di 413 giorni.

Se il tempo impiegato dalla Luna per compiere una rivoluzione terrestre è contato in funzione delle stelle, si ha il *mese siderale*, che vale 27 d 07 h 43 min 11 s; in valori decimali 27,32166.

► **Il tempo civile.** Giorno mese ed anno, per quanto fondati su fenomeni astronomici, devono raccordarsi con fenomeni della vita civile che fissano i periodi su una base temporale costante non coincidente con quella astronomica, perché non tengono conto delle minime variazioni che giorno ed anno astronomico conoscono, e che a lungo termine divengono significative. Tali accumuli di ritardo furono corretti varie volte nella storia, le riforme più note sono la giuliana e la gregoriana che condusse all'attuale definizione dell'anno civile. Aggiustamenti minimi senza alcuna influenza per la vita d'ogni giorno vengono di continuo introdotti.

L'adozione di un tempo civile comune è relativamente recente, risalendo al 1884 quando fu introdotto il sistema dei **fusi orari** che legava l'ora legale di una località al tempo medio del meridiano centrale di quel fuso. La successiva adozione nel 1925 da parte dell'Unione Astronomica Internazionale del *Tempo Universale* (TU) non costituisce un ulteriore passo verso un tempo civile *globalizzato*, dal momento che il TU basato sul meridiano fondamentale di Greenwich fu concepito principalmente, se non esclusivamente, ad uso astronomico.

Nell'antichità il tempo civile era soprattutto zonale, legato cioè ad una determinata località di particolare interesse storico-politico, come fu per Alessandria, Rodi, Roma... città-stato che ancoravano il tempo civile a determinati fenomeni celesti ori-

Riduzione di ore minuti e secondi in decimali

La riduzione di un valore espresso in giorni, ore, minuti e secondi in espressione numerica decimale avviene secondo questi passi. Prendiamo come esempio il valore dell'anno tropico la cui durata è: 365 d 05 h 48 min 45,2606 s.

Iniziamo per comodità dalle ultime cifre (45,2606) e dividiamole per 60 (il numero dei secondi in un minuto) per ottenere sempre in minuti il valore decimale 0,75443 min.

A questo valore aggiungiamo i 48 min che già abbiamo ottenendo 48,75443 min. Dividiamo ancora il valore per 60 ed otteniamo 0,812573.

A questo valore aggiungiamo le 05 h (ottenendo 5,812573) e dividiamo per 24 (il numero delle ore in una giornata) ed otterremo 0,242190, la parte decimale del numero 365. Il valore dell'anno tropico sarà quindi, approssimando alla quarta cifra, 365,2422 d.

ginando calendari lunari, solari, o luni-solari, e misurandolo tramite meridiani.

I primi calendari furono lunari e basati sul mese come unità fondamentale di misura; il termine deriva dal sanscrito *mas* e vuol dire appunto misura. Essendo composti di un numero di giorni generalmente variabile fra 29 e 30 giorni, insufficienti a formare un anno di 365 giorni corrispondente all'anno tropico, si sopperì a tale insufficienza introducendo giorni detti *epagomeni*, non legati cioè ad alcun periodo dell'anno, oppure introducendo un mese *intercalare* quando i giorni in un mese non permettevano di far quadrare ciclo mensile ed annuale: l'intercalazione sarà discussa per i singoli calendari.

L'inizio del mese era legato all'avvistamento della prima falce lunare, cosiddetta *νομήνια* (: **neomenia**; novilunio, letteralmente: che prende nuova forma), avvistamento considerato presso varie civiltà come inizio del mese, e possibile quando la Luna ha un'età minima di 15 - 18 ore; l'inizio dell'anno all'equinozio di primavera, un momento considerato assieme al solstizio invernale carico di valenze simboliche e religiose.

La carenza di ulteriori informazioni non consente di approfondire significativamente la questione; si può solo aggiungere che la divisione del giorno in parti, che si fa risalire anch'essa alla civiltà babilonese, ha conosciuto nelle varie epoche e presso diverse popolazioni letture completamente diverse: nell'antica Roma, ad esempio, il giorno civile, pur essendo distinto in frazioni temporali, era compreso fra l'alba e il tramonto, in coincidenza con la durata delle sedute del senato.

■ **Calendari dell'area mesopotamica.** Con questa dizione s'indicano i calendari di popolazioni che pur essendo entità autonome fortemente distinte (Assiri, Sumeri, Caldei, Babilonesi,...) presentano tuttavia non pochi tratti comuni. L'incertezza su epoche remote non consente di differenziare nettamente i singoli sistemi di calendarizzazione, mentre d'altra parte in queste civiltà è senz'altro individuabile un comune filo conduttore per via degli scambi culturali e delle reciproche influenze.

Per quanto le fonti permettano di ricostruire, i popoli dell'area mesopotamica contavano l'anno in 360 giorni, così stimando il cammino completo del Sole, ossia un'intera rivoluzione terrestre: deriva da qui la suddivisione del cerchio goniometrico in 360 parti ancora in uso. I Babilonesi adottarono un mese lunare della durata di 29 giorni e mezzo con inizio all'apparire della prima falce di Luna. Poiché 12 mesi lunari danno un periodo annuale di 354 giorni, per far concordare questa durata con quella dell'anno solare (365 giorni) il legislatore Hammurabi stabilì l'introduzione di un tredicesimo mese con naturale sfasamento

stagionale.

I nomi dei mesi erano *Nisannu*, *Airū*, *Sivanuu*, *Duzu*, *Abu*, *Ululu*, *Tasritu*, *Arahsamma*, *Kisilivu*, *Tbitu*, *Sbatu* e *Adaru*, e l'inizio dell'anno era fissato al mese *Nisannu* in corrispondenza dell'equinozio di primavera. L'introduzione del mese intercalare avvenne dapprima basandosi sull'età della Luna nuova (prima falce), quindi col progredire delle conoscenze si fondò sulla levata **eliaca** (e sul tramonto) delle stelle più luminose. L'intercalazione doveva avvenire giocoforza in media ogni tre anni, e divenne precisa solo in un periodo più tardo, fra il 529 a.C. e il 503 a.C., quando fu fatto uso di un ciclo di otto anni, di cui tre erano bisestili. Successivamente, intorno al 500 a.C., fu adottato un ciclo di 19 anni che divenne noto come ciclo di **Metone** (*infra*). Dopo la conquista di Alessandro e l'avvento di una delle tante dinastie macedoni, quella dei Seleucidi, gli anni vennero contati secondo questa era con ciclo sempre diciannovenale ed introduzione di anni intercalari.

- *Il calendario di Zoroastro*. Un cenno a parte merita il calendario di **Zoroastro**, una figura che per i seguaci di quella religione, strettamente monoteista, è un profeta al pari di Gesù Cristo, Budda e Maometto. Zoroastro riprese i culti del mazdeismo, un'antica religione risalente a oltre mille anni prima, che ebbe larghissima diffusione giungendo anche in Cina intorno al VI secolo d.C., ma terminò quando si affacciò sulla regione l'islam che costrinse i seguaci a convertirsi o a divenire schiavi con la conseguente confisca dei beni. Alcuni riuscirono ad emigrare in India ove fecero sopravvivere i loro culti.

Il calendario zoroastriano è sostanzialmente un calendario mesopotamico, composto di 12 mesi da 30 giorni ciascuno (360 giorni quindi) ai quali si aggiungeva ogni 6 anni un mese per far concordare l'anno civile con quello tropico: ogni mese era diviso in quattro parti ed il primo giorno dedicato al Signore. In concomitanza con l'assunzione al trono sassanide nel 226 a.C. di Ardashir, zoroastriano convinto, il culto divenne religione di stato, ed il calendario riformato rendendolo di 365 giorni con la solita aggiunta di giorni epagomeni all'ultimo mese. In seguito, per sincronizzare il calendario con l'anno tropico, s'intercalò un tredicesimo mese ogni 120 anni.

- *Calendario greco*. Dai testi classici si rileva che l'anno come unità di misura temporale era ampiamente conosciuto ed usato. Omero vi fa riferimento in più occasioni riferendosi anche ai mesi come costituenti l'anno; Esiodo e Senofonte si riferiscono ad esso esprimendo varie cronologie; e da una miriade di altre fonti si deduce che in città come Corinto, Sparta, Atene, Messene, ... il tempo era scandito dagli anni e gli avvenimenti ricordati secondo la cronologia temporale annuale: per rendersene conto basta leggere la *Guerra del Peloponneso* di Tucidide [322].

La spiccata spinta autonomistica che caratterizzò le varie città dell'Ellade non consente però di parlare di un omogeneo calendario greco, dal momento che si ebbero localmente diversi calendari che originavano dalla necessità di adattamento alle singole esigenze agricole e civili. Si ebbero infatti, più che calendari, distinti *parapegma* che facevano riferimento ad eventi astronomici come la levata mattutina di **Arturo**, di **Sirio**, delle **Pleiadi**. ... Tali adattamenti si modellarono comunque sempre su due tipi: il calendario attico, e il più tardo calendario macedone che si diffuse a seguito delle conquiste di Alessandro.

- *Calendario attico*. Il calendario attico, già vigente attorno al VI secolo a.C., deriva da un precedente calendario lunare di certa origine babilonese articolato su 354 giorni (12 lunazioni). Quasi nello stesso periodo Solone s'accorse che la durata del mese non era esattamente di 30 giorni, e forse risale al legislatore ateniese l'alternanza di mesi di 29 e 30 giorni.

La necessità dettata dall'esigenza di calendarizzare la vita civile, i lavori nei campi, i sacrifici e le offerte da celebrare agli dei in determinate ricorrenze, e soprattutto, come riferisce **Gemino**, di *raccordare gli anni col Sole e i giorni e i mesi con la Luna rispettando le stagioni* [124], indusse intorno al 450 a.C. l'astronomo **Cleostrato** a proporre un sistema d'intercalazione degli anni su un ciclo di 8 anni chiamato *octaeteris*, composto di 5 anni di 12 mesi e 3 anni di 13 mesi.

Il ciclo raccordava in sostanza i due calendari (lunare e solare) con l'intercalazione di tre mesi lunari, portando la durata solare del ciclo a 2922 giorni (365,25×8). Computando l'anno solare in 365,25 giorni e quello lunare in 354 giorni, i Greci estrassero dal primo l'eccedenza di giorni rispetto al secondo (11,25 giorni), e la moltiplicarono per 8 ottenendo 90 giorni, cioè 3 mesi da 30 giorni che intercalarono nel corso dei nove anni inseriti dopo il terzo, il quinto, l'ottavo anno. Il ciclo ebbe larga diffusione, e tracce della sua esistenza si rinvengono indirettamente anche nel quadriennale ciclo olimpico dato dalla divisione di 8 per 2. Stando ancora a Gemino, pare che a questo ciclo sarebbero seguiti due periodi più lunghi: uno di 16 anni (198 mesi) ed uno di 160 anni (1979 mesi), ma le testimonianze geminiane non sono suffragate da alcun altro testo e nulla in aggiunta è possibile dire. È probabile che si sia trattato di impostazioni calendariali localizzate e non a larga diffusione perché poco più di un secolo dopo si era già diffuso il *ciclo metonico*, anch'esso d'origine babilonese, introdotto dall'ateniese **Metone**. Metone nel 433 impostò un ciclo di 19 anni, basato sempre su mesi lunari, che comprendeva 235 mesi della durata di 29 giorni con l'intercalazione di 7 mesi:  $19 \times 12 + 7$ . Il ciclo sorse chiaramente da accurate osservazioni che avevano condotto a notare che i pleniluni si ripresentano – nell'arco di tempo considerato – alle stesse date appena leggermente sfasati: moltiplicando il valore del mese sinodico (29,530589) per il numero delle lunazioni (235) si ha un valore di 6939,6884 giorni, assai vicino a quello che si ottiene moltiplicando il numero degli anni del ciclo (19) per la durata dell'anno tropico (365,2422), ossia 6939,6018 giorni. Individuato un anno iniziale, ogni anno all'interno del ciclo diciannovenale era riconosciuto con un numero progressivo da 1 a 19, detto → *numero d'oro*.

Attorno al 330 a.C. l'astronomo greco **Callippo**, per perfezionare questo ciclo il cui anno era 1/76 più lungo di quello tropico, suggerì di raggruppare 4 cicli metonici, ottenendo un ciclo di 76 anni. La riforma ridusse in vero ulteriormente l'errore, ma fu teorica, perché non venne mai utilizzata nella vita civile, anche se è presumibile che a livello di computo astronomico il ciclo fosse invece ampiamente utilizzato.

Callippo estese il ciclo metonico su quattro periodi ottenendo 940 mesi lunari (235×4) distribuendo i giorni su mesi *abbondanti* (499 mesi da 30 giorni) e *difettivi* (441 mesi da 29 giorni), ottenendo l'effetto di ridurre il ciclo di un giorno. Il nuovo ciclo di 76 anni era quindi costituito da  $(29 \times 441) + (30 \times 499) = 27\,759$  d, e l'anno contava 365,25 d ( $27\,759/76$ ), il valore di precisione più alto mai raggiunto sino ad allora.

Una successiva evoluzione calendariale vi fu nel secondo secolo ad opera di **Ipparco**. Questi ridefinì la durata dell'anno tropico in 365,246528 giorni (6 min di troppo) e quella di una lunazione in 29,530479 giorni (1 s in meno). Per correggere l'errore del ciclo di Callippo, Ipparco propose di togliere un giorno ogni 304 anni, ossia ogni quattro cicli.

L'inizio del giorno era posto al tramonto del Sole ed era distinto nelle due parti diurna e notturna che avevano naturalmente, a seconda delle stagioni, diversa lunghezza. Entrambe le parti erano distinte in tre frazioni temporali individuate genericamente con i nomi *iniziale*, *mediana*, *finale*. Un giorno e una notte

Calendario ateniese				
nome greco	legenda nome	inizio	festività	ricorrenza/dedica
Ἑκατομβαιῶν	Ecatombeone	15 Luglio	Panatenie (24 - 29)	sacrificio di 100 buoi
Μεταγειτνίων	Metagitnione	15 Agosto	Megatinie (data incerta)	cambio di casa
Βοηδρομιῶν	Boedromione	14 Settembre	Genesis (5); Misteri eleusini (16 - 24)	a Teseo
Πυανεψιών	Pianepsione	14 Ottobre	Tesmofovie (9 - 13)	ad Apollo
Μαιμακτηριῶν	Maimacterione	13 Novembre	Maimacterie	a Giove
Ποσειδηῶν	Poseidone	13 Dicembre	Dionisiache rustiche (6); Aloe (10)	a Nettuno
Γαμηλιῶν	Gamelione	12 Gennaio	Lenee (12)	mesi dei matrimoni
Ἀνθεστηριῶν	Antesterione	12 Febbraio	Antesterie (11 -13); piccoli misteri (19 -21); Diasie (23)	agli Dèi inferi
Ἐλαφβολίων	Elafebolione	11 Marzo	grandi dionisie (9 - 14)	ad Artemide
Μουνυχιῶν	Munichione	11 Aprile	Delfinie (6); Munichie (16); Olimpie (19)	a Diana
Θαργηλιῶν	Targhelione	10 Maggio	Targhelie (6); Callinterie (19); Bendidie (20); Plinterie (28)	ad Apollo e Diana
Σκίροφοριῶν	Sciroforione	10 Giugno	Schirofovie (16); Diipolie (14)	ad Atena

Calendario macedone				
nome greco	legenda nome	mese attico	mese giuliano	n° mese
Δίος	Dios	Pianepsione	Settembre - Ottobre	1
Ἄπελλαῖος	Apelleo	Maimacterione	Ottobre - Novembre	2
Ἀὔδυναῖος	Autneo	Posideone	Novembre - Dicembre	3
Περῖτιος	Peritio	Gamelione	Dicembre - Gennaio	4
Δύστρος	Distro	Antesterione	Gennaio - Febbraio	5
Ξανθικός	Xantikos	Elafebolione	Febbraio - Marzo	6
Ἄρτεμίσιος	Artemisio	Munichione	Marzo - Aprile	7
Δαίσιος	Desio	Targhellione	Aprile - Maggio	8
Πάνεμος	Panemos	Schiroforione	Maggio - Giugno	9
Λῶος	Loo	Ecatombeone	Giugno - Luglio	10
Γορπιᾶος	Gorpieo	Megatnione	Luglio - Agosto	11
Ἰπερβερεταῖος	Iperbereteo	Boedromione	Agosto - Settembre	12

costituivano un periodo chiamato νυχθήμερον (notte e giorno), ed il giorno era distinto in 12 parti segnate oltre che dalle meridiane, da clessidre ad acqua ed in seguito da orologi ad acqua e meccanici. I mesi erano divisi in tre decadi di 10 giorni ciascuna, tranne che nei mesi difettivi che ne contavano nove.

Circa l'inizio dell'anno non si hanno fonti concordi. Dalla lettura della *Guerra del Peloponneso* (431 a.C. - 404 a.C.), Tucidide [322, II, 2] sembra lasciar intendere che gli Ateniesi iniziassero l'anno con il mese di Ecatombeone, nel medesimo periodo in cui i magistrati (gli arconti) assumevano la loro carica; d'altra parte Erodoto vissuto in epoca di poco precedente (485 a.C. - 425 a.C. circa), dalle descrizioni fornite nel VI libro delle *Storie* sembra indicare che l'anno terminava con l'autunno e ricominciava in inverno [99, VI, 43]. La tesi di Tucidide è abbastanza concorde con quanto si apprende dallo scrittore romano R. F. Avieno che nei *Pronostici d'Arato* riporta *Sed primaeva Meton exordia sumpsit ab anno, // Torreret rutilo quum Phoebus sidere Cancrum*<sup>1</sup>, e non ci si può riferire che all'estate; due versi che fecero pensare per primo a G. G. Scaligero che l'inizio dell'anno fosse stato spostato dal mese di Gamellione a quello di Ecatombeone, in coincidenza con le feste delle Panatenee.

In conclusione, concordemente a queste fonti sembra poter dedurre come l'inizio dell'anno fosse nel mese di Ecatombeone, mentre d'altra parte un inizio dell'anno in epoca più antica al mese di Gamellione sarebbe in accordo con la posizione dei mesi complementari, per quanto restino sempre da risolvere origini e motivi del cambiamento.

Nella tabella riportata in questa pagina sono riportati i mesi del calendario ateniese con il loro inizio e le principali festività celebrate. Questi nomi, come quelli del seguente calendario macedone, sono soltanto indicativi perché altri e numerosi nomi esistevano in Tessaglia, Argolide, Corfù, Rodi, Samo, Delfi... Una rassegna esaustiva dei diversi nomi è in Korinthios [157].

1. Per primo Metone fissò l'inizio dell'anno quando Febo brucia nel Cancro

• *Calendario macedone*. Il calendario cosiddetto «macedone», vedi sempre tabella in questa pagina, era un calendario lunisolare che alternava mesi di 29 giorni e 30 giorni, e che conosceva l'aggiunta di un mese intercalare per conciliare il ciclo lunare con quello solare. Di questi dati, intercalazione compresa, restano tracce in vecchie scritture. Plutarco nelle *Vite parallele: Alessandro e Cesare* [246][XIII] riporta che questo calendario dovrebbe essere nato dalla necessità di vincere una superstizione, secondo l'antico calendario macedone, di non combattere nel mese di *Desio* che da allora in poi venne così ribattezzato *Artemisio*; ed ancora Plutarco nella *Vita di Alessandro* [245, 3] parlando dei natali di Alessandro specifica la sua nascita avvenne nel mese di *Ecatombeone* che i macedoni chiamavano *Loios*, mentre Demostene nell'orazione *Sulla corona* [87, 157] pone la corrispondenza di questo mese con *Boedromione*: vedi tabella.

Ma al di là della storia di Plutarco che possiede lo stesso valore aneddotico dello scioglimento del nodo gordiano da parte dello stesso Alessandro, questo calendario origina sicuramente nel periodo storico in cui Alessandro occupò Babilonia, intorno al 331 a.C., quando la cultura astronomica macedone entrò in contatto con quella assai più avanzata babilonese, e da questo mutuo scambio di esperienze nonché dal confronto dei due sistemi calendari, nacque il calendario macedone.

Se i macedoni comunque non adottarono semplicemente copiandolo il più preciso calendario babilonese, le loro modifiche furono tuttavia formali spostando l'inizio dell'anno dalla primavera, mese di *Nisannu* (*supra*), all'autunno mese di *Dios*, usanza che continuerà con la successiva dinastia dei Seleucidi che imporrà nomi macedoni a tutti i mesi. Di fatto vi fu sempre una corrispondenza nominale fra i due calendari che si protrasse almeno sino al 48 a.C., quando un cambiamento vi fu con l'avvento della dinastia dei Parti e l'ordine dei mesi ancora cambiato ponendo *Iperberataios* come primo mese. Sulle coincidenze fra calendario macedone ed egiziano vedi A. Jones [147].

■ *Calendario egizio*. La conformazione orografica dell'Egitto

privo di catene montuose, favorì il concentrarsi dell'osservazione dei corpi celesti non appena questi si mostravano allo sgombro orizzonte, e dal momento che una stella, **Sirio**, brilla fra le altre e che per di più la sua levata **eliaca** coincide con l'inizio della stagione calda (solstizio estivo), questa assunse un particolare riferimento astronomico-stagionale. La levata eliacca di Sirio (*Sothis* secondo il nome dato alla stella dai Greci dall'egiziano *Sothi*) annunciava inoltre ad un popolo a tradizione fortemente agricola l'inizio della stagione delle piene. La coincidenza di questi fenomeni: levata eliacca di Sirio, solstizio d'estate e stagione delle piene influenzò fortemente il locale calendario. Tale impostazione condusse presto, già intorno al IV millennio, ad abbandonare il precedente calendario lunare in favore di uno stagionale che meglio si confaceva alle necessità, adottando il calendario mesopotamico composto di 12 mesi da 30 giorni ciascuno raggruppati in tre stagioni di quattro mesi che corrispondevano a tre eventi naturali: le inondazioni (*Akhet*), i germogli (*Peret*), i frutti (*Kemou*). I sacerdoti notarono che l'intervallo fra due levate eliache di Sirio non era esattamente di 360 giorni, ed aggiunsero così alla fine dell'anno i consueti cinque giorni *epagomeni*. Invece di aggiungere un sesto giorno epagomene ogni quattro anni, gli egiziani conservarono la loro durata annuale fondandosi su un ciclo di 1461 anni (*ciclo sotiacco*) perché al suo termine tutto tornava a posto. Tale calendario fu vigente per circa 4000 anni e fu all'origine del calendario giuliano. Su una scala temporale tanto lunga, l'anno sotiacco non fu comunque mai perfettamente sincronizzato con l'anno terrestre, e si resero necessarie delle correzioni. Di una di queste è traccia nel cosiddetto *decreto Canopo* emanato dai sacerdoti riuniti in quella località (odierna Abukir) nel 238 a.C., durante il regno di Tolomeo III. Il decreto, che rappresenta una vera e propria stele di Rosetta in materia astronomico-calendariale, stabilisce le modalità secondo cui aggiungere questo ulteriore giorno epagomene ogni 4 anni.

Un difetto del calendario egiziano era rappresentato dal fatto che l'anno non aveva un'origine prestabilita dal momento che gli anni e i periodi venivano contati secondo il regno dei vari faraoni, anche se si cercava in qualche modo di far coincidere l'avvento al regno con il primo giorno dell'anno. All'interno di questi cicli gli anni erano individuati indicando il nome del faraone regnante, gli anni di regno trascorsi, il numero dei mesi nella stagione e il numero dei giorni nel mese.

Secondo alcune interpretazioni, ma si tratta di un dibattito aperto, il giorno egiziano iniziava al calar del Sole, mentre secondo altre iniziava al suo sorgere; notte e giorno erano distinti in due periodi eguali composti ciascuno di 12 parti.

■ *Calendario romano*. → **romana astronomia**. Sotto questa dizione si raggruppano tre formulazioni calendariali riconducibili a personalità che all'atto della promulgazione rappresentavano la massima autorità dello stato, e complessivamente coprono un periodo che si estende dal 753 a.C. sino al 4 ottobre 1582, il giorno antecedente la vigenza del calendario gregoriano (15 ottobre, *infra*). Fra queste il calendario giuliano costituisce una spiccata evoluzione rispetto ai precedenti.

► *Calendario romuleo*. Autorevoli fonti classiche: **Ovidio** [228, *Fasti*, I, 27 - 28; III, 99 - 134], Plutarco [248, *Quaestiones romanae*, 19], **Macrobio** [186, *Saturnalia*, I, 12], **Solino** [292, *Collectanea rerum memorabilium*, I, 8] e **Censorino** [64, *De die natali*, XX XXII] accreditano per il calendario di Romolo un'articolazione su 10 mesi, un ciclo talmente breve avulso da qualsiasi riferimento astronomico, che ha fatto anche dubitare della effettiva esistenza di questo calendario, tanto che Ovidio riconosce a Romolo qualità maggiori come guerriero che come esperto di astronomia; nella stessa linea si collocano anche

Svetonio e Tito Livio.

Censorino tuttavia riporta anche la diversa opinione di due scrittori: Licinio M., citato da Livio per il rigore d'indagine sulle fonti [177, IV, 7], e Fenestella: secondo questi il calendario romuleo era articolato su 12 mesi. La questione fu ripresa da Scaligero nel *De emendatio temporum* che rigettò come assurda l'ipotesi di un anno di 304 giorni, ed in epoca contemporanea da T. Hewitt [139] e M. Hodgkinson [140].

La questione sulla effettiva durata di questo calendario è destinata a rimanere insoluta. Da una parte un anno di 10 mesi (a meno che il numero dei giorni nei vari mesi non fosse numericamente variabile ed inconsueto e che comunque seguissero i due mesi poi introdotti da Numa, Gennaio e Febbraio (cfr. Plutarco [248, 19]) è incomprendibile sotto ogni aspetto; dall'altro il nome e la posizione stessa dei mesi: *December*, ad esempio, che significa appunto decimo mese, sembrano condurre verso l'interpretazione dei dieci mesi avanzata dagli autori sopra citati. Forse il numero 10 rappresenta una simbologia che ci sfugge, e nel passato si è spesso cercato di ricollegare questo periodo a costumi consuetudinari dell'epoca, ad esempio, il lutto per le vedove, il quasi uguale periodo della gravidanza... ma senza certezza alcuna; o forse ancora questo numero è soltanto un'estraneità calendariale contando su ipotetici 12 mesi i 10 effettivi dedicati alle opere.

In questa ricerca simbolica, siccome il numero fu corretto dal successivo re di Roma in 12, non può non venire alla mente la quasi analoga operazione compiuta dai decemviri quando nel 450 a.C. portarono le leggi delle tavole da X a XII. L'analogia, strettamente numerica, potrebbe trovare un appiglio nel fatto che due scrittori della metà del II secolo a.C. (C. Emina e S. Tuditano) sostengono che l'intercalazione, che Licinio attribuisce addirittura a Romolo, fu opera proprio dei decemviri: il fatto porrebbe il calendario numiano al più come un'ufficializzazione di una pratica non generalmente seguita.

Tornando alle fonti classiche, sempre Censorino precisa che il calendario ricalcava quello dei popoli Albani: a *Martius* (31), *Aprilis* (30), *Maius* (31) e *Iunius* (30), seguivano *Quintilis* (31), *Sextilis* (30), *September* (30), *October* (31), *November* (30) e *December* (30), con un totale appunto di soli 304 giorni. Quanto ai nomi dei mesi, lo stesso autore (*ibidem*, XXII) ci informa che per l'origine specificata nella tabella nella pagina successiva, i nomi dei mesi sarebbero stati imposti da Romolo, e *Martius* sarebbe stato il primo mese dell'anno per sottolineare la bellicosità della neonata città; ma il nome potrebbe essere anche in onore del progenitore (Marte); *Maius* potrebbe essere legato sia alla dea Maja come al sostantivo *Majores* (antenati); *Iunius* a *Iuventus*, la moglie di Ercole, oppure a *Iuventus* (giovane, gioventù), od ancora riferirsi al patto (*unctio*) fra Romolo e Tazio.

Il calendario comunque dava luogo a notevoli inconvenienti poiché *neque solis cursui neque lunae rationibus conveniret...*,<sup>2</sup> [186, I, 12], verificandosi che la stagione estiva (reale) cadesse in quella invernale (calendariale) e viceversa. Quando si verificava un tale inconveniente si attendeva che il tempo trascorresse per far coincidere di nuovo i mesi del calendario con le stagioni. Si aveva allora un periodo innominato che veniva detto *sine ullo mensis nomine* (mese senza nome) fino a che calendario e stagioni fossero nuovamente in fase. L'imprecisione era tale da richiedere l'immediato intervento del successivo re cui si deve il primo vero calendario romano.

► *Calendario numiano e repubblicano*. Di tale imprecisione si accorse subito **Numa Pompilio** secondo re di Roma, *Pompilius menses sensit abesse duos*,<sup>3</sup> ricorda Ovidio nei *Fasti* [228, III,

2. non si accordava né col corso del Sole né con quello della Luna...

3. Pompilio si accorse che mancavano due mesi.

Calendario numiano			
mese	origine	durata	rispondenza
Martius	Marte	31 giorni	Marzo
Aprilis	<i>aperire</i> (fioritura)	29 giorni	Aprile
Maius	Maia, una delle Pleiadi	31 giorni	maggio
Iunius	Giunone	29 giorni	giugno
Quintilis	quinto mese	31 giorni	luglio
Sextilis	sesto mese	29 giorni	agosto
September	settimo mese	29 giorni	settembre
October	ottavo mese	31 giorni	ottobre
November	nono mese	29 giorni	novembre
December	decimo mese	29 giorni	dicembre
Januarius	Giano, dio del principio	29 giorni	gennaio
Februarius	Februa, divinità romana	28 giorni	Febbraio

152], il quale avrebbe affidato attorno al 700 a.C. la formulazione di un calendario all'istituzione dei *Pontifices* che all'epoca ancora non possedeva una veste sacerdotale, ma era piuttosto una sorta di collegio di tecnici preposti alle costruzioni: *pontes facio* (edifico ponti), competenza che ingenerò in seguito al corpo un carisma religioso, come se i *Pontifices* avessero realizzato un immaginario ponte fra il mondo fisico terrestre e celeste.

Numa confermò quindi i precedenti nomi imposti ai mesi da Romolo, vedi la tabella in questa pagina, e questi – tranne due – sono i nomi ancora oggi in uso; in seguito *Quintilis* diverrà *Julius* in onore di Giulio Cesare, e *Sextilis* sarà *Augustus* in onore di Ottaviano, poi Augusto. All'anno furono aggiunti *Januarius* e *Februarius* e si ebbe così una durata di 355 giorni [64, XX], dieci giorni in meno dell'anno solare, numero comunque molto vicino a quello ottenuto contando 12 lunazioni di 29 giorni e mezzo ciascuna (354 giorni), illuminante sull'origine di questo calendario, a tutti gli effetti un calendario lunare: come ricorda ancora Ovidio, *ibidem* [III, 152], *Luna regit menses*. Per compensare la differenza ogni due anni s'introduceva un mese di 22 - 23 giorni (mese *intercalare*; l'inizio dell'anno era al primo giorno del primo mese di primavera secondo un costume che durerà nei secoli. Macrobio, [186, I, 14, 1] e Ovidio [228, II, 47 - 49] riportano che il mese intercalare era posto all'interno di Febbraio, allora ultimo mese dell'anno. Questo il motivo per cui il mese era anche chiamato *mercedonius*, letteralmente «pagatore», perché saldava il conto dei giorni mancanti essendo per di più quello il periodo destinato ai pagamenti.

Oltre il mese intercalare, i Romani disponevano all'epoca anche di un giorno intercalare che non veniva introdotto però secondo una regola per compensare eventuali errori, ma era piuttosto un giorno mobile posto *ad libitum* dai pontefici, tanto che secondo quando riporta ancora Macrobio (*ibidem*) non sempre veniva introdotto, e Svetonio [306, I, 40] aggiunge che l'arbitrio pontificale s'estese a tal punto che l'estate e l'inverno stagionali nuovamente non coincidevano più con quelli calendariali. Ai pontefici era demandata la potestà di dichiarare la tipologia dei giorni distinti nelle seguenti categorie individuate nei Fasti (i calendari romani, *infra*) dalle lettere: 1) F, *fasti* giorni favorevoli; 2) N, *nefasti* giorni sfavorevoli; 3) C, *comitiales* giorni assembleari; 4) EN *endotercisi* giorni in cui solo la parte centrale era favorevole e l'inizio e la fine nefasta; NP, FP, giorni non ancora correttamente individuati nella loro tipologia, ma che sembra si riferissero a festività religiose.

La numerazione dei giorni all'interno dei mesi era piuttosto complessa, dal momento che questi non venivano contati in ordine numerico crescente. Ogni mese possedeva tre date fisse: le *Kalendae*, che cadevano il primo giorno di ogni mese; le *Nonae*, che nei mesi di Marzo, Maggio, Luglio e Ottobre cadevano al settimo giorno del mese e nei mesi restanti al quinto giorno;

le *Idi* che cadevano ogni mese otto giorni dopo le *Nonae*; con questo sistema, anche se abbastanza cervelotico, si potevano indicare tutti gli altri giorni contandoli a ritroso a partire dai punti di riferimento temporali. *Kalendae* (quarto di Luna) *Idi* (plenilunio) e *Nonae* rappresentano il residuo storico di quando il re annunciava per ogni mese feste, giorni fasti e nefasti.

Il calendario non subì sostanziali modifiche sino alla riforma giuliana. Tarquinio Prisco, quinto re di Roma, spostò l'inizio dell'anno da Marzo a Gennaio, un cambiamento effimero perché una volta cacciata la dinastia etrusca ed istituita la repubblica Roma tornò al precedente sistema.

Nel 450 a.C. mantenendo ferma la durata dell'anno in 12 mesi, anno civile ed anno solare furono equiparati aggiungendo 22 o 23 giorni ad anni alterni, ancora una volta secondo disposizioni sacerdotali, posti dopo la festa dei *terminalia* che cadeva il 23 Febbraio. Anche questa regola, essendo demandata ai pontefici per le sue applicazioni, non sempre veniva rispettata, ingenerando ulteriore confusione.

Intorno al II sec. a.C. l'inizio dell'anno fu spostato dalle *Idi* di Marzo alle *calende* di Gennaio, ed i mesi da *Quintilis* a *December* persero il loro numero naturale trasformandosi nel settimo sino al dodicesimo, probabilmente in coincidenza dell'uso greco che si introdusse in quel periodo che i consoli entrassero in carica all'inizio dell'anno, cosiddetti *consoli eponimi*, più esattamente alle *calende* di Gennaio, in coincidenza col novilunio. Più che di un'introduzione sembra, secondo quanto riportano ancora Plutarco nelle *Quaestiones* [248, 19] e Macrobio nei *Saturnalia* [186, I, 12, 2-4], del ripristino di un'antica usanza già vigente ai tempi di Numa. In questo stesso periodo i giorni della settimana, come oggi la conosciamo, iniziarono a coincidere con la durata di otto giorni, cosiddetto *nundinum*, in quanto si contava il giorno di partenza e d'arrivo (sistema inclusivo), e stabilivano una rilevanza astrale, ponendo in ordine d'importanza decrescente i singoli astri ciascuno dei quali simboleggiava una divinità: le *nundinae* erano i giorni d'intervallo fra un mercato e l'altro. Quella che chiamiamo domenica (vedi però appresso) era il *Solis dies*, il lunedì il *Lunae dies*, e così via sino al Sabato *Saturni dies*, tutti dedicati ai corpi celesti conosciuti ed alle rispettive divinità, quindi con una connotazione essenzialmente astrologica. Va sottolineato però che non esiste alcuna coincidenza fra l'attuale articolazione settimanale ed il *nundinum*, in quanto la settimana era del tutto sconosciuta ai Romani, essendo stata introdotta solo nel 321 d.C. da Costantino. I Romani non avevano insomma un vero e proprio giorno festivo, ma disponevano in compenso di tante festività, ed una pallida coincidenza con quella che sarà poi la nostra domenica si può trovare nel giorno di mercato quando s'interrompevano le opere agricole.

L'articolazione calendariale e le festività rilevanti erano rese note al popolo tramite tavole in pietra chiamate *Fasti* affisse in luoghi pubblici, la cui compilazione era demandata ai Pontefici; ai Romani era infatti sconosciuto del tutto il termine «calendario», e l'analogo concetto era espresso ricorrendo appunto a questa parola. Di queste tavole ce ne sono pervenute, spesso incomplete, una quarantina, e l'unica di età repubblicana, pure essa incompleta, giunta sino a noi, è quella nota come *Fasti Verulani* mostrata a pagina 99.

Come in Grecia, anche in Roma il giorno era distinto in due parti: il giorno propriamente detto e la notte, ma non esistendo una tradizione di misura del tempo ed essendo data l'unica scansione certa dal sorgere e dal tramontare del Sole, le frazioni del giorno e della notte avevano diversa lunghezza e principio. La divisione del giorno civile in due parti risale al IV secolo a.C., quando un incaricato dei consoli annunciava al popolo che il Sole era transitato al meridiano e che una parte del giorno era trascorsa:

Calendario repubblicano romano (poi anche giuliano)				
giorno	mesi		mesi	
	Marzo	Maggio	Gennaio	Agosto
	Luglio Ottobre (31 giorni)		Dicembre (31 giorni)	
			Settembre Novembre (30 giorni)	
			Aprile Giugno	
			Febbraio (29 giorni)	
1	Kalendis		Kalendis	Kalendis
2	ante diem VI Nonas		ante diem IV Nonas	ante diem IV Nonas
3	ante diem V Nonas		ante diem III Nonas	ante diem III Nonas
4	ante diem IV Nonas		pridie Nonas	pridie Nonas
5	ante diem III Nonas		Nonis	Nonis
6	pridie Nonas		ante diem VIII Idus	ante diem VIII Idus
7	Nonis		ante diem VII Idus	ante diem VII Idus
8	ante diem VIII Idus		ante diem VI Idus	ante diem VI Idus
9	ante diem VII Idus		ante diem V Idus	ante diem V Idus
10	ante diem VI Idus		ante diem IV Idus	ante diem IV Idus
11	ante diem V Idus		ante diem III Idus	ante diem III Idus
12	ante diem IV Idus		pridie Idus	pridie Idus
13	ante diem III Idus		Idibus	Idibus
14	pridie Idus		ante diem XIX Kalendas	ante diem XVI Kalendas
15	Idibus		ante diem XVIII Kalendas	ante diem XV Kalendas
16	ante diem XVII Kalendas		ante diem XVII Kalendas	ante diem XIV Kalendas
17	ante diem XVI Kalendas		ante diem XVI Kalendas	ante diem XIII Kalendas
18	ante diem XV Kalendas		ante diem XV Kalendas	ante diem XIII Kalendas
19	ante diem XIV Kalendas		ante diem XIV Kalendas	ante diem XI Kalendas
20	ante diem XIII Kalendas		ante diem XIII Kalendas	ante diem X Kalendas
21	ante diem XII Kalendas		ante diem XII Kalendas	ante diem IX Kalendas
22	ante diem XI Kalendas		ante diem XI Kalendas	ante diem VIII Kalendas
23	ante diem X Kalendas		ante diem X Kalendas	ante diem VIII Kalendas
24	ante diem IX Kalendas		ante diem IX Kalendas	ante diem VI Kalendas
25	ante diem VIII Kalendas		ante diem VIII Kalendas	ante diem V Kalendas
26	ante diem VII Kalendas		ante diem VII Kalendas	ante diem IV Kalendas
27	ante diem VI Kalendas		ante diem VI Kalendas	ante diem III Kalendas
28	ante diem V Kalendas		ante diem V Kalendas	pridie Kalendas
29	ante diem IV Kalendas		ante diem IV Kalendas	vedi testo
30	ante diem III Kalendas		ante diem III Kalendas	–
31	pridie Kalendas		pridie Kalendas	–

questa fu a lungo l'unica misura effettuata, sin quando il console Messala portò a Roma da Catania come bottino di guerra una meridiana che collocata nel foro segnò per quasi un secolo ore (ovviamente) inesatte senza che nessuno se ne accorgesse.

Il giorno era diviso in dodici parti di due ore, chiamate ciascuna *hora* e numerate progressivamente *prima, secunda, tertia...* con inizio (approssimato) intorno alle ore 6 e termine alle ore 18; la notte era divisa in quattro *vigiliae* della durata di tre ore ciascuna numerata alla medesima maniera delle ore, con inizio alle ore 18 e termine alle ore sei del mattino seguente. Questa suddivisione fu a lungo empirica ed approssimata, e solo a datare dal II secolo a.C. quando furono costruiti i primi veri orologi solari, cui furono affiancati poi orologi ad acqua, si ebbe una più precisa lettura delle ore del giorno. Quanto all'inizio civile del giorno se Plinio nella *Naturalis historia* riporta che a Roma il giorno volgare andava *a luce ad tenebris* e quello sacerdotale *a media noctem in mediam* [243, II], esiste d'altra parte un passo di Plutarco nelle *Quaestiones romane* [248, 84] in cui si specifica che l'inizio del giorno era fissato alla mezzanotte, riportando fra le ragioni di tale inizio l'impossibilità da parte del popolo a distinguere altrimenti le differenze stagionali nelle albe e nei tramonti.

Dopo il periodo monarchico per ricordare la cacciata dei Tarquini venne celebrata la festa del *Regifugium* che oltre a celebrare la fine delle dinastie regali celebrava l'inizio di un nuovo ciclo dando avvio alle opere agricole e militari.

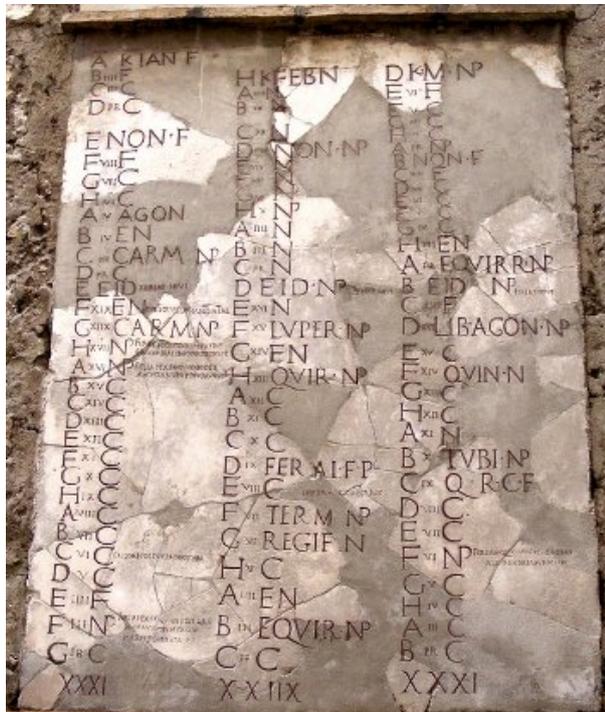
■ *Calendario giuliano*. Se si tralasciano le tarde (storicamente) occupazioni calendariali di Igino e di Ovidio che nei *Fasti* trattò il calendario in funzione dei culti e delle festività religiose, Roma ebbe secoli dopo Numa Pompilio un solo altro astronomo, G.

Cesare, un condottiero ed un politico che nonostante gli impegni militari e civili pare non tralasciasse le occupazioni scientifiche, tanto che a lui si attribuisce, non pervenuto, un *De astris*, a significare che qualche competenza ed interesse in più rispetto ai suoi predecessori e contemporanei Cesare doveva pur averla: sulla questione vedi il lemma su **Giulio Cesare**. Nominato *Pontefice massimo* nel 63 a.C. ed unitosi spiritualmente in animo ai primi romani, di ritorno dall'Egitto ove aveva conosciuto Cleopatra e appreso metodi più efficienti di misura del tempo, nell'anno del consolato con Marco E. Lepido, il 46 a.C., riformò il calendario che aveva accumulato errori intollerabili. La riforma entrò in vigore nel 708 *ab urbe condita*, e a quell'anno detto *ultimus annus confusionis* [186, *Saturnalia*, I, 14, 2], fu assegnata la straordinaria durata di 445 giorni.

Stando a Plinio<sup>4</sup> Cesare si avvalse dell'opera di **Sosigene**, un astronomo alessandrino, formulando un calendario di 365 giorni, che a differenza di quello di Numa Pompilio era fondato sui cicli stagionali, in cui cinque mesi sono di 30 giorni (*Aprilis, Junius, Sextilis, September, November*), sei mesi di 31 giorni (*Martius, Maius, Quintilis, October, December, Januarius*), ed uno (*Februarius*) di 29 giorni; introducendo un ciclo quadriennale composto di tre anni di lunghezza comune ed un anno abbondante (bisestile). Fu ancora confermato che *Januarius* e *Februarius* fossero i primi mesi dell'anno, mentre ai tempi di Numa come

4. *Tres autem fuere sectae, Chaldaea, Aegyptia, Graeca. His addidit quartam apud nos Caesar dictator annos ad solis cursum redigens singulos Sosigene perito scientiae eius adhibito: alle tre scuole di pensiero caldea, egizia e greca si aggiunse quella vigente fra di noi ad opera di Cesare dittatore, che regolò gli anni sul corso del Sole avvalendosi di Sosigene esperto in questa scienza.* [243, XVIII, 211]

▼ Tavola dei Fasti Verulani rinvenuta a Veroli, nei pressi di Roma, nel 1922. La lastra, già usata come copertura di un sepolcro, si riferisce ai primi mesi dell'anno: IAN(uarius), FEB(ruarius), M(artius), con riportato in basso il numero dei giorni di ciascun mese. Le lettere dell'alfabeto che si ripetono dalla A alla H indicano le date dei mercati (*nundinae*, vedi testo), le altre lettere indicano i giorni fasti (F), comiziali (C), nefasti (N), festivi (NP), endotercisi (EN).



s'è visto erano gli ultimi: il calendario di Giulio Cesare fu così in tutto e per tutto un calendario egizio. Nell'elaborazione di questo calendario Sosigene (e Giulio Cesare) si resero quasi certamente conto che la differenza con l'anno tropico era poca, stimandola in 4 min 45 s, un valore trascurabile per l'epoca, ma che condurrà alla riforma gregoriana quasi sedici secoli dopo essendo il ritardo effettivo di 11 min 14 s.

Con questo sistema non si doveva più ricorrere al mese intercalare, mentre una nuova funzione assumeva il giorno intercalare che venne detto *complementare*, e siccome questo doveva cadere sei giorni prima della *Kalendae* di Marzo ripetendo (non era un giorno aggiunto) il 23 Febbraio chiamandosi *bis-sexta dies pridie Kalendas Martias* (doppio sesto giorno prima delle Calende di Marzo), l'anno che incorporava quel mese fu detto da allora in poi *bisestile*.

Già alcuni anni dopo l'introduzione del nuovo sistema calendariale, e subito dopo la morte di Cesare, si cominciarono a introdurre errori. I sacerdoti, fraintendendo o non comprendendo bene le istruzioni di Sosigene, o volendosi riservare ancora potere in materia, oppure ancora basandosi sul sistema inclusivo romano (*supra*) avevano iniziato ad intercalare l'anno bisestile ogni tre anni anziché ogni quattro avendo contato come bisestile anche l'anno 1. Fu Augusto a rimettere le cose a posto ordinando che fossero omissi dal computo gli anni bisestili sino all'anno 8 d.C. [292, Solino, I, 9]: *iussit annos duodecim sine intercalatione decurrere*,<sup>5</sup> che risultò così il primo anno bisestile del calendario giuliano. Il senato romano decretò poi che *Sextilis* si chiamasse *Augustus* in onore dell'imperatore, e che il mese avesse la stessa durata di quello già istituito in onore di Cesare (*Julius*) ad opera di M. Antonio nel 44 a.C. Questo creava un

5. ...dispose che passassero dodici anni senza intercalare.

nuovo problema d'alterazione temporale, e per rimediare *Februarius* fu ridotto da 29 a 28 giorni e cambiato il numero dei giorni degli ultimi mesi dell'anno per evitare che ne apparissero consecutivamente quattro con 31 giorni.

Tale alterazione temporale del mese di Febbraio non è del tutto pacificamente acquisita fra gli storici e gli studiosi del calendario, ritenendo che si basi su un'errata informazione fornita da **Sacrobosco** nel suo *Computus* del 1235: vedi lemma relativo.

Certo non è dato sapere a quali fonti attingesse Sacrobosco, ma credo che la sua teoria sia più che probabile considerando che la sincronizzazione del calendario con l'anno tropico si fonda appunto sulla variabilità di Febbraio, ed è molto probabile che in principio il mese fosse proprio di 29 giorni per pareggiare ogni quattro anni i mesi comuni di 30 giorni, e che essendosi dovuto operare un intervento, si sia agito – successivamente – su questo mese. Augusto, il fondatore dell'impero, non voleva certo che il suo mese sfigurasse in durata a confronto di quello di G. Cesare, e siccome fu lui a rimettere in fase il calendario dopo la confusione ponteficale, volendo dimostrare che anche in questo campo non era inferiore al predecessore, naturalmente doveva scalare un giorno al mese in questione.

Fino alla riforma del 1582 le successive modifiche al calendario, che però non sopravvissero mai a chi l'aveva proposte, furono soltanto formali e riguardarono i nomi dei mesi dell'anno. Sulla scia augustea Caligola chiamò Settembre *Germanico*, Nerone chiamò il mese di Maggio in suo onore *Claudio*, Domiziano chiamò col suo nome *Ottobre*, e Carlo Magno rinominò tutti i mesi: con lui fu definitivo l'uso di assegnare ai giorni un numero progressivo secondo quanto proposto dal venerabile **Beda**.

Nelle provincie governate da Roma il calendario entrò in vigore gradualmente per la difficoltà a farne comprendere la necessità. In oriente ad esempio fu a lungo vigente il calendario civile *alexandrino* che come quello dei faraoni comprendeva 12 mesi di 30 giorni ciascuno e 5 giorni *epagomeni*, mentre un sesto giorno era aggiunto ogni quattro anni. Il calendario egizio-tolmaico che aveva la stessa impostazione fu a lungo in vigore, e soltanto nel IV secolo d.C. si ebbe la piena adozione del calendario giuliano. Ma vi fu anche un'ostilità, per così dire *politica*, a giudicare almeno dal sarcastico commento di Cicerone che in una lettera ad Attico [67, 13, 2] ironizza sul nuovo calendario, lasciando intendere che Giulio Cesare voleva estendere il proprio dominio anche in cielo.

Al pari del più tardo calendario gregoriano, il calendario giuliano, è un calendario **analettico**<sup>6</sup> (ricostruito), che considera cioè gli eventi come se fossero sempre accaduti secondo la scansione temporale introdotta. Questo dal punto di vista storico pone notevoli problemi nell'interpretazione delle fonti, in quanto le date non corrispondono più al reale verificarsi degli eventi.

Roma conosceva comunque anche altre datazioni. Innanzi tutto v'era il sistema di numerazione degli anni *ab urbe condita* che se non fu mai di uso curiale fu sempre molto in voga presso gli storici. Secondariamente v'era il sistema di far riferimento a periodi storici specificando il nome del console o dei consoli in carica, usanza vigente sino al 542 d.C. data di nomina dell'ultimo console Flavio Basilio; poi gli anni furono numerati sino al 566 *Post Consulatum Basilii*; in seguito, avendo l'imperatore Giustino II assunto per sé anche la carica consolare, l'uso decadde.

6. Alcuni chiamano tale calendario «prolettico», ma nella sostanza nulla muta, in quanto si tratta di attributi presi in prestito da figure retoriche (→ calendario **prolettico**) che ai nostri fini presentano le medesime identità concettuali.

• *Data giuliana: rinvio.* Il computo dei giorni secondo il sistema della data → **giuliana** ideata da **G. G. Scaligero** che conta i giorni dall'anno 4713 a.C. È trattato al relativo lemma.

► *Calendario giuliano «cristianizzato».* Nel 313, l'anno dell'editto di Milano che pose fine alla persecuzione cristiana (*editto di tolleranza*),<sup>7</sup> l'imperatore Costantino modificò temporalmente l'**indizione** introdotta da Diocleziano nel 312 portando il numero degli anni da base 5 a base 15: il sistema che aveva più che altro valenza fiscale burocratica e catastale, permetteva una programmazione economica, ed iniziava in ambito latino il 1° Gennaio ed in ambito greco il 1° Settembre. L'indizione conobbe diverse varianti locali e fu in uso sino a tutto il basso medioevo; ed in alcune zone dell'Italia meridionale addirittura sino al XVI secolo.

Dopo l'editto di Milano, la Chiesa fece proprio il calendario giuliano recuperando i giorni pagani *santificandoli* per i propri martiri, apostoli, ... Nel 321, quando Costantino introdusse la settimana, rimanevano tuttavia ancora gli antichi nomi dei giorni fra cui quello del *Dies Solis*, segno evidente che il culto di Mitra (→ **Epifania** e **Natale**), di cui pure Costantino era osservante, era ancora diffuso e che l'imperatore dopo essersi pacificato con una parte del popolo religioso non desiderava guastarsi con l'altra; si stabilì comunque per la prima volta in via ufficiale che in quel giorno bisognasse astenersi dal lavoro, segno evidente della cristianizzazione *in fieri* del calendario. Il divieto di Costantino che non si estendeva comunque alle opere agricole,<sup>8</sup> e che faceva espresso riferimento al *Sol invictus* mitreo, paralizzava comunque l'attività dei giudici che non potevano quindi perseguire i cristiani.

In quest'ottica storica e confessionale, la cristianizzazione del calendario giuliano ad opera di Costantino con l'introduzione della domenica come giorno festivo significa non solo riconoscere il diritto cristiano al riposo<sup>9</sup> bensì anche introdurre una vera e propria rivoluzione sociale, i cui effetti sono ancora oggi in atto, dando a quel giorno, con l'obbligo di astensione dal lavoro, una valenza qualitativamente differenziale paralizzando di fatto ogni attività attesa l'interconnessione in ogni epoca degli strati sociali, ed introducendo un principio (l'astensione dal lavoro in un giorno a cadenza fissa e periodica) del tutto estraneo al costume romano.

Il mondo romano si era già dovuto confrontare con la rigida periodicità con cui gli Ebrei si astenevano dal lavoro nel giorno di sabato. L'usanza, del tutto incomprensibile per la vita civile romana, era stata sanzionata da **Seneca** che nel *De superstitione* sosteneva che così si *consumava inutilmente un settimo della vita*, come ricorda Sant'Agostino nel *De civitate Dei* [5, VI, 11], e giudizio ancora più sferzante fu espresso da Tacito nelle *Historiae* spintosi a bollare gli Ebrei di *inertia e ignavia* [307, V, 5, 4]. In un certo senso, vista l'astensione da qualsiasi opera in quel giorno, si poteva pensare che anche il sabato ebraico fosse da considerare un giorno nefasto: *vedi* appresso.

Le conseguenze di questa statuizione costantiniana (che in altra sede meritano ben più approfondito esame) sono spesso

7. Costantino aveva già emanato un tale editto nel 306 in Gallia e Britannia riconoscendo libertà di culto a quelle popolazioni; ed analoghi editti erano stati emanati in *articulo mortis* dai tetrarchi Galerio e Massimino nel 311 e nel 313.

8. ... *che giudici cittadini ed artigiani osservino il riposo nel giorno venerabile del Sole, ma gli abitanti nelle campagne s'adoperino ai lavori dei campi in considerazione del fatto che le opere agricole hanno i loro tempi.* Editto di Costantino del 7 Marzo 321, Codice Giustiniano, Libro III, 12, 3.

9. Il concilio di Elvira, odierna Granada, svoltosi attorno al 300, aveva decretato di provvedere nei confronti dei cristiani che per più di tre domeniche non adempissero all'obbligo.

sottovalutate restando sempre assorbite dagli effetti «cristiani» dell'editto imperiale che innescò senz'altro la veloce scardinazione dei costumi romani rendendo di lì a poco l'impero facile preda delle divisioni interne e delle prede esterne.

Gli editti furono reiterati dai successori di Costantino a dimostrazione della difficoltà incontrata nell'applicazione; e la prosecuzione dei giochi nel giorno dedicato al Signore, provocò immediatamente contrasti fra il potere civile e quello religioso cristiano: essendo i festivi giorni nefasti, era usanza romana e latina indire in quei giorni i giochi per propiziarsi la divinità. In aggiunta, nei giorni nefasti, come nell'introdotta domenica (ancora *dies Solis* però), non poteva essere esercitata la giustizia, perché agli atti giudiziari eventualmente compiuti si sarebbe trasmessa la *qualitas* negativa di quel giorno, ed i pochi atti giuridici ammessi (emancipazioni e manomissioni) non avevano validità. Le disposizioni relative al giorno di riposo finirono così con l'inceppare il sistema giudiziario. Crescendo poi di numero le feste cristiane recepite dal potere imperiale come feste di stato, presenti ancora molte feste pagane, presto l'attività giudiziaria rischiò la paralisi.

Alla soluzione provvide Teodosio proclamando nel 380 a Tessalonica, odierna Salonicco, il cristianesimo religione di stato con l'editto *Cunctos populos*, ed estendendo (editti attuativi del 391 e del 392) il divieto dei culti pagani all'Egitto, causò di lì a qualche decennio la fine della scuola di **Alessandria**. Gli elementi pagani scomparivano così dall'ufficialità del calendario, e se qualcosa ancora ne sopravviveva era nei villaggi sperduti (nei vari *pagus* dell'impero, da cui derivò poi il termine *pagano*) dove l'opera di conversione (*rectius*: di persecuzione) non era ancora interamente giunta. Successivamente nel 395, Arcadio e Onorio figli di Teodosio ed imperatori rispettivamente d'oriente e d'occidente, vietarono del tutto le feste pagane, in specie gli spettacoli dei gladiatori, riconoscendo, in fatto e in diritto quindi, al cristianesimo potestà sul calendario civile. Liberata la domenica da ogni attività, ben presto si trasferirono in questo giorno le attività di mercato, le *nundinae*, e finirono con l'essere chiuse nel giorno festivo anche le scuole che sorgendo nei pressi dei mercati non potevano svolgere proficua attività per via della confusione che nell'occasione si creava: si radicava nella vita della collettività, cristiana e non, il nuovo ciclo settimanale la nuova articolazione del lavoro.

Il primo calendario cristiano fu compilato dal calligrafo **Filocalo** nel 354, ma si tratta più che altro di un rudimentale almanacco iconografico, e comprende ancora molte festività romane; i giorni di festa dedicati agli spettacoli erano 177 contro i 77 dell'età augustea, e di questi 69 originavano da feste pagane e 98 da feste di epoca imperiale, cui se ne aggiungevano altri, almeno 10, decretati dai questori [106]. Un decremento delle festività si nota nel calendario di **Polemio**, un funzionario imperiale che nel 449 compilò un calendario, ma un centinaio di giorni restavano ancora destinati agli spettacoli [273].

Il calendario giuliano è tuttora vigente per la liturgia della Chiesa ortodossa, ma le chiese di Russia, Serbia e Gerusalemme lo hanno in parte riformato riconoscendo bisestili soltanto gli anni secolari il cui millesimo diviso 9 dia quale resto 2 o 6, è cioè bisestile un anno secolare ogni 4 o 5. Questo comporta che una festa comune a tutte le chiese cristiane come la Pasqua abbia cadenza diversa.

► *La settimana.* Il nome, dal latino *septimana*, è composto dalle parole *septem* e *mane* (sette mattini). Si è già ricordato che questa è un raggruppamento artificiale di giorni avulso da qualsiasi ciclo astronomico; resta ora da vedere la sua origine. Come la divisione del giorno in 24 parti, anche la settimana sembra si debba far risalire alle civiltà dell'area mesopotamica e

precisamente ai Sumeri, che nei loro mesi prevedevano quattro giorni festivi (non lavorativi) in concomitanza con le quattro fasi lunari. Tracce della settimana si rinvengono ancora nel calendario babilonese ed in quello egizio, ed altri riferimenti tangibili si trovano sparsi un po' dovunque, ma è nella Bibbia, Genesi, che il raggruppamento trova sacrale codificazione discendendo da Dio stesso che, almeno stando alla lettera del racconto, avrebbe compiuto le opere in sei giorni riposandosi il settimo.

Ma se criteri astronomici sono assenti, la settimana nasce tuttavia con riferimento a due fenomeni celesti: la durata media della fase lunare per quanto riguarda la sua durata, ed il numero dei pianeti conosciuti (sette considerando sempre nel novero anche la Luna e il Sole), per quanto riguarda i nomi dei giorni.

Il calendario confessionale ebraico, che certamente risenti dell'influenza babilonese, stabilì per primo la sacralità della settimana giungendo a fissare ad opera di Mosè un giorno dedicato al Signore modulandolo certamente sul riposo divino del settimo giorno, mentre nelle altre civiltà (Assiri, Babilonesi, Egiziani, ...) la dedica del singolo giorno ad un pianeta, quindi ad una singola divinità, assumeva una connotazione astrologica volendo porre la vita civile sotto la protezione di quelle divinità. Si diffuse presto l'usanza caldea di nominare i giorni secondo l'ordine decrescente dei pianeti: Saturno, Giove, Marte, Sole, Venere, Mercurio, Luna, iniziando il ciclo con il più lontano. L'entità temporale all'interno dei singoli giorni era all'epoca costituita da sei gruppi composti ciascuno di quattro parti (non si può parlare ancora di ore nella nostra accezione), e se le prime quattro parti erano sotto la protezione dell'astro-divinità giornaliera, le restanti due si ricollegavano ad altri astri-divinità variabili da giorno a giorno.

Perduta l'opera di Plutarco sull'origine del nome dei giorni e sulla natura del loro ordine, l'unica fonte classica che fornisca qualche elemento in più di una mera descrizione mitologica, è nella *Storia di Roma* di Dione Cassio [61, XXXVII, 18 - 19]. Lo scrittore greco accede all'origine planetaria dei nomi ma non la retrocede ad epoche lontane, bensì la riconduce direttamente agli Egizi proponendo due vie d'interpretazione per la cadenza dei giorni e la loro origine nominativa: l'una basata *musicalmente* sull'accordo di quarta (tetracordo), l'altra sul computo delle ore del giorno e della notte.

Secondo la prima ipotesi per la quale D. Cassio mostra particolare apprezzamento perché gli sembra rifletta sulle opere degli uomini, giornalmente scandite, la perfezione e la musica celeste, s'inizia a contare dal pianeta più lontano in lettura ciclicamente ricorrente, assegnando il primo giorno alla prima orbita: Saturno. Omettendo poi le due prossime sfere (accordo di quarta, Giove e Marte), la prossima sfera incontrata sarà il Sole (dies Solis, la nostra Domenica), quindi saltando altre due sfere si avrà l'orbita della Luna (il nostro Lunedì), e via dicendo.

L'altra ipotesi, abbastanza empirica, si basa sul computo delle ore del giorno e della notte, iniziando anche in questo caso l'attribuzione della prima ora alla sfera più lontana: Saturno, quindi a Giove, a Marte, al Sole, a Venere, a Mercurio, alla Luna seguendo sempre l'ordine delle sfere. Ripetuta più volte questa operazione nelle 24 ore, la prima ora del giorno seguente corrisponderà al Sole, ed applicando il procedimento a tutti i giorni, ciascuno troverà il proprio nume protettore.

Questa cronologia proposta da D. Cassio trova conferma in alcune scritte rinvenute su un triclinio a Pompei dove però manca il giorno dedicato ad Apollo (il nostro mercoledì).

Nella settimana cristiana il giorno saliente è quello del riposo dedicato al Signore, spostato dal sabato ebraico alla domenica sia per motivi di differenziazione del credo, sia per celebrare la risurrezione e la comunione domenicale, ponendo la domenica

come una nuova festività sacrale del tutto sciolta dal sabato ebraico, considerando l'insegnamento del Cristo che vedeva nella rigida osservanza del sabato soltanto un cerimoniale di mosaica memoria senza particolare rilevanza: concilio di Gerusalemme del 50. Nel corso di questo concilio furono decretati quali inutili i cerimoniali della legge ebraica abolendo, fra l'altro, la circoncisione recependo gli insegnamenti di Paolo che la circoncisione è nell'animo, anche perché i gentili convertiti si sottoponevano naturalmente contro voglia a tale pratica.

Quando gli altri culti persero col tempo gradualmente adepti non potendo competere con la nuova religione, si diffuse l'uso di chiamare *dominica* (giorno del Signore) il primo giorno della settimana, e nel rifiuto della paganismi gli altri giorni divennero *feria secunda, feria tertia*, e via dicendo ingenerando così l'assurdo che divennero nominalmente lavorativi i giorni nominalmente festivi. L'innovazione ebbe vita effimera e terminò con Costantino, ma è rimasta in uso in Portogallo ove i giorni in questione si chiamano anche *Segunda-feira, Terca-feira, Quarta-feira, Quinta-feira, Sexta-feira*. La cristianizzazione si spinse tanto oltre da voler cancellare, almeno ufficialmente, ogni traccia di paganesimo dalla nomenclatura dei giorni della settimana, e così i vari *dies Lunae, dies Martis*,... vennero ricondotti a momenti significativi della storia della cristianità sforzandosi a riconoscere nel lunedì il *dies luminis* e negli altri giorni il *dies martyrum*, il *dies merae ecclesiae*, il *dies Jesus*, il *dies veneranda* e il *sabbaton* (plenilunio). Si trattava ovviamente di un artificio dal momento che non si desiderava portare ulteriore scompiglio cambiando radicalmente anche i nomi dei giorni, tanto più che appare evidente l'assonanza con i nomi pagani.

Nelle terre di lingua inglese e sassone sono rimasti vigenti, con alcune diversità fra i due ceppi linguistici, i nomi di antiche divinità, e così *Tuesday* fa riferimento alla divinità della guerra Tyr, *Wednesday* al dio Odin, *Thursday* al dio Thor, e *Friday* alla dea Freya; i restanti giorni fanno riferimento alla Luna (*Monday*), a Saturno (*Saturday*) ed al Sole (*Sunday*). In alcune lingue come la francese e l'italiana, il *dies* latino si è trasposto alla fine del nome, *martedì* ad esempio; in altre (catalano) il *dies* si è spostato in inizio di parola: *dimart* sempre per martedì; in altre lingue ancora come lo spagnolo, il rumeno e lingue italiane locali come il piemontese e il friulano non sono presenti lettere di riferimento al *dies*. Le lingue anglosassoni e tutti i paesi dell'area nordica hanno tradotto il *dies* nelle loro lingue usando i rispettivi termini «day», «Tag» «Dag»... facendo divenire il giorno già preso ad esempio *Tuesday* (inglese), *Dienstag* (tedesco), *Dinsdag* (olandese), ecc.

Una *vexata quaestio* riguarda il giorno d'origine della settimana. Si tratta soltanto di una convenzione. Tanto i paesi anglosassoni quanto quelli latini e di confessione ortodossa pongono la domenica come primo giorno. Tuttavia una certa consuetudine civile di esaltare la domenica come giorno di riposo e di festa che conclude un ciclo lavorativo, pone di fatto fra la popolazione la convinzione che il primo giorno della settimana coincida con la ripresa del lavoro, il che, da un punto di vista sociologico e psicologico è senz'altro vero. Conforme a questo sentire è la normativa ISO 8601 che al fine di armonizzare la vita civile ha posto il lunedì come inizio della settimana.

Altri calendari, come quello azteco ed inca hanno settimane di durata diversa: gli Aztechi di cinque giorni e gli Incas di nove, ma si tratta di casi isolati, e comunque, attesa l'etimologia della parola, non si può più parlare propriamente di settimana.

- *Calendari copto ed etiopico*. Altri due calendari di rito diverso dal cattolico hanno avuto notevole diffusione in passato e sono legati a confessioni seguite ancora oggi da comunità ristrette: quello della Chiesa *copta* e quello della Chiesa *etiopica*. Il

primo pone l'inizio dell'anno al 29 Agosto, data in cui fu introdotto in Egitto il calendario giuliano, e prevede come l'omonimo *alessandrino* 12 mesi da 30 giorni con l'aggiunta di 5 giorni epagomeni che divengono 6 negli anni bisestili, computando gli anni dall'era di Diocleziano (284 d.C.) (*infra*).

Il calendario etiopico è simile a quello copto, e computa le ere in due modi: dalla creazione del mondo posta al 5493 a.C. (*era alessandrina*) e secondo l'era cristiana, ma differisce da questa per uno sfasamento di oltre 7 anni.

• *Data della Pasqua*. Il problema della data della Pasqua cristiana è discusso al relativo lemma: → **Pasqua**.

► *Calendario giuliano riformato: gregoriano*. I primi ad evidenziare gli errori prodottisi con il calendario giuliano furono nel XIII secolo **Sacrobosco** e **R. Bacone**, quest'ultimo un francescano assai diverso dai confratelli dello stesso ordine con cui aveva talmente poco in comune da andare predicando che la mente oltre che da Dio deve essere guidata dalla ragione: infatti era in odore di eresia. Sacrobosco nel *Computus* sostenne la necessità di una correzione del calendario giuliano proponendo di saltare un giorno ogni 288 anni, e Bacone dimostrò che l'anno introdotto con l'innovazione di Sosigene era più lungo dell'anno tropico, e che il ritardo originato di un giorno ogni 125 anni era tale che l'equinozio di primavera, fondamentale per stabilire ogni anno la data fluttuante della Pasqua, non cadeva più il 21 Marzo ma, anticipando progressivamente, cadeva all'epoca il 13 Marzo. Queste voci autorevoli cui va aggiunta anche quella di **N. Cusano**, reclamavano l'improrogabilità di una riforma, ma prima di dare ascolto ad esse dovevano ancora passare alcuni secoli. La questione fu dibattuta durante il Concilio di Costanza (1414 - 1418) senza adottare alcuna risoluzione, e per operare la riforma bisognò attendere il rinascimento, lo scisma luterano, e soprattutto il Concilio di Trento che avendo deliberato di rivedere i testi liturgici non poteva procedere a questa operazione senza aver prima riformato il calendario.

Nel 1575 Gregorio XIII nominò una commissione di cui facevano parte eruditi come **Clavio**, il matematico ed astronomo che appoggiò le soluzioni proposte e che ne era il componente anziano; **E. Danti** che prima con la meridiana in Santa Maria Novella a Firenze e poi con quella nella **torre dei venti in Vaticano** aveva mostrato al pontefice il ritardo ulteriormente accumulatosi dai tempi di Bacone (l'equinozio cadeva allora l'11 Marzo), e soprattutto il medico e astronomo **L. Lillo**, il vero propositore delle modifiche poi adottate, che furono esposte alla commissione dal fratello Antonio essendo Luigi morto prima che la riforma fosse promulgata. Il progetto definitivo, come ricorda la bolla, reca comunque il nome di Luigi Lillo, citando un lavoro che fu poi pubblicato in compendio nel 1577.

Il punto centrale da risolvere, oltre naturalmente la necessità di rimettere in fase il calendario, era mantenere ferma la data dell'equinozio primaverile fondamentale per la celebrazione della Pasqua, impedire cioè che i ritardi divenissero significativi azzerandoli periodicamente. La soluzione adottata fu quella di omettere tre anni bisestili ogni 400 anni secondo specifiche modalità; nel nuovo calendario solare era assente qualsiasi riferimento a cicli lunari, eccezion fatta per la data della Pasqua che continuò ad essere dipendente dalle fasi lunari.

Il 24 Febbraio 1582 Gregorio XIII promulgò la bolla di riforma *Inter gravissimas* [*Pastoralis officii*] stabilendo che:

1. a giovedì 4 Ottobre 1582 seguisse venerdì 15 Ottobre;
2. negli anni a venire fosse bisestile solo un anno ogni quattro, ed a condizione che il numero che costituisce le prime due cifre fosse divisibile per 4. Quindi cessava la norma del calendario giuliano secondo la quale tutti gli anni secolari erano bisestili;

3. l'anno iniziasse il 1° Gennaio.

Con lo stratagemma individuato del salto dei giorni veniva evitato qualsiasi scompenso settimanale, specie nei riti liturgici, perché a prescindere dalla numerazione dei giorni, al giovedì seguiva comunque il venerdì. Per operare il salto calendariale fu scelto il mese di Ottobre e quel periodo in quanto privo di rilevanti festività ecclesiastiche.

In questo modo, avendosi su 400 anni 97 anni bisestili anziché 100, la durata dell'anno gregoriano mediata sui 400 anni risultava  $[(303 \times 365) + (97 \times 366)]/400 = 365,2425$ , essendo 303 gli anni comuni nel periodo. Facendo la differenza fra la lunghezza dell'anno gregoriano e quella dell'anno tropico si ottiene il valore di 0,000301 giorni, la quantità espressa in secondi (valore conosciuto  $\times 24 \text{ h} \times 60 \text{ min} \times 60 \text{ s}$ ) che dà appunto 26 s, la lunghezza maggiore dell'anno gregoriano rispetto a quello tropico. In questo modo fu ridotto l'errore degli 11 min per anno del calendario giuliano, mentre, tenendo conto dell'accorciamento dell'anno di circa mezzo secondo a secolo, l'imprecisione residua acquista valore significativo (un giorno) dopo 2630 anni, un lasso di tempo tanto ampio che nessuno se ne curò. L'esigua differenza è stata comunque già compensata stabilendo che gli anni 4000, 8000 e 12 000 che dovrebbero essere bisestili, siano anni comuni.

È chiaro che l'aggettivo «gregoriano» fu usato per distinguere il nuovo calendario soprattutto con riguardo alla funzione ed al prestigio del divulgatore Gregorio XIII, pontefice come G. Cesare. La riforma non generò in effetti un nuovo calendario, come fu quello giuliano nei confronti del numiano, bensì soltanto un emendamento tecnico nei confronti di un precedente calendario, fu una correzione al calendario giuliano e nulla più.

Inviato alle dipendenze ecclesiastiche, illustrato nel 1603 da una relazione del Clavio (*Romani Calendarii a Gregorio XIII restituti explicatio*), il nuovo calendario fu accettato dal mondo cattolico ma fortemente contestato da quello protestante da poco scisso che rifacendosi alla riforma giuliana non riconosceva al pontefice autorità in materia trattandosi di questione civile. Ad eccezione dell'Olanda, dell'Austria e delle regioni cattoliche tedesche che l'adottarono immediatamente, nelle terre a confessione protestante, e nonostante i pareri favorevoli di **Tycho** e **Keplero**, l'avversione fu notevole e il papa bollato come il nuovo anticristo. La riforma penetrò quindi assai lentamente: in Svizzera nel 1702, in Inghilterra e nelle colonie nel 1752, nella Prussia fu completa soltanto nel 1775. Un caso particolare fu quello della Svezia e della Finlandia (allora parte integrante del regno svedese) che adottò ufficialmente il calendario gregoriano dal 1° Marzo 1753, avendo comunque già deciso di aderire al nuovo sistema dal 1700. Tuttavia, non volendo disporre il salto di giorni come negli altri paesi, la Svezia scelse di recuperare progressivamente i giorni eliminando gli anni bisestili dal 1700 al 1740. Il governo svedese introdusse però errori ed il piano fu abbandonato tornando al calendario giuliano, finché nel 1753 per porre fine alla confusione si decise di adottare definitivamente il calendario gregoriano facendo seguire al 17 Febbraio il 1° Marzo. In Russia, ormai Unione Sovietica, la riforma entrò in vigore il 31 Gennaio 1918 disponendosi con decreto dei Soviet che Febbraio iniziasse il 14 e non il 1°, lo scarto temporale dell'epoca; le ultime nazioni ad adottare il calendario gregoriano furono la Grecia nel 1923 e la Turchia nel 1926. In alcuni stati, Israele, paesi di lingua araba, cinese... il calendario gregoriano è usato parallelamente al calendario locale.

Notevole opposizione vi fu anche da parte del popolo perché molti credevano di perdere i crediti maturati nei giorni soppressi, ed i fedeli vedevano l'alterazione temporale come un'invasione negli antichi riti; poi la Chiesa *dimostrò* che i miracoli

continuavano a verificarsi anche col nuovo calendario e vi fu acquiescenza. La Chiesa ortodossa per canto suo avversò la riforma per motivi connessi al proprio distinguersi dalla Chiesa di Roma, tanto che, come visto, alcune chiese di quella fede continuano ad usare il calendario giuliano, e ancora nel 1923 andava proponendo una diversa riforma.

La diversa vigenza temporale del calendario gregoriano nei singoli stati pone problemi di calcolo spesso ignorati quando si tratti di celebrare ricorrenze secolari di personaggi illustri. Diversi testi e dizionari riportano, ad esempio, per **Newton** la data di nascita del 1642, ma questo è vero solo perché all'epoca in Inghilterra era ancora in vigore il calendario giuliano. Essendo il calendario gregoriano analettico, ed estendendo quindi il suo computo anche ai periodi precedenti, poiché Newton è nato il 25 Dicembre 1642 (calendario giuliano), la data di nascita (calendario gregoriano) è il 4 Gennaio 1643, e non il 5 Gennaio come talvolta si legge. Non sempre comunque le date sono state analetticamente aggiornate; ad esempio si continua a celebrare il *Columbus day*, il giorno della scoperta dell'America, il 12 ottobre 1492, quando secondo il calendario gregoriano la ricorrenza dovrebbe essere il 21 ottobre. Un altro caso di discrasia temporale di avvenimenti è quello della *Rivoluzione d'Ottobre*: il 25 Ottobre 1917 per il calendario giuliano allora vigente, il 7 Novembre per il calendario gregoriano.

Nell'operare questi calcoli bisogna tener conto che il salto dei giorni disposti nel calendario gregoriano è 10 e non 11, perché si passò dal 4 al 15 ottobre calando fra queste due date 10 giorni, non 11 come potrebbe sembrare contando da 4 a 15. Apposite tabelle forniscono i giorni da aggiungere per il computo. A titolo di esempio, questi sono: 10 giorni dal 4 Ottobre 1582 al 28 Febbraio 1700, 11 giorni sino al 28 Febbraio 1800, 12 giorni sino al 28 Febbraio 1900, 13 giorni sino al 28 Febbraio 2100.

Dalla riforma gregoriana originò la *data liliana* conosciuta in inglese come *Lilian Day Number*, dal nome del riformatore del calendario L. Lillo: vedi data **giuliana**.

- **Calendario liturgico.** Il calendario liturgico è un calendario che basandosi sull'anno astronomico si occupa di fissare le festività ecclesiastiche. In vigore per tutte le chiese cattoliche, è detto anche di *rito romano*, per distinguerlo dal *rito ambrosiano* caratterizzato da un forte *Cristocentrismo*, residuo della lotta all'arianesimo condotta all'epoca dalla potente diocesi di Milano. Le differenze sono soprattutto rituali e si evidenziano in formalità durante la celebrazione della Messa. Il rito è sopravvissuto al concilio di Trento essendo tanto il pontefice dell'epoca (Pio VI) quanto l'ispiratore del concilio, Carlo Borromeo, milanese.

- **Calendario musulmano.** → **araba astronomia.** Con l'invasione delle terre del medio oriente nel XIX e nel XX secolo da parte delle potenze occidentali e la conseguente introduzione nella vita civile delle popolazioni a lingua e cultura araba del calendario gregoriano, la vigenza del calendario musulmano si ridusse progressivamente, e la sua recuperata adozione in tempi relativamente recenti da parte di strati sempre più vasti della popolazione segna principalmente una ricerca d'identità, una contrapposizione ed una reazione postume agli innegabili danni della colonizzazione. D'altro lato, l'imperversante globalizzazione del pianeta vieta di fatto l'adozione di un qualsiasi calendario che non sia quello gregoriano, e questa è la ragione per cui, pur essendo vigente in vari stati e non solo per le pratiche religiose, il calendario musulmano possiede oggi, al pari del calendario ebraico, un valore preminentemente storico ed una funzione quasi esclusivamente religiosa.

Circa la nascita e la genesi di questo calendario va osservato che quando il mondo musulmano iniziò l'espansione ponendo la propria fede come terza incomoda fra quella ebraica e quella

Mesi del calendario musulmano ed algoritmi di calcolo			
Mesi del calendario			
mese	giorni	mese	giorni
Muharram	30	Ragiab	30
Safar	29	Scia'ban	29
Rubi'-ul-Aual	30	Ramadhan	30
Rabi'-ul-Thani	29	Sciaual	29
Giumada-Al-Ula	30	Du-Al-Qi'da	30
Giumada al-thania	29	Du-Al-Heggia	29 - 30
Algoritmi di calcolo per gli anni abbondanti			
Anni abbondanti		Metodo	
2° 5° 7° 10° 13° 15° 18° 21° 24° 26° 29°		Ulugh-Begh	
2° 5° 7° 10° 13° 16° 19° 21° 24° 26° 29°		versione comune	
2° 5° 7° 10° 13° 16° 19° 21° 24° 27° 29°		versione indiana	
2° 5° 8° 11° 13° 16° 19° 21° 24° 27° 30°		al-Biruni	

cristiana, le due religioni incentravano il calendario sullo stesso evento chiamato con nomi diversi: la Pasqua e il Pessah, con riferimento entrambe al mese lunare (29,5 d) per l'individuazione delle festività con diverse interpretazioni calendariali.

L'Islam che per differenziare il proprio credo aveva proceduto ad una nuova numerazione epocale e sacrale degli anni a partire dalla rivoluzione profetica (*era dell'egira, infra*), non poteva certo recepire una calendarizzazione esistente pena una credibilità d'immagine, e pose una serie di disposizioni divine e profetiche alla base della formulazione di questo calendario considerato diretta emanazione della religione.

Innanzitutto nel calendario dell'Islam il numero dei mesi è fissato in 12 non già perché in questo modo si avrebbe una qualche corrispondenza a criteri astronomici, bensì perché si tratta di un numero sacro a Dio. A questa regola se ne aggiungono altre, sempre divine, come quella che proibisce l'uso del mese intercalare provando, argomentando *a contrariis*, che si trattava di una regola all'epoca diffusa in quelle terre; ovvero quelle che individuano i mesi sacri, le ore da destinare alla preghiera, i precetti da adempiere in determinati periodi dell'anno, il digiuno durante il *Ramadan*, i relativi divieti che cadono in questo periodo, e altri comandamenti che non costituiscono come nella religione cristiana un obbligo in gran parte esclusivo del clero, ma sono obbligatoriamente comuni per tutta la popolazione di quella fede. Secondo quanto ordina il precetto, i mesi non iniziano nel calendario musulmano con la Luna nuova, ma quando la Luna nuova, come falce crescente, inizia a comparire al crepuscolo (recita il Corano: *è necessario sviluppare nuovi metodi di calcolo, ideare strumenti idonei all'osservazione della Luna*); e la Luna nuova deve essere effettivamente vista, e tuttora in molti paesi che praticano quella religione, in prossimità del novilunio, al tramonto del Sole un gran numero di persone scruta il cielo per scorgere la prima esile falce lunare. Tale avvistamento è usato anche per le attività civili, ed è attualmente testimoniato da funzionari governativi, e conseguentemente il giorno inizia al tramonto e termina al tramonto successivo.

Fra tante rigide innovazioni il calendario musulmano si modellò comunque su precedenti lunari in uso presso le popolazioni che entrarono a far parte dell'Islam che usavano un calendario di 12 mesi (composti in maniera alternata di 29 o 30 giorni) ai quali aggiungevano di tanto in tanto un tredicesimo mese per pareggiare il calendario lunare e solare. L'inserimento, come avveniva per Roma, era decretato da un'autorità religiosa.

Un calendario obbediente ai principi dell'Islam apparve verso il 638 introdotto dal califfo Omar I e comprendeva dodici mesi

lunari composti ciascuno alternativamente di 30 e 29 giorni, mentre l'ultimo poteva essere di 29 o 30 giorni. Il primo anno fu posto al 622 dell'era cristiana. Il calendario musulmano è fra i pochissimi calendari moderni a larga diffusione che sia lunare: in questo modo si hanno anni di 354 giorni (*anni comuni*) e 355 giorni (*anni abbondanti*) quando il 12° mese conta 30 giorni anziché 29 giorni. L'anno musulmano è allora in media più corto di 11,25 giorni di quello solare con la conseguenza che il capodanno retrocede sempre.

In un periodo di 30 anni musulmani la Luna anticipa di circa 11 giorni, e nel ciclo trentennale s'inseriscono 11 anni abbondanti per accordare la data con la luna. Il ciclo lunare (mese lunare medio) misura  $[(19 \times 354) + (11 \times 355)]/360 = 29,53056$ , cioè è 3 s più corto del mese sinodico medio.

L'alternanza dei giorni così concepita serve a compensare la durata del mese sinodico (29 d 12 h 44 min 3 s), ma il sistema che all'epoca doveva sembrare sufficiente, non è esente da errore perché ogni anno l'inizio del mese anticipa di 8 h 44 min. Per rimediare, ogni tre anni l'ultimo mese dura 30 giorni, generando anni bisestili da 355 giorni che vengono introdotti su un ciclo di 30 anni considerando bisestili il 2°, il 5°, l'8°, il 10°, il 13°, il 16°, il 19°, il 21°, il 24°, il 27°, e il 29° anno; nella tabella riportata nella pagina precedente sono riportati i mesi del calendario musulmano e la loro durata.

Basandosi il calendario islamico solo sulla Luna e non anche sul Sole, queste correzioni non sono idonee a sincronizzare l'anno con le stagioni, ma servono soltanto, sempre in funzione della necessità delle preghiere, a far coincidere l'inizio del mese con le fasi lunari, il che, ovviamente, non può non creare rilevanti problemi nell'epoca contemporanea.

■ *Calendario ebraico.* Il calendario ebraico acquistò l'attuale conformazione intorno al IV secolo a.C. ed origina dal calendario babilonese che gli ebrei appresero intorno al VI secolo durante la schiavitù in Babilonia, tanto che i nomi dei mesi riportano assai più che un'assonanza fonica con quelli del corrispondente calendario babilonese.

Sostanzialmente si tratta di un calendario religioso, nel senso che la religione, come per il calendario islamico, ne costituisce il primo fondamento e motore, tutto l'anno è vissuto in funzione della ricorrenza di alcune sacre festività fra cui spicca la Pasqua; possiede tre ricorrenze per il capodanno, ciascuna con un significato diverso, e di queste solo una, il *Rosà hashish*, può essere identificata con il capodanno del mondo occidentale, essendo le altre due un capodanno agricolo e religioso.

Il capodanno è inoltre legato a regole davvero elaborate relative alla luna nuova, al giorno in cui cade il nuovo anno, ... che fanno al confronto apparire il problema della data della Pasqua nel calendario cristiano di una semplicità assoluta. Ancor più che un calendario religioso si può definire un calendario sacerdotale dal momento che considerando le difficoltà delle regole da rispettare, specie se riportate all'epoca, la definizione dei giorni sacrali era evidente appannaggio esclusivo della casta sacerdotale che poteva così assai agevolmente esercitare il controllo sulla vita civile, specie se si pensa che a varie date erano collegate altrettante azioni che si potevano o non si potevano compiere, come la remissione dei debiti, la liberazione degli schiavi, ... insomma qualcosa di non dissimile, anche se ne è naturalmente alieno lo spirito superstizioso, dalla concezione pagana dei giorni fasti e nefasti (*supra*).

I giorni festivi di questo calendario vanno considerati, ad eccezione dello Sabbatico che non può corrispondere ad alcun altro giorno e della Pasqua che cade il 15 di Nissa, tutti *provvisori* perché solo con l'avvento dell'atteso Messia si avranno per le

Mesi del calendario ebraico e loro durata. Legenda: D = difettivo, R = regolare, A = abbondante. Vedi testo

ebraico	gregoriano	tipo anno per mesi					
		anno comune			anno embolismico		
		D	R	A	D	R	A
Tishri	sett - ott	30	30	30	30	30	30
Cheshwan	ott - nov	29	29	30	29	29	30
Kislew	nov - dic	29	30	30	29	30	30
Tevet	dic - gen	29	29	29	29	29	29
Shevat	gen - feb	30	30	30	30	30	30
Adar	feb - mar	29	29	29	30	30	30
Adar II	—				29	29	29
Nissan	mar - apr	30	30	30	30	30	30
Iyyar	apr - mag	29	29	29	29	29	29
Siwan	mag - giu	30	30	30	30	30	30
Tammuz	giu - lug	29	29	29	29	29	29
Av	lug - ago	30	30	30	30	30	30
Elul	ago - set	29	29	29	29	29	29
giorni		353	354	355	383	384	385

ricorrenze i giorni esatti. Questo calendario è quello ufficiale dello stato d'Israele assieme al gregoriano.

Dal punto di vista astronomico si tratta di un calendario lunisolare. Gli anni sono composti variabilmente da 12 o 13 mesi che possono avere ciascuno 29 giorni o 30 giorni: i mesi di 30 giorni sono detti *pieni*, quelli di 29 giorni *difettivi*; l'anno di 12 mesi è detto *comune*, quello di 13 mesi *embolismico*.

Ciclo lunare e solare vengono raccordati sul ciclo diciannovenale metonico (*supra*) aggiungendo a 7 degli anni del ciclo un mese intercalare ottenendo  $12 \times 19 + 7 = 235$  cioè il numero delle lunazioni contenute in un ciclo. Sono cioè embolismici gli anni 3°, 6°, 8°, 11°, 14°, 17° e 19°, gli altri sono comuni. Con questa alternanza di anni composti di 12 o 13 mesi si riesce a compensare la differenza rispetto al calendario lunare, e quindi calendario ebraico da una parte e calendario giuliano-gregoriano dall'altra, pur essendo di diversa durata ed iniziando in periodi diversi dell'anno, ogni 19 anni *s'incontrano* e nei secoli proseguono assieme.

Nella tabella riportata in questa pagina sono riportati i vari mesi del calendario ebraico con le rispettive durate e corrispondenze al calendario gregoriano. L'alternanza di giorni nei mesi per gli anni comuni può dare origine ad anni *abbondanti* di 355 giorni, *difettivi* di 353 giorni, *regolari* di 354 giorni.

Per quanto riguarda gli anni embolismici il mese di *Adar* ha sempre 30 giorni invece dei 29 degli anni comuni, ed a questo segue *Adar II* detto anche *Adar-sheni* o *Wa-Adar*. Dato il numero variabile dei mesi lunari che il calendario ebraico può comprendere, il numero dei giorni dell'anno è variabile potendo essere di 353, 354 o 355 giorni a seconda che l'anno sia *difettivo*, *regolare* o *abbondante*; ma se embolismico, i giorni possono a loro volta essere 383 o 384 o 385.

L'anno ebraico inizia il 1° del mese di *Tishri* e conta gli anni dalla data della creazione del mondo posta, secondo il calendario gregoriano, al 3762 a.C., e dura, di regola, 354 giorni. Altre regole amministrano questa data in dipendenza della luna nuova e del giorno in cui viene a cadere: se il capodanno cade, ad esempio, di mercoledì, venerdì o sabato slitta di un giorno. Ma queste non sono le uniche regole e lo slittamento può essere in altri casi anche di due giorni.

A fini calendariali il giorno ebraico inizia al tramonto del Sole, convenzionalmente alle 18,00 h, ora di Gerusalemme.

■ *Ere sacrali.* Si tratta di periodi temporali di varia lunghezza, da alcuni decenni a secoli a millenni, che intendono esaltare momenti epocali di una nazione o di una civiltà contando gli

anni dalla creazione o dall'avvento di un profeta. Si dà una sacralità religiosa secondo criteri affatto astronomici, una sacralità epica, come quella di cui ci è notizia in Censorino [64, XXI] che accetta la ripartizione del mondo in tre periodi: a) dall'origine dell'umanità al primo diluvio; b) dal diluvio alla prima olimpiade (776 a.C.); c) dalla prima olimpiade al periodo in cui Censorino scriveva, epoca quest'ultima detta storica perché i fatti narrati corrispondono ad eventi realmente accaduti. Non di rado la sacralità è soltanto cronologica, esclusivamente storica, computando gli anni da un determinato evento, come l'ascesa al potere di una dinastia o il principio di un diverso governo: *era* (epoca) *dei Faraoni*, *era dei Cesari*,...

Le epoche sacrali a volte si fondono coi sistemi calendariali dei quali rispettano sostanzialmente i principi astronomici ponendo all'interno del calendario un nuovo aggiuntivo conteggio degli anni finalizzato a dar rilevanza storica e politica ad una determinata epoca; a volte invece (*ab urbe condita*, *era cristiana*, *era dell'egira*,...) si pongono come datazione assoluta considerando quella epoca per la propria civiltà e per la propria fede come prevalente rispetto alle (sulle) altre.

Le ere differiscono dalla → **cronologia** storica pur avendo con questa diversi tratti in comune. La cronologia si occupa infatti di stabilire un sistema di datazione uniforme ed universale con cui elencare gli avvenimenti dai più lontani periodi. Tale studio in passato si è spinto tanto oltre da divenire una vera e propria mania, sino a giungere a cercare l'anno di origine del mondo: **J. Ussher**, arcivescovo di Armagh, ancora nel 1650 teorizzava la data della creazione secondo criteri che facevano della illogicità il loro fulcro, a dimostrazione che le menti irrazionali non furono un privilegio esclusivo, si fa per dire, del medioevo.

- **Era olimpica.** Non si tratta di una vera e propria era, quanto piuttosto di un metodo di datazione che segue la cadenza olimpica, usata da moltissimi storici.

La datazione si diffuse dopo la conquista di Alessandro quando i Greci presero a contare gli anni secondo la cadenza olimpica, fissandola a ritroso ai primi giochi databili al 776 d.C. L'indicazione avveniva precisando il numero cronologico dei giochi olimpici cui ci si riferiva, ad esempio la trentesima olimpiade, e quindi all'interno di questa il numero progressivo degli anni, così che l'indicazione completa appariva, ad esempio, nella forma 30,3, ossia il terzo anno dopo la trentesima olimpiade.

- **Era di Nabonassar** Era artificiale inventata dall'astronomo alessandrino **Tolomeo** al fine esclusivo di recuperare le osservazioni astronomiche babilonesi. Pochissimo usata anche a fini astronomici e storici, si fa iniziare nell'anno 747 d.C. Vi fa riferimento anche Censorino, *ibidem*.

- **Era cristiana.** Dal IV secolo in poi, vigendo nel mondo cristiano solo l'antico e il nuovo testamento come fonti di sapere indiscusse e indiscutibili, giungendosi da parte di alcuni persino a rifiutare dalla lettura di taluni passi biblici la sfericità della Terra, il calendario rimase cristallizzato nelle impostazioni ricevute, e l'unica conseguenza innovativa fu di numerare i periodi storici, e di conseguenza gli anni, non più *ab urbe condita* o secondo la cadenza olimpica, ma con la nascita del fondatore della nuova religione. La datazione epocale fu introdotta nel VI secolo da **Dionigi il piccolo**, e la sigla usata in molti testi A.D. [*ab*] **Anno Domini** (dall'anno del Signore) è incentrata sulla natività e pone l'inizio dell'anno al 25 Dicembre.

Dionigi pose la nascita di Cristo nell'anno 753 *ab urbe condita*, numerando come primo anno il 754 dalla fondazione di Roma che divenne il primo dell'era cristiana. Quando attorno al XVII secolo si diffuse l'abitudine di contare secondo la nuova era sacrale anche gli anni precedenti alla nascita di Cristo individuandoli con la sigla a.C. : *ante Christum* [*natum*], gli storici

non prestarono attenzione al fatto che l'anno della nascita, il 753 a.C., avrebbe dovuto essere in realtà l'anno zero, e s'introdusse così un errore di computo che in diversi casi ha condotto a celebrare ricorrenze secolari nell'anno sbagliato: *supra*. A scusante di Dionigi occorre dire che all'epoca non era conosciuto lo zero. La datazione dionigiana divenne d'uso comune quando fu recepita dal venerabile **Beda**.

L'era cristiana fissando il suo momento d'origine all'anno della nascita di Cristo, ha in realtà dato origine a due ere: quella a.C. (*ante Christum*) e quella comune d.C. (*post Christum*).

- **Ere religiose e imperiali.** Se quella cristiana è senz'altro la più conosciuta e la più usata, non è comunque l'unica era epocale. Accanto all'*era dell'egira*, designata con la sigla AH (*annus Hegirae*) che celebra l'emigrazione a Medina del profeta a seguito delle persecuzioni, e che si fa iniziare il 16 Luglio dell'anno 622 dell'era cristiana e che fu introdotta dal califfo Omar I, va ricordata l'*era bizantina*, in uso fra il VII e il XVII secolo che poneva la creazione del mondo al 5508 a.C. e faceva iniziare l'anno il 1° Settembre.

Altra era sacrale è quella del calendario ebraico che secondo l'interpretazione della Bibbia da parte di quella religione pone la creazione all'anno 3762 d.C. Diverse ed ulteriori ere celebrano a.C. avvenimenti geograficamente localizzati, quali l'*era dei Seleucidi* che si fa iniziare dall'avvento di quella dinastia dopo la spartizione dei territori successiva alla morte di Alessandro (323 a.C.); l'*era degli Arsacidi*, detta anche dei Parti, a seguito della vittoria di Tiridate sui Seleucidi nel 247 a.C.; l'*era dei Sassanidi* in Persia dal 224 a.C. sino al VII secolo; l'*era di Augusto* (31 a.C.); l'*era di Diocleziano*, detta anche *era dei martiri* (284 d.C.); l'*era degli Armeni* dal 552 d.C. sino al XVII secolo che segna la conversione cristiana di quelle genti, e diverse altre ere in India, Giappone e Cina. Accanto a queste ne sono esistite altre, più temporalmente localizzate, che risolvevano la sacralità nell'esaltazione di un particolare momento storico.

- **Era repubblicana.** La breve *era repubblicana* fu introdotta dal calendario francese, assieme a nuovi nomi dei mesi, dal 1793 al 1805. L'era trovava fondamento nel *calendario della Rivoluzione* alla cui stesura collaborarono matematici come Lagrange e Monge. Questo riprendeva l'antico calendario egizio e si fondava su 12 mesi della durata di 30 giorni cui si aggiungevano 5 giorni *complementari* che divenivano 6 negli anni bisestili, che però non si chiamavano più così bensì *olimpici*. Un giorno complementare era aggiunto quando l'equinozio sarebbe slittato di un giorno. La razionalizzazione del nuovo calendario era molto compromessa da queste forzature.

Volendo cancellare dal calendario qualsiasi reminiscenza astrologica, mitologica e confessionale (la rivoluzione era frutto dopo tutto dell'epoca dei lumi), fu abolita la settimana ed istituita in sua vece la decade ed i giorni nominati *ex-novo* – secondo la traduzione in lingua italiana – come *primodi*, *duodi*, *tridi*, *quartidi*, *quintidi*, *sestidi*, *septidi*, *nonidi* e *decadi*, mentre ai mesi furono imposti nuovi nomi di agevole ed immediata comprensione. Iniziando l'anno alla data della proclamazione della repubblica (22 Settembre 1792) e dell'equinozio (approssimato) d'autunno, il primo mese era *vendemmiale*, cui seguivano *brumoso*, *frimaio*, *nevoso*, *piovoso*, *ventoso*, *germinale*, *floreale*, *pratiale*, *messidoro*, *termidoro* e *fruttidoro*. Coerentemente fu modificata la suddivisione del giorno, non più in 24 parti ma in 10: 10 ore di 100 minuti ciascuna. Il calendario fu abolito da Napoleone I il 17 febbraio 1802.

- **Era fascista.** In tempi a noi vicini vi fu l'*era fascista* che celebrava l'inizio della nuova era dalla marcia su Roma del 28 Ottobre 1922. L'*anno fascista* iniziava il 29 Ottobre e terminava il 28 dello stesso mese dell'anno successivo. La singolare era

fu in vigore sino all'Aprile del 1945, e si tentò anche, ma ovviamente senza successo, di imporre il 28 Marzo, anniversario della marcia su Roma, come capodanno.

■ *Calendari dell'area americana.* Spesso accomunati dalla comune dizione di *precolombiani*, questi calendari fanno riferimento a tre distinte realtà geopolitiche: Maya, Aztechi ed Inca. Maya e Aztechi occupavano entrambi quella parte del continente americano chiamata comunemente *mesoamerica*, ma mentre il dominio degli Aztechi era più propriamente concentrato su quella parte di territorio che viene oggi identificato con il Messico, quello dei Maya si estendeva su parte della penisola dello Yucatan, e sugli stati oggi conosciuti come Guatemala, Belize (ex Honduras britannico), Salvador, Costa Rica. Gli Inca invece erano stanziati a ridosso della catena andina, occupando i territori che si estendono sino all'oceano Pacifico, attuali stati attuali del Cile, del Perù e dell'Equador, con notevoli estensioni all'interno verso gli attuali stati dell'Argentina e della Bolivia. Ognuna di queste tre civiltà (che erano poi un crogiolo di varie etnie con usi spesso distinti), usava calendari diversi.

Com'è noto le culture maya ed azteca furono cancellate in pochi decenni dalla colonizzazione spagnola. Particolarmente fulminea fu la campagna di H. Cortés contro gli Aztechi che spazzò via in breve volgere di tempo, grazie anche alla successiva *civilizzazione*, ogni traccia di culture che se progredite in certi campi, erano in altri di una stupefacente desolazione culturale. La scrittura era abbastanza sviluppata solo presso i Maya che comunque non possedevano un alfabeto fonetico, del tutto sconosciuto era l'uso della ruota, e pratica comune erano i sacrifici umani e il cannibalismo. Quando Cortés si presentò agli Aztechi con le sue armature, i carri, i cavalli (anch'essi sconosciuti) non gli fu difficile proporsi come la nuova attesa divinità sfruttando vecchie superstizioni. Quasi stessa sorte toccò agli Inca.

I calendari di queste civiltà si svilupparono – ovviamente – in maniera del tutto indipendente da quelli dell'area occidentale, ma mostrano in alcuni casi sorprendenti similarità nei risultati raggiunti e nelle impostazioni.

● *Calendario maya.* I Maya usavano due calendari: a) il calendario *Tzolkin*, basato su un ciclo divinatorio che era essenzialmente un calendario religioso; ed il b) calendario *Haab* d'uso secolare e civile, essenzialmente agricolo.

Il calendario religioso comprendeva 13 periodi di 20 giorni ciascuno (260 giorni), secondo il computo numerico vigente presso i Maya che era appunto su base 20 e non già su base 10. Ogni giorno era associato ad un distinto glifo (segno grafico-pittorico) che era legato a sua volta ad una divinità, ad un animale od ad altri simboli sacri.

Il calendario secolare era invece di tipo solare e contava 365 giorni distinti in 18 mesi composti ciascuno da 20 giorni. Avendo misurato con notevole esattezza la durata dell'anno tropico in 365,2420 giorni, alla fine dell'anno i Maya aggiungevano 5 giorni complementari per tenere il calendario in fase. I giorni, conoscendo i Maya lo zero, erano numerati da 0 a 19.

Accanto a questi due sistemi calendariali ve n'era un terzo, che non si poneva però come un vero e proprio calendario, quanto piuttosto come un ciclo destinato al computo degli anni e di grandi eventi. Il ciclo articolato su poco meno di 52 anni, originò probabilmente dalla commistione fra calendario sacro (*Tzolkin*) e calendario civile (*Haab*). Dal momento infatti che il minimo comune multiplo fra i giorni previsti nei due calendari (rispettivamente 260 e 365) è 18 980: il numero diviso per i giorni di un anno (365,25) fornisce il valore di 51,9644, appunto gli anni contenuti nel ciclo. La funzione di questo computo il cui ciclo iniziale si fa risalire al 3114 a.C., non è del tutto chiara. Data la notevole superstizione di quel popolo, sembra che il

ciclo fosse legato a eventi di grande portata quali la creazione del mondo o la nascita della divinità. Questo grande computo è quello che dovrebbe terminare nel Dicembre del 2012 e che tanta angoscia sta generando fra alcuni strati della popolazione tendenti a dare valore a rappresentazioni simboliche prive di qualsiasi reale rispondenza.

● *Calendario azteco.* Gli Aztechi disponevano come i Maya di un calendario religioso e di un calendario civile che chiamavano *Tonalpohualli* e *Xiuhpohalli*.

Il calendario religioso aveva la medesima durata di quello maya, 260 giorni, e come quello era composto di 13 periodi di 20 giorni ciascuno, differenziandosene nell'intitolazione a diverse divinità dei singoli mesi.

Anche il calendario civile ricalcava nella composizione quello maya contando 18 mesi da 20 giorni ciascuno e l'aggiunta di 5 giorni alla fine dell'anno. In questo modo però, come per il calendario maya, l'anno civile non era in fase con l'anno tropico, e non si ha alcuna certezza delle tecniche eventualmente adottate per sincronizzarlo.

Come i Maya gli Aztechi contavano un ciclo di 52 anni chiamato *Xiuhmolpilli* suddiviso in quattro periodi di 13 anni.

● *Calendario inca.* L'interpretazione del sistema calendariale inca è resa difficile dal fatto che questa popolazione non adottava alcuna forma di scrittura, neanche quella logossillabica vigente presso i Maya. L'unico modo che gli Inca usavano per registrare le informazioni era un sistema di nodi su corde di diverse colori, ma è veramente difficile dire se questa modalità di raccogliere informazioni si estendesse anche alla composizione di un calendario o alla raccolta cronologica di eventi, anche perché questo tipo di linguaggio numerico era segreto e sconosciuto al popolo. Ogni ricostruzione in materia è dunque anche in questo caso induttiva. Certamente il fatto che le città sorgessero a grandi altezze dove il cielo è particolarmente terso e favorevole alle osservazioni, che si trattasse di un popolo dedito essenzialmente alla pastorizia ed all'agricoltura praticata su estesi terrazzamenti, deve aver favorito la nascita di calendari agricoli.

In quest'analisi ricostruttiva bisogna tenere conto anche la latitudine del luogo (la capitale Cuzco si trovava a  $\varphi = 13^\circ 54'$  Sud), il che comporta l'inversione delle stagioni; ed il fatto che l'altezza stessa di Cuzco e la sua posizione circondata da montagne comporta la facile osservazione del percorso del Sole su punti di riferimento certi, particolare questo su cui le fonti spagnole, l'unico nostro dato, concordano. Così, una delle poche fonti attendibili in nostro possesso, il missionario spagnolo B. Cobo, definisce questo popolo attento osservatore del Sole e della Luna su cui impostavano un ciclo annuale e uno mensile. Da queste informazioni pare di poter dedurre che l'anno fosse di tipo *solare*, con inizio al solstizio d'estate (solstizio d'inverno alle nostre latitudini) e termine al seguente, ma sulla sua durata effettiva nulla di più preciso è possibile dire, tranne che l'anno era diviso in 12 mesi e che in prossimità del solstizio alcuni incaricati osservavano il Sole sorgere e tramontare dietro determinati picchi montuosi usati come riferimento.

Altri testi parlano di diversi sistemi di misura e dell'esistenza di un mese sinodico, ma la mancanza di un qualsiasi riferimento preciso lascia questa civiltà, e intorno a tutta la sua storia, nelle più fumose nebbie. La settimana inca, come già ricordato all'inizio di questa voce, era articolata su tre periodi di 9 giorni ciascuno, originando così un mese di 27 giorni.

■ *Calendari dell'area orientale.* I calendari considerati sono soltanto quello cinese, giapponese e tibetano, che se i principali di questa vasta area geografica, non esauriscono certo la varietà calendariale che il continente asiatico presenta. Per

altri calendari, vietnamita, thailandese, coreano, ecc., si rinvia l'approfondimento ad appositi testi.

Questi calendari presentano tutti un tratto comune: oltre ai corpi celesti (Sole e Luna) fanno riferimento ad *elementi spirituali*, mantengono cioè ancora una forte valenza simbolica (astrologica), come è per i singoli anni associati a nomi di animali. Pur essendo infatti quegli astronomi giunti a precise formulazioni relative alla durata dell'anno ed al ciclo diciannovenale lunare assai prima di Metone (come fu per la Cina dove era chiamato *zhang*), gli eventi risultano quasi sempre proiettati su uno scenario divinatorio-aruspice, e solo presso gli astronomi reali, l'astronomia assunse il ruolo di scienza autonoma.

► *Calendario cinese.* → cinese astronomia.

Il più antico calendario cinese si fa risalire alla dinastia Xia, fra il XXI ed il XVI secolo a.C., un calendario essenzialmente agricolo sorto dalla necessità di organizzare i lavori in funzione stagionale e dell'influenza sul clima del Fiume Giallo. Ne restano alcuni reperti, documenti tracciati su ossa o gusci di tartaruga, dai quali si può dedurre che l'anno era composto di 12 mesi, alternativamente di 29 e 30 giorni, che iniziava, approssimativamente fra la fine di Gennaio e l'inizio di Febbraio, che era conosciuta l'intercalazione.

Nel corso delle dinastie Shang e Zhou (1600 - 300 a.C. circa), l'inizio dell'anno fu spostato, rispettivamente, al dodicesimo ed all'undicesimo mese del precedente calendario Xia, e qualche secolo dopo, nel 104 a.C., l'imperatore Wun della dinastia Han ripristinò il calendario Xia ma fissando l'inizio dell'anno secondo criteri che approssimano quelli della nostra Pasqua: il giorno della prima luna nuova successivo a quello dell'ingresso del Sole nell'undicesimo segno dello **Zodiaco**: il *Cane* per la Cina, l'*Acquario* nel sistema occidentale.

Una rilevante riforma vi fu nel 1645, dovuta alla perseverante opera dei Gesuiti (*vedi* ancora → cinese astronomia) che fecero conoscere il calendario giuliano e quello gregoriano. All'epoca la compilazione calendariale era competenza del *Ministero imperiale per l'astronomia* da parte di una commissione di matematici ed astronomi, ed a seguito dell'opera dei Gesuiti che seppero conquistarsi un predominio in materia, l'imperatore dispose per la propria previa approvazione del calendario, la conseguente pubblicazione mediante affissione alla porta d'ingresso della città imperiale, la distribuzione ai funzionari di stato, sancendo in aggiunta con la pena di morte a chiunque avesse osato modificarlo: evidentemente era questa una pratica diffusa.

Scomparse all'inizio del secolo scorso le dinastie imperiali, la neonata repubblica cinese adottò il calendario gregoriano che entrò in vigore il 1° Gennaio 1912, ma iniziò ad avere valore

effettivo solo dal 1° Gennaio 1929. L'adozione del calendario gregoriano, che s'innestava su una millenaria diversa tradizione, portò non poche complicazioni, tanto che i due calendari, cinese tradizionale e gregoriano, vivono assieme, e molte feste tradizionali sono transitate nel nuovo calendario. La riforma del 1912 non ha condotto in fatto alla soppressione del calendario tradizionale che continua a vivere in feste rituali come quella del capodanno. Da allora il calendario gregoriano fu chiamato *pubblico*, ed il tradizionale capodanno *Festa di Primavera*.

• *Il calendario lunisolare cinese.* Il calendario cinese è comunemente descritto come «lunisolare»; in sostanza però si tratta di due calendari, uno solare e uno lunisolare, che non possono essere concepiti indipendentemente l'uno dall'altro. La loro convivenza è da ricondurre alla genesi ed all'evoluzione storico-astronomica di questo calendario che si può solo induttivamente ricostruire. Probabilmente, come per tante antiche civiltà, il primo calendario fu lunare, in seguito, quando con l'uso di più precise tecniche di misura si evidenziò l'insufficienza di un ciclo lunare a comporre un ciclo solare, e che anzi così si accumulavano errori, s'iniziò a computare il tempo secondo il ciclo solare senza rinunciare per motivi di tradizione al precedente calendario. Un'evidenza di quest'ipotesi può essere trovata nella singolare circostanza che di fatto il calendario solare *proietta* i propri mesi sul calendario lunare, intreccio che fa senz'altro del calendario cinese il più articolato, se non il più complesso, fra quelli sin qui esaminati.

La parte solare del calendario cinese è costituita da 24 *Jieqi* o *Jalons* (Sezioni o Nodi), che possono essere immaginate come una generalizzazione (parcellizzazione) dei solstizi e degli equinozi, ma mentre in occidente questi marcano l'eclittica ad intervalli di 90°, le varie sezioni, essendo in numero di 24, marcano ovviamente ciascuna 15°.

Nella tabella riportata nella pagina seguente, tratta (con integrazione delle longitudini per le varie sezioni) dal fondamentale lavoro di H. Aslaksen [23], si notano le sezioni alternative definite dalle lettere J e Z numerate da 1 a 12: le sezioni che iniziano con la lettera J sono chiamate *jie*, quelle con la lettera Z *qi*. Le sezioni indicate come Z<sub>2</sub>, Z<sub>5</sub>, Z<sub>8</sub> e Z<sub>11</sub> corrispondono ai momenti d'ingresso delle nostre stagioni; quelle indicate come J<sub>1</sub>, J<sub>4</sub>, J<sub>7</sub> e J<sub>10</sub> indicano il principio delle stagioni nel calendario cinese. Si evidenzia che mentre secondo il calendario gregoriano la primavera inizia con il corrispondente equinozio, nel calendario tradizionale cinese essa cade in un periodo compreso fra il solstizio d'inverno e l'equinozio primaverile. L'intervallo fra due *Jalons* (Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>,...) riveste un ruolo fondamentale nel determinare i mesi complementari: prima della riforma del 1645 quest'intervallo valeva 30,44 d dal momento che i Cinesi contavano un sole medio; dopo quella data l'intervallo varia fra 29,44 d e 31,44 d per sincronizzare l'anno con il sole vero determinato astronomicamente.

L'anno solare inizia nel momento in cui il Sole transita nel 15° del segno dell'Acquario, approssimativamente il 4 o il 5 febbraio del nostro calendario, quindi con il solstizio invernale e segue i 24 *jieqi*: questo è il tradizionale calendario agricolo. Il calendario lunisolare inizia con il nuovo anno cinese e consiste di 12 o 13 mesi e segue l'anno tropico. Si delineano di conseguenza due tipologie di anno: il *sui* (anno solare), simile all'anno tropico (con la differenza che in occidente è misurato da un equinozio all'altro) e che è l'intervallo di tempo fra due consecutivi solstizi, e il valore medio risulta 365,242740 d; e il *nian* che è l'anno cinese: il periodo da un anno all'altro. Dal momento che un anno cinese conta 12 o 13 mesi lunari e che ciascuno di questi può avere 29 o 30 giorni, la lunghezza del *nian* può essere di 353, 354 o 355 giorni se si tratta di un anno comune, ovvero 383,



▲ Calendario aruspice cinese su guscio di tartaruga. I dati riportati sono relativi all'astronomia, al calendario, alla meteorologia, alla geografia, all'agricoltura. Dinastia Shang, 1600 - 1046 a.C.

Sezioni ( <i>Jieqi</i> ) dell'anno solare cinese				
sigla	nome	traduzione	data	$\varphi$
J <sub>1</sub>	Lichun	primavera	4 Febbraio	315°
Z <sub>1</sub>	Yushui	piogge	19 Febbraio	330°
J <sub>2</sub>	Jingzhe	risveglio degli insetti	6 Marzo	345°
Z <sub>2</sub>	Chunfen	equinozio di primavera	21 Marzo	0°
J <sub>3</sub>	Qingming	limpida luce	5 Aprile	15°
Z <sub>3</sub>	Guyu	piogge favorevoli	20 Aprile	30°
J <sub>4</sub>	Lixia	estate	6 Maggio	5°
Z <sub>4</sub>	Xiaoman	spighe quasi mature	21 Maggio	60°
J <sub>5</sub>	Mangzhong	spighe mature	6 Giugno	75°
Z <sub>5</sub>	Xiazhi	solstizio d'estate	22 Giugno	90°
J <sub>6</sub>	Xiaoshu	piccoli caldi	7 Luglio	105°
Z <sub>6</sub>	Dashu	grandi caldi	23 Luglio	120°
J <sub>7</sub>	Liqiu	ingresso autunno	8 Agosto	135°
Z <sub>7</sub>	Chushu	fine del caldo	23 Agosto	150°
J <sub>8</sub>	Baliu	rose bianche	8 Settembre	165°
Z <sub>8</sub>	Qiufen	equinozio d'autunno	23 Settembre	180°
J <sub>9</sub>	Hanlu	rose fredde	8 Ottobre	195°
Z <sub>9</sub>	Shungljang	brina	24 Ottobre	210°
J <sub>10</sub>	Lidong	ingresso inverno	8 Novembre	225°
Z <sub>10</sub>	Xiaoxue	piccola neve	22 Novembre	240°
J <sub>11</sub>	Daxue	grande neve	7 Dicembre	255°
Z <sub>11</sub>	Dongzhi	solstizio d'inverno	22 Dicembre	270°
J <sub>12</sub>	Xiaohan	piccolo freddo	6 Gennaio	285°
Z <sub>12</sub>	Dahan	gran freddo	20 Gennaio	300°

384 o 385 giorni se l'anno è abbondante. Come il calendario gregoriano è un'approssimazione dell'anno tropico, così il *nian* è un'approssimazione del *sui*, a dimostrazione che il calendario cinese è in ogni senso un calendario solare che usa però mesi lunari anziché giorni solari come unità di base.

Dall'anno solare si estraggono i mesi lunari. Premesso che un mese lunare non è determinato da un calcolo medio effettuato su lunghi periodi, ma dal calcolo vero, circostanza che assume rilevanza per posizionare i mesi complementari in un anno, valgono alcune norme d'impostazione e di calcolo:

- dopo l'introduzione nel 1929 del calendario civile gregoriano i calcoli si effettuano a partire dalla longitudine di 120° Est, prima di questa data si assumeva il meridiano di Pechino a 106° Est;
- il giorno in cui cade la luna nuova è il primo giorno del mese: non rileva l'ora come nel calendario islamico, la luna nuova copre tutta la giornata. Un mese lunare è l'intervallo fra due lune nuove e ha una durata ricompresa fra 29 e 30 giorni. I mesi non sono contraddistinti l'uno dall'altro da un nome, ma cronologicamente individuati: contrariamente all'usanza occidentale di numerare gli anni e nominare i mesi, i Cinesi nominano gli anni e numerano i mesi.

Per posizionare nell'anno il primo mese esistono ulteriori regole afferenti alle diverse situazioni che si presentano secondo le quali il nuovo anno inizia:

- il giorno della seconda luna nuova dopo il solstizio di dicembre;
- il giorno in cui la luna nuova appartiene a J<sub>1</sub>;
- il giorno della luna nuova che segue Z<sub>12</sub>;
- il giorno della luna nuova in Z<sub>1</sub>.

Si ottiene sempre una data compresa fra il 21 Gennaio ed il 21 Febbraio.

Quanto alla determinazione del giorno in cui l'anno nuovo, una delle più rilevanti festività cinesi, data la non coincidenza dell'anno tropico con l'anno impostato sui mesi lunari, si trovò la soluzione aggiungendo un mese lunare all'anno di 12 mesi per ottenere un anno embolismico: si aggiunsero 7 anni embolismici sul ciclo

metoniano diciannovenale nell'ordine 1, 4, 7, 10, 12, 15 e 18, in seguito si applicò un principio strettamente legato al calendario solare secondo questa regola:

- il mese lunare che non contiene un *qi* (una sezione principale) è un mese complementare e prende il medesimo rango del mese precedente, ma non ha necessariamente lo stesso numero di giorni di quello. La regola conosce eccezioni:

- se la sezione principale (*Jalon*) è assente da meno di 20 mesi da un precedente mese complementare, non si deve computare, e il mese senza *Jalon* resta un mese normale;
- se il primo mese complementare segue un mese che contiene due *Jalon* principali, allora è un falso mese complementare e non va considerato come tale.

Applicando queste regole i Cinesi riescono a costruire i loro calendari. Si è ricordata l'usanza cinese di nominare gli anni e contare i mesi. Per questa esigenza la cultura tradizionale cinese si richiama ad un ciclo sessagesimale dato dalla combinazione di un ciclo di 10 anni ed uno di 12 anni (sei cicli di 10 anni corrispondono a 5 cicli di 12 anni): il ciclo decennale è chiamato *tronco celeste*, quello dodicennale dei 12 *rami terrestri*, rispettivamente, *tiangan* e *dizhu*.

A partire dal VI secolo si associò un animale a ciascun ramo terrestre, e spesso anche il nome di 5 elementi a ciascun tronco celeste. I segni sono: (*topo, bue, tigre, coniglio, drago, serpente, cavallo, capra, scimmia, gallo, cane, maiale*) e si trovano empiricamente associati a cinque elementi (legno, fuoco, terra, ferro, acqua). Il nome di un anno si compone dalla combinazione tronco-ramo, e la congiunzione (accostamento) fra anni di diversi simboli manifesterebbe una proprietà *fasta* o *nefasta*.

• *Calendario giapponese*. Il calendario tradizionale giapponese (*Wareki*) fu in uso sino al 1873, quando venne introdotto il calendario gregoriano: anche in questo caso, come per il calendario cinese, le principali festività tradizionali rimasero. Al pari di quello cinese da cui strettamente deriva, comprende una parte solare ed una lunare, e come quello è diviso in 24 sezioni che ripetono nel significato quelle del calendario cinese; le sole differenze sono nel calcolo della longitudine che si effettua ovviamente da diversa località:  $\varphi = 135^\circ$  Est, nel nome delle sezioni che si chiamano *ki*, e nel calcolo del mese lunare che in Cina si effettua dal 1645 ed in Giappone dal 1798.

Il mese lunare ha un ruolo fondamentale tanto che Luna e mese fanno riferimento allo stesso ideogramma che assume però letture e pronunce diverse a seconda che sia utilizzato come nome ovvero in congiunzione con altri ideogrammi: gennaio per esempio si chiama *ichi-gatsu*. L'anno era costituito da dodici mesi lunari con una durata variabile fra 29 - 30 giorni, e l'inizio di ciascun mese era fissato con la luna nuova mentre il nuovo anno si faceva iniziare dalla seconda luna nuova dopo il solstizio d'inverno che cadeva in un giorno fissato corrispondente al 22 dicembre, e quindi anche in questo caso il capodanno cadeva intorno alla metà di febbraio.

Data l'impostazione *lunare*, anche questo calendario si trovava spesso sfalsato rispetto all'anno tropico, e per rimediare si rimetteva in fase l'anno aggiungendo un mese o più giorni a seconda della necessità. Questo comunque era considerato un problema soltanto nelle campagne, perché per i massimi esponenti della società giapponese (imperatore e Shogun) il calcolo del tempo non costituiva un problema primario essendo questi preoccupati di stabilire nella cronologia, neanche nel calendario, innanzitutto le ere, e quindi i giorni *fasti* e *nefasti*.

Quanto alle ere, tre erano le principali cronologie adottate: il sistema *Nengo*, quello *Kanshi*, e quello *Jimmu-Tenno*. Il primo

non è altro che la numerazione sessagesimale cinese con inizio all'anno 2697 a.C.; il secondo conta gli anni a partire dal regno del primo imperatore giapponese (Jemmu, 660 a.C.); il terzo numera gli anni da un certo periodo iniziando da 1 a ciascuna nuova epoca; tale uso è tuttora vigente, e l'era attuale è incisa sulle monete. L'imperatore attualmente regnante, Akihito, nominò nel 1989 il proprio regno *Heisei*, e da quella data si contano gli anni: essendo il precedente imperatore Hirohito morto il 7 gennaio 1989, i primi giorni dell'anno appartengono ancora alla sua era, ed il 2010, ad esempio, è l'era Heisei 22 (sistema inclusivo).

Anche i Giappone i mesi sono numerati, ma in passato i mesi avevano nomi legati all'agricoltura. *Mutsuki* (armonia) era il primo mese dell'anno coincidendo con Febbraio-Marzo; seguivano *Kisaragi*, cambio d'abito stagionale; *Yayohi*, crescita dell'erba; *Utzuki*, piantagione del riso; *Satsuki*, germogli; *Mina-tzuki*, piogge; *Fumitzuki*, mese in cui si scrivono le lettere (!?); *Hatzuki*, mese delle foglie; *Nagatsuki*, mese lungo; *Kanatzuki*, mese senza dei; *Shimotsuki*, gelo, *Shihasu*, mese degli affari.

Una particolarità del calendario giapponese è costituita ancora dalla settimana in uso sin dall'anno 807.

- **Calendario tibetano.** Parlare del calendario tibetano vuol dire parlare del buddismo dal momento che questa filosofia di vita è talmente connaturata fra la popolazione di quella parte del globo che non è possibile scindere le due cose: in Tibet calendario, astrologia e religione sono strettamente connesse. Il calendario tibetano è però anche cosa diversa dal calendario buddista in senso stretto, qui non discusso, che si richiama al calendario vedico e che computa la propria era dal 543 a.C., segue l'era dell'ascesa al trono del primo re Nyatri Tsenpo e si fa iniziare nel 127 d.C.

In Tibet esistono due calendari: il calendario *Phukluk* creato nel 1447 dall'astrologo Phukpa Lhundrub Gyatso, considerato il calendario ufficiale tibetano, e il calendario *Tsurluk* creato da Karmapa Rangjung Dorje, abbastanza simili.

Il calendario *Phukluk*, secondo quanto riportano le fonti del cosiddetto *fondo di Kalachakra* con cui si indica uno dei testi religiosi della disciplina tantra, è un calendario lunisolare composto da 12 mesi di 30 giorni con inizio al novilunio: anche in questo caso, essendo spesso il calendario non in fase con l'anno tropico, si aggiungeva ciclicamente un tredicesimo mese. Ogni mese inizia il giorno della luna nuova (quando tramonta per la prima volta) e continua sino alla luna seguente. La longitudine di riferimento è  $\varphi = 76^\circ$  Est.

Il giorno lunare considerato come il tempo necessario perché l'angolo fra la Terra e la Luna aumenti di  $12^\circ$ , va dal sorgere al tramonto del Sole.

Il calendario tibetano indica per ciascun mese il rango del giorno lunare. Essendo il giorno lunare più corto di quello solare (0,984 d) può accadere che la fine (il termine di riferimento!) di due giorni lunari cada nel medesimo giorno solare, in questo caso non si conta il primo giorno lunare. Può anche accadere che in un giorno solare non termini alcun giorno lunare; in questo caso il rango del giorno precedente è doppio.

Quanto all'inizio del nuovo anno chiamato *Losar* non esistono regole univoche d'identificazione tranne il fatto che esso cada in un giorno di luna nuova, ma non è chiaro se la luna nuova sia riferita a Febbraio, ovvero a Marzo se l'anno precedente comportava un mese complementare, ovvero ancora alla Luna nuova che precede l'equinozio di primavera.

Il calendario tibetano riporta anche la simbologia dei dodici animali e dei cinque elementi già visti nel calendario cinese, la cui combinazione, sempre come nel calendario cinese, va a comporre un ciclo sessagesimale.

■ **Riforma del calendario.** La naturale osservazione che i calendari servono soprattutto, se non esclusivamente, a regolare la vita civile, ha fatto avanzare nel tempo da più parti, la necessità di una riforma. Questa si è però sempre scontrata con una serie di ostacoli di vario genere, le tradizioni delle singole nazioni e delle singole chiese innanzi tutto, e poi l'impostazione stessa del calendario articolato su mesi e settimane che essendo un'eredità storica, ed un artificio dal punto di vista tecnico, come tutte le tradizioni è lunga a finire. In aggiunta mesi e settimane nella loro composizione non sono sottomultipli di 365, e quindi risulta difficile un'impostazione calendariale che non abolisca anche i mesi ovvero li riformi completamente.

Il primo tentativo in tal senso fu quello effimero già visto del calendario repubblicano francese del 1793, e a questo altri progetti seguirono, fra cui quello dell'abate **M. Mastrofini** che nel 1834 propose un sistema che prevedeva di tenere fissi per ogni anno i giorni della settimana portando l'anno a 364 giorni, ed aggiungendo comunque ogni anno un giorno *anonimo*, ed ogni quattro anni un giorno complementare; la sua riforma (vedi discussione al lemma relativo) in aggiunta prevedeva per la Pasqua la data fissa del 2 aprile. I suggerimenti di Mastrofini che cadevano in un'epoca densa di avvenimenti rivoluzionari, non furono accolti dall'allora pontefice Gregorio XVI che portando il nome del predecessore che aveva riformato il calendario non voleva forse scossarsene l'operato.

Una nuova proposta fu avanzata dal filosofo francese A. Comte che propose nella prima metà del secolo XIX una riforma consistente nel modulare l'anno in 13 mesi di 28 giorni ciascuno, aggiungendo un giorno complementare *giorno bianco* alla fine di ciascun anno e due negli anni bisestili: in coerenza con la sua filosofia il calendario si chiamava *positivista*. Paragonata a quella di Mastrofini la proposta aveva il vantaggio di considerare il mese esattamente di quattro settimane, ma non ebbe seguito perché l'introduzione di un tredicesimo mese avrebbe scomposto troppo la vita civile.

Altre proposte furono avanzate da R. Heinicke, M. Cotswort e P. Delaporte solo per citarne alcuni, e queste restarono sempre nell'orbita dei calendari che si possono definire *fissi*.

Un'interessante proposta, nell'orbita questa volta dei calendari *perpetui*, fu promossa dopo il primo conflitto mondiale, quando la neostituita Società delle Nazioni, pose la sua attenzione alla riforma calendariale, e mentre le ipotesi di Mastrofini e Comte si scontravano senza che una prevalesse sull'altra, emerse la proposta avanzata ad opera di E. Achelis ispiratrice della *World Calendar Association*, un organismo che a lungo pubblicò una rivista sostenendo la necessità di un *calendario universale*. La riforma prevedeva la ripartizione dell'anno in quattro trimestri: ognuno con due mesi da 30 giorni e un mese da 31 giorni. Il trimestre che contiene in tal modo 13 settimane, inizia sempre la domenica. In questa riforma il giorno complementare prende il nome di *giorno mondiale*, e l'ulteriore giorno complementare degli anni bisestili viene aggiunto fra il 30 giugno ed il 1° luglio: questi giorni complementari sono festivi.

Altre proposte e conferenze seguirono, e nonostante che la Chiesa cattolica abbia dichiarato (1963) di non avere motivi per opporsi ad una riforma in chiave *perpetua* del calendario, rimangono ancora forti le opposizioni della Chiesa ortodossa che usa ancora il calendario giuliano, della comunità ebraica e di quella islamica, il che fa credere che difficilmente si giungerà alla definizione di un calendario veramente perpetuo.

Qualche progresso di omogeneizzazione si è ottenuto invece con l'adozione degli standard ISO per un adeguamento delle scritture delle date e degli orari.

La codifica ISO 8601 usa il calendario gregoriano e prevede l'anno zero assente presso gli storici, e così l'anno 1 a.C. viene indicato come 0000, l'anno 2 a.C. come -0001 e così via. Il primo Febbraio del 3 a.C. si scrive -00020201, e negli anni d.C. si omette il segno +.

Questa codifica comporta anche la scrittura della data nella forma anno-mese-giorno (2010-02-16: 16 Febbraio del 2010) diffusa nel nord Europa e in Inghilterra che l'adotta da tempo. Essa è usata da sempre nel software dei PC a fini di calcolo delle date.

**Caliban** Satellite di Urano scoperto nel 1997 in una lastra fotografica dell'osservatorio di Monte Palomar assieme ad un'altra luna di Urano: **Sycorax**. Ha un diametro approssimativo di 60km, ed è caratterizzato da un'orbita moderatamente inclinata ed eccentrica.

Come **Sycorax**, si suppone trattarsi di un corpo catturato dall'azione gravitazionale di Urano e non originante dal disco di accrezione della formazione del pianeta.

**California, nebulosa** (NGC 1499)

**Callanish**

**Callimaco di Cirene** (305 - 240 a.C.) Chioma di Berenice

**callippico, ciclo** Ciclo di 76 anni proposto in sostituzione del ciclo **metonico** dall'astronomo greco **Callippo**: → **calendario sub «Calendario greco»**.

**Callippo di Cizico** (370 - 300 a.C. circa) Allievo di **Polemarcho** che a sua volta era stato allievo di **Eudosso**, seguì il maestro ad Atene dove fece la conoscenza di **Aristotele** col quale collaborò.

Nella città greca Callippo dovette essere attivo a datare dal 300 a.C., perché da quella data si inizia a diffondere il ciclo che porta il suo nome ottenuto eseguendo accurate misure sulla durata delle stagioni, i cui dati sono riportati nel cosiddetto **papiro di Eudosso**, relativamente al ciclo → **calendario sub «Calendario greco»**.

Callippo apportò anche modifiche al sistema delle sfere proposto da **Eudosso**, aggiungendo altre due sfere per il Sole e per la Luna, ed altre tre per Mercurio, Venere e Marte.

**Callisto** Satellite mediceo di Giove

**Caloris Planitia** Mercurio e mariner 10

**CalTech** Acronimo di *California Institute of Technology*, un'università indipendente ad indirizzo scientifico cui sono collegati istituti come il **JPL**.

L'origine del CalTech risale al 1891 quando era soltanto una scuola locale di Pasadena. Il centro subì una profonda svolta con l'arrivo di **G. H. Hale** che gli dette un indirizzo innovativo ed il nome con cui attualmente l'istituto è conosciuto.

**Caltech Submillimeter Observatory**

**Calypso** Satellite Saturno

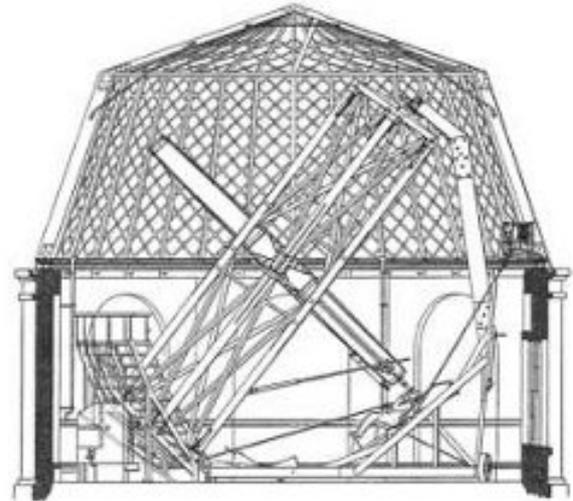
**Camaleonte** → **Chamaleon**.

**Cambridge Low Frequency Synthesis Telescope**

**Cambridge Optical Aperture Synthesis Telescope**

**Cambridge, osservatorio**

▼ Rifrattore Cauchoix da 300 mm installato all'osservatorio di Cambridge nel 1835 in un disegno d'epoca



▼ Lente obiettivo di G. Campani



**Cambridge Radio Observatory**

**Cambridge catalog of radio Sources** <http://3crr.extragalactic.info>

**Camelopardus**

**Cameron Alastair Graham Walter** (1925 - )

**Camilla** asteroide cint. pr.

**Campanella Tommaso** (-)

**Campani Giuseppe** (1635? - 1715) Ottico e astronomo umbro che lavorò quasi sempre a Roma.

Produsse le lenti obiettivo per i principali astronomi del tempo che si servivano quasi esclusivamente da lui. Le sue lenti si distinguevano per la notevole lunghezza focale.

**Campano da Novara** (1210/20 - 1296) Il Campano stesso non sa essere preciso sulla data della sua nascita e pure il suo

nome di battesimo è controverso, anche se spesso gli viene attribuito quello di Giovanni.

Conosciuto anche come Johannes Campanus (da non confondere con l'omonimo riformatore belga del Cinquecento), lavorò interrottamente presso la curia papale dal 1263 all'anno della sua morte, dedicandosi con passione nel tempo libero dagli uffici del sacerdozio, alla matematica ed all'astronomia. Ruggiero Bacone lo definì uno dei migliori matematici del suo tempo.

Viaggiò molto nei paesi arabi e nella Spagna entrando a contatto con i più eruditi uomini del tempo e pubblicò diverse opere, fra cui un'edizione latina (1255) della geometria di Euclide: *Preclarissimus liber elementorum Euclidis*, un testo in 15 libri basato su una traduzione in lingua araba dall'originale greco, utilizzato per secoli e stampato a Venezia nel 1482.

Per incarico del Papa Urbano IV si dedicò all'astronomia scrivendo la sua opera più famosa, i *Theorica Planetarum* in cui descrive minuziosamente il moto dei pianeti e fornisce gli elementi per la costruzione di un planetario. Da questo lavoro Giovanni Dondi dall'Orologio trasse l'ispirazione per la costruzione dell'astrario.

È un'opera minuziosa in cui affronta lo studio dei pianeti secondo il sistema tolemaico, calcola i diametri, le sfere, le distanze, e sempre è preoccupato di giustificare le divergenze che trova rispetto al lavoro di **Tolomeo**.

Scrisse ancora l'*Abbrevisatio equatorii planetarum*, il *Tractatus de sphaera*, il *Calendarium*, commenti all'Almagesto e varie altre opere di genere diverso.

Fu medico, e nell'esercizio di questa professione ebbe particolare successo un medicamento da lui ideato che gli permise di accumulare un notevole patrimonio stimato alla morte in circa 12 000 fiorini.

**Campano, cratere** Cratere lunare dedicato ad Campano situato nei pressi del Mare nubium, di circa 48 km di diametro.

**Campbell William Wallace** (1862 - 1938)

**campi, teoria dei**

**Campidoglio, osservatorio** → **Roma Campidoglio**.

**campo**

**Campo dei Fiori, osservatorio**

**campo, equazioni di** vedi luce e integra

**campo C** o campo di reazione

**campo gravitazionale**

**Campo Imperatore, osservatorio di**

**campo magnetico**

**campo scalare**

**campo vettoriale**

**Campocatino, osservatorio**

**Canada-France-Hawai, telescopio** → Mauna Kea osservatorio.

**canali marziani**

**Cancer**

**Canchal de Mahoma**

**Cancri, Rho** Non accetta  $\rho$  al posto di Rho. Scegliere via unica di classificazione per questa voce e similari

**Cancro** → **Cancer**.

**candela**

**Cane Maggiore** → **Canis Major**.

**Cane Minore** → **Canis Minor**.

**Canes Venatici**

**Cani da caccia** → **Canes Venatici**.

**Canicola** Nome con cui nell'antichità era conosciuta → **Sirio**, la stella XYZ del Cane Maggiore. Il calendario egizio iniziava quando Sirio sorgeva assieme al Sole. Il termine «calura» deriva dall'arcaico nome della stella.

**Canis Major**

**Canis Minor**

**cannibalismo galattico**

**cannocchiale**

**Cannon Annie Jump** (1936 - 1941)

**Canopo, decreto** Decreto emanato da sacerdoti egiziani nel 238 a.C. a Canopo, odierna Abukir, con cui, fissandone le modalità, si stabiliva di intercalare nel calendario un giorno ogni 4 anni in aggiunta ai giorni **epagomeni**.

Il decreto, inciso su pietra calcarea ed attualmente conservato al Museo egizio del Cairo, costituisce in tema di calendario una vera e propria *stela di Rosetta*, perché redatto, oltreché in geroglifici, anche in demotico e in greco.

Questo calendario, salvo che nel numero dei giorni dei singoli mesi, è sostanzialmente analogo al calendario giuliano del 46 a.C., a conferma ulteriore dell'origine ellenistica del calendario romano: → **calendario**.

**Canopus** ( $\alpha$  Carenae)

**Canum Venaticorum, alpha**

**Capricordinis, alpha**

**Centauri, alpha**

**Centaurus, costellazione**

**caos**

**Capaccioli Massimo** (1944 - )

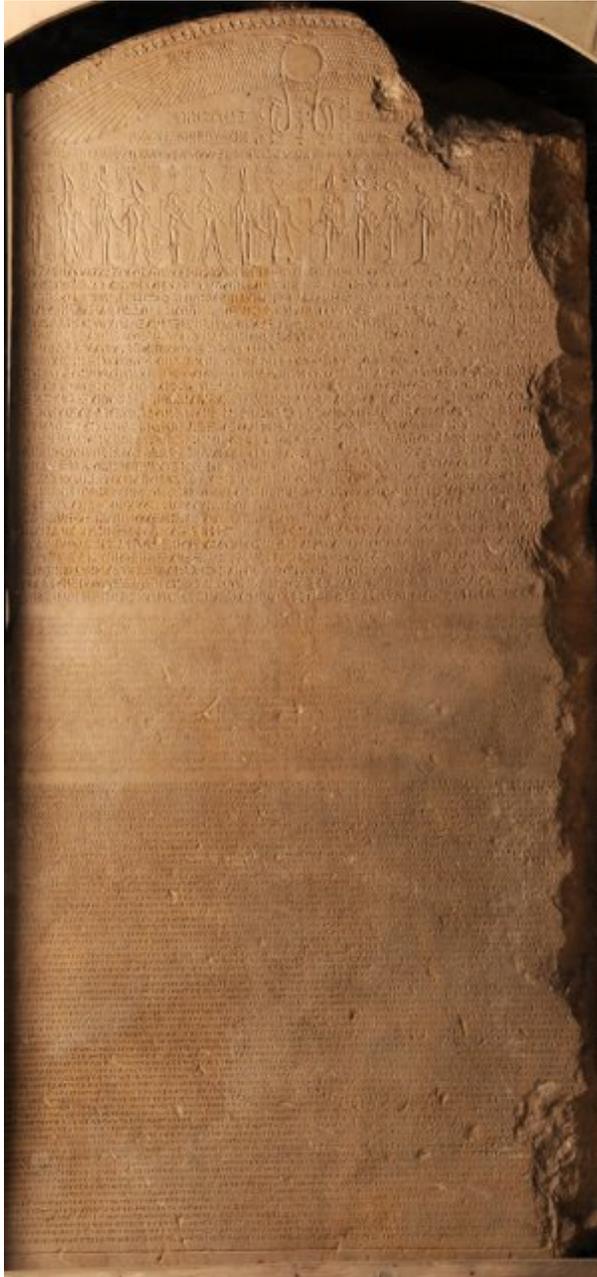
**Cape Canaveral**

**Cape Observatory**

**Cape Photographic Durchmusterung** In sigla CPD, il primo atlante fotografico redatto per l'emisfero australe dall'osservatorio del Capo fra il 1855 e il 1890, coordinato e promosso da **D. Gill**.

L'atlante contiene circa 455 000 stelle sino alla 10<sup>a</sup> magnitudine comprese fra le declinazioni di -10°e -90°. → **catalogo astronomico sub «Cataloghi di posizione»**.

▼ Stele del decreto di Canopo. Egitto, Museo del Cairo



**Capella** (α Aurigae) *capretta* stella...

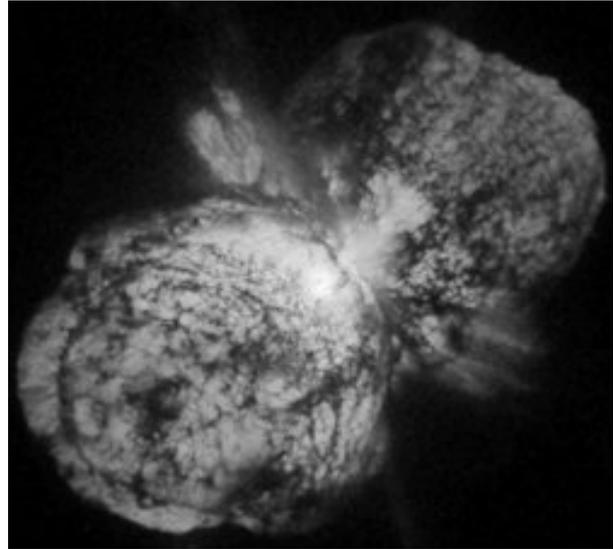
**Capella Marziano** (365 - 444 circa) Scrittore latino originario di Cartagine.

Nell'operetta allegorica *Il matrimonio di Filologia e Mercurio* s'interessa al libro VIII, ma superficialmente, d'astronomia, riprendendo, l'unica cosa rilevante del lavoro, una vecchia idea del periodo greco che i pianeti inferiori (Mercurio e Venere) ruotano intorno al Sole, senza portare comunque alcuna seria dimostrazione dell'assunto.

**capodanno** Giorno in cui si fa iniziare un nuovo ciclo temporale (solare o lunare) e che cade secondo il calendario gregoriano il 1° Gennaio di ogni anno: → **calendario**.

Nonostante la cristianizzazione del calendario giuliano, la data d'inizio del nuovo anno fu a lungo non univoca: in Inghilterra nel XII secolo il capodanno si festeggiava il 25 Marzo, il giorno dell'incarnazione, e solo con l'introduzione della riforma gre-

▼ Espulsione di gas in eta Carinae; fonte HST



goriana del 1752 l'inizio dell'anno spostato al 1° gennaio; lo stesso avveniva in diverse città d'Italia, fra cui Pisa e Firenze; nell'Italia meridionale si è a lungo seguito lo stile bizantino di far iniziare l'anno il 1° Settembre; ed in Spagna, anche dopo la riforma gregoriana, l'anno si faceva iniziare il 25 Dicembre. L'uniformità vi fu nel 1691 con il pontefice Innocenzo XII che riaffermando la riforma del predecessore Gregorio XIII del 1582 stabilì che la data d'inizio dell'anno fosse il 1° Gennaio.

**Capodimonte, osservatorio di Napoli** → **Napoli Capodimonte**.

**Capretti** 3 deboli stelle di Capella

**Capricornus**

**Carafe, galassia** ???

**carbonacee, condriti**

**carbonio**

**carbonio, ciclo del**

**carbonio, stelle al** → **C star**.

**carborundum** → **abrasivo**.

Nome comune dato al carburo di silicio ( $CS_2$ ), materiale sintetico composto di due sostanze: carburo e silicio nella proporzione relativa, rispettivamente, del 30% e del 70%.

Caratterizzato da una durezza elevata stimata fra i valori 9,5 e 9,7 della scala di Mohs, è disponibile in grani di diversa dimensione: minore è il numero, maggiore è la proprietà abrasiva. In ottica è usato miscelato all'acqua per la sbazzatura e la rifinitura delle superfici rifrangenti e riflettenti.

**Cardano Gerolamo** (-)

**Carena** → **Carina**.

**carica**

**Carina**

**Carinae, η**

**Carlini Francesco** (1783 - 1862)

**Carme** satellite di Giove

**Carnegie, osservatori**

**Caronte**

**Carrington Richard Christopher** (1826 - 1875)

**Carrington, rotazione**

**Carte du Ciel** (1) → atlante sub «Atlanti celesti» e catalogo astronomico.

Progetto scientifico fotografico per il cielo boreale ed australe sviluppato in Francia sul finire del secolo XIX e conclusosi negli anni sessanta del secolo scorso.

Il progetto sorse in conseguenza del notevole sviluppo delle tecniche legate all'astronomia: strumenti di sempre migliore qualità ottica, tecniche di puntamento ed inseguimento precise, misura delle magnitudini stellari con un alto grado di affidabilità, notevoli progressi della fotografia che avevano liberato gli astronomi dalla necessità di disegnare gli oggetti rendendo i dati omogenei, universalmente affidabili, privi dell'errore introdotto dalla soggettività dell'osservatore.

Il progetto andava a riempire un vuoto. Fino ad allora il catalogo più completo era, per l'emisfero boreale, la Bonner Durchmusterung di **F. W. Argelander** pubblicata nel 1863 che raccoglieva 65 carte celesti, e per l'emisfero australe la **Uranometria Argentina** del 1897 composta di 14 carte celesti sino alla 7<sup>a</sup> magnitudine, la **Südliche Durchmusterung** del 1886 che comprendeva poco più di 120 000 stelle, la **Cape Photographic Durchmusterung**, un atlante fotografico in 613 carte con stelle sino alla decima magnitudine redatto da **D. Gill** dell'osservatorio australe del Capo.

- *Finalità e storia del progetto*
- *Organizzazione del lavoro*

■ *Finalità e storia del progetto.* I fautori di questo progetto subito percepito di notevole rilevanza e priorità assoluta, furono **W. de la Rue** in Gran Bretagna, **E. C. Pickering** negli Stati Uniti e **D. Gill** del Capo di Buona Speranza.

Nel 1887 s'insediò una commissione internazionale composta di 11 membri, completata dai direttori degli osservatori partecipanti al progetto (tabella in questa pagina) e da un comitato esecutivo di 9 membri.

La commissione, nonostante la lontananza dei vari osservatori, si riunì abbastanza periodicamente negli anni seguenti sino al 1900, ma il progetto proseguì lentamente, non solo per le divergenze che si evidenziavano sul *modus operandi*, ma anche perché diversi osservatori che avevano dato la loro entusiastica adesione abbandonarono dinanzi alle difficoltà del progetto, ed alcuni osservatori, come quello del **Collegio romano**, vi avevano aderito per motivi geo-politici che nulla avevano a che fare con la ricerca scientifica, pur vantando in questo caso un'eccelsa recente storia. La prima guerra mondiale segnò una tappa d'arresto significativa, e quando l'Unione Astronomica Internazionale riprese i lavori nel 1919, per prima cosa fu incaricata una commissione apposita della **UAI** di seguire il progetto.

Ma nonostante l'azione incisiva dell'Unione, le tensioni politiche a livello mondiale e la deflagrazione di lì a poco del secondo conflitto, segnarono un'altra tappa d'arresto.

Il progetto riprese nella seconda metà degli anni quaranta del secolo scorso e fra mille difficoltà l'ultimo volume del catalogo fu pubblicato nel 1964 quando l'opera non aveva ormai più

▼ Osservatori astronomici coinvolti nel progetto iniziale della *Carte du Ciel* con la loro latitudine e l'escursione in declinazione assegnata

da	a	φ	Osservatorio
+65°	+90°	+51° 29'	Greenwich
+55°	+64°	+41° 54'	Vaticano (Roma)
+47°	+54°	+37° 30'	Catania
+40°	+46°	+60° 09'	Helsingfor (Helsinki)
+39°	+42°	+52° 23'	Potsdam (sostituito da Uccle)
+31°	+25°	+51° 46'	Oxford
+24°	+18°	+48° 50'	Parigi
+17°	+11°	+44° 50'	Bordeaux
+10°	+05°	+43° 37'	Tolosa
+04°	-02°	+36° 48'	Algeri
-03°	-09°	+36° 28'	San Fernando (Cile)
-10°	-16°	+19° 24'	Tacubaya (Messico)
-17°	-23°	-33° 35'	Santiago
-24°	-32°	-34° 35'	La Plata (sostituito da Cordoba)
-33°	-40°	-22° 54'	Rio de Janeiro (sostituito da Perth)
-41°	-51°	-33° 56'	Capo di Buona Speranza
-52°	-64°	-33° 52'	Sydney
-65°	-90°	-37° 50'	Melbourne (sostituito da Sidney)

senso, e l'unico valore che possedeva era storico-documentale per la misura del **moto proprio** delle stelle.

La commissione 23, già incaricata del progetto, fu accorpata alla 24, e la nuova commissione prese il nome di *Astrometrie photographique* a significare di quanto era mutato l'oggetto del lavoro.

Nel frattempo aveva già visto la luce la **Palomar Sky Survey** condotta a termine in soli sette anni, che con lastre fotografiche di migliore emulsione e con il grande campo del nuovo Schmidt (6,5° x 6,5°) raggiungeva la magnitudine 19<sup>a</sup> azzerava all'istante l'iniziativa della *Carte du Ciel* assegnandole solo il valore storico-documentale di cui si diceva.

■ *Organizzazione del lavoro.* La *Carte du Ciel* nelle originarie intenzioni era stata progettata secondo parametri abbastanza rigidi, dettati dall'esigenza che il lavoro finale pur provenendo da vari osservatori fosse il più omogeneo possibile.

L'obiettivo era di produrre un atlante celeste dell'emisfero boreale e australe comprendente stelle sino alla 14<sup>a</sup> magnitudine secondo caratteristiche conformi, in cui ogni lastra fotografica doveva coprire una zona del cielo di 2° quadrati, ed essere centrata su 1° quadrato in modo da evitare distorsioni ai bordi.

Gli osservatori dovevano produrre ciascuno una doppia serie di lastre delle dimensioni di 160 x 160 mm centrate sulle declinazioni pari e dispari in modo tale che ogni corpo celeste risultasse fotografato due volte e fosse evitato così di confonderlo con difetti dell'emulsione; ed il raccordo delle lastre fra loro doveva essere fatto in modo che l'angolo di una lastra coincidesse con il centro della lastra successiva.

Per ogni zona del cielo così fotografata si sarebbe dovuta ancora effettuare un'altra posa di più breve durata per formare un ulteriore catalogo con stelle sino alla 11<sup>a</sup> magnitudine, e prima dell'esposizione andava impresso su questa un reticolo per facilitare la ricerca di coordinate.

Le lastre potevano essere ordinate dai vari paesi alle ditte nazionali, ma dovevano preventivamente essere sottoposte alla commissione per il parere favorevole.

Gli strumenti usati dovevano essere rifrattori con le stesse caratteristiche dell'equatoriale Henry-Gautier in servizio all'osservatorio di Parigi (foto nella pagina seguente), e venne istituito un *Bureau des Mesures* per centralizzare, più che organizzare, il lavoro.

Era evidente che un tale sistema ben difficilmente poteva sfociare in una proficua e sollecita collaborazione da parte dei centri di ricerca coinvolti.

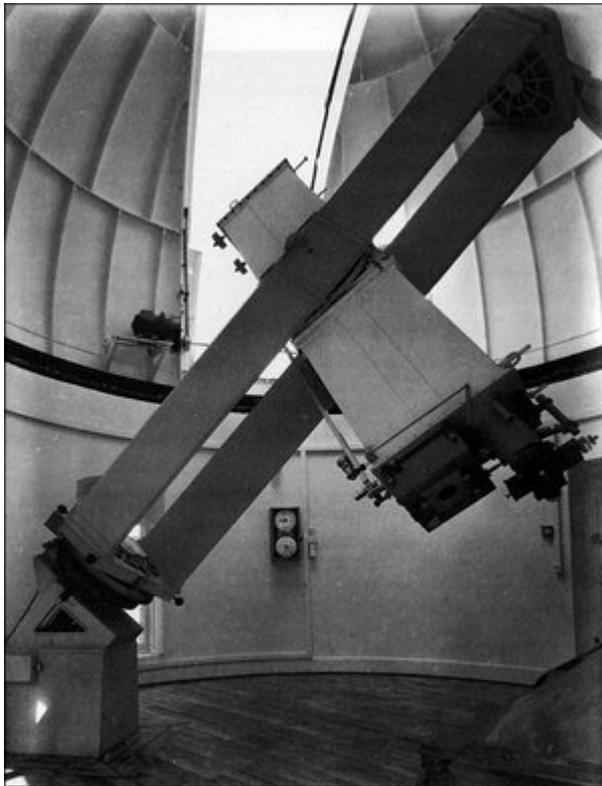
A tanta rigidità si aggiungevano alcuni fatti eclatanti. Quattro di questi osservatori erano francesi, e questo generava quanto meno diffidenza e incomprensione; nella lista degli osservatori spiccava ancora l'assenza di un qualsiasi centro di ricerca negli Stati Uniti, pur essendo stati questi nella figura di E. C. Pickering fra i promotori dell'iniziativa.

Le divergenze in questo caso si dibatterono sulla diversità della strumentazione da usare, e Pickering intuì sin da principio le difficoltà cui l'iniziativa sarebbe andata incontro, e preferì svolgere il lavoro per proprio conto senza mai entrare peraltro in concorrenza con la commissione.

Pickering proponeva di sostituire l'obiettivo degli astrografi proposti dalla commissione (un doppietto) con uno formato da 4 lenti come quello che aveva installato sul telescopio «Bruce», ma la commissione fu di parere avverso.

Gli strumenti impiegati non furono comunque tutti gli stessi come proposto, e l'equatoriale Henry-Gautier (la ditta Henry provvedeva alle ottiche e la Gautier alla meccanica) fu usato soltanto in Francia, in Algeria e al Vaticano. In Inghilterra e nelle colonie inglesi si usarono gli astrografi «Grubb», a Potsdam rifrattori «Repsold», a Catania rifrattori «Steinheil» su montatura Salmoiraghi.

**Carte du Ciel, software** (2) Software gratuito assai preciso, con un buon numero di cataloghi nel database, per disegnare mappe celesti distribuito sotto la licenza GNU (*General Public License*). Il programma è scaricabile (fra gli altri) dal sito [www.ap-i.net](http://www.ap-i.net).



▲ Rifrattore dell'Osservatorio di Parigi per la compilazione della *Carte du Ciel*, 1890. Il telescopio era dotato di due obiettivi fabbricati dai fratelli Henry: uno fotografico con diametro di 330 mm, ed uno visuale con diametro di 19 cm, con focali, rispettivamente, di 344 cm e 360 cm

[ap-i.net](http://www.ap-i.net) è fornito per vari sistemi operativi Linux, Mac e Windows; è disponibile il codice sorgente.

**Cartwheel, galassia**

**cartografia** → [atlante](#).

**Cartesio** → [Descartes René](#).

**Carusi Andrea** (1946 - )

**Cassegrain Laurent** (1629 - 1693) Abate e fisico della regione di Chartres. Dell'ideatore del telescopio noto dal suo nome in questa configurazione s'ignora praticamente tutto, e fino a qualche decennio fa si dubitava persino fosse realmente esistito. Le ricerche successivamente condotte hanno invece chiarito la reale esistenza del personaggio, ed il reale nome di battesimo. Dell'attività scientifica di Cassegrain si sa comunque poco.

Alcune lettere attestano i suoi interessi in fisica, acustica ed ottica, e proprio quest'ultimo interesse lo avrebbe spinto a modificare la configurazione newtoniana del telescopio riflettore forando lo specchio parabolico e consentendo l'osservazione da retro, in asse col telescopio, anziché lateralmente come è nella configurazione newtoniana.

il nuovo disegno ottico apparve nel 1672 nel *Journal des Sçavants*, dove gli autori dell'articolo mostrando i progressi dell'ottica aggiungono questa configurazione a quelle allora già note.

Tale configurazione fu fortemente osteggiata da I. Newton con argomentazioni del tutto empiriche.

**cassegrain, configurazione**

**Cassini, divisione**

**Cassini, sonda**

**Cassini** Generazione di astronomi di origine italiana operativa in Francia. Assieme agli [Struve](#) ed agli [Herschel](#) costituisce una delle tre famiglie che contribuirono significativamente allo sviluppo dell'astronomia.

**Cassini Gian Domenico** (1652 - 1712)

**Cassini Jacques** (1677 - 1756)

**Cassiopeia**

**Cassiopeia A**

**Castalia** asteroide..

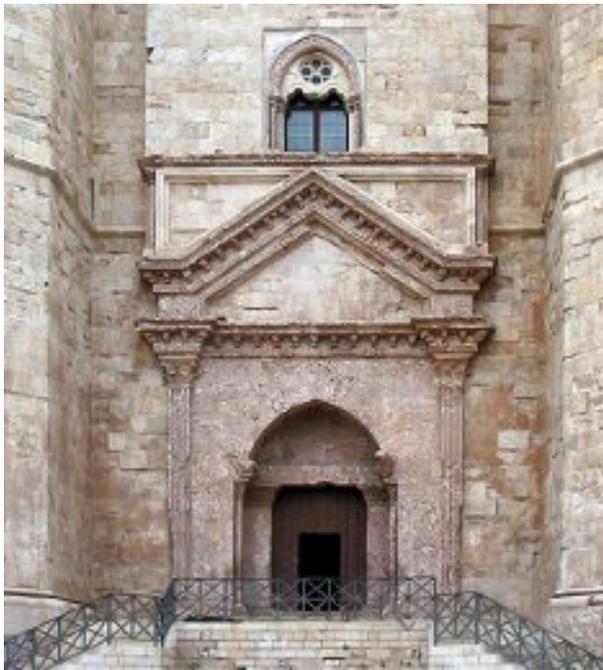
**Castel del Monte** Edificio del XIII secolo che sorge su una collinetta di 540 m nei pressi del comune di Andria (Puglia), che si fa comunemente risalire a Federico II di Svevia, dichiarato nel 1996 dall'Unesco patrimonio internazionale.

Prima di entrare nella discussione della costruzione federiciana (o presunta tale), una precisazione è d'obbligo: l'interpretazione qui offerta è tutt'altro che tacitamente acquisita dall'archeologia ufficiale che vede anzi nella chiave di lettura astronomica uno sconfinamento nel mondo delle mere supposizioni.

Storici ed archeologi hanno a lungo argomentato infatti nel secolo passato sulla finalità di questa costruzione, oscillando in fondo sempre fra due diverse ed autoeludenti ipotesi: castello di difesa e residenza di caccia o dimora di svago.

I dati riportati, e meritevoli d'essere approfonditi o confutati accedendo a debite fonti, mostrano comunque un'indubbia e

- ▼ Castel del Monte: il cortile ottagonale in una veduta aerea ed il portale d'ingresso sovrastato da una bifora



probante coincidenza fra criteri astronomici e geometrie del castello, dimostrando – quantomeno – che nell'impalcatura globale dell'edificio ci si è attenuti a concezioni astronomiche.

Ne discende naturalmente che se si accede a questa lettura cambia tutta la prospettazione funzionale dell'edificio sconfinando in campi simbolici-rituali che nulla hanno di scientifico e probante.

Il fatto che il castello sia di forma ottagonale, che la sua costruzione sia sviluppata attorno questo numero, che questo numero ancora ricorra in tutte le costruzioni dei Templari, conduce a vedere le tesi geometriche come sospette d'interpretazione fantasiosa. Ma la simbologia che eventualmente il castello rappresenta o sottende è tutto un altro problema che non merita davvero di essere preso in considerazione, almeno in questa sede.

#### ■ *L'edificio*

- ▶ *Il luogo della costruzione*
- ▶ *Geometria astronomica nell'edificio*

#### ■ *Considerazioni finali*

■ *L'edificio.* I primi problemi intorno alla costruzione nascono dalla fisica allocazione: il castello sorge su un'area in cui non esisteva alcuna esigenza di difesa, è relativamente fuori dalle grandi vie di comunicazione, e della costruzione difensiva possiede davvero poco; piuttosto sarebbe avvicinabile ad una gigantesca monumentale torre di guardia.

Ma castello di difesa può assai difficilmente essere perché l'edificio non è difendibile se non per la sua mole. Pur considerando che le torri erano più alte che attualmente, come si vede in vecchi dagherrotipi dell'Ottocento, mancano fossati, feritoie e torri di guardia, le finestre sono solo due per lato, non vi è traccia di merlatura, ed inoltre è privo di locali idonei a dare sussistenza continua: cucine, armerie, ecc.

Le opposizioni che molte di queste costruzioni potevano essere in legno o addirittura esterne al castello, e quindi andate distrutte nel tempo, non reggono ad un serio esame e sono risibili.

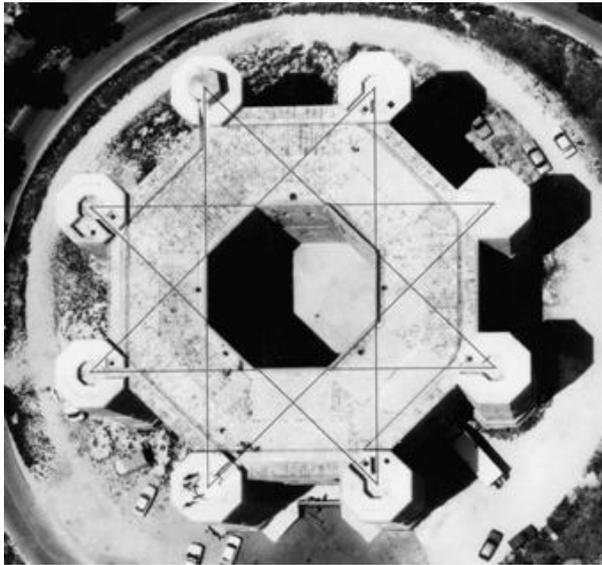
La distribuzione delle stanze (solo 16 e tutte eguali) non è funzionale alla vita di un castello, sembra piuttosto prospettare la permanenza per brevi periodi. Il portale d'ingresso sormontato da una finestra bifora (figura in basso in questa pagina) assomiglia più a quello di una cattedrale che a quello di un castello di difesa, e là dove un edificio del genere dovrebbe opporre la massima resistenza mostra invece il suo lato più fragile. Ugualmente non poteva essere usato dall'Imperatore – come pure proposto – per la caccia al falcone, pratica su cui Federico II aveva scritto un trattato, poiché alla data della costruzione il castello era circondato da boschi, inconciliabili con quella pratica. Infine da ultimo, il cortile interno anche se proporzionato alle dimensioni dell'edificio, è troppo piccolo (solo 17,87 m di diametro) per lo svolgimento della vita quotidiana in un castello, e le strette scale a chiocciola non sono il massimo della praticabilità per un'esigenza di difesa che sembra essere del tutto estranea.

A. Tavolaro, uno studioso di Bari appassionato di astronomia, storia ed archeologia, catturato dallo spiccato simbolismo che il castello presenta a prima vista (costruzione ottagonale, otto torri, cortile interno ottagonale...), pensò di indagare se fosse possibile trovare qualche riferimento astronomico che aiutasse nella comprensione della funzionalità dell'edificio e nella sua funzione; e per quanto non abbia certo potuto rispondere a tutte le domande, ed al di là dell'eventuale criticità nei confronti delle sue ipotesi, gli studi condotti da Tavolaro [310] hanno indubbiamente contribuito all'interpretazione del castello, rappresentando per altra parte uno dei più felici connubi fra astronomia e archeologia.

▶ *Il luogo della costruzione.* Tralasciando ipotesi puerili che si fondano sulla considerazione che la latitudine di Castel del Monte è la medesima di Costantinopoli, o di presunti quanto davvero *arcani* legami con le piramidi della valle di Giza, del tutto anche questi privi di senso, l'eventuale valenza astronomica della costruzione va ricercata altrove.

Castel del Monte sorge alla latitudine di  $41^{\circ} 03'$ . A questa latitudine agli equinozi uno **gnomone** disegna sul terreno, nello spazio di tempo che intercorre fra un'ora prima e un'ora dopo mezzogiorno, un angolo di  $45^{\circ}$ , costruendo un triangolo i cui lati sono rappresentati dal percorso del Sole in terra durante il periodo (lato minore) e dalle due rette incentrate sullo gnomone che indicano in terra i due momenti temporali stimati rispetto ai momenti d'inizio e fine computo: base-gnomone/limite-ombra.

- ▼ Altra vista dall'alto di Castel del Monte. Si noti il disegno delle ombre al mezzogiorno. Il reticolato geometrico è una proposizione di studio



Il percorso del Sole (lato minore del triangolo) rappresenta tanto la corda sottesa dalla circonferenza dell'immaginario cerchio percorso dai successivi punti del Sole, quanto il lato dell'ottagono ideale: le linee rette si hanno soltanto nei giorni degli equinozi, in tutte le altre epoche dell'anno si ottengono curve a parabola. Questa prima semplice coincidenza può suggerire la via per cercarne altre.

► *Geometria astronomica nell'edificio.* Vitruvio ha dedicato il libro IX del *De Architectura* [332] ai quadranti solari soffermandosi sull'→ **analemma** e predisponendo uno schema grafico in base al quale fosse possibile costruire orologi solari calcolando le diverse lunghezze d'ombra proiettate da uno gnomone alle corrispondenti date in cui il Sole attraversa i singoli segni zodiacali: figura in alto a fronte.

Tavolaro ha avuto l'intuizione di considerare la possibilità che il parapetto interno del cortile, quello esposto ovviamente a Sud, assolvesse alla funzione di parete-gnomone, proiettando l'ombra solare, figura in basso alla stessa pagina.

Se si considera l'altezza originaria di questa supposta parete-gnomone (20,50 m prima che lavori eseguiti nei decenni scorsi ne alterassero l'altezza) si osserva che nei momenti significativi dell'anno solare (equinozi e solstizi e sempre al mezzogiorno), al solstizio estivo l'ombra del Sole lambisce una zona centrale in cui secondo la tradizione era collocata una vasca ottagonale ancora visibile all'inizio del secolo passato (punti 1 e 2 del disegno). Agli equinozi l'ombra del Sole lambisce il perimetro interno dell'ottagono del cortile (punto 3 del disegno).

Resta il solstizio invernale. In questo caso Tavolaro suggerisce l'ipotesi che il perimetro esterno disegnato dal Sole sia coincidente con una costruzione, una sorta di ringhiera in ferro che alcuni testi riportano essere stata demolita nel 1897. Il perché non è affatto chiaro, ed è questo uno dei pochi casi in cui nella costruzione non si può avere una certa coincidenza coi moti del Sole (punto 6 del disegno). Si nota un'altra coincidenza: l'altezza della parete-gnomone (20,50 m) divisa per la distanza fra questa e la recinzione scomparsa fornisce il valore di 0,4732, tangente di 25° 21', proprio l'altezza del Sole al mezzogiorno del solstizio invernale. Accanto alle ombre descritte e riscontrabili, ne esistono altre, immaginarie, ma geometricamente reali.

Nei giorni d'ingresso del Sole nei segni di Pesci e Scorpione

(Febbraio ed Ottobre) il prolungamento dell'ombra lambirebbe il primo perimetro interno dell'ottagono (punto 4 del disegno), nei giorni d'ingresso nell'Acquario e nel Sagittario, Gennaio e Novembre (punto 5 del disegno), l'ombra coinciderebbe con la circonferenza in cui è iscritto il castello.

I condizionali non sono ipotetici, ma dettati dall'impossibilità materiale di leggere le ombre, il che non impedisce di avanzare la probabile supposizione, che quelle proiezioni siano davvero all'origine delle misure interne ed esterne del castello, un'operazione in fondo che non ha nulla di trascendentale, e propone soltanto una tecnica forse seguita.

Altre e numerose coincidenze sono ancora reperibili, ma quanto esposto è più che sufficiente per il presente lavoro.

■ *Considerazioni finali.* Il motivo di tanta geometria, matematica (singole componenti del castello sono articolate in più parti secondo il rapporto aureo) e tanta astronomia nell'edificio può essere riconducibili ai più svariati motivi.

Da una parte quasi tutti i monumenti imponenti dell'antichità sono stati costruiti secondo precisi criteri di allineamento, dai più semplici e *spartani* Nord-Sud, ai più complessi che facevano riferimento a determinati periodi dell'anno invocati in funzione sacrale: → **archeoastronomia**.

Dall'altra parte bisogna accreditare Federico II, che amava circondarsi dei più grandi matematici arabi, ebrei ed italiani del suo tempo, di una passione e di un sentire più astrologico che astronomico, ricondotto alle storie ed alle leggende del tempo, creatore forse (o seguace) di un ordine iniziatico.

In un decreto originario, andato purtroppo perduto durante la guerra nel 1943 ma riportato da diverse fonti ed indirizzato a Riccardo di Montefusco, giustiziere della Capitanata, Federico II ordinò da Gubbio il 29 Gennaio 1240 di costruire l'*attractus* proprio in quella zona.

Se si traduce il termine con «lastricato», se ne ricava davvero poco. Ma considerando che il termine inserito in una frase completa suona così: *Locus in quo dominus, qui jure attractus gaudet, retinere potest homines alterius domini*,<sup>1</sup> l'«*attractus*» non è più un lastricato, ma diventa un «recinto», e le tre diverse proiezioni del Sole (equinozi e i due solstizi) potrebbero metaforicamente rappresentare tre diversi gradini d'iniziazione o di accesso alla conoscenza astronomicamente simboleggiata.

Anche un altro testo medioevale riporta una frase in cui è ancora contenuta questa parola, sostanzialmente con lo stesso significato. La parola è rilevante nell'interpretazione corretta, perché nell'accezione di «lastricato» indicherebbe il completamento o rifacimento di una costruzione preesistente (cosa peraltro molto probabile), ma condurre qualcuno su un lastricato avrebbe poco senso; nel senso di «recinzione» invece, il termine indicherebbe la volontà di tenere qualcuno con sé, senza escludere una possibilità di valenza non ambigua di entrambi i termini.

Tutte supposizioni, è vero, ma il forte simbolismo astronomico-astrologico presente nel castello spinge a suggerirle, anche se si è fermamente convinti che non si possono in alcun modo affermare con certezza.

Federico II voleva racchiudere o riportare il cielo in uno specchio di terra: se questa era effettivamente la sua ambizione bisogna ammettere che c'è andato davvero molto vicino.

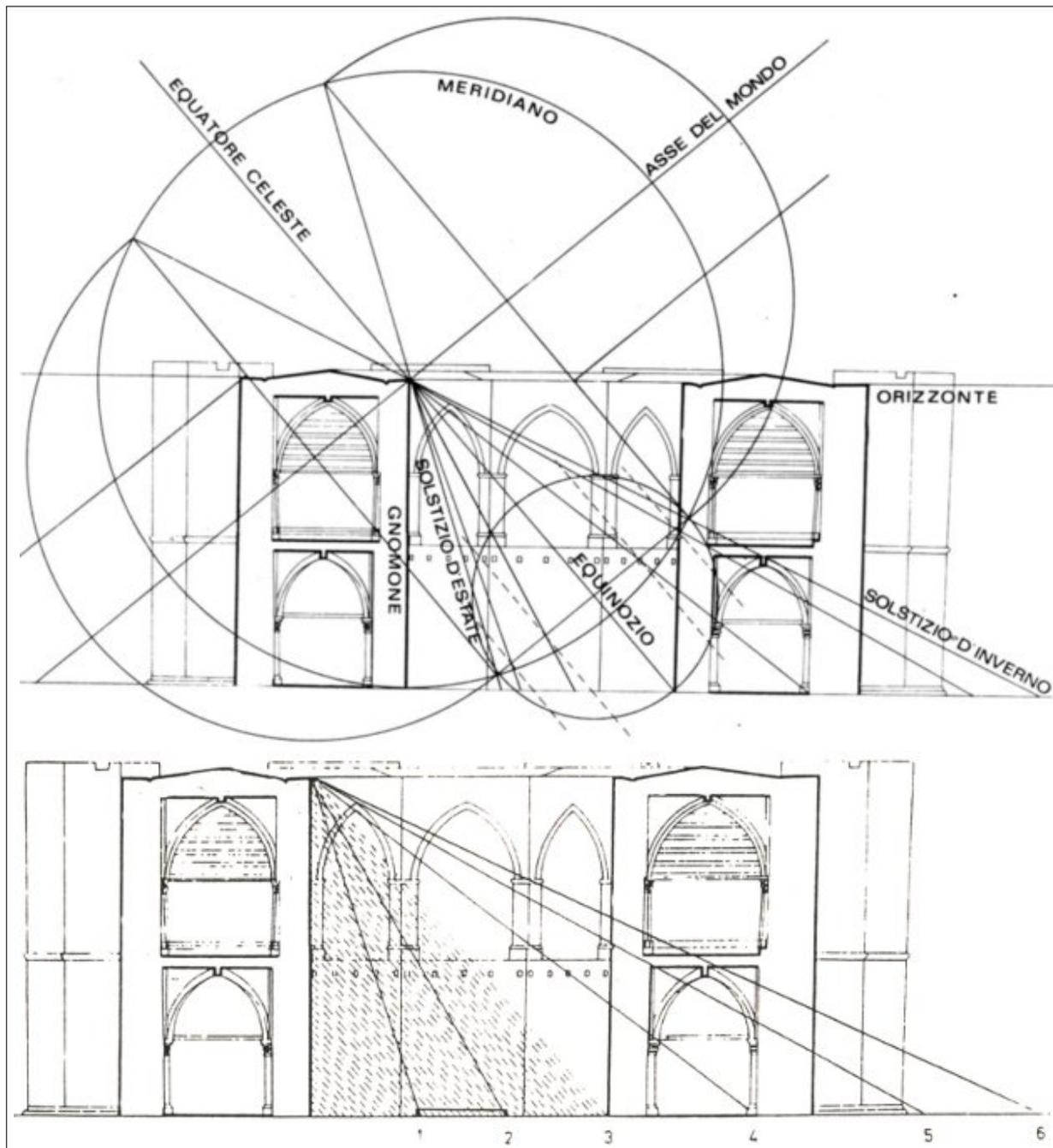
**Castellani Vittorio** (1937 - )

**Castelli Benedetto** (1577 - 1643)

**Castor** (α Geminorum)

1. Luogo in cui il signore che gode del diritto dell'«*attractus*» può trattenere uomini di un altro dominio.

▼ Sovrapposizione geometrica dell'analemma di Vitruvio a Castel del Monte e proiezione solare della parete gnomonica: vedi testo



**cataclismica, variabile - (CV**

**catadiottrico, telescopio**

**Catalog of Stellar Identification** Vedi lemma seguente *sub* «Data-Base»

**catalogo astronomico** Elenco in forma tabellare di oggetti celesti ordinati secondo un numero crescente. Per ciascun oggetto sono indicate, oltre le coordinate, la magnitudine e le caratteristiche peculiari (tipo spettrale, variabilità,...) per cui il catalogo è composto.

Un catalogo si distingue da un atlante per l'assenza di mappe celesti, presenta unicamente i dati relativi alle coordinate ed alle proprietà degli oggetti osservati individuati dal numero di catalogo.

Questo numero è crescente in coerenza con la coordinata oraria, nel senso che al numero di catalogo 1 corrisponde la coordinata oraria 00h 00min 01s, ma possono darsi anche altri sistemi di indicizzazione. Nei cataloghi disponibili in linea (quasi tutti) la consultazione avviene in genere per interrogazione del singolo oggetto nel data-base.

Finalità di un catalogo non è solo fornire un sistema di coordinate per osservare un oggetto, piuttosto risalire, tramite un sistema di coordinate, alla morfologia dell'oggetto nel tempo, al suo eventuale mutamento di luminosità, allo spostamento angolare mostrato dalla posizione occupata quando è stato precedentemente osservato.

Cataloghi dell'antichità, medioevo e rinascimento, sono elencati al lemma **atlante** *sub* «Atlanti celesti», cui si rinvia per le relative epoche listate; qui è discussa la produzione dei cataloghi dal

Cinquecento ad oggi.

Dai cataloghi vanno tenuti distinti gli **almanacchi**, tavole di effemeridi nautiche che contengono dati relativi alla posizione dei pianeti, del Sole, della Luna e delle stelle più splendenti a fine esclusivo della navigazione astronomica.

- 
- *Cataloghi stellari*
    - ▶ *Cataloghi di posizione*
    - ▶ *Cataloghi fondamentali*
    - ▶ *Cataloghi speciali*
    - ▶ *Data-Base*
  - *Cataloghi radio*
- 

■ *Cataloghi stellari*. La famiglia dei cataloghi stellari comprende varie categorie che differenziano i cataloghi fra di loro secondo il fine specifico per cui sono composti. I criteri possono essere diversi, dalla stima di magnitudine, alla misura di variabilità delle stelle, al loro spettro, al loro moto proprio,...

Per ogni oggetto osservato si danno sempre le coordinate (ascensione retta e declinazione) in riferimento all'equinozio dichiarato nel catalogo: → **equinozio, riduzione**.

I cataloghi, per quanto precisi rispetto ai precedenti, hanno sempre vita effimera, comportando che si renda necessario procedere costantemente a revisione ed aggiornamento dei dati. Ma questo non inficia la validità storico-documentale dei dati. Cataloghi anche di tre secoli fa vengono continuamente consultati per i moti propri stellari, e da questo punto di vista non solo i cataloghi antichi conservano validità, ma hanno lo stesso valore documentale, storico e scientifico di un catalogo redatto in tecnica più precisa poche decine di anni prima. Esaminando i dati delle varie epoche si può risalire alla quantità di moto proprio di un oggetto o alla sua variazione di luminosità.

▶ *Cataloghi di posizione*. Sotto questa rubrica sono qui trattati sia i cataloghi di posizione, detti anche *di compilazione*, come altri cataloghi dei secoli passati che per via dei limitati dati raccolti, e soprattutto dell'indagine finalizzata quasi esclusivamente a *contare le stelle*, potrebbero meglio chiamarsi *rassegne celesti*, finalizzate soprattutto alla produzione di atlanti.

Tali sono tutti i cataloghi del Seicento, del Settecento e della prima metà dell'Ottocento fino alla compilazione della BD (*infra*) che segna il raccordo ed al tempo stesso il distacco dai precedenti lavori.

Il primo catalogo dell'era moderna, ad opera di **Tycho**, apparve postumo nel 1602. Si tratta ovviamente di un catalogo redatto visualmente, e quindi di grandezza numerica simile a quello tolemaico (1005 stelle), ma segna comunque per la prima volta dall'antichità un passo decisivo.

Grazie alla maggiore precisione dei quadranti, il catalogo raggiunge in certi casi l'accuratezza di 30", e soppianta immediatamente quello di Tolomeo.

Poco più di vent'anni dopo (1627), compaiono in Germania le tavole **rudolfine** di **Keplero**, dedicate al suo protettore Rodolfo II d'Asburgo, appassionato più d'alchimia, esoterismo, occultismo e astrologia che non d'astronomia.

Le tavole, che sfruttano sicuramente molti dei dati raccolti da T. Brahe, non sono un catalogo stellare, piuttosto delle effemeridi, ma sono qui citate perché anch'esse per la loro precisione soppiantano quelle delle epoche precedenti.

Nel 1670 **E. Halley** pubblicò il primo catalogo scientifico per l'emisfero australe, e pochi anni dopo (1690) **J. Hevelius** produrrà il *Prodromus Astronomiae*, un catalogo ancora più preciso di quello di T. Brahe, sebbene Hevelius preferisse lavorare ancora senza ottiche.

I dati stellari erano comunque sempre numericamente scarsi, ed i cataloghi potevano fornire un solo dato abbastanza preciso: la posizione degli oggetti.

Per ottenere un catalogo con un numero di stelle superiore al migliaio, cifra attorno cui tutti oscillavano, e qualche dato in più, bisogna attendere che quadranti e sfere armillari scompaiano dai più moderni strumenti che alla maggiore affidabilità meccanica univano una maggiore precisione grazie alla strumentazione ottica del puntamento adottata ancora come ausiliaria.

Bisogna attendere più di un secolo dalla comparsa del cannocchiale perché **J. Flamsteed** pubblicò (1725) un catalogo con 3310 stelle, lo *Stellarum Inerrantium Catalogus Britannicus*, versione emendata di un precedente lavoro del 1712.

La precisione di questo catalogo giunse a 10" e fu a lungo rilevante, tanto che **Lalande**, quasi mezzo secolo dopo, ne fece una nuova versione: in quell'occasione per la prima volta fu assegnato alle stelle un numero progressivo all'interno della costellazione.

Nel 1763 uscì postuma un'altra rassegna dell'emisfero australe, il *Coelum Australe Stelliferum* ad opera del **N.-L. La Caille**, che osservando dal Capo di Buona Speranza, in sole 126 notti su due anni d'osservazioni riuscì a catalogare le posizioni di 9800 stelle disponendo ancora di un vecchio quadrante su cui era montato un obiettivo da solo 1/2 pollice, applicando l'idea di un geniale appassionato d'astronomia: **W. Gascoigne**. La Caille introdusse 14 nuove costellazioni ed il catalogo, superato solo nel 1900 dalla CPD (*infra*), fu pubblicato con una prefazione di **F. Herschel**.

Dall'opera, che doveva costituire la base per la produzione di un atlante, sarà poi estratto un catalogo delle nebulose dell'emisfero australe.

**J. Bradley** effettuò osservazioni accurate su 3222 stelle. I dati, ripresi in seguito da **F. W. Bessel** che disponeva di una migliore strumentazione, furono ampliati ed integrati con i propri, e i risultati delle osservazioni (1821 - 1835) pubblicati in un'opera che contava 32 000 stelle e che ben poteva vantarsi del titolo di *Fundamenta astronomiae*.

Altri cataloghi nel frattempo prodotti sono presentati alle relative rubriche del Dizionario.

La migliore strumentazione permetteva di differenziare la ricerca secondo le attitudini o il campo dove si credeva di aver maggiore successo, ma alle soglie dell'Ottocento, fatta salva qualche eccezione, o esistevano vecchi lavori oppure ve n'erano di nuovi settoriali. Mancava un lavoro organico di catalogazione professionale degli oggetti celesti, e tutto sommato, in maniera davvero scientifica e metodica, come **F. Struve**, lavorano in pochi. I principali lavori erano stati fatti da semplici appassionati d'astronomia: Gascoigne che ha un ruolo fondamentale nell'evoluzione della strumentazione era un dilettante, e dilettanti anche se qualificati erano Hevelius che fu principalmente un commerciante, La Caille un diacono, Flamsteed che trascorse la vita a litigare con I. Newton, il grande Herschel, un musicista che suonava l'oboe in banda, e tanti altri.

Il vuoto fu riempito all'inizio del secolo XIX dall'abate **G. Piazzi** che nel 1803 pubblicò una prima versione del suo catalogo, ampliato e rivisto poi nel 1814, frutto di 24 anni di osservazioni, il *Praecipuarum stellarum Inerrantium Positiones*, che può considerarsi il primo dei cataloghi contemporanei.

Il catalogo conteneva dati per 7646 stelle, numero certo non eccessivo, ma l'accuratezza delle misure che raggiungeva una precisione di 0",5 d'arco, permise di misurare i moti propri di numerose stelle e di effettuare una prima precisa mappatura dell'emisfero boreale.

- ▼ Il cerchio altazimutale Ramsden datato fra il 1787 e il 1789 all'osservatorio di Palermo. Con questo strumento G. Piazzi compilò i suoi due cataloghi del 1803 e del 1814. Lo strumento tuttora in buono stato, monta un rifrattore di 75 mm di apertura solidale con il cerchio di 1500 mm di diametro. L'altezza complessiva dello strumento è di 2800 mm



Nel frattempo, grazie alla pionieristica opera di **A. Celsius**, i primi tentativi di misura dell'intensità stellare (→ **fotometria**) conducevano i loro frutti, e si poteva avviare la compilazione di cataloghi con stime di magnitudini più precise di quanto non fosse possibile rilevare ad occhio.

All'esigenza di una completa rassegna celeste supplì la metodica indagine di **F. W. Argelander** che pose una pietra miliare nella cartografia celeste.

Argelander, non disponeva di una grande strumentazione, neanche per l'epoca, ma servendosi di un piccolo strumento, fra il 1852 ed il 1859 portò a termine assieme a due collaboratori (**A. Krüger** e **E. Schönfeld**) la *Bonner Durchmusterung*, la prima precisa catalogazione dell'emisfero boreale.

Nonostante la modestia strumentale, un rifrattore da 78 mm di apertura, la BD (sigla con cui la raccolta è nota) riporta stelle sino alla la magnitudine  $10^a$  (: il limite raggiunto dal catalogo fu la magnitudine 10,5) fino a  $-2^\circ$  in declinazione.

La novità della BD, poi estesa con la *Cordoba Durchmusterung* del 1892 sino alla declinazione  $-23^\circ$  (in sigla CD), non risiedeva tanto nel numero delle stelle che allora sembrava enorme (457 848 nella versione definitiva), ma piuttosto nel fatto che tutte le magnitudini erano state misurate.

L'unico neo dell'atlante è rappresentato dai confini delle costellazioni, all'epoca ancora incerti, precisi solo con la successiva **Uranometria Argentina** del 1887 che comprende 7756 stelle sino

a  $10^\circ$  Nord, ma con magnitudine limite sino alla  $7^a$ , quindi con prestazioni ben lontane dalla BD, e con stime di magnitudini tutt'altro che precise.

La BD costituisce dunque un *unicum*, perché gli atlanti e relativi cataloghi che seguiranno saranno tutti fotografici. ed è ancora d'attualità perché il numero di catalogo delle stelle in atlante è usato tutt'oggi per la loro denominazione, tanto che nel 1965 ne fu fatta una ristampa.

Questo catalogo originò poi la *Potsdamer Durchmusterung*, (*infra*) elaborata fra il 1886 ed il 1907 da **G. Müller** all'osservatorio di Potsdam (Berlino).

Il secolo si chiude con la rilevante raccolta di fine secolo da parte di **D. Gill** che dall'osservatorio di Città del Capo compilò la *Cape Photographic Durchmusterung*, in 613 carte.

Questa rassegna apparsa fra il 1886 e il 1900 che conteneva poco meno di 454 877 stelle sino alla decima magnitudine fra le declinazioni  $-19^\circ$  e  $-90^\circ$ , non è propriamente un catalogo di compilazione, quanto piuttosto una rassegna fotografica, e le posizioni delle stelle furono misurate sulle lastre rispetto ad altre note dell'emisfero australe. Le stelle del catalogo sono indicate dalla sigla CPD seguita dal grado di declinazione e dal numero d'ordine.

L'**Astronomische Gesellschaft**, la Società (Tedesca) per l'Astronomia, innestò sulla BD un'ulteriore opera di catalogazione, per determinare con maggiore accuratezza tutte le posizioni stellari della BD, dando il via ad una nuova campagna di coordinamento con vari osservatori.

Il lavoro in 20 volumi fu completato nel 1924, e riporta i dati per 188 048 stelle le cui posizioni sono stabilite con accuratezza di  $0'',15$ , e prese la sigla identificativa di AGK1: (*Astronomische Gesellschaft Katalog 1*: primo Catalogo della Società Astronomica).

Nel frattempo s'erano sviluppate le tecniche fotografiche e gli studi spettroscopici, sicché i successivi cataloghi furono indirizzati anche verso indagini particolari.

Sempre l'**Astronomische Gesellschaft** decise, quand'ancora era in corso la pubblicazione degli ultimi volumi, di dare il via ad una nuova opera: ripetere le osservazioni della BD che in non pochi casi mostravano incertezze e non affidabilità.

Il risultato fu l'AGK2 che raggiunge l' $11^a$  magnitudine e conta circa 183 000 stelle. A questo seguì l'AGK3. L'AGK4 è stato avviato ma non risulta essere stato portato a termine.

Una tappa fondamentale nella storia dei cataloghi fu segnata da **L. Boss** con la redazione nel 1936 del *General Catalogue of 33 242 stars*.

Questo catalogo, prodotto con specifico riferimento comparativo ai dati di altri cataloghi (238), alcuni risalenti addirittura al 1755 e con particolare riguardo al catalogo di Piazzi e al GK1, riporta i moti propri degli oggetti sino alla  $7^a$  magnitudine (equinozio 1950), ed è di grande affidabilità, tanto che la sua sigla (GC) è usata spessissimo, specie nel mondo anglosassone, in sostituzione delle sigle BD o HD.

Fra gli ultimi cataloghi del secolo trascorso un cenno merita il **SAO**, acronimo di *Smithsonian Astrophysical Observatory*, un catalogo compilato per il reperimento dei satelliti artificiali che contiene dati per 260 000 stelle sino alla  $9^a$  magnitudine, moti propri e spettri.

Da questo catalogo, che è stato il primo ad essere distribuito oltretutto in formato cartaceo anche su supporto magnetico, è stato poi estratto un atlante sempre ad opera dello Smithsonian, il *SAO Atlas*, composto di 152 carte che comprende le stelle dell'omonimo catalogo.

Altri cataloghi ed un listato dei principali è riportato in tabella nella pagina successiva.

controllare

▼ Principali cataloghi dall'Ottocento (l'anno è quello d'inizio del lavoro) e siti internet di reperibilità

Nome catalogo	Anno	Descrizione	Autori
Bonner Durchmusterung (BD)	1860	posizioni, magnitudini	Argelander et al.
Southern Durchmusterung (SD)	1886	posizioni, magnitudini, atlante	Schönfeld
Cordoba Durchmusterung (CoD)	1892	completamento della BD	Thome
Cape Photogr. Durchmusterung (CPD)	1895	posizioni, magnitudini	D. Gill
Carte du Ciel	1887	posizioni, magnitudini	vedi lemma relativo
New General Catalog (NGC)	1880	profondo cielo	Dreyer
AGK1	1890	posizioni	Astronomische Gesellschaft
Draper Catalogue (HD)	1918	posizioni, magnitudini, spettri	Draper, Harvard College
Draper Catalogue Extension (HDE)	1925	estensione del precedente	Harvard College
General Catalog of Radial Velocities	1932	velocità radiali	osservatorio Lick
ELB2	1936	moti propri per BD, CD, CPD	osservatorio di Amburgo
General Catalog of 33 342 stars (GC)	1936	confronta 238 cataloghi dal 1755	L. Boss
Faint Blu Star Survey (LB)	1954	moti propri, magnitudini e colori	Luyten et al.
Large Proper Motion Survey (LTT-LFT)	1955	moti propri	Luyten et al.
Palomar Sky Survey (POSS I e II)	1949	atlante fotografico	Palomar Observatory
Abell	1958	catalogo ammassi	Abell
SAO	1966	magnitudini, moti propri, spettri	Smithsonian Observatory
ESO-SRC Sky Atlas	1970	atlante fotografico australe	Siding-Spring, ESO
Brighter Stars C (BSC)	1930	magnitudini max 6,5	Yale University
New General Catalog of Double Stars (ADS)	1932	stelle variabili	Aitken
Trigonometric Stellar Parallaxes	1952	parallassi trigonometriche	osservatorio di Yale
Catalog of Bright Stars	1982	magnitudini max 6,5	osservatorio di Yale
GSC (HST stars guide)	1985	stelle guida per l'HST	da Palomar Survey
AAVSO	continuo	stelle variabili	AAVSO
Washington Double Star C (WDS)	1984	stelle variabili	osservatorio di Washington
General Catalog Variable Stars (GCVS)	1969	catalogo stelle variabili	Istituto Sternberg, Mosca
PPM	1993	moti propri e posizioni	Röser e Bastian
Hipparcos	1993	fotometria di precisione	ESA
SDS (Sloan Digitized Survey)	1998	profondo cielo	Apache Point Observatory
FK6	2000	catalogo fondamentale	vedi testo
Thyco-2	2000	posizioni, moti propri	ESA
UCAC3 (USNO-CCD)	2004	Astrometric Survey	US Naval Observatory

Cataloghi/Archivi	indirizzi web
2MASS	<a href="http://pegasus.phast.umass.edu/">http://pegasus.phast.umass.edu/</a>
ASAS-2, ASAS-3	<a href="http://www.astrouw.edu.pl/asas/">www.astrouw.edu.pl/asas/</a>
Astronomical Data Center	<a href="http://adc.gsfc.nasa.gov/">http://adc.gsfc.nasa.gov/</a> , <a href="http://adc.astro.umd.edu/">http://adc.astro.umd.edu/</a>
Centre de Données Astronomiques de Strasbourg	<a href="http://cdsweb.u-strasbg.fr/">http://cdsweb.u-strasbg.fr/</a> <a href="http://vizier.u-strasbg.fr/cgi-bin/VizieR">http://vizier.u-strasbg.fr/cgi-bin/VizieR</a>
Digitized Sky Survey	<a href="http://stdatu.stsci.edu/cgi-bin/dss_form/">http://stdatu.stsci.edu/cgi-bin/dss_form/</a>
FK6	<a href="http://www.ari.uni-heidelberg.de/">www.ari.uni-heidelberg.de/</a>
General Catalog of Photometric data	<a href="http://obswww.unige.ch/gcpd/">http://obswww.unige.ch/gcpd/</a>
General Catalog Variable Stars (GCVS)	<a href="http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/gcvs/">www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/gcvs/</a>
Guide Star Catalog (GSC-II)	<a href="http://archive.eso.org/gsc/gsc/">http://archive.eso.org/gsc/gsc/</a>
HEASARC	<a href="http://heasarc.gsfc.nasa.gov/">http://heasarc.gsfc.nasa.gov/</a>
MAST	<a href="http://archive.stsci.edu/missions.html">http://archive.stsci.edu/missions.html</a>
Minnesota Automated Plate Scanner	<a href="http://aps.umn.edu/">http://aps.umn.edu/</a>
NED (analogo Strasburgo)	<a href="http://ned.ipac.caltech.edu/">http://ned.ipac.caltech.edu/</a>
NSD	<a href="http://nssdc.gsfc.nasa.gov/">http://nssdc.gsfc.nasa.gov/</a>
New General catalog (NGC, ICI, ICII)	<a href="http://www.ngcicproject.org/">www.ngcicproject.org/</a>
Optical UV Spectrometric Standard Stars	<a href="http://www.eso.org/sci/observing/tool/standards/spectra/">www.eso.org/sci/observing/tool/standards/spectra/</a>
SDS Plate finder	<a href="http://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_plate_finder/">http://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_plate_finder/</a>
SLOAN digital Sky Survey	<a href="http://cas.sdss.org/">http://cas.sdss.org/</a>
Sophie	<a href="http://atlas.obs-hp.fr/sophie">http://atlas.obs-hp.fr/sophie</a>
USNO catalogo astrometrico	<a href="http://archive.eso.org/skycat/servers/usnoa/">http://archive.eso.org/skycat/servers/usnoa/</a>

Riduzione della data all'equinozio	<a href="http://www.obs-hp.fr/other.shtml#cata">www.obs-hp.fr/other.shtml#cata</a>
------------------------------------	--

► *Cataloghi fondamentali.* I cataloghi di compilazione servirebbero a poco senza altri cataloghi essenziali per determinare le posizioni degli oggetti che vanno misurate e calcolate con riferimento ad altri le cui posizioni sono note con la massima precisione possibile.

Per misurare la quantità di moto proprio occorre misurare le

posizioni delle stelle come contenute nei cataloghi di compilazione (*posizioni relative*), rispetto ad altri oggetti le cui posizioni sono note con la massima esattezza possibile, e che perciò si dicono oggetti di *posizioni assolute*. Questi dati sono raccolti, in numero relativamente piccolo, in cataloghi specifici.

Il primo catalogo redatto a questi fini, per supporti all'AGK1,

con le posizioni di di 539 oggetti fu compilato dall'astronomo tedesco **A. Auwers** con il titolo di *Fundamental Katalog* (Catalogo Fondamentale). La prima edizione del lavoro, noto con la sigla FK1, fu pubblicata nel 1879.

A questa sono seguite altre edizioni. L'FK2 del 1907, riferita all'epoca 1875 e poi al 1900 che sopprime nella seconda versione 52 stelle; l'FK3 del 1937 - 38 riferita all'epoca 1925 e 1950 nella versione del 1963, l'FK4 del 1963 riferita a 1535 stelle per l'epoca 1925 e poi 1950 nella II versione, e l'FK5 con coordinate riferite al 2010, che nella versione con supplementi del 1991 contava 3115 stelle.

Nel 2000 l'FK5 è stata ulteriormente aggiornato nella nuova edizione dell'FK6 suddivisa in due parti: la prima con 878 stelle, e la seconda con 3272 stelle. L'FK6, anche se è una versione modulata sull'FK5, presenta tuttavia il pregio di unire i propri dati con quelli di **Hipparcos**, e comprende i valori di parallassi, velocità radiali e moti propri stellari.

► *Cataloghi speciali*. Per cataloghi speciali s'intendono i cataloghi che contengono dati di oggetti non stellari (nebulose, galassie, ammassi, quasar, ...), oppure cataloghi stellari finalizzati ad uno studio particolare della stella: variabilità, spettroscopia, ...

Il primo di questi cataloghi fu senz'altro quello di F. Struve (1827), un catalogo relativo a 3112 stelle doppie, delle quali 2343 scoperte da lui stesso.

Nel 1925 fu pubblicato il frutto di anni di lavoro di **H. Draper**, un chimico appassionato d'astronomia, che sfruttò le sue conoscenze e condusse osservazioni spettroscopiche dal suo privato osservatorio.

I dati originari del catalogo furono poi ampliati con successivi lavori costituendo l'estensione dell'*Henry Draper Catalogue* (HDEC): → **Draper catalogo**, il primo catalogo di spettrografia stellare che forniva spettri per 271 000 stelle.

Altri cataloghi riguardano particolarità fisiche degli oggetti, come le velocità radiali, le parallassi, ...

Il primo dei cataloghi di oggetti non stellari del profondo cielo fu pubblicato da **C. Messier** nel 1774 (per una storia sull'osservazione di questi oggetti → **G. B. Odierna**). In termine tecnico non può essere considerato un catalogo, perché tranne le coordinate ed il numero d'ordine non fornisce alcun dato rilevante. È una lista redatta senza alcun fine scientifico, e gli oggetti sono riportati per ordine di scoperta, senza criterio: → Messier catalogo. Un elenco dei cataloghi relativi al profondo cielo è presente *sub lemma deep sky*.

**F. Herschel** condusse osservazioni su 269 stelle doppie e portò a circa 2000 il centinaio di oggetti del catalogo Messier pubblicando nel 1802 il *General Catalogue of Nebulae and Clusters*.

A **J. L. E. Dreyer** si deve la pubblicazione nel 1888 del **New General Catalogue** in sigla NGC relativo ad oggetti del profondo cielo, cui fecero seguito nel 1895 due indici chiamati **IC** del 1895 (ICI 7840 oggetti) e del 1905 (ICII 5326 oggetti). Il catalogo di Dreyer comprende le osservazioni di Herschel.

Nella seconda metà del secolo scorso i cataloghi speciali sono cresciuti in notevole numero a seguito del perfezionarsi delle tecniche elettroniche che coi nuovi sensori permettevano più agevolmente, e con rapidità di acquisizione, l'accesso a nuove bande dello spettro.

Impossibile quindi passare in rassegna tutte le nuove collezioni di dati che si sono prodotte, qui ne cito solo alcune, oltre quelle presenti in tabella a fronte ai relativi indirizzi web, ma l'elenco è altamente incompleto.

L'osservatorio Wipple in collaborazione con quello di **Cerro Tololo** ha promosso la 2MASS, acronimo di *2 Micron All Sky*

*Survey*; l'**HEASARC**, acronimo di *High-Energy Astrophysics Archive Center* ha collezionato dati raccolti da più di trent'anni da 25 osservatori e missioni spaziali specializzandosi soprattutto nelle bande EUV X e gamma; osservatori congiunti in Cile e alle Hawaii hanno generato l'**ASAS**, una *survey* automatizzata dei due emisferi nella bande V e I, e tantissimi altri cataloghi-archivi sono disponibili in rete.

Accanto a questi, non vanno infine dimenticati tutte quelle serie di cataloghi specialistici che vengono quasi quotidianamente pubblicati o in rete o sulle riviste specialistiche di settore che riguardano gli studi condotti su categorie specifiche di oggetti o su un singolo oggetto, che rivestono importanza particolare soprattutto nel corso degli anni, come ad esempio, gli studi negli anni sulla variabilità luminosa o spettroscopica di una stella o di una nova.

► *Data-Base*. Tecniche sempre più sviluppate e soprattutto l'accessibilità a queste da parte di un crescente numero di centri di ricerca come di singoli utenti, ha fatto crescere in modo esponenziale la potenzialità *esplorativa* del cielo.

Un numero sempre maggiore di istituzioni, non ultima l'astronomia amatoriale, ha spontaneamente generato in pochi decenni una serie pressoché innumerevole di archivi che, anche se non sempre correttamente ordinati, costituiscono comunque a loro volta una cartografia, una *data-base* che un domani potrà rivelarsi utilissimo per la miriade di informazioni contenute tramite comparazioni delle nuove misure con i vecchi dati.

L'informatica ha ovviamente dato una grande mano a questo processo, tanto che alcuni archivi fotografici digitali amatoriali e professionali sono disponibili sulla rete.

Per assurdo il problema attuale è l'inverso del passato, quando non esisteva una sufficientemente dettagliata cartografia e tantomeno un archivio degli oggetti celesti.

Oggi il problema è la lettura dei dati, che sono talmente numerosi per via del fatto che sono in massima parte automaticamente prodotti, che non si trova il tempo di analizzarli, e bisogna accontentarsi delle segnalazioni che il software invia.

Quando si pensa che lo **SLOAN** produce da solo ogni notte 200 gigabyte di dati, si ha un'idea della difficoltà temporale di lettura e studio delle informazioni.

Le tabelle presenti nella pagina precedente e a pagina 153 mostrano per ogni catalogo la sigla identificativa: BD, NGC, ED, ... Con questa sigla sono individuati i singoli oggetti nel catalogo. Ma siccome quell'oggetto si trova censito anche in altri cataloghi più recenti e più antichi sotto diversa sigla, è necessario risalire a questi cataloghi per individuarli.

A questa esigenza provvede principalmente il *Centre de Données Astronomiques de Strasbourg* che aggiorna periodicamente il *Catalog of Stellar Identification*, un data-base che raccoglie di tutti i cataloghi esistenti, tanto di compilazione come di quelli speciali, riportando ancora per ogni oggetto tutta la bibliografia esistente, cioè ogni articolo scientifico pubblicato su di esso.

Altri centri provvedono a questa esigenza come il → **NED** (vedi tabella), l'**ADS**, l'**HEASARC** (EUV, X, Gamma), l'**IRSA**.

■ *Cataloghi radio*. I cataloghi radio potrebbero essere ricompresi fra i cataloghi speciali, ma la peculiarità delle osservazioni e degli studi impone una distinzione.

Anche in questo campo il florilegio è stato continuo, ma ci si limita data la particolarità degli studi, soltanto a poche citazioni. Vanno almeno ricordati il **CATS**, un database delle radiosorgenti nella banda del *continuum* radio e il **Cambridge catalog of radio Sources**.

#### Catania, osservatorio

**CATS** <http://w0.sao.ru/cats>

**Cavalieri Bonaventura Francesco** (1598 - 1647) Matematico e astronomo italiano.

Entrato giovanissimo nella congregazione dei Gesuiti, un ordine all'epoca ancora laico e solo in seguito religioso, fu trasferito nel 1616 a Pisa, dove strinse un forte rapporto di amicizia con **B. Castelli** anch'egli lombardo.

L'incontro col padre Castelli fu fondamentale nella sua formazione, e di questo intenso rapporto ci restano 114 lettere conservate oggi fra le opere di **G. Galilei**.

Richiamato a Milano nel 1620 dal suo ordine per insegnare teologia, ordinato diacono l'anno successivo dal cardinale F. Borromeo, assolse all'incarico religioso in Lombardia sino al 1629, prima a Lodi e quindi a Parma.

Nel 1629 ottenne la cattedra di matematica all'Università di Bologna, e qualche anno dopo vi fu il secondo incontro decisivo della sua vita, quello con Galileo che incontrò durante un soggiorno ad Arcetri del 1636 dove non si era certo casualmente recato. Galileo rimase talmente impressionato dalle capacità matematiche e geometriche di Cavalieri che lo soprannominò *Alter Archimedes* (il nuovo Archimede).

La fama di Cavalieri è legata allo sviluppo del metodo geometrico, ossia al metodo degli indivisibili che, riprendendo il metodo di esaustione di **Eudosso** nonché i più recenti contributi di **Keplero**, espone nella *Geometria indivisibilium continuorum promota* del 1635 e nelle *Exercitationes geometricae sex* del 1647 che pongono una pietra miliare per lo sviluppo del futuro calcolo infinitesimale.

Cavalieri scrisse fra il 1636 e il 1646 diversi testi che spaziavano dalla trigonometria piana e sferica, all'astrologia ed all'ottica. Fra questi è da ricordare soprattutto il lavoro composto nel 1636 *Specchio istorico ovvero trattato sulle sezioni coniche*, la prima opera in materia dopo quella di **Apollonio**, in cui il Cavalieri tratta delle proprietà degli specchi secondo le loro configurazioni (parabolici, iperbolici, ellittici) integrando così i lavori del **G. A. Magini** che si era limitato agli specchi sferici. In questo ultimo lavoro il Cavalieri anticipa tutte le questioni teoriche connesse alla costruzione dei riflettori.

Un trattato *Sulla sfera* rimasto allo stato di manoscritto fu pubblicato nel 1682 da U. D'Aviso (1630 - 1700) sotto uno pseudonimo.

A B. Cavalieri è stato dedicato sulla Luna il cratere *Cavalerius*, sotto quello dedicato a Galileo.

**Cavedon Mario** (? - 2009)

**Cavezzo, osservatorio astronomico di** Osservatorio comunale sito in provincia di Modena e gestito dalla locale associazione intitolata a **G. Montanari**. L'osservatorio, uno dei più primi osservatori non professionistici italiani, ospita un telescopio da 400 mm di apertura e si dedica soprattutto alla scoperta degli asteroidi.

membri dell'associazione fanno sviluppate validissime soluzioni meccaniche e notevoli applicazioni software, riprese poi da altri organismi, che hanno portato in alcuni casi un contributo significativo all'evoluzione dell'astronomia amatoriale.

**CCD**

**CDM** Acronimo di *Cold Dark Matter*. → **materia oscura fredda**.

**CDQ**

**CDS** Acronimo di → **Centre de Données Astronomiques de Strasbourg, catalogo astronomico**.

**cefeidi** Sostituire lemma con cefeidi, variabili??

**Cefeo** → **Cepheus**.

**celatone** → **Giovilabio**.

**cella obiettivo del telescopio** Dispositivo meccanico di forma circolare sede dell'obiettivo nei telescopi, posta all'estremità superiore del tubo ottico nei rifrattori, a quella inferiore nei riflettori: → **telescopio, vetro, montatura sub «Il tubo ottico», lavorazione superfici ottiche**.

Nei rifrattori la cella è costituita da un anello di spessore adeguato con all'interno una battuta per l'alloggiamento dell'obiettivo composto da almeno due elementi spazati in aria, fissati da una ghiera o adeguati supporti: *vedi* immagini a pagina **129** e a pagina **318**.

Tanto in un rifrattore come in un riflettore l'obiettivo, specie se grande diametro, va incontro, nel corso delle posizioni occupate durante il lavoro, a problemi gravitazionali che possono modificarne l'originaria geometria. Nei rifrattori il problema è irrisolvibile pena l'ostruzione dell'obiettivo; nei riflettori la deformazione di uno specchio parabolico è stata affrontata dalla fine del XIX secolo e risolta di volta in volta con varie soluzioni secondo quanto la tecnologia dell'epoca consentiva.

Qui ci si occuperà solo della cella dei riflettori, essendo quella dei rifrattori una costruzione meccanica talmente elementare da non richiedere ulteriori approfondimenti.

■ *Le flessioni in uno specchio parabolico*

▶ *Supporti posteriori*

▶ *Supporti laterali*

■ *Cella del secondario*

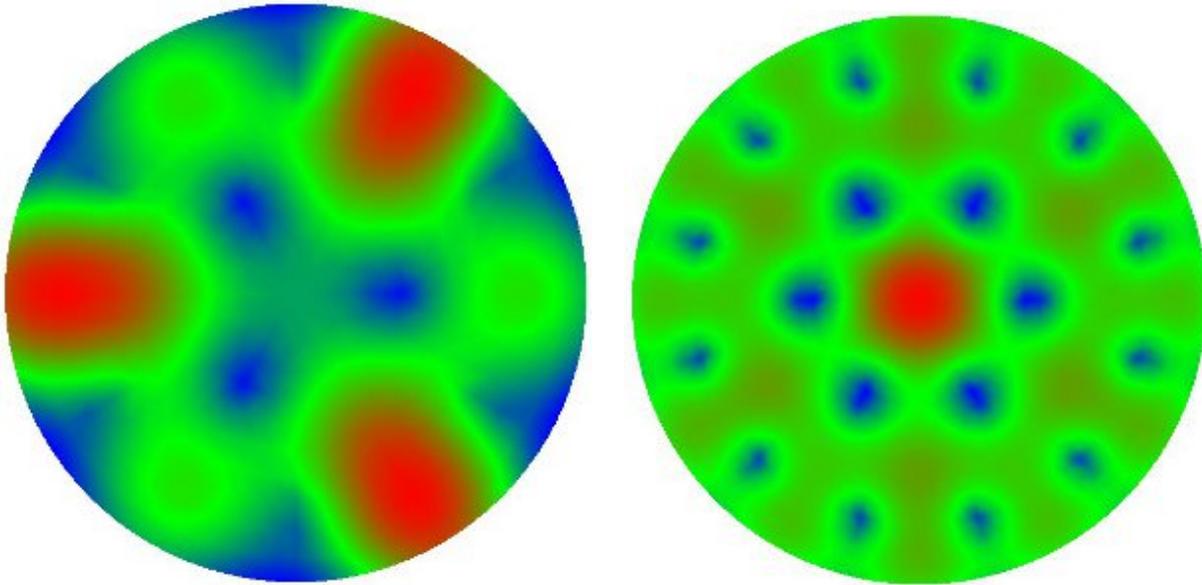
■ *Le flessioni in uno specchio parabolico*. L'obiettivo di un riflettore è sottoposto a due forze gravitazionali: a) una che agisce sull'intera superficie posteriore del vetro; b) un'altra che si esercita lungo la semicirconferenza dell'obiettivo (la parte rivolta verso il suolo). Inoltre a seconda della declinazione strumentale i vettori gravitazionali mutano d'intensità: la forza gravitazionale esercitata sulla superficie inferiore dello specchio è massima se il telescopio lavora allo zenith, minima se lavora in prossimità dell'orizzonte (trasferendosi la «massima» lungo la semicirconferenza esterna). Nei riflettori nel primo caso il vettore incontra supporti inferiori che sostengono lo specchio, nel secondo caso supporti laterali.

Il problema è limitato con specchi sino a 200 mm di diametro, ma inizia a farsi sentire con specchi anche di 400 mm di diametro: in questo caso occorre un'analisi della geometria vettoriale delle forze affinché in qualsiasi posizione lo specchio si trovi, le spinte gravitazionali siano equamente distribuite e quindi ridotte al minimo per evitare la deformazione della parabola.

In passato è stata spesso usata una convenzione empirica secondo la quale, in uno specchio monolitico, lo spessore deve essere pari almeno ad 1/6 del suo diametro, indirizzo senz'altro ottimale che non può però essere applicato ai grandi specchi dove un diametro di 2-3 m imporrebbe spessori smisurati. I progressi nella costruzione di menischi a struttura cellulare (→ **vetro**) e dell'ottica → **adattiva e attiva** hanno reso possibile per grandi superfici spessori contenuti anche ad 1/60 del diametro dello specchio che risulta quindi facilmente deformabile (*infra*) da supporti assiali: il **LBT** ha due specchi di 8,4 m con uno spessore ai bordi di soltanto 89 cm.

Il problema delle flessioni (e relative deformazioni) di un obiettivo si pone in quanto questo deve soddisfare (in un riflettore come in un rifrattore) il criterio di → **Rayleigh**, un'equivalenza dettata più dall'esperienza che dal calcolo geometrico delle ottiche. Dal

- ▼ Simulazione grafica con il software PLOP della deformazione di uno specchio parabolico da 400 mm diametro, 30 mm di spessore e 1850 mm di focale: a sinistra cella a 9 punti, a destra a 18 punti.



momento che gli specchi dei riflettori per quanto ben lavorati dai migliori ottici presentano sempre un errore residuale essendo difficile, almeno a livello di lavorazione manuale, spingersi oltre  $\lambda/16$ , è necessario che le flessioni siano ridotte al minimo, essendo queste espresse dal rapporto

$$f_i = \frac{cr^4}{s^2} \tag{1}$$

dove  $f_i$  esprime il rapporto di flessione,  $r$  è il raggio dello specchio,  $s$  il suo spessore e  $c$  una costante.

Ne deriva che dato uno specchio parabolico di raggio  $r$ , se si desidera ottenere la medesima deformazione per uno specchio che sia però di raggio  $2r$  bisognerebbe che questo avesse uno spessore  $s_1$  tale che per l'equivalenza (1) sia

$$f_i = \frac{c(2r)^4}{s_1^2} = \frac{c16r^4}{s_1^2}$$

e quindi lo spessore  $s_1$  di uno specchio di raggio  $2r$  rispetto ad uno di raggio  $r$  sarà dato attraverso alcuni passaggi dalla relazione finale

$$s_1 = 4s$$

► *Supporti posteriori.* Le conseguenze della flessione in uno specchio di considerevole peso e massa si traducono in una deformazione della parabola originaria.

La questione si pose subito nel XX secolo quando iniziò la produzione dei primi grandi riflettori a specchi metallici come quello di Melbourne che aveva un diametro di 1,2 m. Quando L. Foucault propose efficacemente di sostituire gli specchi metallici con specchi in vetro (più leggeri e più facili da lavorare) costruendone nel 1862 un esemplare da 800 mm di diametro, la questione del supporto dello specchio assunse ancora maggiore importanza in quanto la fragilità del materiale richiedeva un sostegno adeguato.

Per annullare (o contenere) la deformazione l'unica soluzione consiste nell'aumentare, secondo determinate geometrie, il numero dei punti su cui poggia la superficie inferiore dello specchio tenendo conto dei parametri dimensionali del vetro e delle caratteristiche dell'ottica (apertura, focale, ...). Per uno specchio di 200 mm di diametro tre punti d'appoggio disposti a 120° possono considerarsi soddisfacenti, ma per uno specchio

di 400 mm di diametro, destinato a una seria ricerca, nove punti d'appoggio possono essere pochi: la tendenza attuale a costruire specchi sempre più sottili complica il problema. La questione è stata affrontata e risolta adottando la tecnica ingegneristica del Metodo degli Elementi Finiti (FEM: Finite Element Method), ormai ampiamente usata anche a livello amatoriale.

A seguito di un articolo di T. Taki apparso su Sky & Telescope [308, 1994] in cui l'autore applicava questa tecnica allo studio della deformazione della parabola, D. Lewis [174, 175] ha sviluppato il software PLOP (Plate Optimizer) incrementando quello originario di T. Taki, consentendo, in relazione alle caratteristiche dimensionali dello specchio, un'ottimizzazione dei punti d'appoggio: un esempio delle deformazioni dello specchio a seconda dei punti d'appoggio è mostrato nell'immagine in questa pagina. In seguito sono stati sviluppati altri software come MirrorMesh3d method di R. Houdart [142] e il validissimo Z88 Aurora dell'Università di Bayreuth [257] che consentono una compiuta analisi degli elementi finiti delle superfici; si veda anche il sito di M. Holm [141]

Il problema si sposta quindi alla determinazione dei punti d'appoggio, alla loro collocazione fisica sotto la superficie dello specchio, al tipo di sostegni costruiti; e come già detto se per strumenti da 200-300 mm i sostegni possono essere anche tre di tipo fisso a 120°, aumentando le dimensioni dello specchio è necessario ricorrere – almeno – ad un maggior numero di punti d'appoggio. Le varie soluzioni possibili dipendono, oltre che dalle dimensioni dello specchio, dalla disponibilità finanziaria, dagli strumenti a disposizione, dalla manualità,...

- *Piastre bilanciate.* Un primo possibile tipo di sostegno è a piastre bilanciate. Si tratta di triangoli a 120° (in genere equilateri ma anche isosceli) che presentano su ognuno dei vertici dei dispositivi piatti o emisferici di sostegno per lo specchio: vedi immagini nella pagina seguente. Tali sostegni essendo realizzati in materiale ferroso non devono mai trovarsi a contatto diretto con la superficie inferiore dello specchio per evitare scambi di calore fra due materiali che presentano diverse risposte.

- *Leve astatiche.*

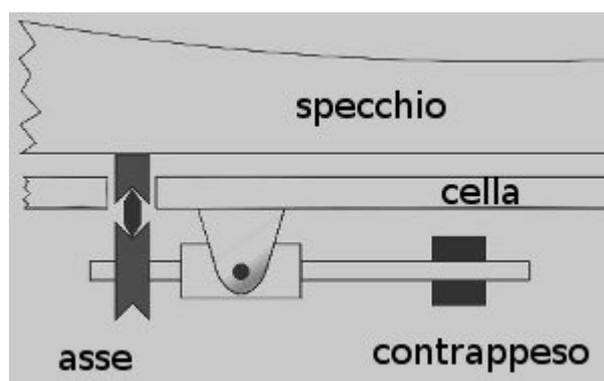
- *Attuatori*

SOSTENTAMENTO CON MOLLE IN CULLA RIGIDA DA EVITARE

- ▼ In alto cella amatoriale a 9 supporti su piastre oscillanti per specchio da 200 mm; in basso cella amatoriale a 18 supporti su 6 piastre oscillanti per specchio da 600 mm; fonte ATM site [325]



- ▼ FFFFFFFF



#### LEVE ASTATICHE

attuatori —>> ottica attiva

ATTUATORI ZEN

AMBIENTE ETERMICO

TUBO OTTICO: COLLIMAZIONE

- Cella del secondario DA FARE

celostata

**Cellarius Andreas** (1595 - 1665) Matematico e cosmografo tedesco.

Della sua vita si sa poco, uno dei dati certi è relativo alla sua frequenza, fra il 1596 e il 1599, dell'Università di Heidelberg, ma si ignora quali corsi abbia frequentato.

Dopo gli studi si trovano tracce della sua permanenza in Polonia, dove sembra abbia atteso alla costruzione di alcune fortificazioni, ed Olanda dove fu attorno al 1625 e rimase per il resto della sua vita. Qui compose un trattato di architettura militare (*Architectura Militaris*) che fu pubblicato nel 1656.

La sua opera più nota è l'*Atlas Coelestis seu Harmonia Macroscmica*. In quest'atlante egli riprende l'idea e l'intenzione di **J. Schiller** di cristianizzare il cosmo sostituendo i nomi pagani delle costellazioni con quelli dell'antico e nuovo testamento, ma quest'impresa del Cellario segna anche la fine di quest'idea che pare totalmente ispirata da uno spirito di controriforma stellare. A differenza di Schiller, comunque, in alcune due tavole Cellario ripescò il nome tradizionale delle costellazioni affiancandolo a quello cristiano.

L'atlante, pubblicato ad Amsterdam nel 1661, è composto così di ventinove tavole al cielo cristiano, e nelle pagine dedicate al commento di queste Cellario si dilunga sul progetto di Schiller, presentando tabelle di riscontro tra vecchie e nuove denominazioni dalle quali risulta

Le ventinove tavole dell'atlante sono di grande formato 52 cm × 42 cm circa in doppia pagina, e scandiscono altrettante sezioni della Pars Prior dell'*Harmoniae Macroscmiae*, dove l'autore compendia, in latino, ogni aspetto delle teorie proposte fino a tutto il 1661.

Infatti, quanto a rappresentazione astronomica delle teorie dell'universo, l'*Atlas Coelestis* si propone come un compendio di tutti i sistemi proposti: quello tolemaico, quello copernicano e quello di **Tycho**. Senza mai affermare la supremazia dell'uno sull'altro, né senza mai entrare in dettagli, Cellario si limita a descriverli, presentandone per ciascuno vantaggi e svantaggi, senza mai affermare la supremazia di uno sull'altro.

Il contenuto di queste sezioni è molto tecnico ma senz'altro ancora troppo ancorato alle teorie del secolo precedente: non vi appare un capitolo sui nuovi strumenti di osservazione e il telescopio viene soltanto nominato.

La fortuna successiva di questo atlante sarà rappresentata dal forte contenuto estetico di alcune tavole che, sebbene stampate su carta a un colore, il nero, verranno riprese e colorate a mano da diversi artisti tanto che le biblioteche europee e americane che possiedono un Cellario colorato hanno delle vere e proprie copie uniche.

**Cellarius 12618** Piccolo corpo asteroidale dedicato a **A. Cellarius**.

**Celsius Anders** (1701 - 1744) Fisico e astronomo svedese. Scala celsius e fotometria.

Inseriva lastre di vetro davanti all'oculare, ed ad ognuna corrispondeva una diminuzione di luminosità di mezza magnitudine finché la luce non si estingueva, A estinzione.

**Celsius, scala**

**Censorino** (III secolo) Grammatico romano di cui ci è pervenuta una sola opera, *De die natali*, in cui lo scrittore affronta alcune questioni scientifiche.

Di particolare rilevanza per la notevole messe di informazioni che contiene, è la seconda parte del volume dove Censorino tratta del computo del tempo e delle sue divisioni riportando molte notizie sul calendario romano, sia quello che di **Numa Pompilio**

che come quello di Giulio Cesare, riportando le partizioni delle ore del giorno e della notte, le riforme introdotte, le ere. . .  
Da questo punto di vista il lavoro di Censorino riveste un'importanza assoluta, essendo l'unico che – pur frutto di elaborazioni di precedenti autori – riporta notizie sulla storia e l'evoluzione calendariale di Roma.

### censura cosmica

**Centaur** classe di asteroidi...

**Centauri, Alpha**

**Centauri, Beta**

**Centauri, Omega**

**Centauri, Proxima**

**Centaurus** Costellazione australe già nota a [Tolomeo](#)...

**Centaurus A**

**Centaurus X-3**

**Central Bureau for Astronomical Telegram**

**Centre de Données Astronomiques de Strasbourg**

**centrifuga, forza**

**centripeta, forza**

**centro di massa**

**centro galattico**

**Cepheus**

**cercatore**

**cerchio dei passaggi**

**cerchio di altezza**

**cerchio massimo**

**cerchio meridiano**

**cerchio orario**

**cerchio di perpetua apparizione**

**cerchio di perpetua occultazione**

**cerchio verticale**

**Čerenkov Pavel Alekseevič**

**Čerenkov, effetto**

**Ceres**

**Cerro Paranal** → [Very Large Telescope](#).

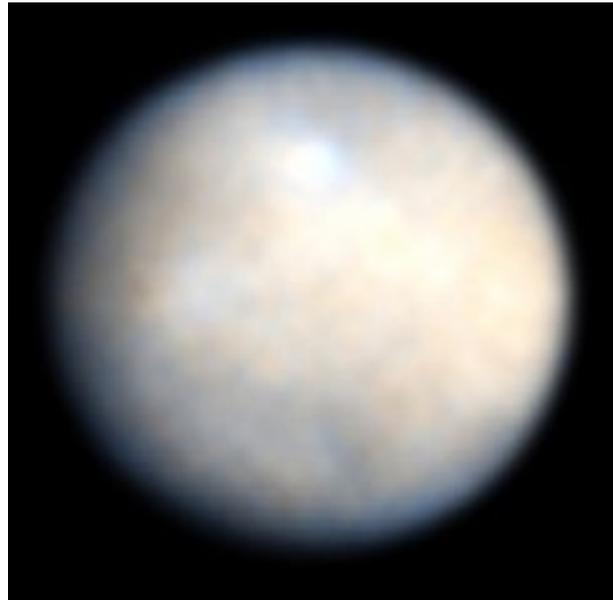
**Cerro Tololo**

**Cerulli Vincenzo** (1859 - 1927)

**Cesare Giulio** → [Giulio Cesare](#).

**Cesi Federico** (1585 - 1630)

▼ **Asteroide Ceres**. Fonte HST



▼ L'eccezionale trasparenza del cielo a Cerro Paranal è documentata da questa immagine; fonte HST



**Cesi, osservatorio** → [Sant'Erasmus](#).

**cesio, orologio al cesio** Rinvio controlla sotto atomico orologio o orologio atomico Manca il lemma di riferimento.

**CETI** Acronimo di *Communication with extraterrestrial Intelligence*. Diversamente dal **SETI** che cerca di ascoltare messaggi di intelligenze extraterrestri, il programma CETI tenta di comunicare con eventuali intelligenze extraterrestri ed al di là della nostra cintura planetaria.

I messaggi inviati sono del tipo di quello conosciuto come il messaggio di [Arecibo](#), ossia in linguaggio matematico e d'immediatezza comprensiva simbolico-pittorica. Nessuno dei messaggi sinora trasmessi, a quanto è dato sapere, ha mai conosciuto finora un'eco di risposta.

**Ceti, Tau**

**Ceti, ZZ**

**Cetus**

**CFC**

**CGRO** Acronimo di → [Compton Gamma Ray Observatory](#)

**Chamaleon**

**Chandler S. C.** (-)

**Chandler, periodo di**

**Chandra** sonda...

**Chandrasekhar Subrahmanyan** (1910 - 1995)

**Chandrasekhar, limite di**

**Chandrasekhar-Schönberg, limite di**

**Chandra, satellite a raggi X**

**Charlier Wilhelm Ludwig** (1862 - 1934)

**Châtelet Émile** (1706 - 1749)

**Cheope, piramide** → [archeoastronomia](#), [egizia astronomia](#).

La piramide di Cheope assieme alle gemelle Chefren e Micerino, secondo i nomi dei rispettivi faraoni come pervenuti dalla tradizione greca, sorge sull'altopiano di Giza, un sepolcreto risalente alla IV dinastia. L'altopiano ospita un altro celebre manufatto dell'antico Egitto, la Sfinge Abu el-Hol.

Queste costruzioni, anche per la scarsità di notizie, sono da sempre oggetto di investigazione e speculazione.



Dimensione dei lati di base		Orientamento	
Lato Nord	230,40 m	2 min 28 s	A Sud dell'Ovest
Lato Est	230,54 m	5 min 30s	A Ovest del Nord
Lato Sud	230,60 m	1 min 37s	A Sud dell'Ovest
Lato Ovest	230,51 m	2 min 30s	A Ovest del Nord

Dimensione dell'altezza	
Primitiva	146,70 m
Attuale	137,25 m

▲ Altopiano di Giza, da Google Earth; misure e allineamento della piramide di Cheope: per la fonte *vedi* testo

- *Breve cronologia degli studi*
- *Caratteristiche della piramide di Cheope*
- *Probabile significanza astronomica dei dati*

■ *Breve cronologia degli studi.* Fonti arabe databili attorno al X secolo alludono alla simbologia astronomica della piramide di Cheope, ma sono spesso in contrasto fra loro per i dati forniti. Nel mondo greco se ne occupò Erodoto nelle *Storie* [99][II, 124 - 134] che fornisce notizie relative alle misure non sempre coerenti; e anche nel mondo romano, specie nell'impero e nel tardo impero, ci fu chi cercò di indagare sulla sua *funzione*. Richiami ad elementi (o eventi) astronomici furono notati, ma ci si limitò, come testimoniano diversi documenti, ad evidenziare quanto probabilmente appreso più per tradizione che per effettiva sperimentazione e verifica: che la piramide (di Cheope) non dà ombra, o meglio che nei giorni degli equinozi un osservatore a settentrione scorge il Sole in cima alla piramide, ed in quel momento l'ombra coincide con la base.<sup>1</sup>

Nell'antichità e sino a tutto il secolo XIX la costruzione fu più oggetto di ammirazione che di studio specie per la sua mole; fu ammirata come simbolo di magnificenza essendo l'unica delle «sette meraviglie del mondo» giunta a noi.

Dopo le intuizioni di **F. Herschel** di servirsi di criteri astronomici per la datazione della piramide e gli studi di J. Tylor e C. Piazzesi-Smith [238], il primo dei moderni ad occuparsi della grande piramide in chiave scientifica, fu T. Moureux [214], un canonico matematico con la passione dell'astronomia che pubblicò (1925) un libro sulla scienza «misteriosa» dei Faraoni in cui fornì una prima plausibile concordante ipotesi circa alcune sacralità simboliche racchiuse nelle piramidi in riferimento a fenomeni celesti.

Su questa scia varie ricerche (scientifiche e, spesso, più allegoriche che pseudoscientifiche), hanno tentato, forzando la mano al complesso di Giza, di reperirvi significative indicazioni: *infra*. Qui si esamineranno, conformemente all'archeoastronomia, soltanto possibili prospettazioni di simbologia attinenti a fenomeni astronomici, ponendo in evidenza i dati emergenti che possano indicare eventuali connessioni con fenomeni celesti, lasciando al lettore le deduzioni, e considerando soprattutto che quanto oggi osserviamo sono i resti, in quanto manca la cima della piramide a prescindere dalle spoliazioni interne ed esterne verificatesi nei secoli.

■ *Caratteristiche della piramide di Cheope.* Dovuta, a quanto sembra, all'architetto Hemiunu, la piramide di Cheope sorge a poca distanza dal trentesimo parallelo (ne dista 1° 9') alle coordinate geografiche di 29° 50' 51" di latitudine Nord, e a 31° 9' di longitudine Est. La ragione per cui non giace sul trentesimo parallelo è d'ordine costruttivo, la necessità di innalzarla su un solido basamento e non su un terreno sabbioso come quello che coincide col parallelo.

Le dimensioni sono quelle riportate in riquadro in questa pagina,<sup>2</sup> e i numeri sembrano proiettare un valore simbolico-sacrale, quasi esoterico, specie se alcuni di essi vengono manipolati sfruttando loro proprietà. Prime considerazioni.

1. Luciano nei *Dialoghi* così si esprime: *umbram non praeberere* (non manifestare ombra); Solino nella *Collectanea rerum memorabilium* riporta lo stesso concetto: *nullas habent humbras*; ed infine, forse il passo più interessante, Ausonio nella *Mosella* riporta: *... quadro cui in fastigia cono // Surgit et ipsa suas consumit Pyramis umbras*, cioè la stessa piramide assorbe la propria ombra nella base in cui si erge [25]. Riferimenti si trovano ancora in Seneca, Plinio, Strabone ed altri autori classici: alcuni di questi sono riportati dal De' Marchi [196][p. 238].

2. I dati provengono da un articolo di R. Moia [210, *Coelum*, 1971]. I calcoli appresso riportati si basano su quei numeri.

### Ipotesi avanzate sull'altopiano di Giza

Al solo fine di completezza del quadro espositivo si espongono le più note ipotesi avanzate circa la *funzionalità* astronomica delle piramidi.

R. Bauval [37] osservando che le tre piramidi giacciono sulla stessa diagonale di base da Nord-Est a Sud-Ovest, ha scorto in esse un puntuale riferimento alle stelle della cintura di  $\rightarrow$  **Orione**: è questa la cosiddetta *Orion Correlation Theory*. Effettivamente è riscontrabile un allineamento direzionale e posizionale con le tre stelle Alnitak, Alnilam e Mintalka di luminosità, rispettivamente,  $m = 1,74$ ,  $m = 1,69$ ,  $m = 2,25$ , cioè progressivamente meno brillanti in proporzione alle rispettive altezze delle tre piramidi, ed inoltre la terza piramide, quella di Micserino, non perfettamente allineata con le altre, si scosta dalla linea diagonale di un certo scarto assimilabile a quello che la terza stella della cintura (Mintalka) mostra rispetto alle altre due. L'operazione di *trasportare* tre stelle in terra non è semplice, ma si poteva realizzare anche allora. Successivamente un certo A. Collins ha proposto un nuovo riferimento celeste, adducendo che non delle tre stelle della cintura si dovesse trattare, quanto piuttosto della costellazione del Cigno. quest'ultimo riferimento sembra veramente bizzarro perché delle stelle di questa costellazione manca la principale: Deneb, ma, naturalmente, l'autore sostiene che occorre scavare là dove la stella mancante dovrebbe geometricamente giacere.

L'egittologa K. Spence in un articolo su *Nature* [294], sostiene che le piramidi di Giza sarebbero state allineate a stelle dell'Orsa Minore e Maggiore:  $\beta$  *Ursae Minoris* e  $\zeta$  *Ursae Majoris* (Mizar), stelle che attorno nel 2647 a.C. avrebbero avuto un allineamento tale da segnare con grande precisione il nord.

Lo studioso argentino E. Moracci Beauvier-Vila sostiene infine che le tre piramidi di Giza rappresenterebbero la posizione nel cielo dei pianeti: Mercurio, Venere e Terra, assegnando alla Terra la piramide di Cheope, a Venere quella di Chefren, e infine a Mercurio Micserino. Le distanze fra le piramidi esprimerebbero le relative distanze interplanetarie. Le distanze fra i detti pianeti, espresse in milioni di km, sono infatti: 38,5 fra Venere e Terra e 50,7 fra Mercurio e Venere. La distanza fra la piramide di Cheope e quella di Chefren è di 385 m, e la distanza fra Venere e Mercurio è di 506 m. All'appello manca il Sole che dista 146,9 (sempre in milioni di chilometri) e lo studioso suggerisce che a 1470 m metri dalla grande piramide *si nasconderebbe* qualcosa.

Quale credito attribuire a queste ipotesi è veramente difficile dire anche con la migliore buona volontà, ed anche se esse trovano un qualche riscontro astronomico, anche perché spesso si completano adducendo una simbologia astronomica nella zona attorno a Giza, secondo la quale il Nilo, ad esempio, rappresenterebbe la via lattea, ed altre evidenze sarebbero ancora rimarchevoli zonalmente. Quello che manca sempre è il riscontro puntuale nelle piramidi ad uno qualsiasi di questi riferimenti.

Il meridiano che attraversa la costruzione divide in parte eguali le terre emerse del pianeta; *simmetricamente*, il parallelo attraversa la maggior parte di terre, e l'angolo sotto il quale si osserva il polo Nord celeste ( $30^\circ$ ), esprime un'antica unità di misura caldea in quanto corrisponde alla metà di quello che sottende la corda eguale al raggio del cerchio.

Quanto ai numeri, l'altezza (originaria) della piramide moltiplicata per 1 000 000 000 fornisce la distanza media della Terra dal Sole (la nostra unità astronomica); il perimetro moltiplicato per il doppio dell'altezza  $922,05 : (146,70 \times 2)$  fornisce il valore del  $\pi$  (esattamente 3,142638), risultato interpretato come un tentativo di risolvere la quadratura del cerchio; il perimetro è ancora eguale alla circonferenza che ha come raggio l'altezza della piramide, ossia, detto  $l$  un lato ed  $h$  l'altezza si ha  $\pi = \frac{2l}{h}$ ; il cubito sacro (0,635660 m), unità di base nella costruzione della piramide, moltiplicato per 10 000 000 dà come risultato 6 356 600 m, ossia 6356,8 km, il raggio polare della Terra; dividendo per due una faccia della piramide si hanno ovviamente

due triangoli rettangoli, e chiamata  $b$  la base del triangolo rettangolo ottenuto ed  $f$  la sua ipotenusa, si ha  $\phi = \frac{f}{b}$ , ossia 1,618, il rapporto  $\rightarrow$  **aureo**, espresso in cubiti si ha 440 cubiti di base per 280 cubiti in altezza, e la pendenza delle quattro facce misurando uno dei triangoli rettangoli di cui ogni faccia è composta è data da  $280/220$ , cioè  $1,2727273$  che elevato al quadrato fornisce ancora il rapporto aureo; ecc. ecc. ecc.

Come si vede è facile con questi numeri fornire risultati che stuzzicano la fantasia; su un sito francese è persino previsto un algoritmo di calcolo in java che fra le tante probabilità numeriche offre anche quella di derivare dalla piramide la velocità della luce. Questi numeri, al di là di una loro eventuale simbologia rappresentativa, dimostrano che gli Egizi erano discreti conoscitori della geometria e della matematica, e ci esprimono un livello di conoscenze che vanno ben al di là di quelle desumibile dal papiro di  $\rightarrow$  **Rhind**, e che ancora costruendo la piramide hanno *giocato* con la simbologia numerica anche perché i risultati prodotti ben si adeguavano alla costruzione che si accingevano a compiere.

■ **Probabile significanza astronomica dei dati** Le perplessità sollevate nel riquadro in questa pagina circa le risultanze cui sono giunti pure alcuni valenti ricercatori, non possono condurre ad escludere aprioristicamente qualsiasi riferimento astronomico.

Un primo approccio al problema può consistere nella considerazione che essendo l'altopiano di Giza privo di un qualsiasi riferimento orografico, gli Egizi abbiano cercato proprio in cielo, in riferimento anche ai loro culti, i punti di riferimento, ed alcune singolarità della piramide di Cheope sembrano confermare l'assunto.

La grande piramide, come le due gemelle, nonostante sorga su una vasta zona destinata a sepolcra, molto probabilmente non è stata mai usata per seppellirvi qualcuno, e così i nomi che si danno a certi luoghi interni (camera del re, camera della regina, ...) sono posticci, non coincidenti con quella che poteva essere la loro funzione che purtroppo non può essere in alcun modo indagata.

Alcune ipotesi formulate sono riportate in estrema sintesi nel riquadro in questa pagina, esse forniscono un quadro delle problematiche attorno alla piramide di Cheope ed alle sue gemelle, e fra le tante sono quelle che hanno una qualche probabilità di attinenza con la realtà, ma data l'assenza di riferimenti all'interno della piramide non pongono fine alla *vexata quaestio*.

DA RIVEDERE

### Chésaux Jean-Philippe Loÿs de

**Chicxulb**  $\rightarrow$  **cratere**. Cratere d'impatto nello Yukatan...

**chimica interstellare**

**Chioma, ammasso della**

**Chioma di Berenice**  $\rightarrow$  **Coma Berenices**.

**Chirone**

**Chladni Ernst Florens Friedrich** (1756 - 1827)

**Christie William Henry Mahoney** (1845 - 1922)

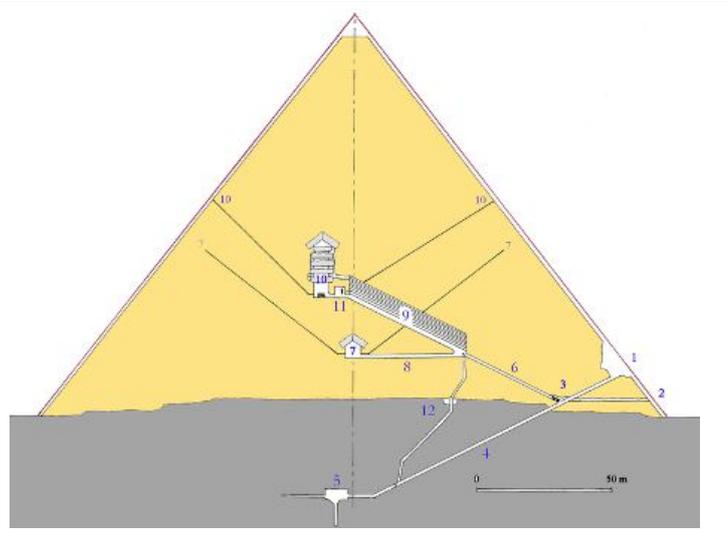
**ciclo** Periodo di durata variabile (giorni, mesi od anni) anni legato ad una determinata attività astronomica (es.: ciclo undecennale **solare**) od ad un metodo di calcolo temporale di tipo calendariale, es.: ciclo **metonico**, **callippico**, ciclo **ventottennale solare**;... *vedi* lemmi relativi.

La piramide di Cheope nella valle di Giza; fonte wikipedia.

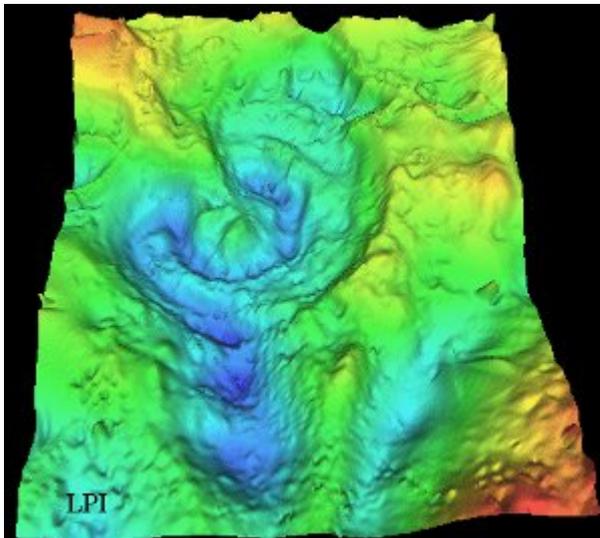
Legenda: 1) ingresso, 2) foro d'ingresso, 3) incrocio dei condotti ascendente e discendenti, 4) corridoio discendente, 5) camera sotterranea, 6) corridoio ascendente, 7) camera della regina, 8) corridoio orizzontale, 9) grande galleria, 10) e 11) camera del re e canali con apertura sulle pareti esterne, 12) camminamento-pozzo di servizio.

Il corridoio n. 11 (lato Nord) della camera del re che presenta un'inclinazione di 30° coerente con la latitudine del luogo, *puntava*, all'epoca, la stella polare dell'epoca  $\alpha$  *Draconis*.

La *camera della regina* puntava la stella Sirio  $\alpha$  *Canis Majoris*, e dalla parte opposta la *camera del re* (inclinazione del corridoio 44° 5') punta la cintura di Orione.



▼ immagine termica del cratere Chicxulub nello Yukatan



**ciclo del carbonio** → **carbonio, ciclo del.**

**ciclo di Hale** → **Hale, ciclo.**

**ciclo metonico** → **metonico.**

**ciclo di Saros** Saros, ciclo di

**ciclo solare** È stato dato questo nome a un periodo di 28 anni, per il fatto che ogni 28 anni i giorni della settimana tornano sempre a corrispondere con i giorni del mese.

La ragione di ciò è che in un periodo di 28 anni si elidono tutti gli spostamenti del calendario dovuti non solo agli anni comuni, ma anche agli anni bisestili (in quanto in questo arco di tempo sono contenuti esattamente 7 anni bisestili). Se il periodo di 28 anni è scelto a cavallo fra due secoli, quanto detto non è più valido quando l'anno secolare, a causa della riforma gregoriana, non è bisestile (come il 1900).

Negli almanacchi è riportato sotto il nome di ciclo solare il numero d'ordine che l'anno corrente occupa nel ciclo solare in corso. Poiché dai cronologisti è stato adottato l'anno 9 a.C. come primo anno di un ciclo solare, per trovare il numero del ciclo solare relativo, poniamo, al 1990, si svolge la seguente

operazione:

$$(1990 + 9) : 28.$$

Se svolgiamo la divisione abbiamo come quoziente 71, col resto di 11: il primo è il numero di cicli solari interi trascorsi dal 9 a.C. fino al 1990, il secondo indica il posto occupato dal 1990 nel ciclo in corso a questa data (ed è il numero riportato dagli almanacchi sotto il nome di ciclo solare). Se il resto della divisione è uguale a 0, il numero relativo al ciclo solare dell'anno in corso risulta essere 28.

**Cicerone Marco Tullio** (106 - 43 a.C.) Scrittore, filosofo e uomo politico romano. Si occupò senza pretese scientifiche in alcune opere di astronomia, riportando sostanzialmente la visione del mondo come nota da fonti greche. La pagina più significativa è senz'altro quella del *De re publica* che riporta nel libro VI l'episodio noto come **Somnium Scipionis**.

**Cigno** → **Cygnus**.

**Cih** ( $\gamma$  Cassiopeiae)

**cinerea, luce**

**cinese, astronomia**

**Cinosura** Antico nome classico di  $\alpha$  Ursae Minoris, l'attuale polare.

**cintura di Kuiper** → **Kuiper**.

**Circinus**

**Circinus X-1**

**circhi lunari**

**Circolo polare**

**circumpolare**

**circumzenithale**

**cirri infrarossi**

**cislunar** Termine inglese usato per descrivere un oggetto od un evento che si verifica nello spazio fra la Luna e la Terra o fra quest'ultima e l'orbita lunare.

▼ A. G. Clark (a sinistra) e C. Lundin nelle fasi finali di lavorazione del 40 pollici di [Yerkes](#)



### CK Vulpeculae

**Clairaut Alexis-Claude** (1713 - 65) Matematico e fisico francese. Si applicò alla meccanica celeste predicendo il ritorno della Halley

**Clark Arthur C.** (-) o Alvan? o sono due diversi?

**classi di luminosità** → [luminosità](#), [classi](#).

**classificazione spettrale** → [spettrale](#), [classificazione](#). Secchi Harward Pickering

**classificazione delle galassie**

**Claudio Tolomeo** → Tolomeo.

**Clavio Christoforo s. J.** (1538 - ??) Italianizzazione di Christopher Clavius, matematico e astronomo tedesco.

Entrato giovanissimo nell'ordine dei gesuiti proprio nel periodo in cui la controriforma toccava la vetta dei suoi scontri, si trasferì dapprima in Portogallo quindi a Roma sempre presso scuole ed istituzioni della Compagnia.

Fu al [Collegio romano](#) dove prese gli ordini sacerdotali cominciando di lì a poco ad insegnarvi matematica. Clavio è ricordato soprattutto per gli *Elementi*, un'opera del 1574 dedicata ad [Euclide](#), l'*Algebra* del 1608, e per il contributo determinante dato alla riforma del calendario, appoggiando le soluzioni di [L. Lillo](#) che poi saranno accettate: → [calendario sub «Calendario gregoriano»](#). Per quanto a seguito della riforma sia stato salutato come un nuovo Euclide, Clavio ricevette per questa numerose critiche specie da parte tedesca, per difendersi dalle quali scrisse nel 1595 il *Novi calendarii romani apologia*.

Clavio ebbe intensi rapporti con [G. Galilei](#), e fu a seguito di una fitta corrispondenza con il matematico e astronomo pisano, e soprattutto della pubblicazione del *Sidereus Nuncius* (1610), che effettuando osservazioni al cannocchiale mutò le proprie idee sulla forma dell'universo, perché nell'ultima edizione del lavoro *In sphaeram Ioannis de Sacro Bosco Commentarius* (→ [Sacrobosco](#)) rivolse agli astronomi l'invito ad abbandonare la teoria tolemaica secondo i risultati delle nuove osservazioni.

**Clavius, cratere**

**Cleante**

**Clementine**

▼ Riproduzione moderna di una clessidra; fonte wikipedia



**Cleomede** (Periodo imperiale) Nel XX sec. O, Neugebauer basandosi su alcune osservazioni da lui riportate, propose per le stesse la data dell'anno 371 (+/- 50). Il fatto che citi [Posidonio](#) e non [Tolomeo](#) è da alcuni interpretato come il fatto che si tratta di un astronomo minore. È assieme a [Strabone](#) che riporta notizie sulla misura della circonferenza terrestre effettuata da [Eratostene](#).

A lui è dedicato sulla Luna il cratere *Cleomedes*.

**Cleostrato di Tinedo** (VI - V sec. a.C.) Filosofo naturalista greco di cui si hanno scarsissime notizie. [Censorino](#) riporta nel *De die natali* che Cleostrato apprese l'astronomia dall'astronomo [Naburimannu](#) introducendo in Grecia il ciclo dell'*octaeteris*: → [calendario sub «Calendario greco»](#). A lui è dedicato sulla Luna il cratere *Cleostratus*.

**Clerke Agnes Mary** (1842 - 1907)

**clessidra** Dal greco κλεψύδρα, parola composta da κλέπτω (tolgo) ed ὕδωρ acqua, dispositivo per la misura del tempo. Il termine è generalmente usato per indicare due recipienti conici uniti nei vertici da una minuscola fessura attraverso la quale scorre, per gravità, liquido o sabbia da un contenitore all'altro; nell'antichità era molto usato un sistema di due vasi in cui il superiore versava liquido nell'inferiore su cui erano praticate tacche di riferimento temporarie.

La clessidra è stata uno dei primi strumenti ideati per la misura del tempo, conosciuta sin dall'antichità è rimasta in uso a bordo delle navi e presso gli osservatori astronomici sino al XVII - XVIII secolo, quando venne sostituita da più precisi sistemi ad orologeria a scappamento. La clessidra era usata quasi esclusi-

vamente nelle ore notturne, in quanto in quelle diurne si poteva più agevolmente, e con maggiore precisione, ricorrere a misure temporarie effettuate con meridiani.

Lo strumento noto agli Egiziani sin dal XV secolo a.C., ebbe un suo perfezionamento ed uso diffuso in Grecia, dove per la prima volta risulta adottata la tecnica di due contenitori a cono uniti per il vertice, mentre in passato si usava fra precipitare l'acqua attraverso un foro da un recipiente superiore ad uno inferiore.

Evoluzioni della clessidra vi furono attorno al III secolo a.C. da parte di **Ctesibio** che applicò alla precipitazione dell'acqua meccanismi ad orologeria studiandosi di mantenere costante il flusso del liquido e la pressione: a questa tecnica si applicarono anche **Archimede**, **Erone** ed **Andronico**, progettista quest'ultimo dell'(*Horologium*) (I secolo a.C. circa) noto come **torre dei venti di Atene**. Lo strumento fu diffuso anche nell'area orientale ed estremo orientale.

**clima** Ricorrenza su scala temporale (stagionale, annuale od a più lungo periodo: da qualche decina d'anni a migliaia d'anni) di eventi di natura meteorologica che presentano periodica analogia; l'Organizzazione Meteorologica Mondiale determina in 30 anni il periodo minimo di uno scenario per poterne individuare l'andamento climatico.

Il termine deriva dal greco κλίμα (inclinato), in quanto tradizionalmente, il clima di una regione veniva considerato in prevalente funzione dell'inclinazione dei raggi solari su di essa, quindi dell'efficienza termica generata ad una data latitudine; la relativa disciplina, «climatologia», prende in considerazione in specie due fattori: la diversa durata degli eventi e l'andamento stabile degli stessi nel corso degli anni. La definizione climatica di un'area geografica è determinata sulla base dei valori di temperatura, umidità, nuvolosità, vento, precipitazioni, ... provenienti da stazioni meteorologiche con rilevamento a terra ed in quota, cui si aggiungono i dati forniti da satelliti in orbita.

I valori citati non esauriscono i parametri atti a determinare un clima. Specie su lunghe scale temporali, rilevano le influenze del Sole e della Luna che svolgono un ruolo primario nella caratterizzazione climatica come riferita all'intero globo terrestre. I meccanismi del clima (*infra*) devono tener conto infatti anche dell'influenza mareale di questi corpi sul nostro pianeta, e – nel caso del Sole – dell'andamento ciclico delle macchie solari, del loro massimo o minimo d'intensità, delle tempeste magnetiche, del vento solare e diversi altri fattori.

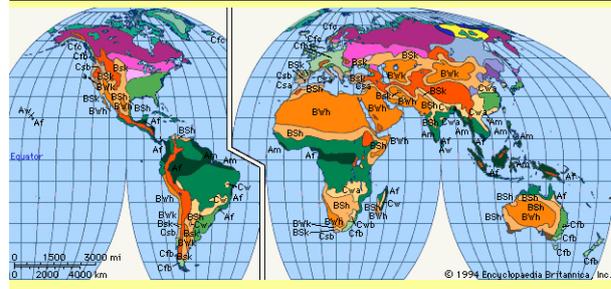
- *Studi sul clima: breve rassegna storica*
- *Caratterizzazioni di un clima*
  - ▶ *Elementi climatici*
  - ▶ *Fattori climatici*
- *Meccanismi del clima*
- *Clima e attività solare*
  - ▶ *Il riscaldamento globale*

■ *Studi sul clima: breve rassegna storica.* L'attenzione verso le condizioni climatiche caratteristiche di una certa regione risale al periodo greco-ellenistico, e l'individuazione di zone climatiche fu anche all'origine della suddivisione dell'**ecumene** in meridiani e paralleli nell'intenzione di esaltare nella rappresentazione grafica e descrittiva, aree geografiche facilmente individuabili e connotate secondo peculiari caratteristiche climatiche considerate prevalentemente comunque in funzione della loro distanza dall'equatore, cioè della specifica latitudine.

Le prime osservazioni si fanno risalire a **Teofrasto** che nell'elaborare tipi di clima introdusse variabili riconducibili alla continentalità o marittimità dei luoghi. Bisognò però attendere il XVI ed il XVII secolo perché le osservazioni sul clima acquistassero

#### Classificazione climatica Köppen-Geiger e relativa mappa

Sigla	Definizione
Af	Clima tropicale senza stagione secca
Aw	Clima tropicale con inverno secco
BS	Clima secco della steppa
BW	Clima secco del deserto
Cf	Clima temperato senza stagione secca
Cs	Clima temperato con estate secca
Cw	Clima temperato con inverno secco
Df	Clima boreale senza stagione secca
DW	Clima boreale con inverno secco
ET	Clima freddo della Tundra
EF	Clima freddo del gelo perenne



dignità scientifica cominciando a coniugare le statistiche con modelli matematici, come fu con gli studi di **G. Toaldo**; ma soltanto con la nascita della moderna climatologia questi sistemi e modelli sono stati compiutamente impiegati nella descrizione scientifica dei fenomeni.

Fra il XIX e il XX secolo vi fu un sensibile progresso scientifico grazie agli studi di V. Köppen, il quale elaborò (1918) un sistema di classificazione climatica nel quale tipi di clima risultano individuati con riferimento ai parametri di temperatura e piovosità. La scala fu rielaborata nel 1936 dal suo collaboratore R. Geiger e da questi rivisitata ancora nel 1963.

Più che una scala, la classificazione climatica di Köppen-Geiger è una mappa cartografica in cui tipi di clima, distribuiti secondo latitudini crescenti dall'equatore ai poli, sono schematizzati ed individuati con cinque lettere capitali (dalla A alla E), mentre ulteriori sequenze di lettere combinate fra loro assieme alle prime cinque individuano specificatamente alcuni tipi di clima: *vedi* tabella ed immagine in questa pagina.

Il sistema, elaborato in un periodo storico in cui il rilevamento dei dati era carente per affidabilità ed abbondanza, inidoneo pertanto a definire omogenee linea guida, non esprime di fatto un reale andamento climatico in quanto, in quanto non sempre i parametri adottati individuano un certo passaggio da alcune ad altre tipologie di condizioni; di conseguenza esso non costituisce un obiettivo modello di riferimento, e supplisce spesso con approssimazioni all'assenza di analisi.

■ *Caratterizzazioni di un clima.* Un ambiente climatico si distingue per meccanismi di formazione e parametri determinati che lo influenzano e caratterizzano. I meccanismi sono descritti al titolo successivo, qui appresso saranno esaminati i parametri climatici distinti in elementi e fattori d'influenza climatica.

▶ *Elementi climatici.* Elementi climatici caratterizzanti un clima sono: pressione, temperatura locale media, umidità.

• *Pressione.* La colonna d'aria che insiste in un dato luogo della superficie terrestre ha un peso variabile in funzione dell'altezza: al livello del mare, a 0 °C possiede un peso di 1,293 g, ai limiti esterni dell'atmosfera il peso è notevolmente inferiore per la rarefazione dell'aria, a 5 km dalla superficie terrestre la colonna pesa la metà rispetto al suolo. Per attrazione gravitazionale l'aria esercita una pressione sugli oggetti secondo la

dimensione della loro superficie: al livello del mare la pressione è  $\approx 1 \text{ kgcm}^2$ , misurata un tempo linearmente, ora correttamente – essendo un'unità di forza – in millibar: simbolo mbar.

Le linee che congiungono punti terrestri caratterizzati dalla stessa pressione sono chiamate **isobare**.

- **Temperatura.** In relazione alla latitudine il riscaldamento della superficie terrestre per calore immagazzinato varia da luogo a luogo. La temperatura è determinata dal riscaldamento della colonna d'aria in relazione al calore emesso dalla superficie terrestre. Altri fattori che determinano la temperatura sono l'altitudine del luogo, il tipo di vegetazione, la presenza di acque, il vento,...

Le linee che congiungono punti della stessa temperatura sono dette **isoterme**.

- **Umidità.** L'umidità è la misura di vapor acqueo contenuto in una quantità d'atmosfera come generata dalle acque dei mari dei fiumi e dei laghi che contribuiscono a formare il vapore acqueo rendendo alla colonna d'aria la caratteristica umidità.

L'umidità misurata dall'**igrometro**, si esprime con riferimento al numero dei grammi di vapore acqueo in un metro cubo o in un chilogrammo d'aria: nel primo caso si parla di umidità assoluta, nel secondo di umidità relativa. In particolare l'umidità relativa è il rapporto percentuale fra il vapore acqueo in un determinato volume d'aria e il livello di saturazione alla stessa temperatura.

► **Fattori climatici.** DA FARE

- **Meccanismi del clima.** L'origine del clima è effetti prodotti dalla radiazione solare, dalla sua capacità termica che incide su venti e correnti che trasportano l'energia in zone geografiche con deficit termico.

La **equazione 1** sub lemma **Stefan-Boltzmann**

Le componenti fondamentali del clima sono: → l'**atmosfera**,

l'**idrosfera**, la **criosfera**, la **litosfera**, la **biosfera**.

(distinta dalla **meteorologia**)

Il clima si considera composto di elementi e fattori. Si considerano elementi: a) la temperatura; b) l'umidità; c) la pressione; d) l'intensità e la durata della radiazione solare; e) le precipitazioni; f) la nuvolosità; g) il vento.

Si considerano fattori: a) l'altitudine; b) l'eventuale presenza di catene montuose; c) l'esposizione media della zona; d) la vicinanza al mare; e) le eventuali correnti marine; la vegetazione; la popolosità dell'area; f) i raggi solari.

- **Clima e attività solare.** Relazioni fra clima ed attività solare furono intuite nel XVI e nel XVII secolo da **G. B. Riccioli** e **F. Herschel** avanzando l'ipotesi che le *maculae in Sole* potessero essere in qualche modo responsabili delle condizioni atmosferiche: Herschel per primo tentò un'analisi statistica di questa correlazione. Nel XIX secolo, a seguito della scoperta del ciclo undecennale delle macchie solari e dei primi studi su **aurora polari** e **tempeste magnetiche**, la relazione Sole-clima fu di nuovo considerata in alcuni studi che non condussero però a dati significativi e che furono presto abbandonati.

L'attenzione per la correlazione rinacque negli anni settanta del secolo scorso ad opera del matematico greco J. Xanthakis che confrontò il numero delle macchie solari con l'andamento climatico del pianeta. Xanthakis suddivise la Terra in 18 fasce di latitudine (nove per ciascun emisfero) analizzando le precipitazioni su ciascuna fascia nel periodo 1885 - 1960 in relazione alla presenza media delle macchie solari: [126, 348, 349]. Lo studio evidenziò relazioni coerenti nei due emisferi al di sopra dei 50° di latitudine; a latitudini più basse i dati non sono significativi e manifestano a volte addirittura inversione di tendenza. In alcuni studi [195] si ipotizzano ancora correlazioni fra la piccola glaciazione ed il minimo di **Maunder** (*infra*).

Le correlazioni citate non esauriscono il ventaglio delle ipotesi avanzate che prendono in considerazione diversi altri fattori, quali, ad esempio, il livello variabile dei mari e dei grandi laghi, la ricorrenza cometaria annuale, l'attività vulcanica, e persino il numero delle navi riparate in porto in condizioni atmosferiche avverse. Nessuna di queste relazioni, come di altre avanzate, è in grado comunque di fornire una relazione esaustiva del sistema attività climatiche ed eventi naturali connessi.

Lo studio più critico in proposito resta quello di A. B. Pittock [242], ripreso poi nelle sue considerazioni fondamentali da altri «scettici», i quali rilevano che le relazioni trovate, per quanto abbondanti, potrebbero rappresentare soltanto una frazione dei risultati: quelli positivi pubblicati e quelli negativi non pubblicati; conseguentemente, i risultati positivi potrebbero essere del tutto casuali.

Molte ricerche che si concludono con un'espressione del tipo «i risultati sono statisticamente significativi», in assenza di riferimenti matematici puntuali mostrano, secondo l'autore, tutta la loro fragilità scientifica; in aggiunta l'elaborazione dei dati non è temporalmente estesa ed il ricercatore è naturalmente portato a privilegiare i dati favorevoli. Pittock definisce le relazioni positive quali esperimenti riusciti di una ricerca stimolata dalla suggestione, ma il giudizio espresso dal ricercatore è, se non gratuito, molto generalizzato, dal momento che alcune correlazioni presentano adeguata scientifica fondatezza.

Relazioni ulteriori sono state indagate basandosi sulla «dendroclimatologia», una tecnica di studio applicata alle piante con fusti plurisecolari che permette di effettuare la datazione considerando lo spessore degli anelli di crescita e la loro formazione in funzione di elementi climatici. Le indagini, che permettono di risalire approssimativamente a 3000 anni antecedenti il periodo d'osservazione, hanno mostrato come un clima umido, al contrario di uno freddo, favorisca la crescita di anelli di generoso spessore. Studi condotti da A. E. Douglas [45], l'ideatore della dendroclimatologia, hanno rappresentato come negli anelli di crescita delle piante plurisecolari sia presente l'impronta del ciclo undecennale delle macchie solari: al di là delle statistiche, un legame fra clima ed attività solare sembra proporsi, essendosi rilevato un aumento dello spessore degli anelli in coincidenza con i periodi d'intensa attività solare.

Parte della comunità scientifica, nonostante la corrispondenza fra la crescita anulare con l'andamento periodico dell'attività solare sembri assolutamente coerente, ha comunque contestato le risultanze ottenute ritenendo il campione non significativo.

Sempre basandosi sulla formazione e dimensione degli anelli di crescita, J. M. Mitchell, svolgendo ricerche nelle Great Plains, una vasta regione che si estende dal Canada agli Stati Uniti, delimitata dalle Montagne rocciose e dal Mississippi, ha mostrato una significativa evidenza con i periodi di siccità: [208]. L'analisi della crescita degli anelli per il periodo 1700 - 1979, mostra come nella regione in esame la siccità si sia susseguita con una cadenza di 22 anni in coerenza con il ciclo di Hale (→ **Hale, ciclo**), in corrispondenza appunto dell'andamento magnetico delle macchie solari. Nelle zone studiate la siccità è stata tanto più forte quanto minima era l'attività solare.

A fronte di risultanze coerenti e per quanto il territorio in esame sia di notevole estensione superficiale, l'indagine tipologica adotta un campione ristretto e analoghe indagini sono state condotte in pochissimi altri paesi; almeno in questo caso, pure di fronte all'autorevolezza dello studioso, non sembra corretto giungere ad una generalizzazione dei risultati.

Un'ulteriore possibile correlazione fra clima ed attività solare è rappresentata dall'indagine sulle → **varve**, sedimenti stratificati di sabbia ed argilla che si formano nelle acque alla base dei

ghiacciai in relazione ai processi stagionali. Lo spessore degli strati varia annualmente, come negli anelli di crescita degli alberi, secondo la temperatura media zonalmente presente all'atto del deposito dello strato. Negli anni a più calda temperatura, quando maggiore è il disgelo, è parimenti maggiore lo spessore dello strato, minore invece negli anni più freddi; attraverso la sequenza degli strati si può ipotizzare l'andamento generale e medio del clima del passato per una regione. Anche in questo caso si assiste ad una coincidenza fra la sequenza delle varve ed il ciclo undecennale solare.

Queste relazioni (o coincidenze), più o meno statisticamente significative a seconda del campione in esame, sia nel legame con il ciclo undecennale dell'attività solare come con il ciclo di Hale, si fondano sulla → **costante solare**, un dato indiscutibile sino a poche decine d'anni fa, ma posto in discussione ad iniziare dagli settanta del secolo scorso quando le osservazioni terrestri divennero più accurate con l'uso di migliori **radiometri** e ci si iniziò a servire dei satelliti per i dati.

La costante solare è infatti variabile non solo in funzione della diversa distanza della Terra dal Sole o per effetto dell'assorbimento atmosferico, ma soprattutto perché è l'intensità intrinseca stessa del Sole a variare. Negli anni 1981 - 1984, ad esempio, la costante solare è andata incontro ad una flessione di circa lo 0,007%, mentre in un periodo precedente (anni 1975 - 1981) vi era stato un incremento di circa lo 0,12%.

Queste lievi oscillazioni non permettono certo di classificare il nostro astro come una stella variabile, ma se ulteriori dati dovessero confermare l'andamento ciclico dell'irraggiamento solare, si potrebbe forse da un altro punto d'indagine giustificare la coincidenza del minimo di Maunder (1645 - 1715) in cui si ebbe la quasi totale assenza di macchie solari ed i periodi secolari di freddo intenso che si protrassero da quella data alla prima metà del secolo XIX. Settant'anni di minimo di attività solare, e quindi di minore irraggiamento anche nella misura di due parti su mille, sarebbero coerenti con l'espansione dei ghiacciai e di altri fenomeni climatici come tramandatici.

Carotizzazioni effettuate in Australia su formazione di Elatina, hanno evidenziato per gli strati (databili a 680 milioni di anni fa) una sequenza a doppio ciclo, rispettivamente di 10,8 e 20,3 anni. Se la prima sequenza può essere agevolmente posta in correlazione con il ciclo undecennale delle macchie solari, per la seconda sono state proposte probabili influenze mareali lunari, considerando soprattutto l'oscillazione del nostro satellite sull'eclittica e di questa sull'equatore, secondo un periodo stimato attualmente in 18,6 anni terrestri, ma che all'epoca detta (680 milioni di anni fa) doveva aggirarsi sui 20,3 anni [340, 342].

Anche se gli studi si mostrano interessanti, i riscontri sono ancora lontani dal fornire relazioni statisticamente significative, ma mostrano comunque di quanti ulteriori fattori si debba tener conto nell'elaborare simili indagini. A titolo d'esempio, per indagare perché in un lontano passato l'influenza del Sole sia stata così incisiva nella formazione del clima terrestre, occorre tener presente che alla datazione menzionata il giorno non possedeva la durata attuale, ma approssimativamente di 21 h, e il ripetersi delle maree a minore intervallo temporale potrebbe anche aver svolto un ruolo non indifferente in materia.

► *Il riscaldamento globale.* Il discorso svolto al titolo precedente ha posto in evidenza alcuni elementi: la variabilità del clima, la presunta dipendenza da fattori di natura extraterrestre, l'andamento ciclico fra periodi temporali a lunga scala che hanno mostrato temperature con valori più elevati ovvero discretamente bassi. A questi elementi si aggiunge poi il fattore umano, ossia il (sempre) presunto riscaldamento della superficie terrestre che si verificerebbe per immissione in questa da parte

dell'uomo di elementi alla stessa potenzialmente estranei. Si ricorderà il dibattito acceso nella prima metà degli anni novanta del secolo scorso sui **CFC** ritenuti responsabili del buco d'ozono, anche se restava da spiegare l'inconsueto meccanismo secondo il quale gli aeriformi diffusi nell'emisfero boreale facessero il giro della Terra per andare a creare un *buco* nell'emisfero opposto invece che in quello loro naturalmente più proprio.

La dipendenza del clima da una moltitudine di fattori: atmosferici, astronomici, umani, . . . ha generato l'applicazione anche al clima di teorie esoteriche come il cosiddetto *effetto farfalla*, elaborate per tentare di porre ordine in uno stato in cui sia proprio per principio assente un qualsiasi ordine (il caos), e che rimangono solo tentativi di inserire un elemento ulteriore di variabilità senza che allo stesso sia peraltro possibile attribuire in alcun modo un coefficiente matematicamente o statisticamente significativo di rappresentanza.

**coefficiente di riflessione** → **albedo**.

**coesite**

**Cluster**

**cluster, star**

**cluster of galaxies**

**CME**

**CNES** Acronimo di *Centre Nationale [d']Études Spatiales*

**CNO**

**Coalsack**

**Coathanger**

**coating** termine inglese con cui si indica l'**alluminatura** della superficie superiore (la parte rivolta verso l'alto) dei menischi dei telescopi a riflessione.

**COBE** **Cosmic Background Explorer**.

**Coblentz William Weber** (1873 - 1962)

**Cocconi Giuseppe** (1914 - 2008)

**Cocoon, nebula**

**Coelum** rivista di astronomia fondata nel .. da . Guido Horn D'Arturo

**Coggia, cometa** (C1874 H1)

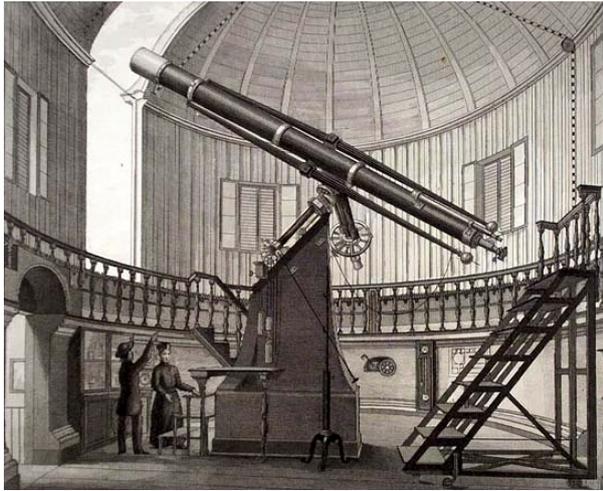
**Colacevich Attilio** (- 1953)

**collapsar**

**collasso gravitazionale**

**Col Drusciè** → **Cortina Col Drusciè**.

- ▼ Stanza dell'equatoriale Merz da 240 mm di apertura del Collegio romano; riproduzione da stampa d'epoca



**Collegio romano, osservatorio** Erede naturale della **torre dei venti in Vaticano** voluta da Gregorio XIII, per la riforma del **calendario**, il Collegio romano costituì il primo osservatorio astronomico dello Stato pontificio. Nei primi due secoli della sua storia fu un centro rilevantissimo di studi scientifici, una delle due Università di Roma (l'altra era quella detta *La Sapienza*) che si trasformerà poi nell'*Università gregoriana*.

Alla fondazione la direzione fu assunta dal **Clavio** che si trovò a gestire, oltre la riforma del calendario, il difficile momento storico-culturale caratterizzato dal passaggio dall'astronomia geocentrica tolemaica a quella eliocentrica copernicana, confermando le scoperte di **Galileo**: in quell'epoca si svolsero anche le prime metodiche osservazioni delle macchie solari.

L'attività era comunque molto limitata dalle caratteristiche stesse del Collegio che era principalmente un luogo di studi e non disponeva di una struttura fisica, ossia di un osservatorio vero e proprio: le osservazioni erano infatti compiute dalle finestre o dalle terrazze del collegio; con **R. Bošković** si pensò di erigere sul tetto della Chiesa di Sant'Ignazio un vero e proprio osservatorio, ma il progetto non andò in porto e le osservazioni continuarono al museo kircheriano.

Frequentato dalle massime autorità scientifiche del tempo, da prestigiosi matematici come **C. Scheiner**, Grienberg, **F. De Vico**, e da quella mente eclettica che fu il Kircher, il Collegio romano ha sempre presentato un centro di cultura ed un punto di riferimento che travalicava i confini dello Stato pontificio.

Costituito (e diretto) da sempre da uomini della Compagnia di Gesù, la rilevanza del Collegio romano è sempre consistita nella straordinaria capacità di non relegare studi e risultati raggiunti all'interno di una ristretta cerchia, ma di farli circolare facendoli giungere sino alla lontana Cina con l'opera di **M. Ricci**, allievo del Clavio, e di altri uomini della compagnia quali **F. Verbiest**, **A. Schall** ed altri.

Nel 1773, a seguito della soppressione della Compagnia di Gesù ad opera di Clemente XIV, (allora come oggi l'astronomia – in ambito ecclesiastico – è sempre stata appannaggio esclusivo ed unico dei Gesuiti) l'osservatorio passò al clero secolare, e lo stesso pontefice (1774) dispose con *Motu proprio* la fondazione dell'Osservatorio Pontificio del Collegio Romano affidandone la direzione al canonico G. Calandrelli, ma ancora una volta alla disposizione pontificale non seguì la costruzione di un osservatorio, che vi fu soltanto nel 1786 ad opera dell'anziano Bošković il quale provvide alla strumentazione con mezzi propri. Il Bošković morì di lì a poco e la costruzione dell'osservatorio fu

continuata dal cardinal F. S. Zelada che fece edificare una torre ed ordinò l'acquisto di alcuni modesti strumenti.

Un significativo impulso vi fu nel 1804 con Pio VII e soprattutto (1823) con Leone XIII il quale con la bolla *Divinae Sapientiae* istituì l'osservatorio sul Campidoglio (: → **romana astronomia**) che si unì nella ricerca a quello del Collegio romano sino al 1923, quando le strumentazioni furono trasferite sul Monte Mario.

Terminate (1824) le restrizioni contro la Compagnia, i Gesuiti ripresero possesso del Collegio romano e dell'annesso osservatorio. Il primo direttore fu E. Dumouchel (lo scopritore ufficiale assieme al De Vico della cometa di **Halley** nel ritorno del 1835), ma che poco poté comunque fare data la cronica carenza della strumentazione; un progresso vi fu nei successivi due anni quando con donazioni private di religiosi dell'ordine l'osservatorio fu dotato di un cannocchiale Chauchoix e di un circolo meridiano. Nel 1839 la direzione fu assunta da F. De Vico che dette avvio ad un'intensa attività di ricerca che procurerà al piccolo osservatorio una fama mondiale per la valenza dei suoi astronomi e la bontà della ricerca. Le osservazioni furono soprattutto di corpi planetari, ma pure disponendo di strumenti modesti, grazie ad ingegnosi artifici quale il mascheramento della luce dei pianeti, De Vico riuscì a calcolare le orbite di diversi satelliti di Saturno, riuscendo là dove altri osservatori con maggiore strumentazione avevano fallito.

Fra i progetti del De Vico c'era anche quello di compilare un catalogo dell'emisfero boreale per stelle sino alla 11<sup>a</sup> magnitudine: il progetto iniziato stava ben procedendo, ma gli avvenimenti politici del 1848 interruppero la ricerca che si fermò definitivamente con la morte del de Vico nello stesso anno, ed i Gesuiti dietro invito formale di Pio IX si dispersero per qualche tempo in tutto il mondo.

Esauritasi la parentesi della *repubblica romana*, i gesuiti rientrarono (1849) al Collegio romano, e l'annesso osservatorio conobbe uno dei più notevoli momenti della sua storia sotto la guida e la direzione di **A. Secchi**.

Grazie alla donazione personale di un suo assistente, padre Secchi dotò l'osservatorio di un equatoriale Merz da 240 mm, e trasferì l'osservatorio sopra la Chiesa di Sant'Ignazio, il che avvenne in brevissimo tempo. L'osservatorio andò a costituire la cupola della chiesa che non era stata mai realizzata. Notizie sulle scoperte del Secchi presso l'osservatorio sono riportate al lemma relativo.

Il Vaticano, coinvolto nella stesura della **Carte du Ciel**, spostò nella prima metà degli anni trenta del secolo scorso l'osservatorio alla sede pontificia estiva (Castel Gandolfo) per sfuggire all'inquinamento ottico di Roma.

Nella seconda metà del secolo scorso l'inquinamento ottico è divenuto intollerabile anche in questa sede, e così, per iniziativa dell'allora direttore della Specola vaticana, G. V. Coyne, la nuova sede dell'osservatorio vaticano è stata istituita a Tucson in Arizona: → **VAT**.

**collimazione**

**collisione, processi di**

**Collurania, Osservatorio di**

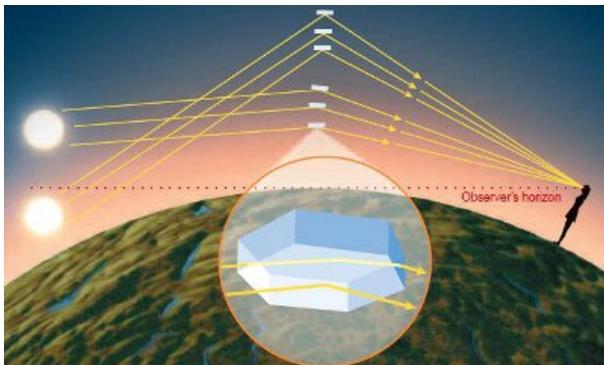
**Colomba** → **Columba**.

**Colombo Giuseppe** (-)

**Colombo, progetto**

**colonna solare**

▼ In alto colonna solare fotografata da P. Parviainen in Finlandia, in basso meccanismo di formazione; da Sky & Telescope, maggio 1999



colore

colore, indice

colore-magnitudine, diagramma → [diagramma H-R](#).

Columba

Columbia

Columbus progetto spaziale americano

Columbus orbital Facility

Columella Lucio Giunio Moderato (4 - 70)

coluro Nome di due meridiani celesti quello per gli equinozi e quello per i solstizi.

coma

Coma Berenices

Coma Cluster Nome inglese di cluster?

comes

cometa Nomenclatura

cometario, globulo

Commandino Federico

Commensurabilità

Common Andrew Ainslie (1841 - 1903)

Commonwealth Scientific and Industrial Research and Organisation

compatte, galassie → [galassie compatte](#).

compatto, oggetto

compagno/a

comparatore

complementare, giorno → [calendario sub](#) «Calendario giuliano».

COMPTEL

Compton, effetto -

Compton, lunghezza d'onda

Compton Gamma Ray Observatory

computo ecclesiastico

condizione dell'assenza di confine

condriti

condruli

configurazione planetaria

confinamento dei quark

Cone nebula

congiunzione

coniche, sezioni

cono di luce

Conone di Samo (280 - 220 a.C.)

contatto

Conti Andrea

continenti, deriva

contrazione di Lorentz-Fitzgerald → [Fitzgerald contrazione](#).

contrazione delle lunghezze → [Fitzgerald contrazione](#).

CONTOUR

convezione. Moti di

convezione, processo di

Cooke Troughton & Simms

co-orbitante, satellite

coordinate astronomiche

coordinate di tempo universale lasciare qui??

Coopenhagen, interpretazione di operare rinvio a quanti e teoria

Coopenhagen, osservatorio di

copernicano, sistema

**Copernico Nicolò** (1473 - 1543) Noto nella versione latinizzata anche come Nicolaus Copernicus (il suo vero nome era Niklas Kopperlingk), fu medico, giurista e uomo di chiesa che estese tanto oltre l'interesse per l'astronomia da prospettare una nuova valida visione dell'universo.

Di origine polacca per parte di padre e tedesca per parte di madre, nacque a Thorn (odierna Torun) nell'allora Prussia orientale, città della lega anseatica tedesca; la marca di Ermland in cui trascorse gran parte della vita era una diocesi prussiana circondata dalle terre dei cavalieri Teutoni, quindi nominalmente terra tedesca, ma che da sette anni faceva parte del regno polacco. La circostanza amplificata dal fatto che quando Copernico si iscrisse all'università di Bologna dichiarò la propria appartenenza alla nazione tedesca,<sup>1</sup> che correntemente, oltre che in latino ed italiano, parlasse e scrivesse quasi esclusivamente in tedesco (lettere in polacco non ci sono pervenute ma la lingua certo non gli era estranea), sono spesso state il presupposto di una rivendicazione della sua figura alla storia della cultura tedesca, il che – probabilmente – è storicamente, ma non giuridicamente, corretto. Quando negli anni dal 1519 al 1521 esplose il conflitto fra il regno di Polonia e i cavalieri teutoni, egli si schierò comunque dalla parte della Polonia, prendendo parte attiva alla negoziazione della pace; ma altrettanto fattivamente collaborò in seguito con il duca prussiano Alberto.

Come tutte le persone nate e vissute in terre di frontiera, Copernico assorbì, com'era inevitabile, le due culture, e questa sua permeabilità fu un elemento che indubbiamente giocò un ruolo rilevante nella sua formazione.

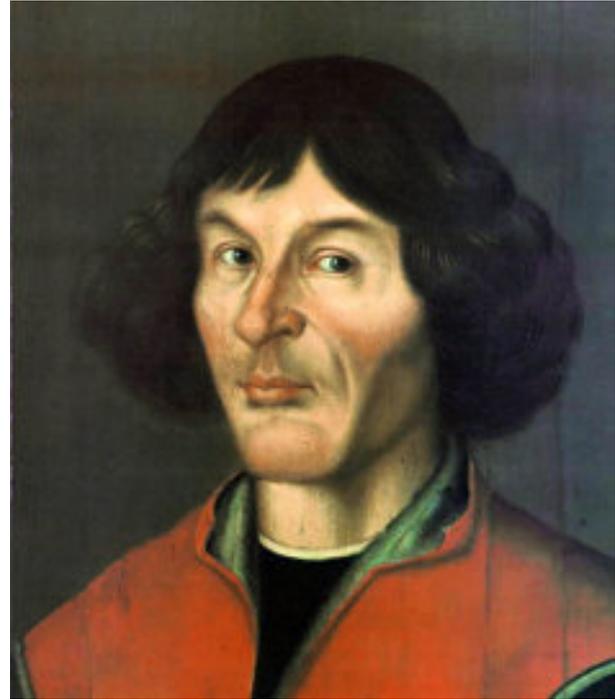
- *Biografia*
- *Copernico e l'eliocentrismo*
- *Il pensiero scientifico*
- *La cosiddetta "Rivoluzione copernicana"*
  - ▶ *La diffusione del "De revolutionibus"*
  - ▶ *L'opposizione confessionale*

■ *Biografia.* Più giovane di quattro fratelli. rimasto orfano del padre in tenera età, della sua educazione si prese cura lo zio materno L. Watzenrode, allora canonico ed in seguito vescovo di Warmia (Ermland), che intendeva farne il successore, e sotto la sua guida Copernico compì i primi studi.

Frequentò poi l'università di Cracovia allora capitale della Polonia, e cominciò in quell'occasione a sviluppare il suo interesse

1. Va precisato che per «nazione tedesca» s'intende l'aggregazione di Copernico al collegio degli studenti germanici in legge: cfr. [200, p. 196, nota n. 4].

▼ Ritratto di Copernico al Municipio di Thorn, 1580 circa



per l'astronomia. Qui studiò latino, geografia, matematica e filosofia e iniziò l'avvicinamento all'astronomia con la *Sphaera* del Sacrobosco, studiò agli *Elementi* di Euclide e testi d'astronomia di posizione come le tavole alfonsine. Erano questi corsi in cui secondo l'uso del tempo veniva presentata la visione dell'universo conforme agli insegnamenti aristotelici e tolemaici, mentre gli studi astronomici, che s'intrecciavano con l'astrologia e la medicina, erano finalizzati principalmente a conoscere le festività del calendario e la posizione dei corpi celesti. In questo periodo cominciò ad usare la versione latina del suo nome e cognome. Nel 1495 lo zio gli procurò un canonicato a Frauenberg (Frombork) che gli assicurò una buona posizione economica consentendogli d'intraprendere in quello stesso anno un viaggio in Italia per approfondire gli studi presso le più prestigiose università del tempo.

Fu a Bologna ove studiò greco, medicina, matematica e astronomia, ma più che altro seguiva i corsi universitari di questi insegnamenti continuando ad indirizzare i suoi impegni sempre verso la specializzazione in diritto canonico. A Bologna alloggiò presso D. Maria da Novara insegnante di astronomia, e fu un momento fondamentale della sua formazione, perché assistendo al maestro nelle osservazioni oltre a un rinnovato interesse per l'astronomia, acquisì la metodologia delle indagini. Tracce di questa collaborazione si rinvengono nel *De revolutionibus* ove Copernico riporta osservazioni dell'occultazione di Aldebaran (9 Marzo 1497), sulla parallasse lunare e sulla congiunzione di Saturno con la Luna (4 Marzo 1500).

Nel 1500, in occasione dell'Anno santo, Copernico si recò a Roma dove insegnò astronomia e matematica ed osservò l'eclisse di Luna del 6 Novembre. Fece quindi un breve ritorno in Polonia, giusto il tempo per prendere possesso del canonicato, rientrando intorno al 1502 in Italia, ufficialmente per completare il dottorato in diritto canonico ed approfondire gli studi di medicina, ma con il vero non rivelato intento di poter continuare ed approfondire gli studi d'astronomia.

In occasione di questo secondo soggiorno Copernico sostò dapprima a Padova dove studiò con G. Fracastoro e L. Gaurico,

ed approfondì ancora, ma senza mai completarli, gli studi di medicina che all'epoca comprendevano anche l'astronomia ritenendosi che esistesse un influsso astrale sui fenomeni terrestri; fu a Ferrara, dove seguì i corsi di **G. Bianchini**, e finalmente nel 1503 si addottorò in diritto canonico. Sostò ancora qualche tempo in Italia quindi fece ritorno alla terra natale.<sup>2</sup>

Tornato in patria occupò la carica che gli era stata riservata. Le aspettative dello zio tutore che sperava di farne il successore nella sede episcopale andarono deluse. Copernico si limitò a prendere possesso del canonicato, carica che comunque servì assai poco avendone ottenuta dispensa. Un rilevante documento conservato nell'Università di Bologna e datato 20 ottobre 1497 attesta comunque inequivocabilmente che fu *presbiter constitutus*: [297].

In questo periodo fu principalmente al servizio di suo zio ed esercitò la professione medica, mentre nella residenza di Heilsberg era libero di attendere agli studi preferiti occupandosi comunque anche d'economia, catasto e giustizia.

Nel 1509 pubblicò una delle pochissime opere che, lui vivente, videro la luce a suo nome, la traduzione in latino delle liriche greche di Teofilatto, un dossografo bizantino del VII secolo. Un'altra opera in versi attribuita a Copernico e mai pubblicata, i *Septem sidera*, è di dubbia autenticità.

Mentre era intento agli obblighi ecclesiastici, d'amministratore e di riformatore monetario, fra il 1514 e il 1515 compose il *De hypothesis coelestium a se constitutis commentariolus* noto come *Commentariolus* [75], ed abbozzò parti del *De revolutionibus orbium coelestium*. Il *Commentariolus* dato alle stampe soltanto nel XIX secolo, circolò come manoscritto in forma anonima, e solo i pochi intimi cui era stato distribuito conoscevano chi ne fosse l'autore.

Intanto la sua competenza astronomica aveva varcato i confini della Polonia, ed in occasione degli studi che da tempo s'andavano facendo per la riforma del calendario, Roma si ricordò di quel giovane che aveva insegnato astronomia e matematica e intese sentirne il parere. Copernico non si recò a Roma, e si limitò a rendere note le proprie opinioni per lettera: quelli per la Polonia (che raramente nella sua storia ha conosciuto lunghi periodi di pace stretta com'è fra oriente e occidente) erano anni particolarmente difficili; la guerra con i cavalieri teutoni imponeva a Copernico di restare a difendere i suoi interessi e la sua posizione. Durante questo periodo difese il castello di Allenstein ricevendone come ricompensa la nomina a commissario di Ermland, e Copernico ringraziò scrivendo un trattato sulla riforma monetaria dello stato, il *Monetae cudendae ratio*, dove anticipava teorie poi riprese da T. Gresham ed A. Smith.<sup>3</sup>

Databile intorno al 1524 è il testo conosciuto come *Epistula contra Wernerum*, un documento rivolto contro il religioso e cartografo tedesco **J. Werner**, che contestava la precessione degli equinozi, sosteneva il moto delle stelle fisse, e criticava le osservazioni di **Timocari** ad Alessandria. Copernico definì le sue idee *allucinazioni di una mente puerile*.

L'opera principale di Copernico, quella che consegnerà il suo nome alla storia, fu stesa in varie riprese nel corso della vita, ma tracce delle sue rivoluzionarie idee si andavano diffondendo, e canonici e uomini di chiesa influenti richiesero di poter prendere visione dei suoi scritti.

Questo intimorì Copernico consapevole della innovatività del suo pensiero, e lo stato d'animo che ne derivava non contribuiva ad agevolare la progressione del lavoro. Fondamentale in questo

periodo fu la sodalità con **Rheticus**, allora giovane professore di matematica ed astronomia all'Università di Wittemberg, con il quale rimase in contatto per quasi due anni e che mostrava un attento interesse alle teorie di Copernico.

Rheticus pubblicò nel 1540 la *Narratio prima* [254] che conteneva la prima esposizione delle idee di Copernico, e questo fatto sollecitò Copernico a vincere le remore che ancora opponeva a dare alle stampe il lavoro, convincendosi nel frattempo a pubblicare (1542) un trattato di trigonometria *De lateribus et angulis triangulorum libellus*, più tardi incluso nel *De revolutionibus* come capitolo XIII del libro I. Si deve molto probabilmente alla premurosa insistenza del Rheticus che pressò insistentemente Copernico perché desse alle stampe l'opera, se oggi possediamo il *De revolutionibus*; e finalmente Copernico accondiscese.

Dovendosi il Rheticus allontanare, affidò ad un teologo convertitosi al protestantesimo, tale → **A. Osiander**, l'incarico di curare la redazione definitiva a stampa dell'opera, e questi vi appose una prefazione (anonima) nella quale la nuova costruzione eliocentrica era presentata soltanto come un modello matematico non necessariamente corrispondente alla realtà. La prefazione presente al lemma dedicato all'Osiander, riportando dopo le prime righe *diffusa ormai la fama della novità di quest'opera*, ci rende edotti del fatto che le idee copernicane erano ormai in ambito scientifico ampiamente diffuse.

L'opera fu stampata e pubblicata a Norimberga nel 1543, e secondo quanto racconta la leggenda, Copernico ne ricevette copia il giorno stesso della sua morte, ma si tratta indubbiamente di una leggenda, perché è noto da documenti [36] che già il 21 Marzo 1543 una esemplare del lavoro fu dedicato da un banchiere all'imperatore Carlo V.

Copernico fu sepolto nella cattedrale di Frauenberg, e per secoli del corpo se ne perse traccia. Nel 2008 con la tecnica del DNA condotta confrontando analisi su resti di un corpo che si supponeva suo con quelle su alcuni capelli trovati nei suoi libri, la sepoltura dell'astronomo è stata identificata con certezza.

■ *Copernico e l'eliocentrismo*. Visto cogli occhi di oggi Copernico potrebbe apparire una specie davvero singolare di astronomo, ma calato nella sua epoca è in perfetta sintonia con i tempi. Egli è sostanzialmente ancora un filosofo naturalista che indaga la natura e cerca di dar forma sistematica ad intuizioni giovanili delle quali gli appare la verità senza poter ancora dare a queste forma compiuta. In lui è presente la piena assimilazione del Rinascimento che si riallaccia alla più pura tradizione speculativa filosofica, c'è l'uomo impregnato di cultura umanistica neoplatonica che guarda con sospetto a molte delle ipotesi aristoteliche. Sotto questo punto di vista è il più italiano dei filosofi rinascimentali, il più autorevole esponente di quel naturalismo filosofico rinascimentale che troverà in → **B. Telesio**, **G. Bruno** e **T. Campanella** i momenti più esaltanti, ma l'unico fra tutti, grazie anche alla padronanza matematica, che porta a sintesi antiche coscienze in un flusso nuovo dei tempi. Vari principii ispiratori che vengono da lontano e che trovano nei di poco antecedenti Pico della Mirandola e Marsilio Ficino i più prossimi punti di riferimento, si raccolgono così in una sola figura.

Della cultura classica si servì soprattutto per recuperare l'eliocentrismo non sporadicamente presente nel mondo greco e nell'**ellenismo**; sull'altro versante la speculazione rinascimentale gli consentiva di osare di porre in discussione un sistema che da più di un lato gli sembrava incoerente perché unicamente fondato sulla tradizione e su indimostrati presupposti, e che per mostrare accordo con le osservazioni s'era reso nel tempo sempre più cervelotico che complicato.

Il processo innovativo che s'era messo in moto in Italia era agevolato dalla notevole diffusione della lingua greca, divenuta

2. Sul periodo italiano si veda *Niccolò Copernico*, di A. Masotti in [200, pp. 193 - 207].

3. Il lavoro composto nel 1517, rivisitato e ampliato nel 1528, era dedicato a Sigismondo I il vecchio, re di Polonia [76].

### Letture: I presupposti del «novus ordo» copernicano

Il discorso svolto alle pagine precedenti su Copernico figlio del Rinascimento non fornisce un'esauriente risposta al perché lo stesso si sia indotto a capovolgere più di un millennio d'impostazione astronomica e matematica. Di fatto Umanesimo, Rinascimento, Neoplatonismo, riscoperta della greicità, se sono elementi che possono essere considerati come naturalmente concorrenti alla costruzione di un nuovo sistema, tuttavia, neanche globalmente presi sono sufficienti a spiegare tale nuovo disegno dell'universo, essendo ciascuno di essi derivata prima di un fervore intellettuale e scientifico che va altrimenti indagato. Questa anche la domanda che si pone il Kline nella *Storia del pensiero matematico* [154, Vol. I]. Una prima risposta giunge da una fonte insospettabile, uno storico, F. Guicciardini, che nella *Historia d'Italia* parlando delle nuove terre scoperte da C. Colombo riporta:

*Per queste navigazioni si è manifestato essersi nella cognizione della terra ingannati in molte cose gli antichi. -Omissis- Né solo ha questa navigazione confuso molte cose affermate dagli scrittori delle cose terrene, ma dato, oltre a ciò, qualche ansietà agli interpreti della scrittura sacra, soliti a interpretare che quel versetto del salmo, che contiene che in tutta la terra uscì il suono loro e ne' confini del mondo le parole loro, significasse che la fede di Cristo fusse, per la bocca degli apostoli, penetrata per tutto il mondo: interpretazione aliena dalla verità, perché non apparendo notizia alcuna di queste terre, né trovandosi segno o reliquia alcuna della nostra fede, è indegno di essere creduto o che la fede di Cristo vi sia stata innanzi a questi tempi o che questa parte sì vasta del mondo sia mai più stata scoperta o trovata da uomini del nostro emisferio. [130, VI, IX]*

Non è azzardato sostenere che la revisione di antiche e secolari concezioni astronomiche trovò una prima eclatante sponda proprio nei viaggi di Colombo, che non solo posero termine alle idee di quelle menti (poche in verità) che ancora dubitavano della sfericità della Terra, ma fecero cadere all'istante teorie mai verificate, quali l'estensione immensa dell'oceano e l'impossibilità di navigarlo.

Il Mediterraneo, centro culturale del mondo in cui sino ad allora si erano costruite incontrate e sconstrate culture religioni ed etnie, perde all'improvviso il suo ruolo, confinato a poco più di un mare interno; ed egualmente avviene per tutte le terre che si affacciano esclusivamente su di esso. Varcate e definitivamente smitizzate le colonne d'Ercole d'una visione accademica ed arcaica del mondo, nuove prospettive si affacciano. E se più di cinquant'anni trascorrono dalla scoperta del nuovo mondo al *De revolutionibus*, osserviamo in prima battuta che questo mezzo secolo non trascorre invano. Nella storia della scienza il progetto esplorativo colombiano va infatti, a ben guardare, di pari passo con quello copernicano, anche se differenze rimarchevoli e di sostanza esistono, ma queste non inficiano l'*animus* dell'approccio alla problematica che ciascuno dei due ricercatori sentiva viva, anzi.

Colombo si proponeva di *rimpicciolire* il mondo: se per astuzia o per effettiva credenza non è dato sapere. Sta di fatto che accettando le erronee (*ex post*) misure di Posidonio che riducevano notevolmente la circonferenza terrestre rispetto a quelle di Eratostene, si proponeva di convincere menti digiune di geografia della fattibilità dell'impresa. L'ipotesi di Colombo era comunque eretica: navigando verso Ovest per approdare all'Est (*buscar el levante por el ponente*) contestava di fatto l'inesistenza degli *antipodi*, la non navigabilità dell'oceano, l'esistenza di terre abitate sconosciute, perché «se abitate» si sarebbe di fatto posto in discussione il principio che tutto il genere umano fosse derivato da una sola coppia. E se è completamente errato quanto sostiene B. Brecht ne la *Vita di Galileo* che sino ad allora, a memoria d'uomo, le navi avevano sempre strisciato lungocosta, è vero d'altra parte che, ad eccezione di Pitea e pochissimi altri, nessuno si era avventurato verso l'ignoto percorrendo qualche migliaio di miglia senza sapere cosa trovare al termine della rotta intrapresa, anche se Colombo doveva sicuramente conoscere molti testi in materia, non escluso certo quello dell'anonimo irlandese, databile attorno al IX secolo, la *Navigatio Sancti Brendani* in cui si parla di esplorazione di terre al di là dell'Oceano.

Fernando di Talavera, il responsabile della commissione di esperti che esaminò il progetto di Colombo, è figura molto vicina in animo a quel R. Bellarmino che avrebbe esaminato un secolo dopo le opere di G. Galilei. Questi individua benissimo l'*imago mundi* che Colombo vuole distruggere, e afferra tutta la gravità di un'eventuale felice impresa per le drammatiche conseguenze che ne sarebbero potute derivare al potere ecclesiastico. L'opposizione principale che il Talavera mosse fu che Sant'Agostino aveva negato l'esistenza degli *antipodi*. Questa l'*imago mundi* che si affaccia alla nuova epoca e che convenzionalmente sancisce la fine del medioevo e che costituisce parte integrante del *novus ordo* cosmologico copernicano.

Sull'altro versante l'*imago coeli* che Copernico vuole affermare non è tanto dissimile. Essa trova i prodromi in quell'universo senza limiti (spaziali o temporali) di N. Cusano, nel medico M. Ficino che colloca il Sole al centro dell'universo, in Leonardo che negli *Aforismi* afferma *El sole non si move*, in quel F. Bonaccorsi dal forte orientamento anticattolico che nascondendosi dagli strali pontificali trascorse sotto lo pseudonimo di *Callimaco Esperiente* l'ultima parte della sua vita, guarda caso, in Polonia, propugnando e diffondendo l'umanesimo.

Se Colombo allarga i confini della Terra rimpicciolendola e mostrando che non è quel mondo smisurato tramandato, di fatto ridimensiona il ruolo del pianeta; di pari passo Copernico estende i confini del cielo, muta il motore primo (il Sole non più la Terra), allontana la sfera delle stelle fisse. Si prospettano allora a prima vista due centri culturali, Spagna e Polonia, che data l'enorme distanza sembrano non possedere nulla in comune e fatti apposta per ignorarsi.

Ma se si considera che questi due centri hanno entrambi la loro sorgente in Italia, in Firenze in particolare, dove oltre ai già citati era attivo quel P. dal Pozzo Toscanelli che grande ruolo ispiratore ebbe nell'impresa di Colombo, si nota all'istante che essi non solo non appaiono distanti in virtù del forte legame che li unisce attraverso l'Italia, ma quasi si riducono a soli luoghi di prospettazione scientifica e matematica delle idee: il centro è l'Italia, ove Copernico soggiornò nel periodo cruciale della sua formazione, e l'eventuale differenza fra l'esploratore-avventuriero e il matematico-astronomo la si coglie soltanto nella diversità degli interessi scientifici: geografici e politici l'uno, astronomici e culturali-speculativi l'altro.

Non esistono documenti che possano in qualche modo suffragare questa tesi, ma l'aria nuova che queste scoperte comportavano, le prime dopo millenni di ecumene confinata a limiti tolemaici, tanto induttivamente quanto logicamente, deve aver portato un nuovo desiderio d'indagine, non più dogmatico, ma finalmente sperimentale. È da qui, da questo momento che inizia, e non solo simbolicamente, l'era nuova, perché la scoperta di un mondo nuovo non affaccia soltanto prospettive di conquiste, bensì comporta anche una rinnovata spinta ad indagare. Ma soprattutto, siccome si era lasciato intendere che si conosceva tutto, che si sapeva tutto, che le dottrine erano infallibili, ecco che questa concezione fondata su null'altro che una sterile tradizione, su un falso mito in fondo, si sfalda, mostra tutta la sua fragilità, e genera da principio l'esigenza di riesaminare la storia e la geografia, poi la non procrastinabile necessità di pensare *ex novo* e con cognizione si fa pressante, diviene una necessità non rinviabile, e la scienza inizia a prendere le distanze dalla fede e dai dogmi.

E se è vero allora quanto sopra, se i due centri culturali non sono spazialmente distanti perché in entrambi è presente il medesimo *animus*, allora non deve sorprendere che anche l'ambiente temporale sia molto vicino, specie se si confronta la data della scoperta dell'America (1492) con quella della stesura del *Commentariolus* che potrebbe addirittura risalire in una prima bozza al 1507.

Questo tema fu discusso sul finire degli anni novanta del secolo scorso dal prof. U. Bartocci, già ordinario di Geometria, Algebra e Storia delle matematiche all'Università di Perugia [34]. Le tematiche qui sinteticamente esposte si riallacciano in gran parte al suo scritto.

in breve volger di tempo un fattore fondamentale per la cultura al pari, se non più, del latino. Il greco consentiva accesso a nuove teorie, prospettava scenari scientifici fino ad allora ignoti e ipotesi cosmologiche del tutto sconosciute.

Il recupero della perduta, più che dimenticata, cultura classica, la riscoperta del neoplatonismo, la graduale messa in discussione dell'aristotelismo considerato l'unico pensiero e l'unico prodotto del medioevo, l'epoca cui la nuova stagione della cultura si voleva contrapporre, avevano corroso, se non le fondamenta, quantomeno i presupposti dogmatici su cui il geocentrismo fondava. È vero che in alcuni casi (**Filolao**, **Pitagora**, **Anassimandro**) l'eliocentrismo costituiva più un fatto mistico e simbolico che non scientifico, ma l'idea del Sole come primo motore e centro dell'universo continuava a progredire. L'Umanesimo e il Rinascimento avevano iniziato così a minare ideologicamente il geocentrismo e si avviavano a scalzare idee e concezioni prossime a essere catalogate come «vecchie», ma pensare l'ipotesi eliocentrica come reale alternativa era ancora tutt'altra cosa.

La visione cosmica di stampo tolemaico-aristotelico era soprattutto una visione formale che si sforzava di accordare le osservazioni, anche recenti, con quanto sostenuto (spesso con sicumera tracotanza) dalla tradizione laica e confessionale, e sempre più si andava ponendo in discussione il fatto che i corpi celesti seguissero ideali percorsi geometrici esenti da ogni legge fisica. Ci si interrogava sul perché di quelle orbite e di quei moti, a quali leggi ubbidissero, anche se una risposta era ancora assai lontana da venire. Si cominciava a pensare che gli astri fossero masse reali, dotati di caratteristiche fisiche (generali e proprie) secondo la particolare singolarità di ciascuno, e che fossero esenti dalla loro composizione elementi di spiritualità. L'impulso a contestare questa visione per delineare – magari poi – un nuovo sistema avrebbe reso logicamente ineludibile, come primo passo, procedere a nuove misure, ottenere nuovi dati osservativi.

Ma proprio su uno dei lati che Copernico intendeva smontare, la non attendibilità delle osservazioni, un universo fondato su confusi dati osservativi, egli fu singolarmente assai tecnicamente carente non disponendo mai di un vero e proprio osservatorio, piuttosto di un luogo da cui osservare, poco più che una terrazza. Nonostante la semplicità di mezzi, le sue osservazioni furono estremamente precise portando contributi significativi, e le misure condotte sulla durata dell'anno tropico confrontando i suoi dati con quelli di **Albategnius**, lo portarono a concludere che l'anno stagionale non ha durata costante per via dello spostamento del punto vernale, fissandone la durata in 365 d 05 h 48 min 43 s, un valore molto vicino a quello reale: → anno **tropico**. Alla carenza strumentale, pure la sua strumentazione era abbastanza in linea con quella dei tempi, Copernico supplì sfruttando i dati in possesso derivanti da altre osservazioni; all'individuazione del nuovo sistema pervenne corroborando di deduzioni le primitive intuizioni e le antiche misure. La sua cosmologia si fonda insomma ancora sulla posizione delle stelle come rilevata ad Alessandria, i suoi testi di riferimento sono l'**Almagesto**, le tavole **alfonsine**, la **Sfera** del **Sacrobosco**.

L'assunto che nella sostanza lo guidò e che si proponeva di dimostrare con argomentazioni di preta impostazione naturalistica suffragate però, e qui sta un primo lato nuovo della ricerca, da valide deduzioni, risiede in ultima analisi nell'aver immaginato che l'estrema complessità del geocentrismo non poteva di per sé costituire un sistema valido e proponibile. La novità del copernicanesimo si comprende considerando i due momenti essenziali in cui si estrinsecò.

Da una parte ripudiando il geocentrismo Copernico spazza via tutte le non veritiere credenze antiche che lo fondavano; dall'al-

tra, e conseguenzialmente, distrugge l'idea che un sistema possa essere compreso unicamente attraverso manifestazioni formali, confondendo cioè l'apparenza con la realtà.

Sono questi i due relevantissimi momenti che preludono alla costruzione di un nuovo sistema e che includono la cancellazione di più di un millennio di teorie opposte.

S'impone una domanda. Se le idee non sono originali perché già avanzate, dove la novità storica e scientifica? Il discorso sarà ripreso nelle conclusioni. Per ora è sufficiente notare che l'originalità storica è in effetti inesistente perché, come già detto, le idee non sono affatto nuove.

L'originalità scientifica risiede nella riproposizione in tempi moderni di idee da secoli trascurate e recentemente riscoperte, ma soprattutto nell'aver affrontato la questione in termini matematici e scientifici. Il *De revolutionibus* è la prima sistematica opera d'astronomia dai tempi di Tolomeo, e dopo tanta attesa non si poteva, alla luce delle nuove idee, ripercorrere sterilmente una via già tracciata.

Il copernicanesimo si articola così in due fasi: da una parte proprio il recupero della cultura ellenistica di cui Copernico implicitamente sottolinea una delle fasi salienti; dall'altra un nuovo modo di fare scienza ed indagine che si andava gradualmente diffondendo, un metodo che iniziava timidamente a divenire sperimentale e che non si fidava più delle verità (o presunte tali) spacciate per indiscutibili nei libri.

Restava sempre un'opposizione fondamentale. Le antiche teorie di → **Filolao**, **Eraclide**, **Aristarco**, **Seleuco**... erano nella prospettiva copernicana ancora teorie che, se non sufficientemente provate, si traducevano soltanto in modelli geometrici alternativi, poiché le orbite planetarie potevano essere altrettanto bene spiegate con un modello come con un altro.

Due prioritarie considerazioni d'ordine logico guidano Copernico: a) il sistema geocentrico comporta fatti inammissibili, come quello che la lontanissima sfera delle stelle fisse ruoti attorno alla Terra in 24 ore, cioè a velocità elevatissima, quando per giustificare plausibilmente tutto basterebbe spostare nella concezione l'oggetto del moto; b) la prospettiva che si dà del moto retrogrado dei pianeti è inconciliabile con il sistema delle sfere a meno di non ammettere che queste sfere ad un determinato punto, variabile a seconda delle epoche, sostino, invertano il moto, e poi lo riprendano; per ovviare a questa critica gli antichi avevano introdotto delle sfere intermedie. Quando nel *De revolutionibus orbium* Copernico parla appunto degli *orbium*, intende con questo termine non i singoli corpi celesti ma proprio le sfere, solide, non *eteree*, che questi corpi (i pianeti e le stelle fisse) trascinano. La novità e l'arditezza del pensiero di Copernico sta tutta qui. Egli è consapevole di non poter fornire una prova certa, ed articola le sue argomentazioni in due parti.

Prima parte. Gli oppositori dell'eliocentrismo poggiano le loro convinzioni su concetti religiosi, filosofici, naturalisti e anche scientifici. Copernico smonta prima le teorie di **Aristotele**, poi mostra le contraddizioni in cui incorre **Tolomeo**, quindi afferma l'indipendenza della ricerca dalle idee religiose, indica dove le osservazioni contraddicono i modelli costruiti, evidenzia i moti apparenti, li distingue da quelli reali.

Seconda parte. Sviluppando le idee di **N. Cusano**, Copernico afferma implicitamente il principio della relatività del moto, sostenendo che i sensi da soli non possono affermare né che il Sole sia in moto né che sia fermo, perché in entrambi i casi la percezione sarebbe la stessa.

Tali impostazioni conducono alla parte più rilevante del suo pensiero, quella che porta in primo piano le considerazioni nello studio dei corpi celesti e sul loro comportamento. Da filosofo naturalista quale era, Copernico osserva che la natura ovunque,

in ogni manifestazione, osserva una regola di semplicità, tende a raggiungere il maggior risultato col minimo degli sforzi. Poiché ogni moto ed ogni trasformazione comportano un dispendio di energia, è del tutto ragionevole supporre che l'energia impiegata sia utilizzata nel migliore dei modi: perché la natura avrebbe dovuto abbandonare questo modello di semplicità per far funzionare il mondo? È la medesima considerazione d'ordine filosofico che farà dire a **G. Galilei**: *La natura non opera con molte cose quello che può operar con poche*. [118, VII, 143, p. 4].

Certo, innalzare il criterio di semplicità alla dignità di criterio scientifico sembrerebbe un azzardo se fosse questa l'operazione compiuta, e se non si può dire che sia un discorso che non abbia in sé alcun riferimento fisico, di certo la fisica, almeno come la conosciamo noi oggi, vi è solo accennata per rinvio. Ma ai filosofi naturalisti dell'epoca è una considerazione e costatazione più che bastevole per tentare d'impostare nuove teorie, ed a Copernico è sufficiente per trarne la conclusione che il sistema non può essere così complicato come è rappresentato, e se appare complicato lo è solo perché si sono sempre confuse apparenza e realtà, e si sono resi estremamente complicati i modelli descrittivi. L'impostazione di base è cioè prettamente filosofica. Il nuovo sistema cosmico-planetario è abbozzato nel *Commentariolus* e definito nel *De revolutionibus*, i due unici lavori astronomici di Copernico se si eccettua un almanacco che anch'esso non fu mai pubblicato (ma significativa è la sua stesura perché indica che nuove osservazioni e misure erano state eseguite) e l'estratto già citato del *De revolutionibus* pubblicato dal Reticus. In queste opere non la certezza, ma il dubbio di un altro probabile sistema cosmologico parla per la prima volta all'intelletto senza curarsi in via prioritaria d'esser d'accordo con dottrine preesistenti.

Il pensiero di Copernico incontrò notevoli ostacoli per via della novità e dell'assenza di prove a supporto della teoria. Chiesa cattolica e protestante furono unanimi nel contestarlo, ed anche alcune brillanti menti del tempo a lui quasi contemporanee come **F. Maurolico**, presero posizione contro l'ipotesi eliocentrica. Per assurdo toccò proprio all'ultimo geocentrico fra gli astronomi, **Tycho**, spianare inconsciamente la via all'eliocentrismo eseguendo una serie di misure planetarie di un'accuratezza fino ad allora sconosciuta consentendo a **Keplero**, sulla base di questi nuovi dati, d'individuare come ellittiche le orbite dei pianeti e derivarne le tre leggi cardini del sistema planetario. La carenza di attenzione verso la cosmologia copernicana non fu originata soltanto dal timore, più o meno reverenziale, nei confronti delle autorità, o dalla reticenza a infrangere una tradizione più che millenaria, almeno non soltanto. In gran parte la disattenzione ufficiale era conseguenza del fatto che all'istante, accedendo alla sua visione che non si era ancora pronti ad accogliere, si stravolgevano concezioni ultramillinarie.

Dalla lettura del *De revolutionibus* risulta che per la prima volta si è in presenza di un sistema unificato che col supporto matematico vuole essere scientifico e proporsi come alternativo al tolemaico.

Ci vollero non solo il lavoro e la tenacia di altri ricercatori, ma anche tutta una scuola filosofica che, talvolta anche con atti di vero e proprio eroismo (G. Bruno), spianasse le menti ad accedere a questa nuova visione, ci volle il recupero della filosofia e della figura di **R. Bacone** per rendere gradualmente accettabile la visione, renderla discutibile e non aprioristicamente recusabile, in attesa che la scoperta delle fasi di Venere, ma soprattutto, ed infine, delle parallassi annue delle stelle da parte di **F. W. Bessel**, fornisse nel XIX secolo la prima effettiva prova dell'assunto copernicano, mutando quella che sino allora era stata soltanto una visione estetica dell'universo in una realtà scientifica.

Copernico sembra così collocarsi a cavallo di due epoche. In verità egli si trova a separare l'epoca del naturalismo da quella in cui la ricerca scientifica inizia ad affrancarsi dalla filosofia e a candidarsi come scienza nuova, e il lato singolare è che l'operazione di scardinamento del mondo aristotelico-tolemaico non è compiuta da un *homo novus*, bensì da un personaggio che appartiene, se non al passato, quantomeno alla tradizione, e che tanto si trova calato nel sistema da nutrire timore a professare apertamente le proprie idee, da centellinarle, da affidarle soltanto a pochi e fidi sodali.

■ *Il pensiero scientifico*. Fin qui le ragioni d'ordine naturalistico e filosofico che spinsero Copernico ad abbracciare l'eliocentrismo. Si tratta ora di vedere quale fosse il reale fondamento scientifico del suo credo e la corrispondenza del sistema planetario proposto alla realtà.

Accanto ai presupposti d'ordine filosofico-naturalistici ne esistono ovviamente anche altri, che, ancorché scientifici, appartengono però alla storia della scienza.

Circa trent'anni prima della nascita di Copernico, uno dei più valenti astronomi del tempo **Regiomontano**, originario fra l'altro della medesima area geografica di Copernico essendo nato a Königsberg, lamentava in una lettera a G. Bianchini il comportamento degli astronomi che *come donne credulone stimano immutabile e divino qualsiasi libro* [191]. Il passo è significativo perché indica che è nata ed è in atto una critica serrata nei confronti della scienza antica e delle vecchie costruzioni cosmologiche che non si è più disposti ad accettare acriticamente.

Regiomontano non era il solo. Anche **G. von Peurbach** rappresenta il nuovo approccio scientifico già nei titoli delle sue opere (*Theoricae novae Planetarum* [237]), e poco tempo prima di morire, ancora Regiomontano intitolerà sprezzante un suo lavoro addirittura *Disputationes contra Cremonensis deliramenta* (Discussioni contro i deliri del Cremonese, il cremonese era **G. da Cremona**), a significare che il rispetto verso le teorie mancava ormai del tutto se queste si mostravano palesemente fallaci. L'autorità era entrata in crisi.

Le tavole alfonsine venivano sempre più contestate per la loro imprecisione e si sentiva la necessità di nuove effemeridi basate su tavole trigonometriche più precise, occorreva cioè per avvicinarsi all'astronomia avere uno spirito matematico, non solo umanistico, e soprattutto cognizioni matematiche.

In questo contesto scientifico s'innesta Copernico che, come s'è detto, abbozzò una prima visione del suo sistema nel *Commentariolus* del 1514. Qui formulò sette assiomi che si possono così riassumere:

- 1) non esiste un centro dell'universo;
- 2) il centro della Terra non è il centro dell'universo;
- 3) le sfere ruotano attorno al Sole, e di conseguenza il Sole è il centro del mondo: il centro dell'orbita terrestre è prossimo al Sole;
- 4) la distanza fra la Terra e il Sole è minima se paragonata alla distanza delle stelle;
- 5) la rotazione terrestre giustifica la rotazione della volta stellare; i moti che appaiono nel firmamento derivano dal moto terrestre;
- 6) il ciclo annuale del Sole che origina le stagioni è solo un'apparenza causata dal moto della Terra;
- 7) il movimento retrogrado dei pianeti è solo apparenza, essendo in realtà determinato dal moto composto della Terra da dove noi osserviamo e dal moto del pianeta.

Ho tradotto abbastanza liberamente dall'originale, ma la sostanza degli assunti copernicani è questa: non può sfuggire come l'impostazione delle tesi ricalchi quella aristarchea dell'opera *Sulle distanze* [14]. I postulati teoretici del geocentrismo sono

scalfiti. Quello di cui Copernico sembra andare alla ricerca è un punto di riferimento obiettivo e credibile, e lo trova nel Sole rifiutando la Terra come modello di centro ideale. Si tratta di assiomi comunque, molti dei quali concatenati o addirittura superflui: il secondo, ad esempio, è del tutto pletorico e scontato; il sesto e il settimo dipendono dal quinto, esprimono tutti e tre comunque lo stesso concetto prospettandone gli effetti diversi che ne derivano.

Copernico inizia a marcare la differenza fra apparenza e realtà dei fenomeni, anche se questi assiomi non dimostrano gran che, in quanto nel formularli Copernico sembra più partire dalle loro conseguenze che non dalle loro verità. Mi spiego: se le premesse sono vere, allora le conseguenze debbono necessariamente essere vere; ma dati osservativi (conseguenze vere) possono benissimo presupporre premesse tanto vere quanto false. Gli assiomi, se accettati, comportano comunque come conseguenza che debba cambiare l'ordine posizionale dei corpi del sistema planetario.

Il *Commentariolus* pone già una questione fisica fondamentale: postulando nell'ipotesi tolemaica che i moti dei corpi celesti siano originati dal fatto che sono trascinati dalle sfere con cui sono solidali, la violazione del moto uniforme circolare che ne consegue è inaccettabile, perché provoca le contraddizioni già sommariamente delineate: *supra*, a pagina 138.

L'immagine presente in questa pagina, tratta dai *Theorica novae Planetarum* di Peurbach, rappresenta il modello tolemaico dell'epoca: per approfondimenti *vedi* → **epiciclo, equante**.

In questo disegno la sfera (sfera, non cerchio) che trasporta l'epiciclo è in posizione eccentrica rispetto al primo centro *c[entrum] mundi*, mentre il suo vero centro è il *c[entrum] deferenti* che ruota di un moto angolare uniforme attorno però al *c[entrum] aequantis*.

Questa irrazionalità di moti, già notata da vari astronomi arabi di cui con tutta probabilità Copernico conosceva i lavori, è affrontata con soluzioni leggermente diverse nel *Commentariolus* e nel *De revolutionibus*, ove Copernico passa dagli assiomi e dalle domande alle dimostrazioni, adducendo fatti, esperienze e calcoli a supporto della teoria.

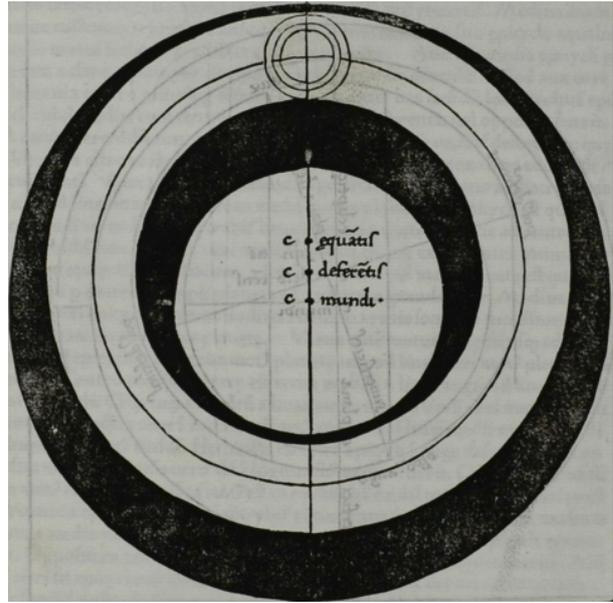
Rifacendosi all'astronomia antica, Copernico rileva che i movimenti in cielo *debbono* seguire percorsi circolari, e che le velocità dei corpi debbono essere uniformi o dettate dalla composizione dei moti, e se ponendo il Sole al centro e gli altri oggetti rotanti attorno Copernico soddisfa soprattutto un principio corrispondente ad un proprio *habitus* mentale, cessa comunque all'istante l'arbitrarietà delle posizioni planetarie: ogni corpo è posto ad una propria proporzionale distanza dal Sole, e le orbite e le distanze risultano fissate una volta per tutte.

Ma non è ancora tutto, perché Copernico ne fa derivare quella che oggi può sembrare un'ovvietà, e che cioè maggiore è il raggio orbitale di un dato pianeta, conseguentemente maggiore è il tempo da questo impiegato per rivoluzionare attorno al Sole. L'assunto sembra tanto ovvio quanto banale, ma la dottrina tolemaica non lo contemplava.

In sostanza Copernico afferma tre principi: a) la rotazione della Terra su se stessa; b) la rivoluzione della Terra intorno al Sole; c) introduce, oltre al moto precessionale terrestre che dà per scontato, un terzo moto terrestre che chiama *moto di declinazione*, volendo dare una spiegazione del fatto che l'asse terrestre è rivolto verso lo stesso punto della sfera celeste, fatto che oggi spieghiamo assumendo l'asse terrestre parallelo ad una retta immaginaria inclinata di 23° 30'.

Soltanto confutare l'idea tolemaica che la Terra non può ruotare su se stessa perché altrimenti si distruggerebbe, era già abbastanza innovativo.

▼ Pagina dal *Theorica Nova Planetarum*, Norimberga 1473. Il disegno illustra il moto delle sfere rispetto ai vari centri. Vedi testo



L'obiezione che più teneva occupati gli astronomi era fornire una soddisfacente spiegazione del moto retrogrado dei pianeti inferiori e superiori. Questo era sufficientemente spiegato dalla teoria geocentrica, ma per il sistema eliocentrico occorreva fornire una nuova spiegazione.

La dimostrazione che offre Copernico è quella di un'apparenza prospettica e non reale di questo moto, e ricorda – nella sostanza – in maniera impressionante un passo delle *Naturales quaestiones* di Seneca<sup>4</sup> [282, VIIa] a dimostrazione ulteriore della sua formazione filosofica-naturalistica.

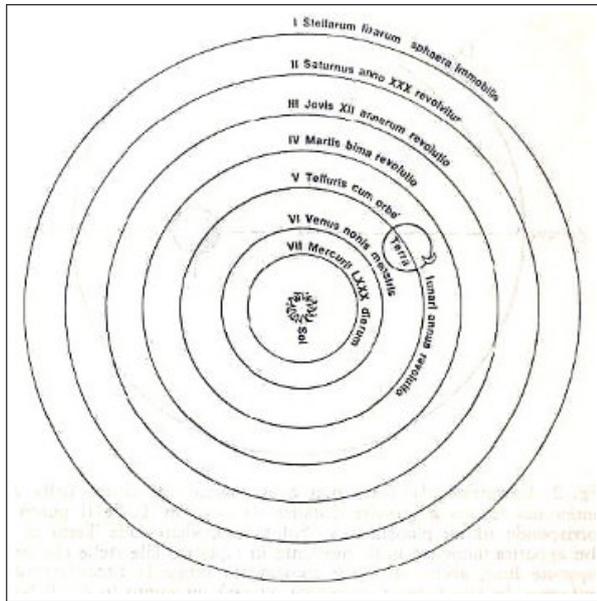
Ma dove Seneca (che fa confusione fra relatività del moto e apparenza dei fenomeni) si limita (senza citarne la fonte) a riportare un insegnamento che sentiva rispondente al vero senza altra dimostrazione che quella logico-letteraria, Copernico, che sicuramente conosceva il passo, considera l'assunto seneciano non il punto d'arrivo, ma soltanto un ulteriore tassello di supporto per l'elaborazione eliocentrica giustificando più plausibilmente il fatto che il moto retrogrado sembra animare il pianeta superiore quando la Terra l'oltrepassa, ed il pianeta inferiore quando è lui ad oltrepassare la Terra.

Questi in sostanza gli argomenti che spinsero Copernico a ridisegnare il sistema di Tolomeo. L'accettazione dell'eliocentrismo imponeva di risolvere due altri problemi: il moto della Terra rispetto alle stelle fisse ed il ruolo della Terra.

Le ipotesi tolemaiche ponevano la sfera delle stelle fisse a 20 000 raggi terrestri, un valore universalmente accettato, e se il moto terrestre fosse stato reale si sarebbero dovuti evidenziare sensibili spostamenti annuali circa la posizione delle stelle, e nessuna parallasse era stata mai osservata. Si supposeva all'epoca che i diametri apparenti delle stelle fisse fossero compresi fra un

4. ... c'è stato chi ci ha detto: si erra pensando che qualche stella [pianeta] possa interrompere il suo cammino ed invertirlo. I corpi celesti non possono sostare né invertire il moto, come una volta sono stati lanciati così procedono, perché la fine del loro cammino coinciderebbe con la loro stessa fine, e quest'opera eterna possiede moti irrevocabili. Quei corpi ora conservati dal loro moto regolare, se dovessero arrestarsi cadrebbero gli uni sugli altri. Quale allora il motivo per cui alcuni sembrano tornare indietro? L'intervento del Sole e la natura dei percorsi e delle orbite circolari disposte in modo che per un certo tempo ingannano gli osservatori, impone loro un'apparenza di lentezza. Così le navi sebbene procedano a vele spiegate sembrano tuttavia star ferme.

▼ Il sistema eliocentrico proposto da Copernico. Dal libro I del *De revolutionibus*



ordine di 1' o 2', e solo l'intervento del cannocchiale permise di stabilire che i diametri erano molto più piccoli, e le stelle quindi effettivamente molto più lontane.

Copernico *allontanò* allora notevolmente, ed intuitivamente, la sfera delle stelle fisse senza supporre che errava solo per gran difetto, non senza suscitare le successive critiche di T. Brahe che non riusciva ad immaginarsi né il perché né la funzione di uno spazio vuoto tanto dilatato; e la dottrina aristotelica non ammetteva uno spazio vuoto.

Restava quindi da risolvere l'altro problema relativo alla Terra. Se i corpi seguono traiettorie rettilinee, in che modo possono essere coinvolti e costretti a ruotare intorno al Sole, e quindi qual è in ultima analisi la forza che pone in moto gli astri?

Su questo punto Copernico non si distacca molto da Aristotele, anzi gli si tiene ben stretto, e considerando la forma sferica come la forma perfetta ne deduce che la forma stessa è causa della rotazione dei corpi, senza alcun intervento esterno, e siccome estende il principio anche agli altri corpi, la considerazione da sola doveva sembrargli bastevole a giustificare le orbite planetarie.

In aggiunta, come Tolomeo, Copernico non riusciva a concepire che i corpi potessero *star su* senza che nulla li sostenesse, i concetti di attrazione e gravitazione non li possedeva, e per questo è ancora costretto ad immaginarsi un sistema di sfere che sostenga e trascini i singoli corpi celesti. E la scarsa familiarità di Copernico anche con il concetto di massa si evidenzia quando egli parla spesso e più volentieri di «gravitas», ossia di pesantezza, spiegando la caduta dei corpi verso il centro della Terra come una tendenza naturale delle parti a riunirsi. Le confutazioni verranno solo con **G. Galilei** e **Cartesio**.

Se la Terra non occupa più un posto privilegiato nel centro del mondo ne deriva che i corpi non possono più tutti *cadere* verso questo centro, e quindi la gravità non è più determinata dalla geometria dello spazio, i corpi non sono più tutti attratti verso il centro del mondo. Copernico si rende conto (e l'idea sarà subito catturata da G. Bruno) che già ammettere due centri vuol dire negare l'esistenza di un qualsiasi centro, e così è *costretto* a sostenere che ogni corpo celeste è centro di una propria attrazione che egli chiama *appetentiam quandam naturalem* (una certa brama naturale) attribuibile ai corpi dalla divina provvidenza

dell'Artefice supremo, ed ammette tanti centri di gravità quanti sono i corpi planetari, estendendo la gravità anche alla Luna. Ma al di là di tali affermazioni è impotente ad andare, può svolgere soltanto supposizioni né tantomeno fornire argomentazioni convincenti.

Pur con l'arditezza di tale concezione, Copernico non riuscì comunque a mettere le cose completamente a posto, ed al fine di raccordare fra loro teorie ed osservazioni, non seppe sganciarsi dalla dottrina degli **epicicli** e dei **deferenti** pur apportando a questa modifiche e, talvolta, complicanze. Per quel poco, o per quel tanto se si vuole, che gli restava di affezione con il mondo antico, serbava ancora il ricordo del cerchio come figura e misura perfetta di ogni cosa, e così i pianeti si dovevano muovere, accondiscendenti alle sue idee, ma più che altro alle dottrine ancora dominanti, *deferentemente* secondo orbite circolari.

In conclusione, a fini predittivi di fenomeni astronomici, entrambe le teorie sono valide, e quella copernicana non fornisce alcuna spiegazione per i fenomeni fisici, si limita a trasformare in eliocentrico il sistema geocentrico e a declassare la Luna da pianeta a satellite, riconoscendo però ancora di fatto – non sfugga! – alla Terra un posto privilegiato all'interno del sistema planetario, perché fra i pianeti allora conosciuti questa occupa il terzo cerchio, posta esattamente al centro fra il Sole e i due pianeti inferiori da una parte, ed i tre pianeti superiori dall'altra. Queste ultime considerazioni non debbono però ingenerare una tendenza a credere che si sia inteso manifestare una certa criticità verso il pensiero di Copernico o, peggio ancora, verso la sua preparazione e professionalità metodologica.

S'intende precisare che Copernico resta uno dei più grandi matematici e astronomi di tutte le epoche, particolarmente ferrato in trigonometria, altrimenti non avrebbe potuto dare lezioni al Rheticus; e nonostante di derivazione filosofica-naturalista, egli è il primo di una serie di matematici (Cavalieri, Galileo, Keplero, Newton) che scioglieranno l'astronomia dai lacci di concezioni esclusivamente dottrinarie. Inoltre rilevo che in una proposizione che poi non sarà inserita nel *De revolutionibus*, lavorando sulle sfere, Copernico arriva alle ellissi, anche se non può, per la solita assenza di dati, compiere il salto che sarà proprio di Keplero sfruttando le osservazioni di T. Brahe.

■ *La cosiddetta "Rivoluzione copernicana"*. Il pensiero scientifico di Copernico ha prodotto questa dizione ad indicare quasi che dalla pubblicazione del *De revolutionibus* si assiste ad un cambiamento sistematico del modo di fare scienza in generale ed astronomia in particolare. Se rivoluzione fu, si trattò invero di un cambiamento in tempi lenti e non propriamente consoni ad un evento rivoluzionario, in quanto bisognò attendere l'opera di ulteriori astronomi e matematici perché l'impostazione eliocentrica fosse meglio composta e precisata, ed ulteriormente attendere perché fosse verificata.

Per negare una rivoluzione copernicana a volte si pone l'accento sul conservatorismo di Copernico, salvo poi a dire che certamente conservatore non fu quando propose l'eliocentrismo. È una disputa sterile. Se si accede a quanto esposto nella parte introduttiva circa i rapporti di Copernico con l'eliocentrismo, va escluso tanto che egli sia stato un conservatore quanto che sia stato un rivoluzionario.

Si è ricordato più volte che Copernico fu uomo che recepì il meglio del Rinascimento e della cultura classica, cercando di far emergere ciò che la più sana scienza antica aveva scoperto e che vicissitudini storiche e dottrinali avevano sostituito con modelli più o meno empirici e poco rispondenti alla realtà.

In quest'opera di recupero del sapere, che non è di semplice archeologia, egli non fu conservatore ma moderno, perché per primo a tentò di riallacciare il mondo scientifico a lui contem-

poraneo con quello classico, e da un posizione di matematico; e non fu neanche rivoluzionario, perché se anch'io ho usato talora l'aggettivo in forma pregnante, tutta l'operazione fu da lui condotta nel più puro spirito classico. Copernico non pensa le orbite dei pianeti circolari in accordo a Tolomeo perché è conservatore, ma semplicemente perché non dispone di ulteriori dati aggiornati che gli consentano di giungere alla visione delle orbite ellittiche, e del resto mi sembra che questa sia una questione di cui si curi poco. Quello che al neoplatonico Copernico interessa è innanzi tutto spostare il centro del mondo. Certo, rimangono ancora seri problemi da risolvere come quello delle sfere di aristotelica memoria che conducono con sé nei loro giri i pianeti, ma questo è un problema che Copernico o non vuole affrontare o lascia lì nell'impostazione aristotelica per mostrare, magari, che non si discosta poi tanto dalle teorie degli antichi, anche se questa è solo una supposizione.

Tuttavia colpi alla fisica aristotelica ve ne sono e non lievi. La fisica aristotelica presuppone un solo centro perché tutto il sistema *stia in piedi*, ma già solo, come si diceva, considerarne due (il Sole come centro di tutto il sistema planetario e la Terra come centro di rivoluzione della Luna) significa liquidare gran parte della fisica aristotelica, e quella che non viene liquidata non lo è per incapacità (impossibilità) di proporre nuove argomentazioni, non certo per conservatorismo. L'universo copernicano rimane finito sì, almeno sulla carta, ma intanto un ulteriore passo verso l'infinitezza è compiuto proprio da chi lo ha dilatato allontanando la sfera delle stelle fisse.

La «rivoluzionarietà», a guardarla bene, in un primo momento si può cogliere in tutte queste cose ed in una serie di altre parzialmente sin qui esposte, in proposizioni sufficientemente documentate, plausibilmente reali e probabili, che ponendosi in scia al suo pensiero che aveva criticato (e distrutto) 1300 anni di canonizzata astronomia, hanno iniziato a minare altre concezioni retoriche e dottrinarie, aprendo la via alla nuova scienza. E queste rivoluzioni richiedono assai più tempo che la presa di potere da parte di una plebe in piazza.

► *La diffusione del "De revolutionibus"*. Il *De revolutionibus* fu pubblicato una prima volta a Norimberga nel 1543, quindi a Basilea nel 1566. L'ultima edizione antica risale al 1617 ad Amsterdam, eseguita molto probabilmente sfruttando la pubblicità della condanna dell'opera (1616) da parte della Chiesa in occasione della prima chiamata a Roma di Galileo. Si trattava come ricordato del primo serio lavoro d'astronomia dai tempi di Tolomeo, e come tale, che se ne condividessero o meno i contenuti, non poteva non suscitare l'attenzione degli studiosi. Già nel 1551 E. Reinhold pubblicando le tavole pruteniche si fondava sui dati del *De revolutionibus* malgrado le ipotesi assurde (sic) esposte nell'opera; e giudizi sostanzialmente negativi furono espressi dal bolognese G. A. Magini.

L'incomprensione del lavoro trovò una sponda anche in un clamoroso refuso tipografico presente nella prima edizione dove compare la frase: *Non ergo fatemur in stellis opacitatem esse aliquem lunari similem sed vel proprio lumine*: [74, p. 8, riga 13].<sup>5</sup> In realtà, come si appurò poi dai manoscritti e come apparve corretto nella successiva edizione, Copernico aveva scritto *fatentur* (essi danno, appaiono), riferito per di più all'assenza di fasi nei due pianeti che non poteva essere rilevata, ed anche se il periodare latino risulta un po' traballante, l'inversione di significato fece sussultare Galileo e far dire a Sagredo nei *Dialoghi* che Copernico aveva descritto il contrario di quel che l'esperienza mostrava.

5. Non daremo dunque a questi astri [Venere e Mercurio] un'opacità come quella della Luna, bensì una luce loro propria.

L'astronomia copernicana durò in sostanza pochi anni, perché verso la fine del Cinquecento T. Brahe dando il via ad una serie di accurate osservazioni disegnò un ulteriore sistema cosmologico che da lui poi prese il nome secondo il quale i pianeti ruotano sì intorno al Sole, ma anche attorno alla Terra che continua ad occupare un posto privilegiato.

Dal punto di vista scientifico le obiezioni si appuntavano soprattutto sull'assenza della parallasse (*supra*) che con gli strumenti di allora non si riusciva a misurare, e sull'estrema lontananza alla quale Copernico aveva collocato la sfera delle stelle fisse che presupponeva uno spazio vuoto allora inspiegabile.

La citata *Narratio prima* del Rheticus (1540) rimase per lunghi anni l'unica esposizione chiaramente sintetica dell'opera di Copernico, e questi comunque non tornò in seguito sulla materia. La schiera dei convertiti all'eliocentrismo (e di conseguenza al copernicanesimo) fu in sostanza esigua, ma la dottrina lentamente guadagnava terreno. Il sistema matematico impostato da Copernico guadagnava proseliti più dei concetti esposti nel lavoro finché verso la seconda metà del XVI secolo risultò quasi impossibile prescindere, e quando lo studio del moto dei corpi riprese su basi scientifiche, il sistema eliocentrico forniva costruzioni e argomenti sempre più convincenti.

Resistenze e critiche non provenivano soltanto da figure versate in astronomia che, magari per assuefatta tradizione, non erano disposte a rinunciare all'impostazione di studi di una vita e rinnegarla per abbracciare una nuova cosmologia planetaria, bensì anche da profani che godevano di una certa eco, come il filosofo francese J. Bodin che l'avversò con argomenti che definire banali sarebbe eufemismo: [46]. La nuova cosmologia planetaria fu drammaticamente avvertita anche dagli artisti: J. Milton, nel *Paradise Lost*, anche se tratta il tema della caduta dell'uomo, esprime nell'aggettivazione (*lost*) la perdita di una concezione cosmologica ultramillenaria, e dedica spazio alle due teorie. Le discussioni che vi furono insomma (talvolta accademiche, spesso ascientifiche) non rilevarono in sé e per sé, ma anch'esse contribuirono comunque ad alimentare un vivace dibattito che si alimentava anche della cenere di un tradizionalismo poco disposto a mutare convincimento dinanzi a chiare e matematiche proposizioni.

Per avere un serio interesse al lavoro di Copernico bisogna attendere Galileo e Keplero, anche se l'interesse di Galileo verso il sistema copernicano si esaurisce nell'idea eliocentrica. In ambiente scientifico il copernicanesimo si diffuse soprattutto dopo i lavori di Newton, ma la diffusione riguardò quasi esclusivamente i paesi del Nord e la Francia, mentre altri paesi come l'Italia restarono tenacemente (e confessionalmente) legati al geocentrismo ed al nuovo sistema introdotto da T. Brahe che permetteva ancora di salvare i modelli, più che i fenomeni.

► *L'opposizione confessionale*. Altra questione è l'opposizione confessionale che il lavoro di Copernico incontrò. È luogo comune in proposito evocare immediatamente la condanna emessa nei confronti del lavoro da parte della Chiesa e la chiamata di Galileo a Roma con la sua conseguente relativa abiura: è una ricostruzione storica infedele.

La prima forte opposizione al *De revolutionibus* venne dalla neonata Chiesa luterana.

Lutero, Melantone, Calvino rispolverarono tutti i passi dell'antico testamento, dalla Genesi all'Ecclesiaste ad un'infinità di altri, per porre in ridicolo le tesi copernicane, pretendendo *secundum naturam fidei* di dimostrare da passi arcaici l'infondatezza e l'assurdità di un lavoro scientificamente e tecnicamente proposto. L'antico testamento fu esaminato versetto per versetto, ed ovunque si evidenziava, così sostenevano i denigratori, l'immobilità della Terra e l'ardire dei copernicani, qualificati di fatto atei ed

infedeli, che si ponevano al di sopra di quello *Spirito santo* che aveva ispirato le scritture. Ma il protestantesimo non disponeva di un organismo di controllo sui propri fedeli che fosse solo lontanamente paragonabile a quello che in 1500 anni di rigido dogmatismo la Chiesa aveva instaurato e che più tardi adoperò, e l'opposizione non fu di alcuna efficacia.

Nello stesso periodo infatti l'atteggiamento della Chiesa cattolica fu abbastanza mite rispetto ai tempi, almeno sino al 1610, e questo sia per la cauta prefazione dell'Osiander, sia per la lunga articolata dedica al pontefice Paolo III,<sup>6</sup> sia ancora per tutta l'impostazione del I libro assai discorsiva e mirante a prevenire critiche ai restanti assai tecnici cinque.

Dopo questa data, in concomitanza dell'adesione galileiana all'idea eliocentrica, ed a seguito della scoperta da parti di questi delle fasi di Venere e della riconducibilità delle macchie solari a fenomeni intrinseci alla nostra stella, il copernicanesimo, per usare le efficaci parole di S. Kuhn, *cessò di essere una dottrina esoterica* [162, p. 289]; le osservazioni scalfivano entrambe le cognizioni sino ad allora possedute e il telescopio sembrava portare conferme all'ipotesi copernicana. La Chiesa mutò allora atteggiamento, passando da una tacita tolleranza ad una netta opposizione; l'opera di Copernico fu posta all'indice (1616), vietata *Donec corregetur* (finché non corretta), l'idea della Terra come pianeta in movimento bollata quale eretica.<sup>7</sup>

La Chiesa era comunque in imbarazzo dinanzi a questo lavoro. Da un lato esso era di una precisione sconosciuta e risultava utile nella riforma del calendario per le festività ecclesiastiche anche se le stime copernicane dell'anno tropico non furono mai adottate, dall'altro non si poteva ammettere che il testo fosse adottato diversamente da una mera prospettazione di ipotesi. Il nodo da sciogliere era infatti questo: se Copernico avesse esposto un ipotetico sistema planetario esclusivamente *ex suppositione*, ovvero se tale sistema fosse stato rappresentato *ex professo*, come una teoria cioè ritenuta corrispondente ad una determinata realtà fisica.

Esisteva il concreto pericolo che le idee trasmigrassero anche nelle menti di dotti ecclesiastici, che questi le facessero proprie, com'era già avvenuto con G. Bruno che senza aderire alle teorie matematiche aveva colto il cuore mistico della nuova dottrina, ed allora non si avrebbero più avuti esercizi matematici o geometrici, ma professioni di credo in una scienza che si manifestava in contrasto con gli insegnamenti dogmatici cattolici. Telesio aveva già ispirato Campanella e Bruno; il circolo andava spezzato, le nuove idee rese quantomeno difficili nel progredire.

Copernico s'era mosso con estrema prudenza, dopo tutto era sempre un uomo di chiesa (*supra*, a pagina 136), e sapeva cosa avrebbe comportato in ambito ecclesiastico l'accettazione dell'eliocentrismo, anche per questo – forse – nelle sue critiche al geocentrismo non fece mai riferimento a quello che la Chiesa accettava e difendeva, ma sempre e solo a quello di Aristotele, come fossero due concezioni diverse, un mezzo evidentemente per allontanare le critiche. Tuttavia, e non di rado, traspare la ferma convinzione in quanto espone.

A parte la celebre frase contenuta nell'introduzione *Mathemata mathematicis scribuntur*, più di una volta si ha contezza, e non impressione, che egli parli *ex professo* e non *ex suppositione*, altrimenti non avrebbe esposto, in specie libri III, IV e V, tutta la teoria matematica del Sole e dei pianeti a sostegno del nuovo disegno. E questo la Chiesa l'aveva sicuramente compreso.

6. Paolo III, al secolo Alessandro Farnese, fu forse uditor di Copernico nel 1500 quando questi tenne a Roma lezioni di matematica.

7. La teoria copernicana fu definitivamente accettata dalla Chiesa soltanto nel 1820, quando Pio VII decretò la teoria copernicana non in contrasto con gli insegnamenti della Chiesa cattolica: → G. Settele.

Ma la maggiore opposizione all'eliocentrismo copernicano non venne tanto dal fatto che a rendere l'opera lecitamente pubblica si sarebbe messo in discussione, ad esempio, il famoso passo biblico dove si afferma che Giosuè *ordinò al Sole di fermarsi*, quanto piuttosto dalla circostanza che le fonti ispiratrici del lavoro ricordavano, se non addirittura richiamavano, il misticismo pitagorico,<sup>8</sup> dal fatto che i cieli (la sfera delle stelle fisse) non erano più ossequenti alla Terra e che anzi ne venivano staccati e allontanati, ma – soprattutto – dal fatto che veniva mostrato che ciò che appare molto probabilmente non è.

In questo modo non andava in frantumi soltanto la visione del cosmo della scuola aristotelica-tolemaica, ma anche, e soprattutto, la visione cristiana che tramite l'opera dei padri e dottori della Chiesa quella concezione aveva fatto propria; si affacciava un nuovo approccio allo studio del sistema planetario, una nuova cosmologia, una probabile, perché no?, esistenza di altri mondi abitati, una struttura dell'universo dilatato, non più finito e prossimo a divenire infinito. Di fatto, secondo la nuova cosmologia, era implicitamente posta in discussione la discendenza del genere umano da una sola coppia, il peccato originale, il trono di Dio che non si sapeva più dove collocare in un universo infinito, ecc. [162, pp. 247 - 248].

Queste tematiche divenivano insomma per la Chiesa una questione eminentemente scientifica da cui erano esclusi elementi ed argomenti teologici su cui chiunque poteva liberamente discutere, la teologia come sino ad allora era intesa rischiava di scomparire, come in effetti fu poi, dinanzi ad una nuova filosofia che continuava comunque a chiamarsi «naturale». Insinuare questo dubbio nei credenti (leggi: sudditi), fornire loro cioè la dimostrazione matematica che esiste una differenza sostanziale fra l'apparenza e la realtà, separare scienza e teologia, significava, ed esplicitamente, mettere in discussione l'autorità e il prestigio della Chiesa.

Assorbendo le osservazioni precedenti, la «rivoluzione copernicana» sta in fondo tutta qui, nell'aver insegnato usando linguaggi e argomenti scientifici a dubitare di teorie canonizzate quando non siano verificate e coerenti con le esperienze anche se la fonte è ritenuta divina e ispirata, nell'aver inaugurato il galileiano sentiero delle *certe esperienze e sensate dimostrazioni*.

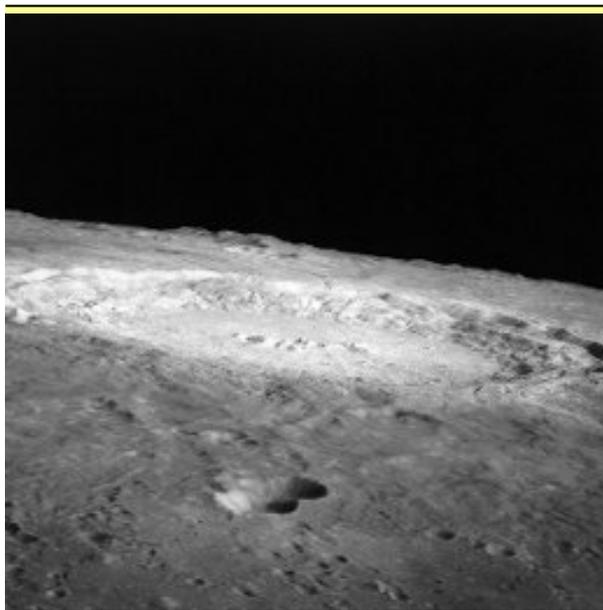
**Copernicus, cratere** Uno dei più notevoli crateri d'impatto lunare situato fra l'*Oceanus Procellarum* e il *Mare Insularum*. Si tratta di una formazione giovane e isolata con forma leggermente esagonale, a gradoni molti ampi, che presenta scarse tracce di erosione, ed è stata candidata ad individuare l'*era copernicana* nella scala dei tempi geologici lunari.

Il cratere fu intitolato a Copernico dallo scopritore G. B. Riccioli, convinto sostenitore del sistema geocentrico per... scagliare l'autore del *De revolutionibus* fra le tempeste dell'*Oceanus Procellarum*. J. Hevelius chiamò il cratere *Mons Aetna*, e la regione circostante *Insula Sicilia*.

### Copernicus (OAO-3)

8. In Copernico c'era effettivamente un forte richiamo al paganesimo pitagorico, testimoniato non solo dal suo sigillo personale dove era impressa l'immagine di Apollo, ma anche dal fatto che in un primo momento nel *De revolutionibus* doveva far da apertura al testo la lettera di Liside ad Ipparco (non l'astronomo, un omonimo), un documento tramandatoci in cui appunto Liside rimprovera Ipparco per aver reso comuni a menti profane alcuni segreti dei pitagorici: [33]. Un riferimento a questo documento, sostituito poi dall'«anonima» introduzione dell'Osiander, è nella dedica a Paolo III.

Dando credito a queste considerazioni, la reticenza copernicana a rendere di dominio i propri lavori assumerebbe un ulteriore diverso connotato, di stampo prettamente esoterico.

**Cor Caroli****corde, teoria delle****corde cosmiche****Cordella** satellite Urano**Cordoba Durchmusterung** → **catalogo astronomico** sub «*Cataloghi di posizione*».In sigla CD, il catalogo riporta circa 614 000 stelle condotto all'osservatorio di Cordoba in Argentina da **J. M. Thome**.Il catalogo stellare comprende le stelle fra le latitudini -22°e -90°e si estende sino alla 10<sup>a</sup> magnitudine.Il lavoro fu pubblicato nel 1914 in quattro volumi. Nel 1932 seguì un quinto volume che riportava le osservazioni della **Cape Photographic Durchmusterung**. La CD costituisce la maggiore survey mai effettuata nel visuale.**core****Coriolis****Coriolis, effetto****Corning Glass****corona****corona****Corona Australis****Corona Borealis****corona solare****coronale, massa eiezione****corone**

Età	(D) Diametro	(h) Alt.	h/D
1,1 miliardi anni	90 km × 90 km	3,7 km	0,0404

▲ Il cratere Copernicus. Dalla missione dell'Apollo 12

▼ Corona solare durante un'eclisse totale di Sole

**Coronelli Vincenzo****coronium****coronografo****COROT** Acronimo di *CONvection ROTation* [and planetary] *Transits***corpo nero, emissione del****Correlazione, funzione di****Cortina, Associazione Astronomica** Uno dei più antichi sodalizi astronomici non professionisti italiani, e fra quelli più antichi, l'unico che conservi una continuità di divulgazione e ricerca astronomica ad alto livello. Conta attualmente oltre 100 soci.

Sorta nel 1972 per opera di un gruppo di appassionati, già nel 1975 l'Associazione riusciva a realizzare sul Col Druscì, a 1770 m di quota un osservatorio con telescopio da 500 mm di apertura e cupola da 5 m. L'osservatorio fu dedicato ad uno dei fondatori dell'associazione, H. Ulrich.

Il telescopio che è stato per più di vent'anni il più grande strumento amatoriale italiano, svolge una vera e propria attività professionale, e sul finire degli anni novanta del secolo passato ha compiuto un passo significativo che lo ha posto all'avanguardia fra gli osservatori astronomici non solo amatoriali. In quegli anni infatti, sfruttando le competenze maturate in materia dall'osservatorio astronomico di **Perugia** che sotto la guida del prof. **P. Maffei** aveva costruito nel centro cittadino il primo telescopio completamente robotizzato in Italia, vennero applicate, in collaborazione con quell'osservatorio, le professionalità che a Perugia erano state raggiunte, ed il telescopio fu completamente automatizzato permettendone il controllo in via remota.L'osservatorio si dedica attualmente principalmente alla scoperta di supernovae contandone al suo attivo oltre 13, ma annovera fra i suoi risultati anche la scoperta di un pianetino chiamato *Cortina d'Ampezzo*.Nel 1999 alla prima cupola se n'è affiancata una seconda intitolata a **N. Cusano** che ospita uno strumento da 300 mm destinato prevalentemente alla divulgazione e alla didattica, attività svolte con assidua frequenza dall'associazione sfociando non solo in

periodici incontri ma anche nella pubblicazione di opere a carattere scientifico e nella realizzazione di un pregevole astrolabio metallico di notevoli dimensioni.

**Corvus**

**Cos B**

**Cosmic Background Explorer** (COBE)

**cosmic microwave background** → **radiazione di fondo**.

**cosmiche, corde** → **stringhe cosmiche**.

**cosmici, raggi**

**cosmico, anno** rinvio ad anno?

**cosmo**

**Cosmo Sky-Med** Credo si questo il giusto ordine alfabetico

**cosmochimica**

**cosmogonia**

**cosmologia**

**cosmologica, costante** → **costante cosmologica**.

**cosmologica, scala della distanza**

**cosmologico, modello**

**cosmologico, principio**

**cosmologico, redshift**

**cosmoscopio**

**Cosmos, satellite**

**costante cosmologica**

**costante gravitazionale**

**costante [di] Hubble**

**costante [di] Planck**

**costante [di] precessione** è viva anche sotto precessione. quindi è un duplicato scegliere quale inserire

**costante solare**

**costellazioni** I confini delle costellazioni furono rivisti nel 1925 dal Delporte dell'osservatorio di Bruxelles, dietro incarico dell'UAI, e il nuovo atlante fu pubblicato nel 1930, ma era ancora redatto per le coordinate del 1875.

**Couder André** ( )

**couder, configurazione**

**CPD** → **Cape Photographic Durchmusterung**, **catalogo astronomico** sub «*Cataloghi di posizione*».

**Crab nebula** (M1, NGC 1952)

**Crab Pulsar**

**Crabtree William** (1610 -1644)

**Crater** costellazione australe

**cratere**

**cratere d'impatto**

**cratere lunare**

**Cratete di Mallos** (210 - 150 a.C.)

**creazione continua** (continuous creation)

**Cremonini Cesare** ( - )

**Crêpe ring** anello G di Saturno.

**crepuscolo**

**crescente** detto della fase...

**Cressidra** Satellite di Urano

**Crimea, osservatorio astrofisico**

**criosfera**

**criovulcanismo**

**C ring** anello interno di Saturno.

**Crisum, mare**

**critica, densità**

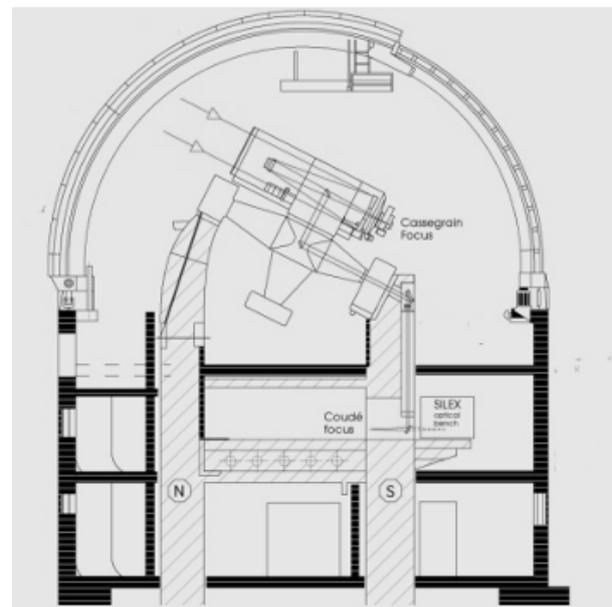
**Critone di Nasso**

**crivello di Eratostene**

**Croce del Sud** → **Crux australis**.

**cromodinamica quantistica**

**cromosfera**

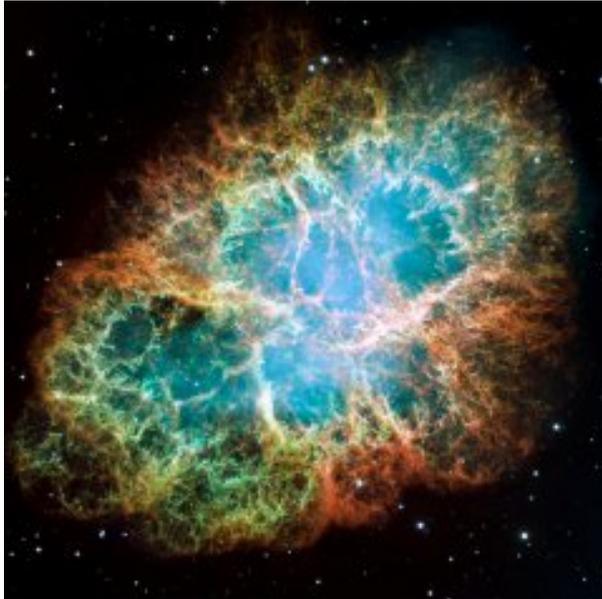


▲ Couder

▼ Lista dei principali crateri d'impatto terrestri in ordine dimensionale

Nome cratere	Continente	Coordinate	Età	Dimensioni
Vredefort	Sud-Africa			
Chicxulb	America centrale (Yukatan)			
Gosses Bluff	Australia			22 km
Barringer meteorite crater Acraman	America (Arizona)		50 000 anni	1,2 km

▼ La Crab Nebula in un mosaico dell'HST



**cromlech** → [archeostronomia](#).

**Crommelin Andrew Claude de la Cherois** (1865 - 1939)

**Crommelin, cometa** (27/P)

**cronologia**

**cronometro marino**

**Crookes William**

**crossed lens** ??

**crossing time** ??

**cross-staff** strumento del XIV secolo...

**crosta** (crust)

**crown** → [vetro](#).

**Cruithne** Earth-Crossing Asteroid

**Crux australis**

**CSIRO** acr. Commonwealth....

**Ctesibio**

**cubeano** oggetto transnettuniano.

**culminazione**

**cunicoli spazio-temporali**

**Cunitz Maria** (1610 - 1664)

**cupola** Nome che in architettura s'indica la copertura a volta di un edificio a base circolare o poligonale a simmetria centrale. In astronomia il termine individua – talvolta – sia la cupola propriamente detta, ossia un classico emisfero, sia la base che la sostiene, con riferimento generico a un edificio che contiene al suo interno strumentazione per osservazione astronomica; tuttavia la cupola specifica propriamente solo la parte mobile di un edificio con accesso al cielo. A lungo in Italia al posto di cupola si è usato il termine → [specola](#).

In funzione dei parametri degli strumenti ospitati, le cupole – e i relativi edifici – assumono dimensioni variabili e diversamente dalle costruzioni architettoniche, chiuse e ancorate alla base, sono rotanti e dotate di strutture mobili apribili.

In relazione alla stretta connessione con l'edificio (→ [osservatorio astronomico](#)), le tematiche connesse alla cupola sono trattate a quel lemma: *vedi* anche → [telescopio](#), [montatura](#).

**Curjumov-Gerasimenko, cometa**

**Cursa** (β Eridani)

**Curtis Heber Doust** (1872 - 1942)

**curva (di) campo**

**curva (di) luce** fotometria luce

**curva (di) rotazione**

**curvatura spazio-tempo**

**Cusano Niccolò** (1401 - 1464) Nome con cui è conosciuto il prelado tedesco Nikolaus Krebs (o Chryppfs), nativo di Cues, cittadina nei pressi di Treviri, da cui derivò l'italianizzazione del nome.

Compiti gli studi ad Heidelberg e Padova, Cusano fu consacrato sacerdote nel 1430 ed entrò al servizio del cardinale G. Cesarni. Coinvolto nella disputa fra coloro che credevano la Chiesa fondata su una maggiore autorità dei padri conciliari e quanti credevano nell'infallibilità del Papa, Cusano tenne una posizione conciliante cercando di avvicinare le due parti, riassumendo il suo pensiero nel *De concordantia catholica*. Allo stesso modo si prodigò per tentare di avvicinare la Chiesa d'occidente e quella d'oriente. Cardinale nel 1448, il pontefice Pio II, l'umanista E. S. Piccolomini, lo investì della carica di vicario generale dello stato pontificio. In seguito Niccolò V lo nominò principe e vescovo di Bressanone, e qui entrò in conflitto con Sigismondo d'Austria che mal tollerava ingerenze in terre considerate di

proprietà. Imprigionato, nel 1460 riuscì a fuggire rifugiandosi dapprima ad Orvieto.. Negli ultimi anni della sua vita fu ancora impegnato in numerose dispute politiche europee di gran livello, sia teologico-filosofiche che politiche.

Cusano rappresenta nel XV secolo una singolare figura di filosofo e teologo operante all'alba dell'Umanesimo. Il suo pensiero si sviluppa quasi interamente attorno alla sua opera principale, il *De docta ignorantia*, che alle soglie di una nuova era prospetta un razionale contributo dinanzi alle tesi assolutistiche che ancora tenevano il campo.

Impregnato di platonismo e di grecità, fonda la sua filosofia su tre punti essenziale: a) il concetto di complicazione, b) il concetto di esplicazione, c) il concetto di contrazione; e partendo dalla concezione platonica secondo cui tutto discende dal divino e tutto a lui ritorna, avvicina Dio all'entità plotinica dell'uno, l'origine prima in mancanza della quale non è dato immaginare numeri successivi.

In questo contesto, volendo riconoscere anche numericamente a Dio la maggiore rilevanza nel creato, accetta che il numero «uno» sia sì un'esplicazione dei numeri successivi in quanto causa generante di tutto il creato, ma anche una diretta complicazione di questo perché l'universo all'origine era in Dio.

Più interessante ancora, e per certi versi profondamente moderno, è il terzo punto della sua impostazione filosofica, quello della *contrazione*.

Qui Cusano non ipotizza, ma pone un'immagine del Dio che nel momento in cui esplica la sua opera nel creato non va incontro né ad un arricchimento né tantomeno ad uno sviluppo ulteriore delle sue potenzialità, piuttosto egli subisce un depotenziamento delle sue capacità perché opera implicitamente una transizione da uno stato di massima potenzialità creativa ad uno stato di «attualità», e così ciascuna delle vite e delle cose che compongono il creato non è altro che un'esplicazione della *contrazione* di Dio, ossia le diverse potenzialità si trovano esistenti in una miriade di forme e generi diversi.

I tre punti della filosofia cusana sono anche alla base e a fondamento del mondo astronomico che va a concepire.

Anche dal punto di vista scientifico Cusano prospetta tutta la sua attualità riallacciandosi, primo fra i moderni, a **Pitagora** ed alla sua concezione matematica della realtà e della conoscenza, avanzando anche in questo campo l'osservazione galileiana secondo cui il *gran libro dell'universo è scritto in lingua matematica*.

Affermando nel *De coniecturiis* [82, I, 2, 7] che il *principio di ogni costruzione per ogni ragionamento è il numero*, e che il *numero è principio delle verità colte col ragionamento*, Cusano non solo si prospetta di una straordinaria modernità, ma implicitamente ammette anche una relatività della spiegazione delle cause, perché ancora (*ibidem*, [I, 1]) *la mente umana è forma del mondo congetturale*.

Con il passo successivo Cusano inizia a scalfire uno dei fondamenti del pensiero filosofico medioevale, l'aristotelico *principio di non contraddizione*,<sup>1</sup> riconoscendo che il principio può avere valore soltanto in un universo limitato, cioè finito, non anche infinito. Concepire siffatta *coincidentia oppositorum* che conduce di fatto ad immaginare, se non a pensare, che l'enormemente grande e l'enormemente piccolo coincidono nel termine superlativo massimo, consente a Cusano d'individuare una nuova categoria, quella del massimo assoluto che nella sua unità trascende ogni opposizione fra i molteplici: *la massimità assoluta è infinita e con essa coincide il minimo* [83, I, 4, 12].

1. Il principio elaborato da Aristotele assume che se  $A$  è diverso da  $B$ ,  $A$  e  $B$  non potranno mai essere uguali fra loro perché ciò contraddirebbe quanto asserito.

Siffatta *coincidentia oppositorum* per Cusano è presente soltanto in Dio, ma altrettanto rilevante è comunque che muovendo da posizioni filosofiche e teologiche che esprimevano l'incapacità di cogliere appunto la coincidenza degli opposti, Cusano giunse alla concezione dell'universo come caratterizzato dall'infinità in quanto immagine speculare ed immanente della divinità, anche se egli parla, in verità, di *indefinità* volendo con ciò cogliere l'aspetto divino dell'universo: essendo composto a immagine di Dio l'universo non è in alcun modo definibile, ed «infinito» è aggettivo che va usato solo riverendosi a Dio.

Concependo il creato come il mondo del «non assoluto», e di fatto quindi del relativismo cui sopra si accennava, Cusano giunge alla conclusione che non possano esistere né un centro unico né, tantomeno, un'unica circonferenza lunga la quale si dispongano i corpi in moto, ma postula piuttosto una pluralità di centri (e di altrettante circonferenze) in relazione (relativamente!) a ciascun punto dell'universo.

Anche se derivata da concetti filosofici ed espressa in forma letteraria, la conseguenza che ne discende è rivoluzionaria: la Terra non è più il centro dell'universo, ed è di fatto scalfita profondamente la teoria geocentrica e aperta la via a quella eliocentrica. Tale concezione di un universo senza limiti spaziali ebbe notevoli influenze su → **Copernico** e **G. Bruno**.

Se a questo si aggiunge che sempre nel *De docta ignorantia* [83][II, 12] Cusano arriva a postulare la possibilità di vita su mondi diversi dalla Terra, se ne deduce che c'è materiale sufficiente per considerare il teologo tedesco come un uomo già impregnato di umanesimo.

Saranno queste nuove concezioni, assieme ai viaggi di Colombo (*vedi riquadro a pagina 137*) a spianare la strada cosmologie non più dogmatiche, bensì esclusivamente razionali.

In ultima analisi, con Cusano inizia il recupero delle conoscenze greche ed ellenistiche che secoli di oscurantismo avevano completamente relegato dalla zona d'interesse e d'investigazione.

Cusano cercò ancora, ma senza successo, di convincere le gerarchie ecclesiastiche a sincronizzare il calendario con l'anno tropico: per questa riforma si dovette attendere il 1582, quando il suo lavoro *Reparatio Kalendarii* ottenne finalmente la giusta considerazione, → **calendario sub «Calendario giuliano riformato: gregoriano.»**

**Cusanus, crater** Cratere situato nel lato nascosto della Luna visibile solo durante le **librazioni** favorevoli, ma anche in questo caso solo parzialmente e senza esaltazione di particolari.

**cusps** tradurre

**cusps caps di Venere** tradurre

**cuspid**

**Cydonia** Regione di Marte

**Cygni, nova - 1975**

**Cygni, 61**

**Cygni CI**

**Cygni, V404**

**Cygnus**

**Cygnus A**

**Cygnus Rift** ??

Cygnus X-1

Cygnus X-3

Cyrillus, cratere



$\lambda$	$\varphi$	mld anni	d	h	h/d
70° 48' E	72°N	?? - ??	???? km	??? km	???

▲ Dati del cratere Nikolaus Cusanus; fonte <http://www.lpod.org>, ex sonda **Clementine**

# D

## Damoiseau Marie-Charles

**Danjon André-Louis** (189 - 1967) Astronomo francese ideatore di numerosi strumenti, innovò profondamente le tecniche astronomiche.

Al termine del primo conflitto mondiale ottenne oltre che per la sua valenza anche per meriti di guerra (aveva perduto un occhio), di essere nominato aiuto astronomo presso l'osservatorio di **Strasburgo** tornato francese dopo quasi cinquant'anni, presso il quale trascorrerà una significativa parte della sua vita scientifica. Dotato di grande talento organizzativo, convinse il Ministero ad elargirgli i fondi per la ristrutturazione, ed in pochissimo tempo elaborò il progetto per la riorganizzazione di quello che sarà poi l'osservatorio d'**Haute Provence**.

Nel 1930 divenne direttore dell'osservatorio, nel 1935 preside della Facoltà di scienze, e nel 1940 rettore dell'Università di Clermont-Ferrand.

Con l'occupazione tedesca la sua carriera subisce un'interruzione, e nel 1942 fu anche arrestato. A guerra ormai terminata, nel 1945, fu nominato direttore dell'osservatorio di **Parigi**, che trasformò nel polo indiscusso dell'astronomia francese.

I suoi contributi sono stati notevoli dal punto di vista tecnico-scientifico come della produzione letteraria.

Nella strumentazione scientifica Danjon ha introdotto di nuovo l'uso dei prismi birifrangenti applicandoli a due strumenti che portano il suo nome: l'astrolabio impersonale ed il fotometro visuale (*vedi* lemmi seguenti), ha posto basi scientifiche per lo studio e la scelta dei siti astronomici in vista di installazione di stazioni osservative, ed un nuovo metodo per determinare le orbite delle stelle doppie.

Attento alle nuove frontiere, impiantò a **Meudon** la prima stazione radioastronomica, e quindi a **Nançay** costruì il primo radiotelescopio, ed poi ancora a Meudon la torre solare, fu artefice della posa in orbita del primo satellite artificiale francese, e portò ancora contributi decisivi allo sviluppo delle camere elettroniche.

Dal punto di vista letterario il suo *Lunettes et Télescopes* scritto in collaborazione con **A. Couder** e la sua *Astronomie générale* sono rimasti a lungo i più completi testi di astronomia.

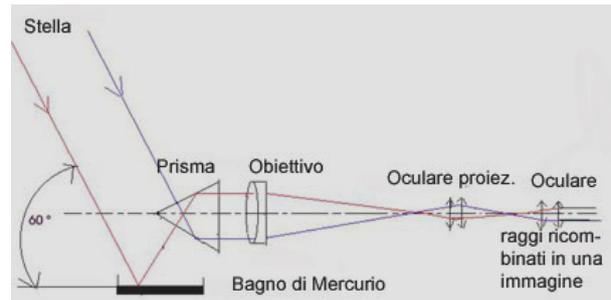
**Danjon, astrolabio impersonale a prisma** Strumento per la determinazione delle coordinate geografiche di un luogo e dei corpi celesti stimando gli istanti dei passaggi di una stella alla medesima altezza.

L'astrolabio, come lo → strumento dei passaggi e il **PZT**, appartiene alla categoria dei telescopi astrometrici che si occupano della posizione degli astri e dei loro moti, ma a differenza di questi consente la mobilità in azimuth e lavora su stelle a 30° dallo zenith (misurate nella fascia  $\varphi = \pm 30^\circ$ ). L'astrolabio consente quindi, al di là della latitudine e del tempo di fornire un catalogo di coordinate.

A. Danjon non ha propriamente inventato questo strumento, ma ne ha perfezionato precedenti versioni rendendolo esente da eventuali errori introdotti dall'operatore: errore nell'osservare al cerchio meridiano l'esatto istante di passaggio della stella, imprecisione oraria dell'orologio, errore dell'operatore di varia specie, . . . Da qui la qualifica di *impersonale*.

Tranne il nome e la funzione (calcolare l'altezza delle stelle per ricavarne coordinate) questo astrolabio ha in comune con quello

▼ Schema dell'astrolabio di A. Claude



«classico» dall'omonimo nome, solo una sostanziale metodologia osservativa, divergendone quanto a tecnica di costruzione e principio di funzionamento.

- *Storia e teoria dell'astrolabio a prisma*
- *L'astrolabio impersonale di Danjon*

■ *Storia e teoria dell'astrolabio a prisma. C. F. Gauss*, all'epoca in cui era direttore dell'osservatorio di Göttinga, aveva dimostrato (1808) che eseguendo misure su tre stelle era possibile determinare le coordinate locali. Con questo procedimento basandosi su stelle di medesima altezza ( $\alpha$  Andromedae,  $\alpha$  Ursae Minoris e  $\alpha$  Lyrae), determinò in tre serate la latitudine di Göttinga con un errore di poche centinaia di metri.

L'osservazione realizzata col → **sestante** non poté essere più precisa per via degli orologi dell'epoca.

Per la necessità di stimare con sempre maggiore accuratezza il punto nave cui queste tecniche d'osservazione erano principalmente asservite, le procedure di misura della latitudine e longitudine si perfezionarono sempre più per quanto consentivano i limiti strumentali.

Nell'Ottocento a seguito di perfezionamenti apportati al sestante e al cronometro, si riuscì a determinare la longitudine misurando la posizione di una stella alta sull'orizzonte con un piccolo scarto d'errore di qualche decina di metri.

Nel 1879 l'astronomo americano **S. C. Chandler** ideò uno strumento in cui una vaschetta mobile riempita di un bagno di mercurio per determinare la verticale sostituiva l'orizzonte artificiale del sestante. Le misure effettuate con questo nuovo strumento chiamato *Almuncantar* presentavano un errore inferiore ai dieci metri, ma un grave inconveniente era rappresentato dalle oscillazioni provocate dalla rotazione del galleggiante, dalle dimensioni e dal peso non indifferenti.

Perfezionamenti furono introdotti da A. Beck che introdusse nello strumento l'elemento che doveva divenirne la caratteristica principale, un prisma orizzontale di rinvio le cui facce corrispondevano ad una distanza zenitale di 60°.

Queste innovazioni seguivano gli studi condotti da A. Claude del *Bureau des Longitudes* su stelle di medesima altezza e sull'impiego del prisma a riflessione nei rifrattori che rendeva possibile l'osservazione di tutti gli azimuth a 60° servendosi di un orizzonte artificiale.

Il principio di questo astrolabio era così fissato: *vedi* lo schema ottico riportato nella figura in questa pagina in alto.

I raggi provenienti dalla stella raggiungono sia il bagno di mercurio sia il prisma venendo al termine del percorso combinati con operazioni d'allineamento in uno solo. L'osservatore deve quindi soltanto annotare l'istante in cui l'immagine diretta veniva a concidere con l'immagine riflessa dal bagno di mercurio. Lo strumento, perfezionato in seguito da L. Driencourt fu costruito in diversi esemplari divenendo noto come *l'astrolabio Claude-Driencourt*, e fu utilizzato soprattutto per misure geodesiche.

Nel periodo fra le due guerre fu ulteriormente perfezionato con rilevanti contributi teorici e pratici degli astronomi dell'osservatorio di Parigi, giungendo ad un errore residuale di  $0'',15$  per la latitudine e  $0'',01$  per la longitudine.

Su questi strumenti intervenne A. Danjon volendo liberarli dall'equazione personale dell'osservatore e volendo creare uno strumento compatto le cui regolazioni fossero micrometriche.

■ *L'astrolabio impersonale di Danjon.* Il micrometro impersonale introdotto da Danjon è costituito da un prisma di **Wollaston** che azzerava le imprecisioni presenti nell'astrolabio di Claude e Driencourt.

I primi test si conclusero nel 1947 e coinvolsero nei risultati **J. Texereau** del laboratorio d'ottica di Parigi, che mise a punto il prototipo degli strumenti nel 1956.

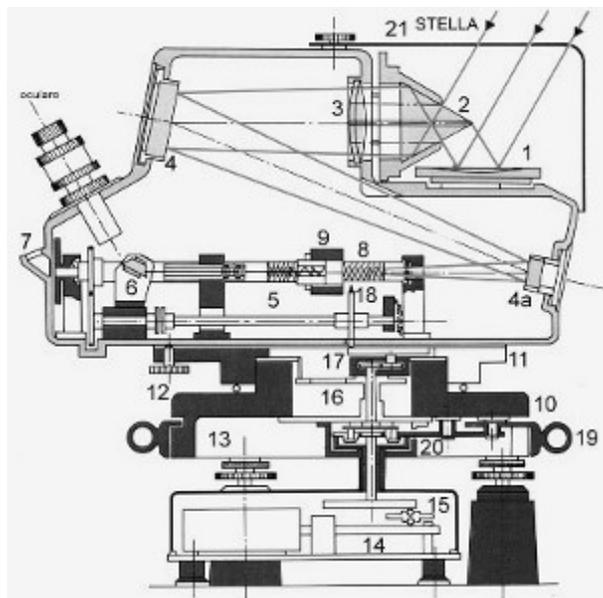
Caratteristiche strumentali sono: un obiettivo da 100 mm, una lunghezza focale di un metro raggiunta tramite una serie di rinvii, un ingrandimento di 175x. Il margine d'errore è ridotto e la determinazione della latitudine e della longitudine risultano precise entro una tolleranza di  $0'',050$ , e  $0'',008$ .

Le stelle osservate sono quelle sino alla 6<sup>a</sup> magnitudine, e sono scelte fra quelle fondamentali di cui la posizione è nota con maggiore accuratezza.

L'innovazione fondamentale di Danjon è rappresentata dunque dall'inserimento del prisma di Wollaston (n. 9 nello schema riportato in questa pagina) assente nei precedenti strumentidi Claude e Driencourt.

L'astrolabio mostrò eccellenti capacità anche nel suo utilizzo sull'osservazione dei pianeti nonché sui principali satelliti dei più grandi pianeti come quelli galileiani.

Puntato sul Sole, mostrò eccellenti capacità anche su questo astro, ma in questo caso il riscaldamento straordinario che si produceva all'interno condusse a costruire un nuovo strumento

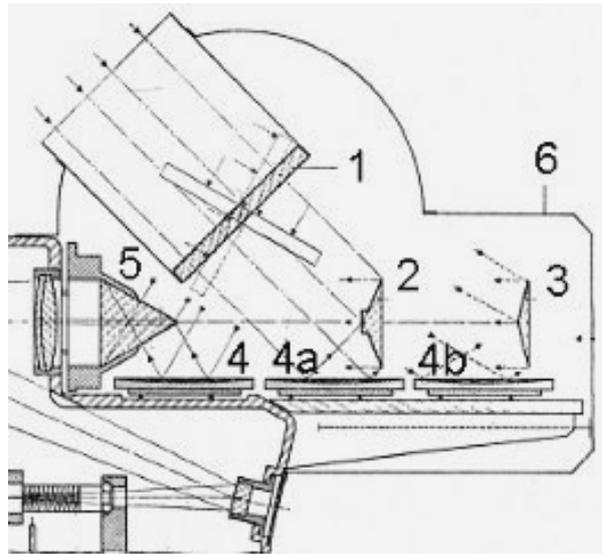


▲ Astrolabio di Danjon, legenda.

1. bagno di mercurio; 2. prisma; 3. obiettivo; 4. e 4a. specchi piani;
5. tubo vuoto con regolazioni 8) e 9); 6. prisma di rinvio per all'oculare;
7. prisma per la lettura del tamburo; 8. vite micrometrica; 9. carrello con prisma bifrangente;
10. campana dello strumento; 11. piattaforma girevole; 12. regolazione in altezza; 13. motore (scatola rettangolare sotto il numero); 14. riduttore di velocità; 15. variatore;
16. ingranaggio; 17. secondo variatore; 18. disco-volano del secondo variatore;
19. volano di stabilizzazione e correzione; 20. correttore differenziale; 21. copertura

▼ Astrolabio solare di Danjon, legenda. è mostrata solo la parte in cui lo strumento è modificato

1. superficie riflettente regolabile per varie altezze solari; 2. prisma a riflessione di  $135^\circ$ ; 3. prisma a riflessione di  $150^\circ$ ; 4, 4a, 4b. bagni di mercurio; 5. prisma equilatero; 6. copertura



in cui la medesima geometria ottica e gli analoghi dispositivi meccanici fossero uniti ad un sistema di dispersione del calore. Danjon costruì allora lo strumento il cui schema ottico è mostrato nel disegno in questa pagina in basso.

Le differenze principali si risolvono nei bagni di mercurio che sono tre, nell'uso di due prismi a riflessioni con diverso valore angolare, e di una superficie riflettente mobile per le varie altezze del Sole.

L'astrolabio di Danjon è ancora usato presso molti osservatori dove assolve alla fondamentale funzione di studio dei movimenti continui di rotazione della Terra, per la determinazione dell'ora e quale strumento dei passaggi, nel quale ultimo campo ha sostituito i cerchi meridiani.

**Danjon, fotometro** Fotometro visuale ideato da **A. Danjon** in cui l'intensità della sorgente osservata è misurata per equalizzazione con altra, ma a differenza di altri fotometri visuali come quello di **K. Zöllner**, la stella in esame non è confrontata con una sorgente artificiale, ma con una sorgente (stella) assunta come campione.

Il fotometro presenta diversi vantaggi rispetto ad altri della stessa specie: la scelta della stella campione non è limitata a quelle che cadono nel campo del telescopio, ed essendo un campione naturale non sono introdotte dalla sorgente o da eventuali filtri falsi colori, le misure sono agevoli, e la precisione strumentale abbastanza accurata.

Chiaramente tutto questo è riferito ad un'epoca in cui la fotometria fotoelettrica cominciava appena a muovere i suoi passi, e il fotometro possiede ormai soltanto un valore storico.

Dal disegno schematico a fronte, si nota un'altra differenza sostanziale rispetto ad altri fotometri: la componente ottica è collocata non sul piano focale, bensì dinanzi all'obiettivo.

Siano **OB** ed **OC** rispettivamente obiettivo ed oculare di un telescopio, e sia **DC** un diaframma ad iride situato sul piano focale dell'obiettivo che delimita il campo osservato.

Davanti all'obiettivo sono posizionati due prismi ad angolo retto **P<sub>1</sub>** e **P<sub>2</sub>** a riflessione totale che assolvono alla funzione di condurre dentro l'obiettivo l'immagine della stella campione. I due prismi possono essere ruotati per riallineare l'immagine,

e in questo modo, anche se distante alcuni gradi dall'asse ottico del telescopio, un'immagine può essere condotta dentro lo strumento tramite regolazioni agevoli per l'osservatore essendo comandate da rinvii.

Fra i due prismi è interposto un ulteriore diaframma D, disegnato a sinistra dello schema ottico ed indicato anch'esso con la lettera D, che ha la funzione di meglio selezionare la sorgente luminosa campione. Il diaframma è costituito da due cunei a V con angolo di 90°, chiamato per la sua particolare forma *occhio di gatto*.

Quando lo strumento è puntato su un corpo luminoso, fornisce due immagini:  $I_d$  prodotta direttamente dalla parte dell'obiettivo non occultata da  $P_1$ , e  $I_g$  prodotta dai raggi che avranno attraversato i due prismi e il diaframma interposto.

Per effettuare la misura si agisce micrometricamente sulla regolazione dei prismi fino ad avvicinare le due immagini prodotte  $I_d$  e  $I_g$ , in modo che i dischi delle stesse siano tangenti: raffigurazione a destra designata con la lettera b. I movimenti micrometrici sono differenziati per ciascun prisma:  $P_1$  si muove per valori angolari d'ascensione retta,  $P_2$  per valori angolari di declinazione.

A questo punto per ottenere una completa equalizzazione delle due immagini si agisce sull'*occhio di gatto* aprendolo o chiudendolo, e la regolazione micrometrica fornirà su un nonio decimale il valore di lettura che corrisponderà al valore di spostamento lineare del diaframma D. Chiamiamo questo valore  $d$ .

Naturalmente lo strumento deve prima essere tarato portando a zero la scala, e questo si ottiene chiudendo il diaframma finché non si ha la completa estinzione dell'immagine.

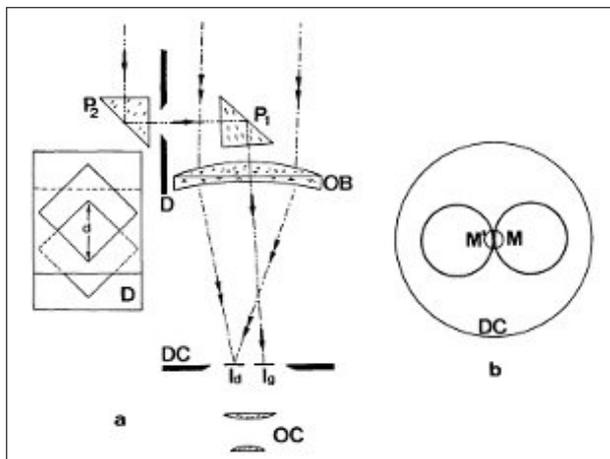
Il valore di differenza di magnitudine fra  $I_d$  e  $I_g$  è dato dall'espressione

$$\Delta m = C + 5 \log d$$

dove  $C$  è la costante strumentale della combinazione adottata per i prismi che potendo non solo essere micrometricamente spostati, ma anche ruotati sui propri assi, possono dar luogo a combinazioni di riflessione, di riflessione e rifrangenza, di sola rifrangenza.

**Danjon, limite** Il «limite di Danjon» esprime una misura angolare minima, fissata da Danjon in 7°, che secondo l'astronomo francese rappresenterebbe il valore minimo di separazione angolare fra il Sole e la Luna per il quale possa essere datata la visibilità lunare.

Questo valore recentemente è stato posto in discussione, come pure il fatto che Danjon riteneva la rugosità della superficie lunare responsabile dell'impossibilità di apprezzare un valore minore.



▲ Schema ottico del fotometro di Danjon

**Danjon, scala** La «scala di Danjon» rappresenta in valori numerici da 0 a 4 la residua luminosità del disco lunare durante la fase di totalità di un'eclisse.

A. Danjon ritenne infatti che l'attività solare, anche durante la fase di totalità, influenza la luminosità della Luna, ritenendo le radiazioni del Sole e della corona solare idonee ad eccitare gli atomi delle rocce lunari, che così emettono una debole luce rossastra.

Questi i valori proposti da Danjon per la sua scala:

- 0 eclisse molto scura con la superficie lunare quasi del tutto invisibile soprattutto nella totalità
- 1 eclisse di colore scuro con colorazione grigiastra e dettagli lunari difficili a distinguere
- 2 eclisse di colore rosso-scuro con una zona più scura al centro e bordo relativamente chiaro
- 3 eclisse di colore rosso vivo con l'ombra cicondata da una zona gigia o giallastra
- 4 eclisse di colore rosso rame o arancione molto chiara con la zona esterna all'ombra molto luminosa, di una tonalità azzurrognola.

Con l'avvento del CCD che permette fotometrie precise e alla portata di tutti, all'interno della scala si usano spesso, sebbene Danjon non le abbia previste, le frazioni di unità: 1,5; 2,3; . . .

Si tratta comunque di una scala abbastanza empirica essendo legata alla percezione soggettiva da parte dell'osservatore della gradazione di luminescenza del disco lunare.

**Danti Egnatio** (1536 - 1586) Cartografo e matematico italiano appartenente all'ordine dei Domenicani.

Mutò il nome originale (Carlo) in Egnatio in occasione dell'ingresso (1555) nel convento dei Domenicani; come cognome adottò il soprannome «Danti» (da Dante Alighieri) con cui la famiglia d'origine «i Rinaldi» era chiamata per la grande cultura che la caratterizzava.

Introdotta nelle scienze dai suoi familiari, fra cui una zia appassionata d'astronomia, trascorse i primi anni della giovinezza presso la bottega d'orafo del padre, affinando le sue competenze nel disegno e nella meccanica e perfezionandosi nella costruzione di vari strumenti.

A partire dal 1565 fu a Firenze alla corte medicea. Qui insegnò le scienze ai figli di Cosimo I, e qui lasciò traccia della sua permanenza dipingendo 53 cartografie del mondo conosciuto sul guardaroba di Palazzo Vecchio. Di queste 14 raffigurano regioni europee, 11 africane, 14 asiatiche ed altrettante del Nuovo mondo.

Dopo un breve soggiorno ad Alessandria dove progettò la chiesa di Santa Croce, nel 1571 fu di nuovo in Toscana chiamato ancora da Cosimo I che lo designò alla cattedra di matematica all'Università di Pisa.

Grande esperto di **gnomonica**, Danti costruì in quegli anni sulla facciata di Santa Maria Novella un quadrante con otto orologi solari aggiungendovi in seguito un'armilla equinoziale per determinare l'equinozio primaverile e misurare l'anno astronomico. Fu in quell'occasione che Danti rilevò l'errore di 11 giorni nel calendario, esperienza che ripeterà poi alla **torre dei venti in Vaticano** alla presenza del Pontefice Gregorio XIII dimostrando che l'occasione non cadeva più il 21 marzo, bensì l'11 marzo.

In questo periodo Danti costruì diversi astrolabi, mappamondi ed un anemoscopio, strumenti che si trovano attualmente all'Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Durante il regno di Cosimo Danti lavorò ad un grandioso progetto: il collegamento di Firenze tanto al mar Tirreno come al mar Adriatico tramite un'imponente opera che prevedeva canali, laghi artificiali e il traforo dell'Appennino.

Morto Cosimo I, subentrato nel governo suo figlio Francesco I, questi entrò in contrasto col Danti e ne chiese l'allontanamento da Firenze affidando a S. Bonsignori l'incarico di portare a termine le pitture nel guardaroba mediceo. Le pitture furono coperte nel breve periodo in cui Firenze fu capitale d'Italia per ordine di Vittorio Emanuele II che non le gradiva.

Abbandonata Firenze Danti si recò a Bologna ove ottenne la cattedra di matematica ed anche in questo periodo costruì diversi strumenti andati quasi completamente perduti.

Nel 1577 tornò alla sua città natale (Perugia) dove pure costruì anemoscopi e redasse una mappa del contado, rilevando le misure angolari con il **radio latino**.

Nel 1580 fu a Roma come cosmografo e pontificio e collaboratore alla riforma del calendario (*supre*). In quegli anni disegnò per la galleria del *Belvedere vaticano* 40 carte geografiche che rappresentavano regioni e possedimenti italiani. Le carte furono poi affrescate da diversi pittori.

Accolto nel 1583 nell'*Accademia di San Luca*, fu nominato nello stesso anno vescovo di Alatri, e nel 1586 sovrintese all'erezione dell'obelisco in Piazza san Pietro disegnando in terra la rosa dei venti, i solstizi, gli equinozi.

Scrittore fecondo, oltre al trattato sull'uso dell'astrolabio, ha lasciato numerose opere, fra cui la traduzione della *Prospettiva di Euclide*, un *Trattato sull'uso della sfera*, un *Trattato sul radio latino*, l'*Anemographia* e le *scienze matematiche ridotte in tavole*.

A Danti è intitolato il planetario di Perugia presso l'ITIS A. Volta, dal cui sito sono state tratte in gran parte le notizie biografiche qui riportate.

**d'Ascoli Cecco** (1269 - 1327)

**De astris** Opera di astronomia andata perduta attribuita da Plinio a → **Giulio Cesare**; discussione al lemma relativo.

**debris disk**

**De Cesaris ???** Duomo Milano meridiana.

**Deep Impact** → cometa **Tempel**.

**deep sky** Locuzione inglese che indica oggetti del profondo cielo di morfologia non stellare.

Gli oggetti del profondo cielo comprendono le nebulose (diffuse, planetarie, scure), gli ammassi aperti e globulari, le galassie e i relativi ammassi, i testi di supernovae,...

I singoli oggetti sono trattati ai rispettivi lemmi. In tabella nella pagina successiva è riportato l'elenco dei principali cataloghi relativi.

**Delambre Jean-Baptiste-Joseph**

**de la Rue Warren**

**De Vico Francesco s. J.** (1839 - 1848)

**De Vico, cometa**

**declinazione**

**deferente**

**de La Hire Philippe** (1640 - 1718)

**Delambre Jean-Baptiste Joseph** (1749 - 1822)

**Del Buono Paolo** Allievo di Galileo.....

**della Francesca Piero** (-)

**della Porta Giovan Battista** II edizione *Magia naturalis* accenni al cannocchiale

**Dembowski Ercole** (1812 - 1881)

**Democrito di Abdera** (470 - 370 a.C. circa) Filosofo naturalista nato ad Abdera, la città che dette i natali anche a Protagora.

Nel corso della sua vita viaggiò molto disperdendo il patrimonio, ma non è affatto certo che abbia compiuto anche viaggi in India ed Etiopia come a lungo si è creduto.

Allievo di Leucippo, fu uno degli ingegni più versatili dell'antichità, seppe coltivare un sapere enciclopedico che spaziava dai problemi della cosmologia a quelli della logica, della matematica, della medicina e di altre discipline. È considerato il padre dell'atomismo.

I pochi 300 frammenti che possediamo di lui (**Diogene Laerzio** lo accredita autore di oltre 70 opere) testimoniano la vastità dei suoi interessi. Morì vecchissimo, qualcuno sostiene più che centenario.

■ *La filosofia*

■ *Il pensiero scientifico*

■ *Il pensiero.* La sua impostazione filosofica-naturalistica non era concepita per attirargli i favori del prossimo, tantomeno quello degli altri pensatori.

Platone pur conoscendone le opere non lo cita mai direttamente, infastidito dal negazionismo dell'immortalità dell'anima e dalla sua concezione della natura che bastava a se stessa, dall'idea dominante che solo in essa andavano cercate le motivazioni della sua esistenza, senza ammettere l'intervento esterno della divinità.

Neanche Aristotele fu eccessivamente tenero nei suoi confronti non condividendone il materialismo, ma al contrario di Platone lo cita diverse volte, e con rispetto, nelle sue opere.

Con l'imperare del cristianesimo poi, l'atomismo diverrà agli occhi dei Padri della Chiesa la più eretica delle correnti di pensiero, ancor più della sofistica, e bisognerà attendere il rinascimento e l'età moderna (XVI e XVII secolo) per la sua riscoperta e rivalutazione.

La teoria *atomistica* va considerata come una delle più scientifiche dell'antichità, e fa di lui uno dei fondatori della fisica.

L'essere ed il non essere si trasformano in Democrito in due concetti del tutto nuovi: τὸ ἄτομος (l'atomo), da ἄ-τέμνω (non divido), e τὸ κενόν (il vuoto). L'atomo è posto a fondamento della realtà fisica e diviene il principio, ἡ ἀρχή di ogni cosa, e di conseguenza l'*essere* immutabile ed eterno.

Come Anassagora, Democrito ammette un'infinità di principi, ma questi non sono infinitamente divisibili: se tutto fosse divisibile — assume — il mondo sarebbe finito da tempo. I corpi non divisibili hanno bisogno di spazio per muoversi, Democrito introduce il concetto di vuoto.

Se per Empedocle ed Anassagora i principi si differenziano per qualità, in Democrito la differenziazione opera solo per quantità, dacché gli atomi sono dotati di un numero infinito di differenze. Il problema quantità-qualità (perché se gli atomi sono quantitativamente connotati li percepiamo qualitativamente composti?) è risolto da Democrito supponendo che se noi percepiamo il bianco è perché esso è costituito da un assetto casuale d'unione d'atomi, un aggregato di atomi che colpiscono la vista.

Alla divisibilità infinita dello spazio geometrico propugnata da Zenone e dai suoi celebri paradossi (ad esempio Achille e la tartaruga), Democrito oppone l'indivisibilità dello spazio fisico

Cataloghi di oggetti <i>deep-sky</i> . Gli anni si riferiscono alla prima pubblicazione		
Sigla catalogo	nome catalogo	Autori – anno pubblicazione
<b>Categorie generali</b>		
GC	<i>General Catalog</i>	J. Herschel (1864)
H	<i>Catalog of non stellar objects</i>	Herschel (1789)
IC(I e II)	<i>Index Catalog</i>	Supplementi all'NGC
Lac	<i>Nebulous Stars of the Southern Sky</i>	N-L. La Caille (1755)
M	<i>Messier catalog</i>	C. Messier ( )
NGC	<i>New general catalog of nebulae and Clusters of Stars</i>	L. E. Dreyer (1888, 1912, 1953)
<b>Nebulose planetarie</b>		
Abell	<i>Planetary nebulae</i> (varie pubblicazioni)	G. O. Abell (1966)
ARO	<i>Algonquin Radio Observatory</i>	L. A. Higgs (1971)
<b>Nebulose diffuse</b>		
Ced	<i>Catalog of Bright Diffuse Galactic Nebulae</i>	S. Cederbald (1946)
Gum	<i>A survey of Southern H II regions</i>	C. S. Gum (1955)
Mi, MI	<i>New Emission Nebulae</i>	R. Minkowski (1946)
<b>Nebulose oscure</b>		
B	<i>Catalogue of 349 dark Objects in the Sky</i>	E. E. Barnard (1927)
LDN	<i>Catalogue of dark nebulae</i>	B. T. Lynds (1962)
<b>Ammassi aperti</b>		
Bas	Cataloghi e fotometria	Basel Astronomical Institute (1965)
Be	<i>Catalog of Star Cluster and Association</i>	Berkeley (1958)
Lund	<i>Catalogue of Open Cluster Data</i>	G. Lynga (Lund Observatory, 1987)
Mrk	<i>On the classification of open (galactic) stellar cluster</i>	B. E. Marakarian (1951)
Ru	<i>Classification of open star clusters</i>	J. Ruprecht (1966)
<b>Ammassi globulari</b>		
Arp	<i>Globular Clusters in the galaxy</i>	H. Arp (1965)
Pal	15 oggetti deboli	AA. VV. dalla <b>POSS</b> (1955 - 59)
Ter	11 oggetti deboli (infrarosso)	A. Terzan dalla <b>POSS</b> (1966 - 71)
<b>Galassie</b>		
IZ – 7Z	<i>Catalog of Galaxies and Clusters of Galaxies</i>	F. Zwicky (1961 - 1968)
Arp	<i>Atlas of Peculiar Galaxies</i>	H. Arp (1978)
AM	<i>A Catalogue of Southern peculiar Galaxies and Associations</i>	H. Arp, B. F. Madore (1987)
Mrk	<i>Catalogue of some 1515 Galaxies</i>	B. E. Markarian et al (1989)
MGC	<i>Morphological Catalogues of galaxies</i>	Vorontov et al. (1962 - 1968)
PGC	<i>Principal Galaxies Catalogue</i>	G. Paturel et al. (1989 - 1995)
UGC	<i>Uppsala general Catalogue of Galaxies</i>	P. N. Nilson (1973)
UGC-A, UA	<i>Catalog of Selected Non-UGC galaxies</i>	P. N. Nilson (1974)
<b>Ammassi di Galassie</b>		
Abell	<i>The Distribution of Rich Clusters of Galaxies</i>	G. O. Abell (1958)
RGC	<i>Catalogue of Rich Clusters of Galaxies</i>	G. O. Abell et al. (1989)

che ha nell'atomo il limite invalicabile. L'atomo (gli atomi) in quanto principio di ogni realtà sono eterni, non generati, non decadono.

Al νόος di Anassagora, al contrasto amore-odio di Empedocle, Democrito contrappone un vuoto ripieno (sic!) di infinite particelle, sempre in moto come quelle che si osservano in un fascio di luce, che vagano casualmente finché non si urtano assumendo nuovi moti e dando via ad un nuovo processo.

In questa concezione, più determinista che materialista, e che ammette un fatto solo come conseguenza di un altro, il vuoto viene ad assumere un ruolo fondamentale, perché se (in senso parmenideo) gli atomi sono l'essere, essi non sono concepibili senza il vuoto, che è il loro spazio essenziale.

■ *Il pensiero scientifico*. I meriti scientifici di Democrito non sono minori di quelli attribuibili comunque ad una teoria tanto innovatrice e profondamente speculativa.

Innanzitutto fu proprio la vastità dello scibile a permettergli di formulare teorie tanto innovative.

Secondariamente immaginare e concepire (all'epoca) un qualcosa che non è, il vuoto appunto, inteso come dimensione spaziale non era cosa da poco, perché questo vuoto non indica l'esistenza del non essere, ma soltanto l'assenza di materia coincidente

con lo spazio, ed in questa visione la realtà si prospetta come il risultato della sintesi.

Se confrontiamo poi il principio d'inerzia (*un corpo rimane nello stato di quiete o di moto rettilineo uniforme finché una forza esterna non ne modifica tale stato*) con l'assenza nella dottrina democritea di una qualsiasi forza (o volontà) esterna, la meccanica atomistica si presenta di un'attualità scientifica sorprendente.

L'introduzione di un vortice, quale elemento necessario e sufficiente per spiegare la formazione del cosmo secondo cui una massa atomica centrale ha dato origine alla Terra ed una periferica agli altri elementi, si presenta anche questa, geocentrismo a parte, in perfetto accordo con le teorie cosmologiche attualmente dominanti.

Pensare che esista un solo mondo abitabile era per lui inconcepibile, e quindi estese i suoi concetti all'universo intero, e in questa molteplice esistenza di universi e mondi fu il primo a immaginare che la Via lattea non fosse costituita altro che da un innumerevole numero di stelle.

La sua filosofia è apparsa ai posteri spesso negazionista e riduttiva, ma essa, non si deve dimenticare, ha permesso al platonismo di fiorire perché proprio contrastando con veemenza il pensiero

democritiano, quello poté giungere al concetto di intellegibile.

**Dendera, planisfero** Planisfero trovato nel tempio dell'omonima località egiziana durante la campagna d'Egitto di Napoleone, e come altri reperti trafugato e trasportato al Louvre. Il planisfero costituisce uno delle più antiche raffigurazioni di corpi celesti dell'antichità: → **atlante**, *sub* «*Atlanti celesti*».

**dendroclimatologia** Tecnica che permette la ricostruzione del → **clima** di una regione terrestre attraverso la datazione e l'esame degli anelli di crescita delle piante secolari.

**Deneb**

**Denza Francesco Maria** (1834 - )

**De revolutionibus orbium coelestium** Il principale lavoro di astronomia di → **Copernico**, pubblicato a Norimberga nel 1543, in cui viene esposta la teoria eliocentrica ed abbandonato il geocentrismo.

Il *De revolutionibus* fu il primo trattato scientifico di astronomia composto dopo la pubblicazione dell'**Almagesto**.

**derotatore di campo** Apparato meccanico elettronicamente asservito usato nelle montature altazimutali.

Il derotatore fa ruotare il sensore delle immagini (CCD o spettrografo) in direzione opposta a quella indotta dalla rotazione terrestre, per mantenere come nelle montature equatoriali l'immagine immobile durante l'inseguimento: → **rotazione di campo**.

**Descartes René** (1596 - 1650)

**Deslandres Henri** Direttore dell'Osservatorio di Meudon...

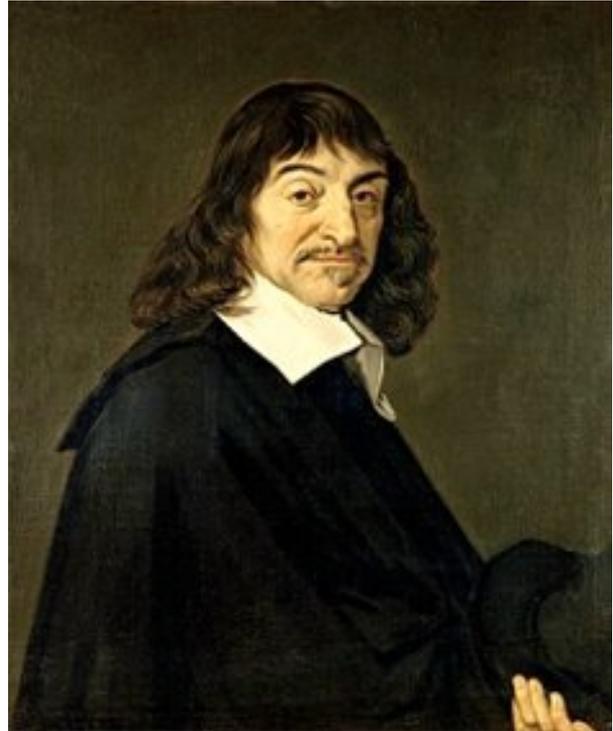
**dew zapper** Nome con cui nei paesi anglosassoni s'indica generalmente un elementare dispositivo elettrico composto di resistenze collegate in serie di medio wattaggio e alimentate a bassa tensione che con il calore generato prevengono il formarsi della rugiada sull'obiettivo o sulla lastra corretrice di un telescopio Schmidt: → **osservatorio** *sub* «*La rugiada*».

**diaphanorama** Tecnica di rappresentazione di oggetti, vedute... sviluppata nel secolo XIX. Con il termine s'intende una tecnica rappresentativa secondo la quale gli oggetti sono raffigurati su un supporto trasparente che grazie all'illuminazione artificiale dona ad essi particolare risalto.



▲ Il planisfero zodiacale di Dendera. Parigi, Museo del Louvre

▼ R. Descartes in un dipinto di F. Hals (1648 circa)



La tecnica si praticava ponendo una fonte luminosa dietro l'oggetto e sfruttandone la trasparenza della superficie su cui era dipinto: cosiddetto *effetto diafanico*. La tecnica successivamente si affinò, e si giunse a proiettare (retroilluminandoli) grandi schermi in camere oscure di notevole dimensioni che rappresentavano paesaggi artistici o antichi fornendo con diverse sorgenti luminose l'idea della profondità.

L'artista svizzero **F. N. König** realizzò nel 1826 un atlante celeste secondo questa tecnica [156].

**diagramma H-R**

**Dicearco di Messina** (350 - 290 a.C.)

**dicotomia**



▲ Andromeda, Perseo e il Triangolo boreale dall'Atlante di N. König (1826)

**difettivi, mesi** Sidicono *difettivi* rispetto ai mesi cosiddetti *abbondanti*, quelli composti di un numero minore di giorni, in genere 29, rispetto agli altri che ne contano 30: → **calendario**.

**diffrazione**

**diffusione** → riflessione.

**Digges Leonard** (1520? - 1559)

**Digges Thomas** (1546? - 1595) Figlio di Leonard

**Dina**

**Diodoro siculo**

**Diofanto d'Alessandria** (VI (?) sec.) LO zero!!

**Diogene Laerzio** (III sec. d.C.) Letterato del tardo impero cui si debbono le poche notizie sui filosofi naturalisti dell'antichità.

**Diogeniti** Meteoriti rocciose appartenenti alla famiglia delle → **acondriti**.

**Dionigi il piccolo** (V - VI secolo) Monaco scita noto nell'antichità come *Dionysius exiguus* introdusse nel calendario giuliano l'era cristiana numerando gli anni dalla nascita di Cristo a seguito della richiesta da parte del Pontefice Giovanni I di poter disporre di un calendario perpetuo delle date delle Pasque. Dionigi sapeva che il ciclo completo delle Pasque s'estendeva per 532 anni, e siccome questo era – grosso modo – il tempo trascorso dalla discesa in terra di Gesù alla sua epoca, propose di misurare il tempo da questo evento. Spesso si accusa Dionigi di superficialità, ma essendo egli un uomo colto in grado di calcolare le fasi lunare, i numeri d'oro, le epatte, . . . [287], non è tanto che superficialmente sbagliò nelle addizioni collocando la nascita del Cristo erroneamente nel 753 *ab urbe condita*, quanto è il fatto che egli, come tutti gli uomini del suo tempo e dei molti secoli a venire, non conosceva lo zero, e la cronologia proposta fu per lui obbligata: → **calendario sub «Era cristiana»**.

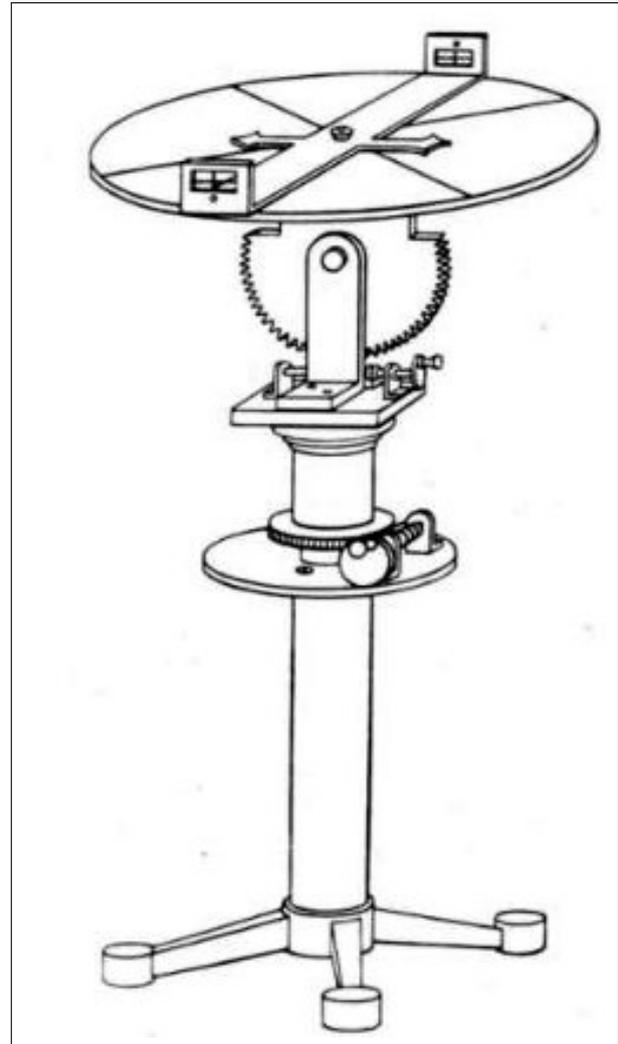
Soddisfatto di aver stabilito con precisione la data del Redentore, pose la data del 25 marzo per la concezione e quella del 25 dicembre per la natività, ma ricollegò erroneamente queste date al calendario giuliano, e così risultò che il Salvatore sarebbe nato nel 5 a.C. Questa datazione epocale si trova citata la prima volta nel 562 in un lavoro di Cassiodoro, il *Computus paschalis*, (computo della data della Pasqua).

**diottra** Dal greco  $\delta\acute{\iota}\omicron\pi\tau\tau\alpha$  (osservo attraverso), termine riferito ad uno strumento fornito di mire (dette anche traguardi o pinnule) attraverso i quali osservare. Prima del diffondersi dell'astronomia islamica nell'epoca medioevale, il termine designava anche l'→ alidada.

Claudio Tolomeo nella *Sintassi matematica* (in seguito nota come *Almagesto*) attribuiva l'invenzione della diottra ad Ipparco, che avrebbe costruito uno strumento simile per misurare i diametri del Sole e della Luna; ma è certo che lo strumento era già conosciuto da Archimede che ne parla nell'*Arenario*.

Nel suo *Commento al V libro dell'Almagesto*, Pappo descrive lo strumento come una guida incernierata perpendicolarmente su un'asta, e fornita di due pinnule, una fissa con un foro e l'altra mobile. La pinnula mobile è fatta scorrere lungo una scanalatura avanti e indietro finché non copre il disco del Sole o della Luna. Il rapporto fra il diametro della pinnula mobile e la distanza da quella fissa consente di calcolare l'angolo sotteso dalla Luna o dal Sole.

▼ La diottra secondo Erone; ricostruzione di Schöne, 1903. Si distinguono le regolazioni in azimuth e in declinazione ed il disco goniometro con diottra.



Di uno strumento simile, anche se decisamente più elaborato, parla Erone di Alessandria, qualificandolo come uno strumento portatile per misurazioni terrestri ed astronomiche.

Essa era costituita da un disco, presumibilmente graduato, su cui era incernierata un'asta (la diottra) e tramite una vite senza fine, che poteva essere liberata dall'ingranaggio principale, poteva essere effettuata una fine regolazione.

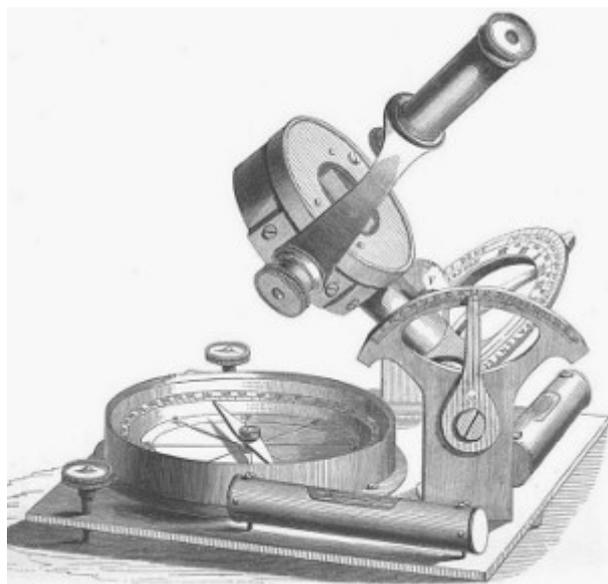
Anche questo strumento veniva usato principalmente per misurare la separazione angolare fra due oggetti. Liberata la vite senza fine dal suo ingranaggio, il piatto principale liberato dell'alidada veniva puntato in prima approssimazione verso l'oggetto da osservare. Quindi si rimetteva l'alidada e con la vite senza fine si effettuava il puntamento preciso in altezza.

Liberata la seconda vite senza fine si puntava l'alidada verso il primo oggetto, si lasciava la vite senza fine e si effettuava la mira precisa prendendo la misura angolare. L'operazione veniva ripetuta per il secondo oggetto. La misura angolare risultante dalla diversa posizione dell'alidada su ciascun oggetto dava la separazione angolare.

È naturale pensare che uno strumento così concepito debba considerarsi il diretto progenitore del → teodolite.

La diottra, per funzionalità, è simile alla → groma usata dai Romani, ma al contrario di questa che consentiva un allineamento grossolano di punti opposti al fine di tracciare (per lo più) cardo e

▼ Dipleidoscopio di E. Dent; disegno dal manuale illustrativo dell'ideatore dello strumento



decumano, la diottra era uno strumento incommensurabilmente più preciso.

Per approfondimenti → [ottica](#).

**dipleidoscopio** Strumento simile alla meridiana di → [Amici](#), ed a questo antecedente, ma che non presenta come quello la stessa nitidezza delle immagini.

La descrizione dello strumento da parte dell'ideatore è reperibile al sito citato in bibliografia:[88].

**diretto** Direzione del moto celeste di un pianeta da Ovest verso Est, od anche in senso antiorario, se osservato dal Nord dell'eclittica.

**disco apparente**

**disco galattico**

**divina proporzione** → rapporto [aureo](#).

**Divini Eustachio** Micrometro e lenti

**Diviš Václav Prokop**

**Dobson ...**

**dobsoniano, telescopio** Tipo di telescopio che gode di molta popolarità fra gli astrofili.

Il telescopio dobsoniano, così chiamato dal nome dell'ideatore, [J. Dobson](#), è costituito da un tubo ottico, generalmente di cartone o al più di multistrato leggero, poggiato *alla meglio*, tramite due assi improvvisati, su un supporto in genere anch'esso di legno. La montatura ricorda quindi l'altazimutale.

Dal punto di vista delle qualità ottiche e astronomiche questo telescopio non ne possiede alcuna. è traballante, instabile, le ottiche, provenienti in genere da lastre commerciali sono spesso di pessima qualità, talvolta neanche parabolizzate, nonostante siano spesso di notevoli dimensioni e superiori anche ai 25 pollici, ma con bassissimo spessore del menisco.

Costruito quasi esclusivamente in configurazione newtoniana, la sua diffusione e popolarità si deve alla facilità di costruzione in relazione al poco che ci si attende dallo strumento: può essere considerato come un monocolo montato su una forcilla.

▼ Telescopio dobsoniano



Quando è costruito secondo regole scientifiche con ottiche di riguardo su montature stabili, cessa di avere questo nome ed assume quello più consono e proprio di telescopio in montatura altazimutale.

**Dollond John** (1706 - 1761) obiettivo acromatico

**dolmen** → [archeoastronomia](#).

**domenicale, lettera**

**Dominis Antonio de** (—) pluriconvertito arcivescovo di Spalato fu bruciato il corpo e le opere morì non si quanto *motu proprio* prima che il processo contro di lui terminasse. Al termine del processo e della relativa sentenza di condanna, il corpo fu riesumato e bruciato assieme alle sue opere in Campo dei Fiori a Roma.

Nei suoi cui confronti (per motivi religiosi legati alle sue conversioni plurime) la Chiesa pronunciò poi la *damnatio memoriae*,<sup>1</sup>

**Donati, cometa** (C/1858 LI) Cometa scoperta nel 1858 dall'astronomo italiano G. Donati. Fu una delle comete più brillanti del XIX secolo, e si caratterizzava pe due strette e dritte code

1. L'istituto storico-politico della *damnatio memoriae* ha origine lontanissime, notizia dall'epoca dei Faraoni nome coniato dal filologo tedesco Christoph Schreier-Gerlach. Sanzione *post mortem*: ricorda Ovidio, Nerone, "era un provvedimento del senato che annullava gli atti compiuti da un magistrato nella sua funzione pubblica": *rescissio actorum abolitio nominis* comprendeva il rogo dei libri e la confisca dei beni ed il giorno del suo compleanno diveniva *dies nefastus*. la damnatio della chiesa si chiamava scomunica. Con la damnatio si cercava (e si cerca) insomma di riscrivere la storia.

di ioni. La coda raggiunge al perielio un'estensione di 60° sulla volta celeste.

**Donati Giovanni** spettroscopia, scoprì sei comete, costruì l'Osservatorio di Arcetri di cui fu direttore

**Dondi Giovanni dall'Orologio** (1330 - 1388) Medico, astronomo e filosofo padovano.

Il padre Jacopo fu fregiato dalla *Serenissima* del titolo *ab horologio*, titolo che automaticamente passò alla morte al figlio che si dedicò sempre più alla meccanica applicata all'astronomia dedicandosi alla costruzione degli orologi tanto che con questo nome "dall'Orologio" è universalmente conosciuto.

Chiamato a Pavia nel 1362 come astrologo della corte da Galeazzo II Visconti, rimase in questa città sino al 1365 insegnando alla locale università.

Intorno al 1367 fu a Firenze. L'anno successivo compì un viaggio a Roma e fu tanto affascinato dalla città che pensò di dedicarsi all'archeologia, ed infine nel 1379 tornò a Pavia come medico ed astrologo di corte rimanendovi sino alla morte.

Per quanto è dato conoscere in relazione agli scritti rimasti, il suo contributo principale va riconosciuto nell'essere stato il primo a affrontare – dopo il medioevo – lo studio del tempo legandolo alla meccanica di precisione cercando di liberarsi dell'instabilità temporale dei → **quadranti solari** che dominavano incontrastati e che continueranno a lungo ad essere l'unico modo di riferimento per la conoscenza del tempo: all'epoca nel Paese era in vigore l'*ora italica*, secondo la quale il computo del nuovo giorno iniziava col tramonto del Sole, con comprensibile diversa durata di questo a seconda delle stagioni.

In questo senso G. Dondi è ricordato soprattutto per la costruzione dell'astrario [39], uno strumento di misura del tempo assai



▲ La cometa Donati del 1858 come raffigurata sul cielo di Parigi dallo scrittore francese A. Guillemin nell'opera divulgativa *Ciel*

complesso che rappresentava il movimento degli astri sulla volta celeste, della cui realizzazione il Dondi lasciò anche una corposa relazione, il *Tractatus Astrarii*.

Buon poeta fu amico personale di Francesco Petrarca, ed era tenuto da questi in grande considerazione. Così il poeta scriveva di lui: ... *il maestro Giovanni de Dundis, il filosofo naturale è probabilmente il migliore degli astronomi, detto "dall'Orologio" per via dell'ammirevole lavoro del planetario da lui costruito, che il volgo ritiene essere un orologio.*

**Dondi Jacopo dall'Orologio**

**doppietto**

**Doppler, effetto**

**Dorpat, osservatorio**

**Dositeo d'Alessandria**

**DOT** Acronimo di *Dutch Open Telescope*, telescopio solare installato a La Palma per immagini solari ad alta risoluzione.

**draconico**

**DRAGN** Acronimo coniato nel 1993 da P. Leahy che sta per *Double Radio Sources Associated [with] Galactic Nuclei*. Un oggetto del tipo DRAGN è A DRAGN una radio sorgente caratterizzata da almeno una di queste strutture: getti, lobi e hot spot

**Draper Henry** (1837 - 1882)

**Draper, catalogo** → **catalogo astronomico sub «Cataloghi speciali».**

Catalogo pubblicato fra il 1918 ed il 1924 sulla base dei lavori spettroscopici eseguiti da **H. Draper** dal suo osservatorio privato. Il catalogo, in sigla HD, comprendeva in questa prima edizione oggetti sino alla 9<sup>a</sup> magnitudine, e riportava la classificazione spettrale per 225 300 oggetti. CONTROLLA sub cataloghi n.° diverso.

A questa edizione seguì fra il 1925 e il 1936 la HDE (*Henry Draper Extension*), con ulteriori 46 850 oggettine, e nel 1949 la HDEC *Henry Draper Extension Charts*. Completa...

**Drusciè, osservatorio del Col** → Cortina - Col Drusciè.

**DT** → **Dynamical Time**

**Dub Optika** Azienda di Varese relativamente recente, affermata per la professionalità delle proprie realizzazioni sia presso le associazioni amatoriali che presso i centri di ricerca universitari.

La ditta costruisce osservatori astronomici completi, dalle ottiche, alla montatura alle cupole, e si specializzò da subito nell'automazione dei telescopi.

**Duran**

**Duret Noël** (-)

**Dreyer Johan Ludwig Emil** (1852 - 1926) Astronomo danese NGC

**Dynamical Time** Terrestrial Dynamical time e Barycentric Dynamical Time

## E

**Ecateo di Mileto** (550 - 476 a.C.) Storico e geografo greco. Si conoscono alcune notizie sulla sua biografia da Erodoto riguardanti numerosi viaggi da lui compiuti che lo portano a comporre una carta dell'**ecumene** migliorando quella di **Anassimandro**.

**eccentricità**

**Echelle, spettrografo**

**Eckar, cima -** → osservatorio di **Asiago**.

**eclisse**

**eclittica**

**eclittiche, coordinate -**

**ecumene** Dal greco *οἰκουμένη* (abitato/a), termine cui nell'antichità si attribuiva valenza geografica intendo riferirsi all'estensione delle terre abitate. In senso traslato il termine è usato anche in ambito religioso per indicare fenti appartenenti ad una medesima confessione religiosa.

Nel periodo greco classico carte dell'ecumene furono redatte da → **Anassimandro**, **Ecateo** ed Erodoto; in epoca ellenistica celebri furono le carte redatte da → **Eratostene**, Polibio, **Strabone** e **Tolomeo**: la riscoperta dell'opera dell'alessandrino nel XV secolo pose di fatto le basi della rinascita della cartografia.

**Eddington Arthur Stanley** (1882 - 1944) Astronomo, fisico e divulgatore inglese.

Terminati gli studi nel 1906 divenne assistente al Royal Observatory e nel 1919 fu a capo di una delle spedizioni scientifiche organizzate per ottenere una verifica sperimentale della teoria della relatività generale di **A. Einstein**, la quale prevedeva che la massa del Sole potesse deviare il percorso di raggi luminosi ad esso vicini. Si trattava quindi di misurare con grande accuratezza la posizione apparente delle stelle quando queste fossero vicine ad esse e quando ne fossero lontane.

Per effettuare le misure occorre che il Sole sia oscurato, e si sfruttò la prima eclisse totale disponibile, quella del 29 maggio 1919. Eddington si recò all'isola di Principe nel Golfo di Guinea e durante i 320" di totalità espose 16 lastre con tempi variabili fra i 2" e i 20", ottenendo deviazioni di 1,60" ( $\pm 0,30"$ ); i calcoli davano 1,74". Il risultato dell'indagine fu presentato nel novembre dello stesso anno alla Royal Society.

La spedizione rese Eddington famoso, ma il suo contributo all'astronomia non era ancora terminato.

Nel 1926 pubblicò *The Internal Constitution of the Stars*, compendio delle ricerche sin lì svolte, un libro tuttora pubblicato che ha costituito lungo un classico in materia. Successivamente Eddington affrontò il problema della pressione di radiazione all'interno delle stelle derivandone la relazione fra la massa di una stella e la sua luminosità, anzò l'ipotesi che le nane bianche fossero stelle densissime, intì chela fonte d'energia in una stella è la conversione di materia in energia secondo la nostra espressione einsteiniana  $E = mc^2$ .

Negli ultimi anni della sua vita Eddington si dedicò alla metafisica convinto di poter risolvere i problemi fondamentali della fisica senza bisogno di prove sperimentali, e l'ultimo lavoro

*Fundamental Theory* parve a molti che gettasse un'ombra sul suo passato avendo sposato idee ascientifiche

**Eddington, limite di**

**E-ELT** Acronimo di → **European Extremely Large Telescope**.

**Efesto, disco di -** Manufatto in terracotta risalente all'età del bronzo, ritrovato nel 1908 dall'archeologo italiano L. Pernier nel palazzo minoico di Creta.

Il disco di poco più di 16 cm di diametro, presenta sui due lati delle iscrizioni spiraleggianti la cui interpretazione ha catturato l'interesse (e la fantasia) dei ricercatori che si sono azzardati nelle più svariate interpretazioni. Secondo alcuni rappresenterebbe un sillabario, secondo altri un alfabeto, e secondo un recente studi di I. Mosenkis esso potrebbe invece rappresentare una sorta di planetario celeste da usarsi come bussola per la navigazione potendosi individuare alcune costellazioni [217].

L'unico dato certo è che il disco non presenta le iscrizioni come incise con un bulino od altro utensile, ma con una sorta di caratteri mobili precomposti, il che fa ovviamente presumere che dovessero esistere più realizzazioni di quella specie o di specie consimili.

**effemeridi**

**effetti ottici**

**egira, era dell'-** Era epocale e sacrale che si fa iniziare nell'anno 622 dell'era cristiana in coincidenza con l'inizio dell'islamizzazione: → araba astronomia, **calendario sub «Calendario musulmano»**.

**egizia, astronomia /**

**EGRET**

**Einstein Albert** (-)

**elementi orbitali**

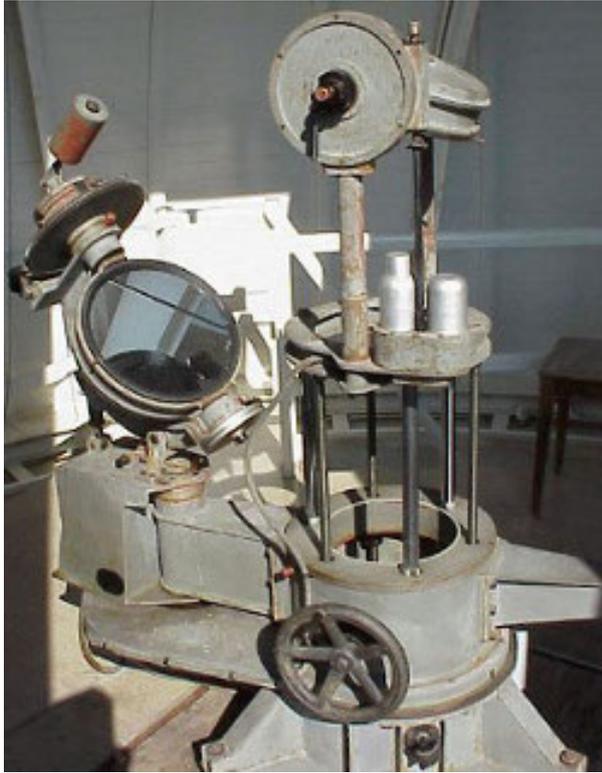
**elettromagnetica, radiazione -** → luce.

**ELF**



▲ Disco di Efesto. Museo archeologico Heraklion di Creta

- ▼ Eliostato Zeiss dei primi del Novecento. Si nota lo specchio inclinato che riceve la luce solare rinviandola allo specchio superiore (visibile il supporto) che la indirizza nella parte cava all'interno della montatura



eliaca, levata -

eliocentrico

**eliopausa** Confine del sistema solare segnato dalla fine dell'influenza del Sole.

elioscopio

eliosfera

eliostato

**eliotropico, foro** - → **foro gnomonico**.

**eliotropio** Strumento ideato da **C. Grienberger** per l'osservazione delle macchie solari. Lo strumento, utilizzato da **C. Scheiner** rappresenta, molto probabilmente in assoluto, la prima montatura equatoriale per strumenti d'osservazione basati sul principio della rifrazione. L'osservazione del disco solare avveniva con il sistema della proiezione dell'immagine su uno schermo bianco posto a ridosso dell'oculare.

**ellenismo** Termine coniato nel XIX secolo dallo storico tedesco J. G. Droysen per indicare il periodo storico-culturale relativo alla diffusione nel mondo orientale della civiltà greca a seguito delle conquiste di Alessandro. Il periodo si fa comunemente andare dal 323 a.C., anno della morte di Alessandro, al 48 a.C. - 31 a.C. (guerra da parte di **G. Cesare** e battaglia di Azio), con il definitivo asservimento a Roma dell'Egitto e di Alessandria quando proprio questa città divenne il la ragione del contendere fra Ottaviano e Marc'Antonio: → **Alessandria**. L'ellenismo segue la scomparsa dei Faraoni e l'istaurazione in Egitto di una delle tante dinastie macedoni, quella dei Lagidi,

che con Tolomeo I, fece di Alessandria e della sua scuola il centro culturalmente più importante del mondo in cui la civiltà greca classica continuò ad espandersi. Alla scuola lavorarono personalità come di **Aristarco**, **Euclide**, **Archimede**, **Eratostene**, e tantissimi altri. La spinta culturale prodottasi fu talmente forte che impiegò parecchi secoli a spegnersi del tutto anche dopo la conquista romana e l'avvento dell'era cristiana, tanto che ancora a cavallo fra il IV e il V secolo si ebbero, e sempre ad Alessandria, figure come **Teone**, **Ipazia**,...

elongazione

**embolismico** È detto anno embolismico, l'anno di 13 mesi del calendario ebraico. Il calendario ebraico può avere 12 o 13 mesi: i primi sono chiamati *anni comuni*, i secondi appunto embolismici: → **calendario ub** «calendario ebraico».

emersione

emisfero

**Empedocle di Agrigento** (490/480 - 420 a.C. circa)

Enceladus

**Encyclopédie méthodique** Chiamata anche *Enciclopedia Panckoucke* dal nome dell'imprenditore editoriale parigino Charles-Joseph Panckoucke che la propose nel 1782, fu nella sua epoca un'opera monumentale che voleva riproporre in forma enciclopedica le nuove frontiere del sapere al termine dell'epoca dei lumi.

L'opera iniziata da Panckoucke con l'intenzione di continuare ed ampliare la celebre *Encyclopédie* di Diderot e d'Alembert, fu continuata dal genero e dalla figlia di questi, e costituì anche il primo impegno culturale di collaborazione internazionale: alla stesura di una voce collaborò anche il presidente degli Stati Uniti T. Jefferson. Quando fu completata contava 210 volumi (più varie tavole),

Organizzata per materie, la struttura ed il raggruppamento delle tematiche risentono comunque ancora di un'impostazione classica, ed è sufficiente dare una scorsa ai titoli per accorgersene. Ben 14 volumi sono dedicati alla storia naturale, 11 alla geografia, 1 persino all'equitazione e alla scherma, ma neanche un volume è dedicato all'astronomia, pur essendo stata questa voce redatta da un ricercatore di prima qualità come il **Lalande**, che non si dilungò comunque in spiegazioni ed illustrazioni di fenomeni celesti.

Per quanto più doviziosa di particolari e notizie che non l'*Encyclopédie* di Diderot e d'Alembert, la voce è ancora assai insufficientemente trattata.

**Encke Johan Franz** (1791 - 1865)

**Encke, cometa** -

**Endemann, effetto**

energia

**enneadecateris** Ciclo di 19 anni del calendario greco più noto come **metonico**: → **calendario sub** «Calendario greco».

**enneaeteris** Altro nome – secondo quanto riporta Censorino [64] – attribuito al ciclo di otto anni detto **octaeteris**. Il ciclo secondo Censorino avrebbe avuto anche quest'altro nome perché sarebbe iniziato di nuovo ad ogni nono anno: → **calendario sub** «Calendario greco».

**Enopide di chio** (490 - 420 a.C. circa)

**epagomeni, giorni** Giorni che nel calendario egizio ed alessandrino, composti da 12 mesi di 30 giorni ciascuno e ancora usati nel IV secolo d.C., venivano apposti alla fine dell'anno per renderlo di 365 giorni. → **calendario sub** «Calendario egizio» e **sub** «Calendario giuliano».

**epatta** Secondo la riforma gregoriana del → **calendario**, l'epatta è il numero dei giorni di cui l'anno solare comune composto di 365 giorni eccede quello lunare di 354 giorni. L'epatta è fondamentale per la fissazione della data della → **Pasqua**,

**epiciclo** La Terra è in  $T$ , ed un pianeta  $P$  orbita attorno alla terra percorrendo una circonferenza (epiciclo) sulla sfera più piccola il cui centro in  $C$  si sposta su un'altra sfera di centro  $O$  chiamata deferente. Se il punto  $C$  si muove di un moto circolare uniforme con velocità angolare  $w_1$ , il punto  $P$  si muoverà con moto circolare uniforme a velocità angolare  $w_2$ . Questa raffigurazione rappresenta il sistema base, ma si possono costruire anche modelli più complessi con epicicli su epicicli, come facendo variare le distanze  $TC$  e  $CP$  e le velocità angolari....

**Epifania** → **Natale**.

Il termine, di diretta provenienza ellenistica, indica l'apparizione benefica di una divinità, di un salvatore, una personalità eccezionale destinata comunque a rivestire per le genti una funzione carismatica.

Il termine, e la relatività festività, affonda le sue origini in antichi rituali che nulla hanno a che vedere col cristianesimo, ma sono espressioni dirette di un'autorità politica e religiosa destinata ad esercitare la sovranità, e comunemente usato nell'**ellenismo**, transitò in seguito a Roma in epoca imperiale, a dimostrazione che il sovrano era la divinità celeste manifestatasi sulla Terra. Rispetto al Natale l'Epifania marca una sintomatica diversità, in quanto non individua una particolare festività con riferimento ad un determinato culto, ma piuttosto l'apparizione, e la manifestazione stessa della divinità in terra.

Solo con l'introduzione del Natale l'Epifania assume un connotato diversificato; volendosi proporre come autonoma e rilevante festività, essa celebrò fatti significativi della vita di Cristo: in oriente il battesimo, in occidente l'adorazione dei Magi, la manifestazione dunque della divinità.

Anche in questo caso è comunemente rinvenibile un riferimento astronomico.

Agli inizi l'Epifania veniva chiamata in oriente *fešta delle luci*, con riferimento non solo ad una festa ebraica, ma anche all'illuminazione del giorno che aumenta sempre più dopo il solstizio invernale rispetto al periodo precedente, e questo tralasciando il nesso astronomico della stella (cometa) che avrebbe guidato i Magi sino alla grotta dell'adorazione.

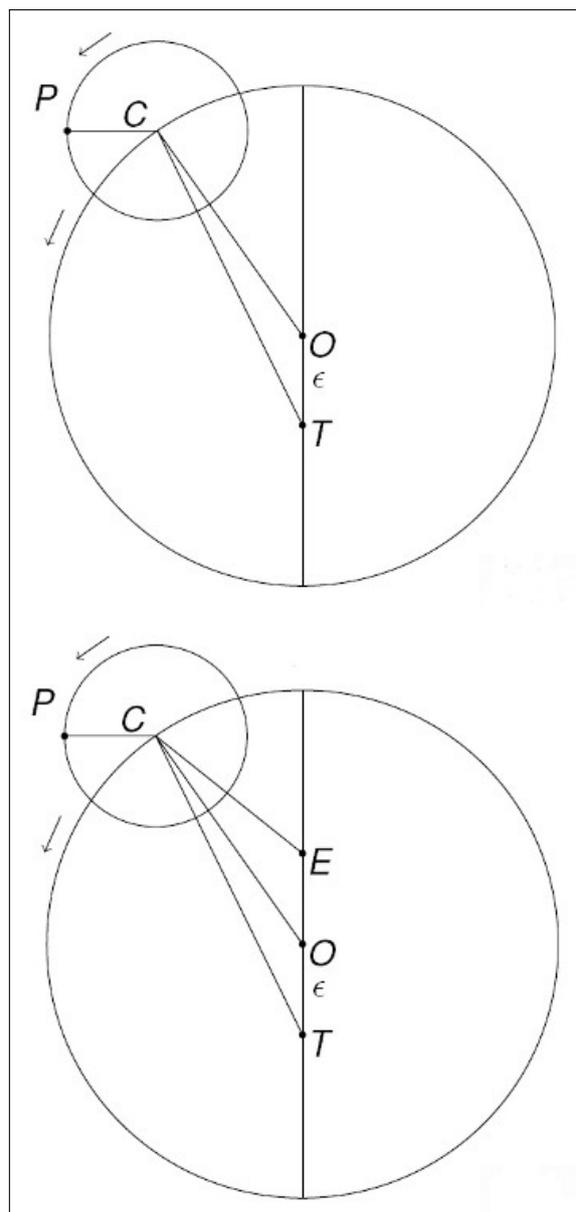
Quanto al giorno in cui attualmente cade la festa (6 gennaio), esiste un riferimento ad un rito pagano che veniva celebrato ad **Alessandria** in cui si celebrava la nascita di una divinità partorita anche in quel caso da una vergine.

**episemasie** Sorta di pronostici meteorologici fondati su ripetute osservazioni di avvenimenti che si ripetono costantemente col ciclo stagionale. Le episemasie si ritrovano nei **parapegma**. Il vocabolo si trova usato in **Gemino** nel libro XV degli *Elementi di Astronomia*.

**epoca** Riferimento temporale di validità, per cui sono state calcolate le effemeridi di un dato corpo celeste, al fine di correggere l'errore derivante dal fenomeno della precessione

▼ Epiciclo ed equante.

In alto modello tolemaico di epiciclo-deferente, in basso lo stesso modello con l'introduzione dell'equante: vedi testo



degli equinozi. **equinozio, riduzione** Per i cataloghi fare con attenzione

**eponimi** Attributo aggiunta in epoca romana ai consoli quando s'introdusse l'uso che i consoli entrassero in carica all'inizio dell'anno: → **calendario sub** «Calendario numiano».

**equante** → epiciclo.

**equatore celeste**

**equatore terrestre**

**equatoriale, montatura -**

**equatoriali, coordinate -**

**equazione delle effemeridi**

**equazione del tempo**

**equazione personale** in fotometria

**equazione solare** Algoritmo di computo calendariale degli anni bisestili secondo la riforma gregoriana del 1582 concepita da **L. Lillo**. Per non far scivolare l'equinozio dalla data del 21 marzo, essendo questo riferimento fondamentale per fissare la data della **Pasqua**, Lillo propose l'omissione di tre anni bisestili ogni 400 anni: → **calendario sub** «Calendario gregoriano». Proprio tale omissione è detta *equazione solare*.

**Equuleus**

**equidensitometria**

**equinozi**

**equinozio, riduzione dell'**- NEI CATALOGHI.

**Eraclide pontico** (390 - 320 a.C. circa ) Fu il primo, assieme ad → Aristarco di Samo a sostenere la teoria eliocentrica. Di lui non abbiamo molte notizie tranne le scarse lasciate da Diogene Laerzio. L'originalità delle sue idee, unitamente ad uno spirito indipendente che non accettava di porsi sotto alcuna delle scuole di pensiero allora dominanti, non erano fatte in modo le simpatie degli altri pensatori dell'epoca, e stando a quel poco su di lui che riferiscono → Simplicio, → Calcidio, Plutarco → Plutarco e pochi altri sembra fosse interessato a tutti i fenomeni del mondo sensibile avvicinandosi ad essi senza preconcetti. Non fu caposcuola di alcuna dottrina e pare non lasciasse discepoli, e questo spiega la scarsità di notizie su di lui.

**Erasmus, osservatorio di Sant'**- Osservatorio sito a Cesi, in provincia di Terni, e gestito dall'Associazione Astrofili Ternani intitolata.

**Eratostene di Cirene** (276 - 194 a.C.) chiamato  $\beta$  (beta) alla scuola di Alessandria perché considerato secondo in tutto

**Eridanus**

**Erone di Alessandria** Matematico ed inventore greco (I o II d.C.). La sua fama è legata alla costruzione di numerose macchine idrauliche e soprattutto alla formula matematica che porta il suo nome secondo la quale si può esprimere l'area di un triangolo in funzione dei lati...

**ESA**

**esapodale**

**esaustione, metodo di** Antifone, Eudosso..Saint Vincent CITARE ARCHIMEDE!!!!!!!!

**Esiodo da....** (-)

**ESO**

**ESO-SRC Sky Atlas** Survey dell'emisfero australe realizzata negli anni settanta grazie alla collaborazione dell'osservatorio anglo-australiano di **Siding Spring** e quello dell'**ESO** a **La Silla** e sfociata nell'atlante dall'omonimo nome.

L'atlante che completa la **Palomar Sky Survey** copre il cielo a Sud della declinazione  $-17^\circ$ , ed è stata realizzata con 606 coppie di lastre fotografiche (in luce blu e in luce rossa come per la **Palomar Survey**), e raggiunge nel blu la  $23^a$  magnitudine.

Assieme alla **Palomar Survey**, quest'atlante fornisce la più completa raffigurazione del cielo, fornendo importanti indicazioni

di verifica e stima di dati per la zona in cui questi atlanti si sovrappongono fra  $-17^\circ$  e  $-33^\circ$ .

**Esperia** Pianetino scoperto da **G. V. Schiaparelli**.....1861

**E sporadico**

**etere**

**Euclide di Alessandria** (325 - 265 a.C.)

**Eucriti** Meteoriti rocciose appartenenti alla famiglia delle → **acondriti**.

**Euctemone di ...**

**Eudemo**

**Eudosso di Cizico**

**Eudosso di Cnido** (408/406 - 355 a.C.)

- *Notizie storiche*
- *Il pensiero scientifico-matematico*
  - ▶ *Il metodo di esaustione*
- *La concezione cosmologica*

■ *Notizie storiche.* Eudosso nacque a Cnido, città dell'Anatolia,. Compì diversi viaggi: a Taranto per incontrare Archita (che non solo era lo stratega della città, ma anche un valente meccanico e matematico ed, in aggiunta, anch'egli assertore dei principi della scuola pitagorica), in Sicilia dove studiò medicina con Filistone di Locri.

Fu ad Atene ove frequentò il fisico Teomedone, e quindi si recò in Egitto dove studiò astronomia presso i sacerdoti si Eliopolis,, e fu durante questo periodo che iniziò ad effettuare osservazioni astronomiche, studiando in particolare la durata dell'anno tropico cui attribuì una durata di 365 giorni e  $\frac{1}{4}$ .

Fu quindi a Cizico (città dell'Asia minore sull'attuale mar della Marmara) dove fondò una scuola che riscontrò immediatamente un immenso successo e che raccoglieva allievi da ogni parte del mondo allora conosciuto.

In filosofia approfondì la teoria delle *metessi*, la partecipazione delle cose tangibili al mondo delle idee; e intorno al 368 a.C. effettuò un secondo viaggio ad Atene accompagnato da molti dei suoi allievi, e strinse sicuramente conoscenza con Platone, col quale non ebbe buoni rapporti: su questo influì forse il fatto che l'Accademia di Atene fu retta da Eudosso mentre Platone era impegnato in un viaggio in Sicilia a convincere Dionigi a governare la città... con metodi filosofici.

In quel periodo fu per qualche tempo insegnante di Aristotele che nell'*Etica Nicomachea* ricorda l'influsso che i suoi ragionamenti esercitavano sull'ascoltatore, ricordando non senza un velo d'ironia, che *... i suoi ragionamenti acquistavano credito più per la virtù dei suoi costumi che per se stessi, poiché appariva di un'insolita intemperanza...* [40, pagg. 70 - 71]. L'identificazione eudossiana del piacere col bene non poteva non essere formulata in modo che il pensatore di Stagira si allontanasse da lui.

Ad Atene scrisse libri di teologia e meteorologia, ma la sua vera passione restava l'astronomia, e così fece costruire a Cnido un osservatorio astronomico continuando le ricerche iniziate ad Eliopolis.

La sua ricerca condusse alla scrittura dei *Phenomena* e che costituirono la base delle osservazioni cui si riferirà Ipparco: l'astronomo di Nicea riferisce che quest'opere contenevano dati relativi al sorgere e tramontare delle principali costellazioni.

Eudosso è anche accreditato essere stato il primo a introdurre il mappamondo, a scrivere la prima opera geografica intitolata *La torre della Terra*.

■ *Il pensiero scientifico-matematico.* In campo scientifico i contributi apportati da Eudosso furono notevoli.

Applicandosi agli studi sulla proporzione fra loro delle figure geometriche dette lo spunto ad Euclide per i suoi *Elementi*, e teorizzò il metodo detto poi nel XVII secolo di *esaustione* per misurare superfici di figure a contorni curvilinee e rettilinee e risolvere il famoso problema della quadratura del cerchio.

► *Il metodo di esaustione.* RISCRIVI TUTTO!!!!!!

Il calcolo infinitesimale è una conquista relativamente recente che risale a B. Riemann e F. Gauss, ma il problema dell'infinitamente piccolo viene da lontano. Democrito con la teoria atomistica lo aveva già affrontato, anche se in chiave esclusivamente filosofica, ma poi il problema passò nelle mani dei matematici che soprattutto con Eudosso di Cnido vi apportarono un notevole contributo: *vedi* in proposito relativo lemma.

Il metodo elaborato da Eudosso sulla base di teorie matematiche a lui precedenti (già immaginato dal drammaturgo-matematico Antifone e teorizzato da Ippocrate di Chio), si basa sull'idea di circoscrivere attorno ad una figura geometrica curva, per lo più un cerchio, figure poligonali, e di continuare a moltiplicare all'infinito i lati del poligono approssimandoli sempre più alla figura curva.

Il metodo di esaustione nella discussione in chiave moderna presuppone la considerazione del *limite* e del *calcolo integrale*, concetti entrambi che erano estranei all'ellenismo almeno nel modo in cui oggi li conosciamo, anche se l'ellenismo a questi si avvicinò sensibilmente. Non esisteva cioè un'idea di limite di successioni convergenti, piuttosto l'idea di limite da riempire con grandezze note.

Il metodo di esaustione di Eudosso è ancora utilizzato nel calcolo integrale, solo che lo si chiama *calcolo dell'integrale semplice*. Eudosso fu il primo a sviluppare un calcolo che può definirsi la chiave dell'analisi infinitesimale moderna.

Il metodo può tuttavia funzionare solo metodo empirico, non come dimostrazione rigorosa, tanto è vero che i Greci dopo i ragionamenti del metodo di esaustione, ricorrevano alle classi dimostrazioni.

Quando i suoi studi furono ripresi nel XVI secolo da Tartaglia, le sue teorie sui numeri interi e razionali furono per decenni la base di studi scientifici, finché non si giunse al metodo algebrico di Cartesio.

Fu uno dei primi a calcolare l'area del cerchio per approssimazioni progressive, riprendendo ancora un'idea di Antifone, ma al contrario di questi che si fermava alle speculazioni, Eudosso giunge a dimostrazioni che gli permettono di affermare:

- il volume di una piramide è un terzo del volume del prisma dritto di eguale base ed altezza;
- il volume di un cono è un terzo del volume del cilindro di medesima base ed altezza.

Queste dimostrazioni sono attribuite ad Eudosso da Archimede nella sua opera *La sfera e il cilindro*.

Appassionatosi al problema della duplicazione del cubo, molto probabilmente a seguito della sua frequentazione con Archita da Taranto, come ci è giunto da Eratostene che scrivendo sull'argomento lascia intendere che Eudosso sarebbe pervenuto alla soluzione del problema.

Tanto è stimato il suo contributo che in matematica una curva algebrica è stata dedicata a lui.

■ *La concezione cosmologica.* L'astronomia non era vista in Grecia come una scienza autonoma, ma direttamente dipendente dalla matematica anche se in molti pensatori la dipendenza dalla

matematica era considerata insufficiente e veniva incrementata con speculazioni induttive del tutto astratte.

Eudosso però era un matematico puro, e nell'ideare la propria concezione cosmologica dell'universo tenne presenti i modelli geometrici cui si era dedicato, pensando al corpo solido più perfetto in natura: la sfera.

La concezione platonica allora dominante può riassumersi, assai sinteticamente invero ma comunque non sbrigativamente, nella frase *salvare i fenomeni*, che non suonava certo come un'attenzione ai dati dell'esperienza osservativa, quanto piuttosto si poneva come un'imperativo categorico di assoluta valenza morale, la necessità assoluta di trovare (e fornire) comunque una spiegazione di questi fenomeni che fosse completamente coerente (e rispecchiasse) la pura formazione dei cieli ed il moto (naturalmente) circolare dei corpi attorno alla Terra.

Eudosso staccandosi da tale concezione, pone il primo serio scientifico passo di rappresentare matematicamente il moto dei pianeti.

Il suo sistema esposto nell'opera andata perduta *Sulla velocità*, muove da due presupposti a) la Terra è il centro dell'universo; b) il moto dei corpi celesti è circolare ed uniforme, credenza quest'ultima rimasta in vigore sino a Koperniko.

Partendo da questi presupposti Eudosso s'immagina un sistema di sfere concentriche racchiuse l'una nell'altra, ed il modello divenne tanto celebre che passò alla storia con il nome di *sfero omocentriche di Eudosso*. Il centro di queste sfere è la Terra, e ne ammise così implicitamente la sfericità.

Eudosso immaginò anzitutto che ognuno dei cinque pianeti fosse posto in rotazione da quattro sfere concentriche alla Terra, mentre per gli altri due corpi, il Sole e la Luna, che come aveva osservato non presentano → retrogradazioni, ne bastarono tre ciascuno. Il sistema è complesso nella sua spiegazione ed assolutamente raffigurabile in una figura piana, ma tanto per dare soltanto un accenno, si dirà che la sfera più esterna della Luna rappresentava il moto diurno, quella centrale il moto mensile e quella interna la retrogradazione dei nodi. Ogni pianeta era solidale con la sfera più interna che possedeva una determinata velocità in prossimità dell'equatore e ruotava su un asse che imperviava l'altra sfera. Questa ruotava con la stessa velocità, ma in senso inverso e con una diversa inclinazione... e così via dicendo. La composizione di questi moti avrebbe dovuto giustificare l'irregolarità del moto planetario.

Eudosso, a quanto ne sappiamo, non si preoccupò mai di spiegare come avvenisse il trasferimento del moto da una sfera all'altra: il suo era un modello geometrico necessario e sufficiente per spiegare le anomalie, ed incontrò pure un certo successo, anche se, come sappiamo dalla descrizione che ne fa Aristotele nella *Metafisica* comprendeva nella sua concezione finale ben 27 sfere, ed a Callippo piacque tanto che sembrandogli insufficiente il numero delle sfere ne aggiunse altre sette con velocità e sensi di rotazione!

Questo modello, come detto, era un modello geometrico puramente astratto, perché Eudosso non si soffermò mai a descrivere di cosa fossero in realtà costituite queste sfere, contrariamente ad Aristotele per cui le sfere erano una realtà fisica; né risulta che l'abbia mai testato

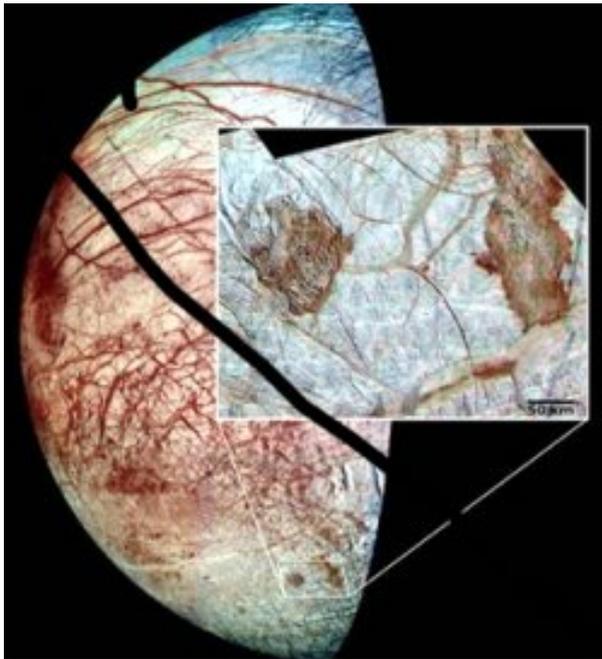
**Eudosso, cratere -** Cratere lunare situato all'estremità dei Montes Caucasi. Il cratere ha un'estensione di circa 37 km ed è privo del picco centrale.

FOTO

**Eudosso, papiro di -**

**Europa**

- ▼ Europa ripèresa dalla sonda Galileo: la regione ingrandita ha un'estensione di 50 km<sup>2</sup>. Fonte NASA



## European Extremely Large Telescope

### Eutimene

### Eutocio di Ascalona

**exeligma** Termine completamente inusato nell'era moderna ma molto in voga presso gli antichi astronomi greci che con esso indicavano un ciclo astronomico costituito dal periodo intero di rivoluzione di un dato corpo celeste.

I principali spostamenti dei corpi su base annuale mensile e giornaliera e le esatte posizioni dei corpi erano trovate studiando le variazioni cui erano soggette che ridotte in tavole fornivano poi le misure investigate.

**Gemino** ha dedicato il libro XVIII del suo lavoro *Introduzione ai fenomeni* all'exeligma, dedicandosi in particolare allo studio del più piccolo periodo possibile che contiene un numero intero di mesi, giorni e rivoluzioni anomalistiche (ritorno della Luna al perigeo).

**Explorer** Nome comune a 78 satelliti (non tutti posti in orbita) allestiti dagli Stati Uniti a partire dal 1958.

L'Explorer-1, che rappresenta anche il primo riuscito lancio statunitense, permise di scoprire ad uno dei suoi ideatori, **J. van Allen** le fasce di campo elettromagnetico che avvolgono la Terra che da lui poi presero appunto il nome. Gli studi sulle fasce furono continuati con l'Explorer-3 e l'Explorer-4.

A bordo del satellite che pesava 14 kg fu installato un contatore Geiger ed un contatore di meteoriti, ritenute allora il maggior pericolo nello spazio, e fu lavorando sull'origine d'assenza di segnale durante alcuni periodi dell'orbita che van Allen dedusse l'esistenza di campi elettromagnetici talmente forti da saturare gli strumenti di bordo.

Gli altri due responsabili del progetto erano **W. von Braun** e **W. Pickering**.

**Ezio** → Aezio

- ▼ L'evoluzione dei satelliti per l'esplorazione spaziale si evidenzia in queste immagini: in alto il piccolo Explorer 1, il primo dei 78 satelliti della serie durante i preparativi del 1958; in basso l'ultimo, l'Explorer 78 del 2000 che ha cessato l'attività nel 2005



**Ezio di Antiochia** (I sec. a.C.) Filosofo naturalista greco di cui si hanno scarsissime notizie. Si sa che fu autore dei *Placita Philosophorum*, opera che nel X secolo fu tradotta in arabo e di cui ci sono pervenuti alcuni frammenti.

La sua personalità assume rilievo in quanto fu un dossografo, cioè un raccoglitore di opinioni altrui, e questo ci ha tramandato rilevanti testimonianze.

## F

**Faa' di Bruno Francesco** (1825 - 1888)

facola

Faint Object Camera

Fanaroff-Riley

Fantoni Girolamo (-)

**Farnese, globo** . Statua già presumibilmente collocata a Roma nel Foro Traiano che rappresenta il gigante Atlante che piegato sulle ginocchia sostiene il mondo.

La statua, una copia romana di un originale del periodo ellenistico che sicuramente non doveva rappresentare un *unicum* ma una replica di simili raffigurazioni marmoree, fu restaurata sul finire del XVIII secolo da Carlo Albacini che ha integrò la composizione con parti mancanti, quali le gambe, nel corso dei lavori eseguiti per la famiglia Farnese fra il 1786 e il 1800.

La sfera celeste presenta un diametro di circa 65 cm, e mostra 41 costellazioni, l'equatore celeste, i tropici e l'eclittica. Mancano tuttavia le due costellazioni dell'Orsa che sono andate distrutte per l'ingiuria del tempo, mentre coerentemente manca la costellazione del *Canis minor* in quanto coperta dalla mano di Atlante.

La regione australe del cielo, invisibile dall'emisfero Nord, non è riportata ed è opportunamente nascosta essendo allocata fra la nuca e le spalle, e la definizione del punto d'Ariete (→ [Ariete](#),



▲ Atlante Farnese; Museo Archeologico Nazionale di Napoli

▼ Vista anteriore e posteriore del globo dell' Atlante Farnese



[punto di](#)) colloca il globo in rapporto alla configurazione celeste al I sec. a.C.

Recentemente (2005) E. Schaeffer ha pubblicato [275] diversi studi sull'atlante Farnese sostenendo che le costellazioni in esso rappresentate non hanno solo un puntuale riferimento storico-scientifico, ma rappresenterebbero addirittura il catalogo stellare di [Ipparco](#) che si credeva perduto. Schaeffer ha eseguito ex-novo una completa *survey* fotografica del globo a distanza fissa, concludendone che la raffigurazione celeste rappresentata dal globo va cronologicamente collocata fra il 180 ed il 70 a.C. Dato che Ipparco avrebbe composto il suo catalogo intorno al 129 a.C., Schaeffer propone la data del 125 a.C. quale probabile raffigurazione a quella data della volta celeste rappresentata. Sottolinea ancora l'autore che Ipparco si trova raffigurato in monete che lo ritraggono dinanzi ad un globo e che [Tolomeo](#) stesso riferisce della costruzione di un globo da parte di Ipparco. La precisione nella raffigurazione delle stelle per la datazione proposta è precisa con un errore non superiore ai 3,5°, ed è quindi molto probabile che l'atlante Farnese sia stato *ricopiato* dall'originale ipparcheo andato perduto, e questo anche considerando la perfetta corrispondenza fra le costellazioni di Ipparco e quelle dell'Atlante Farnese, e che al contrario le costellazioni come si trovano raffigurate sull'atlante non sono compatibili posizionalmente con quelle che si rinvencono in altre descrizioni, come quelle di [Eudosso](#), [Eratostene](#),...

L'analisi di Schaeffer ha portato un notevole contributo alla storia del globo e i dati sono in buon accordo con quelli di Ipparco; al di là di questa significativa coincidenza si può solo affermare che il globo Farnese è compatibile con la posizione degli astri al tempo di Ipparco, ma nessuna prova certa potrà mai essere dedotta circa il fatto che quel catalogo stellare sia proprio quello di Ipparco.

**Farouk el-Baz** ( ) ricercatore egiziano che collaborò con la NASA per le prime esplorazioni lunari e per il programma Apollo.

Ha fatto parte di importanti commissioni, come l'*Astronaut Training Group*, ed ha collaborato all'individuazione della scelta dei luoghi di atterraggio per le varie missioni Apollo.

**Farra d'Isonzo, circolo astronomico** Circolo di astronomi non professionisti attivo nel Comune di Farra d'Isonzo, in provincia di Gorizia.

Il circolo culturale di Farra d'Isonzo è uno dei più anziani osservatori astronomici amatoriali italiani, essendo attivo, e con continuità mai interrotta, sin dal 1975.

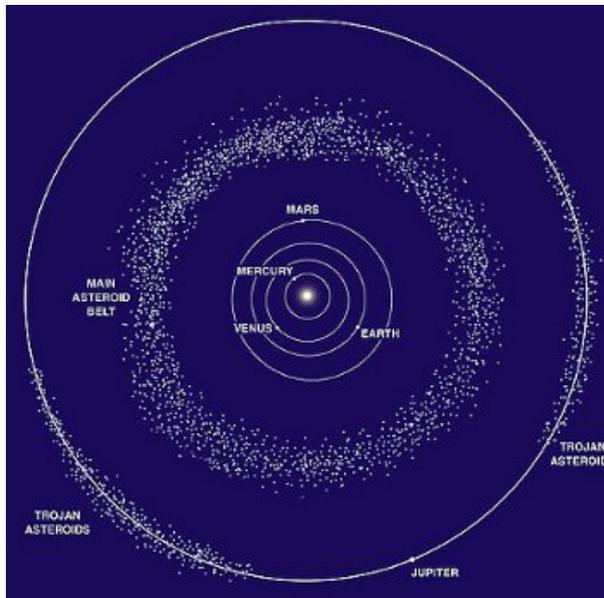
Dedicato da sempre tanto alla ricerca come alla divulgazione astronomica, svolge in quest'ultimo campo un'intensa attività sul territorio, con interventi sulle scuole ed ospitando le scolaresche. Recentemente per soddisfare la crescente curiosità astronomica sempre più pressante nelle istituzioni scolastiche locali, si è dotato anche da un planetario.

Dal punto di vista strumentale l'osservatorio conta principalmente su due strumenti un riflettore N/C da 400 mm ed un altro riflettore da 300 mm. Usato spesso è anche anche il rifrattore da 150 mm, specie in occasione delle visite.

L'osservatorio dispone anche di altri strumenti osservativi, rifrattori, dobsoniani, binocoli, ... nonché di camere CCD dell'ultima generazione.

Effettua quasi quotidiane survey in collaborazione con altri osservatori italiani e con i principali centri di ricerca dedicandosi soprattutto alla fotometria asteroidale. In questo campo ha al suo attivo la scoperta di un gran numero di asteroidi.

▼ Cinture degli asteroidi; da wikipedia



**fascia principale**

**fase, angolo di -** → **angolo di fase.**

**fase**

**fase stellare** La fase stellare, di esclusivo valore storico, era relativa ai tempi in cui si considerava il sorgere e tramontare di un astro.

#### Principali fenomeni ottici atmosferici

alone	arcobaleno	arco circumzenitale
aurore	banda di Alessandro	cintura di Venere
colonna luminosa	gloria	Heiligenschein
iridescenza	luce di terremoto	luminiscenze
luce zodiacale	miraggio	(fata) Morgana
ombra della Terra	raggi crepuscolari	raggio verde
Sylvanshine	(effetto) Tyndall	

Fondamentali sin dall'astronomia babilonese, le fasi stellari individuavano il sorgere o tramontare di un astro al sorgere e tramontare del Sole in varie combinazioni: sorgere della stella col Sole, sorgere della stella al tramonto del Sole,...

Si distinguevano le *fasi vere*, dette altrimenti geometriche, quelle che si verificavano al di là della loro visibilità, e quelle *visibili* la cui osservazione non era impedita dalla luce solare. Queste fasi, che facevano dunque riferimento alle stelle fisse, erano usate soprattutto in funzione dei lavori agricoli, e segnavano l'inizio delle stagioni in momenti determinati dell'anno.

Spesso, anziché una singola stella, era utilizzato il levare eliaco di un gruppo di stelle come avveniva per il levare eliaco delle **Pleiadi** che annunciavano l'estate e la ripresa dei viaggi per mare.

**Fasti** Poema di → **Ovidio** in cui sono trattati in forma elegiaca i culti e le loro origini e le solennità religiose in forma calendariale. I *Fasti* forniscono rilevanti notizie sul calendario romano: → **calendario.**

**fenomeni ottici** I fenomeni ottici appartengono alla famiglia dei «fenomeni atmosferici» e si verificano a varia altezza di strati dell'atmosfera secondo la tipica natura di ciascuno, originati da meccanismi fisici quali l'interazione della luce (solare o lunare) con particelle sospese nell'atmosfera: acqua, ghiaccio, materia cometaria.

I fenomeni ottici per la loro origine atmosferica vanno distinti dagli **effetti ottici** che sono di pertinenza esclusiva della scienza ottica ed attendono ad effetti della luce nei mezzi (come la diffrazione e la dispersione) in ambienti appositi (camera oscura) o delle scienze minerali come la gemmologia (asterismi). Vanno distinti altresì e dalle illusioni ottiche il cui più noto esempio (tuttora discusso) è la cosiddetta **Moon illusion**. Esiste, anche se abbastanza ristretta, una categoria di fenomeni per i quali non si è ancora riusciti a trovare alcuna spiegazione, il più noto dei quali è senz'altro quello chiamato Hessdalen light.

Nella tabella in questa pagina sono riportate le principali famiglie di fenomeni ottici: questi sono discussi ai lemmi relativi.

**Fermo, meteorite di -** Nome dato al meteorite caduto il 25 settembre 1996 intorno alle ore 17:30 in una località del comune di Fermo chiamata Vallo Scuro.

Secondo testimonianze del giorno precedente il ritrovamento, l'evento è stato preceduto da *alcuni colpi simili a tuoni*, cui è seguito dopo circa 10 secondi un sibilo simile a quello di un aereo. Il meteorite fu rintracciato il giorno dopo; sul terreno era presente una buca di 40 cm di profondità, e le dimensioni sarebbero state maggiori se la corsa del meteorite non fosse stata bloccata da un grande sasso. Sul luogo del ritrovamento il comune ha posto una lapide commemorativa.

Il **bang** sonico udito è probabilmente relativo al momento della frantumazione, quando un corpo più grande che si è diviso in più parti, mentre il sibilo è da ricollegare – presumibilmente – al frammento più grande recuperato. Dal punto di vista della composizione, la meteorite di Fermo, del peso di 10,2 kg, si classifica come una condrite-H ad alto contenuto di ferro delle

- ▼ Pagina iniziale del calendario iconografico di Filocalo, manoscritto Barberini. Il testo riporta (sopra) *Valentino, che tu possa fiorire in Dio*, (nei triangoli) *Furio Dionisio Filocalo ha illustrato questa opera*, (nel titolo) *Valentino, godi nel leggere questo*, (a sinistra) *Valentino, che tu possa vivere a lungo e fiorire*, (a destra) *Valentino, che tu possa vivere a lungo e gioire*



dimensioni originarie (circa) di 40 cm di larghezza e 30 cm di altezza. Un'analisi dettagliata del fenomeno è stata resa nel 1998 da G. Cevolani [65].

**fictus, annus -** → **anno**.

**Fidia, costante** → rapporto **aureo**.

**field rotation** → **rotazione di campo**.

**Filipono Giovanni** (fine VI secolo a.C.) **CONTROLLA CON BURIDANO**

**Filocalo Furio Dionisio** (IV sec.) Calligrafo del papa Damaso I che compilò nel 354 di un calendario.

Il calendario di Filocalo [106] per quanto riporti ancora molte feste pagane romane, rappresenta il più antico calendario cristiano conosciuto: → **calendario** sub «*Calendario giuliano*».

**Filolao di Taranto** (V sec. a.C.) Diffuse il sistema pitagorico eliocentricista

**Filone da Bisanzio** (-)

**Filostorgio**

**filtro**

**finestra atmosferica**

**finestra di Baade** → Baade.

**Fineo Oronzio**

**fionda, effetto -** L'effetto fionda chiamato anche «frusta gravitazionale», in inglese *gravity assist*, è un effetto che sfruttando l'energia totale impulsata ad un corpo (energia potenziale della gravità e l'energia cinetica impressa al corpo) consente ad un corpo lanciato nello spazio, sfruttando la forza gravitazionale di un pianeta, di lanciarsi nello spazio verso un determinato bersaglio senza uso di carburante.

**Firmico** → **F. G. Materno**.

**fisse, stelle -**

**Fitzgerald, contrazione di -**

**Fizeau**

**FK** Sigla dei cataloghi fondamentali (*Fundamental Katalog*) seguita da un numero che ne specifica la versione. → **Fundamental Katalog, catalogo astronomico** sub «*Cataloghi fondamentali*».

**Flagstaff, osservatorio di** Osservatorio costruito da **P. Lowell** convinto assertore dell'esistenza dei canali su Marte e del fatto che essi fossero opera di creature intelligenti.

**Flammarion Camille** (-)

**Flamsteed John** (1646 - 1719) *Stellarum Inerrantium Catalogus Britannicus* L'Atlas Coelestis riproduce in 25 tavole di formato 62x 48 cm tutto l'emisfero boreale. Le ultime due tavole, la XXVI e la XXVII, di scala diversa e disegnate da un'altra mano, sintetizzano la volta boreale e quella australe rappresentandole fino all'equatore.

Vide la luce a Londra nel 1729 ad opera degli esecutori testamentari del Flamsteed e completa la *Historia Coelestis Britannica* edita negli anni precedenti e che raccoglieva il lavoro svolto dal primo direttore dell'Osservatorio Reale di Greenwich nei suoi quarantatré anni di osservazioni.

Questo del Flamsteed può essere considerato il primo atlante moderno; riporta circa 3300 stelle, il doppio di quello dell'Hevelius, e per la prima volta le stelle vi vengono collocate attraverso le loro coordinate equatoriali: ascensione retta e declinazione, il cui reticolo viene sovrapposto nelle tavole a quello polare eclittico.

Questa innovazione fu possibile attraverso l'introduzione nell'osservazione dell'orologio a pendolo, che permetteva di risalire alla differenza di ascensione retta partendo dalla differenza fra i tempi del passaggio delle stelle al meridiano.

Un secolo prima il Bayer inseriva nel suo atlante le due Nubi di Magellano; ora Flamsteed, nella tavola dedicata ad Andromeda, alla destra di nu Andromedae, disegna una stellina, la galassia M31, il primo oggetto non stellare ad apparire in una carta celeste di un importante atlante.

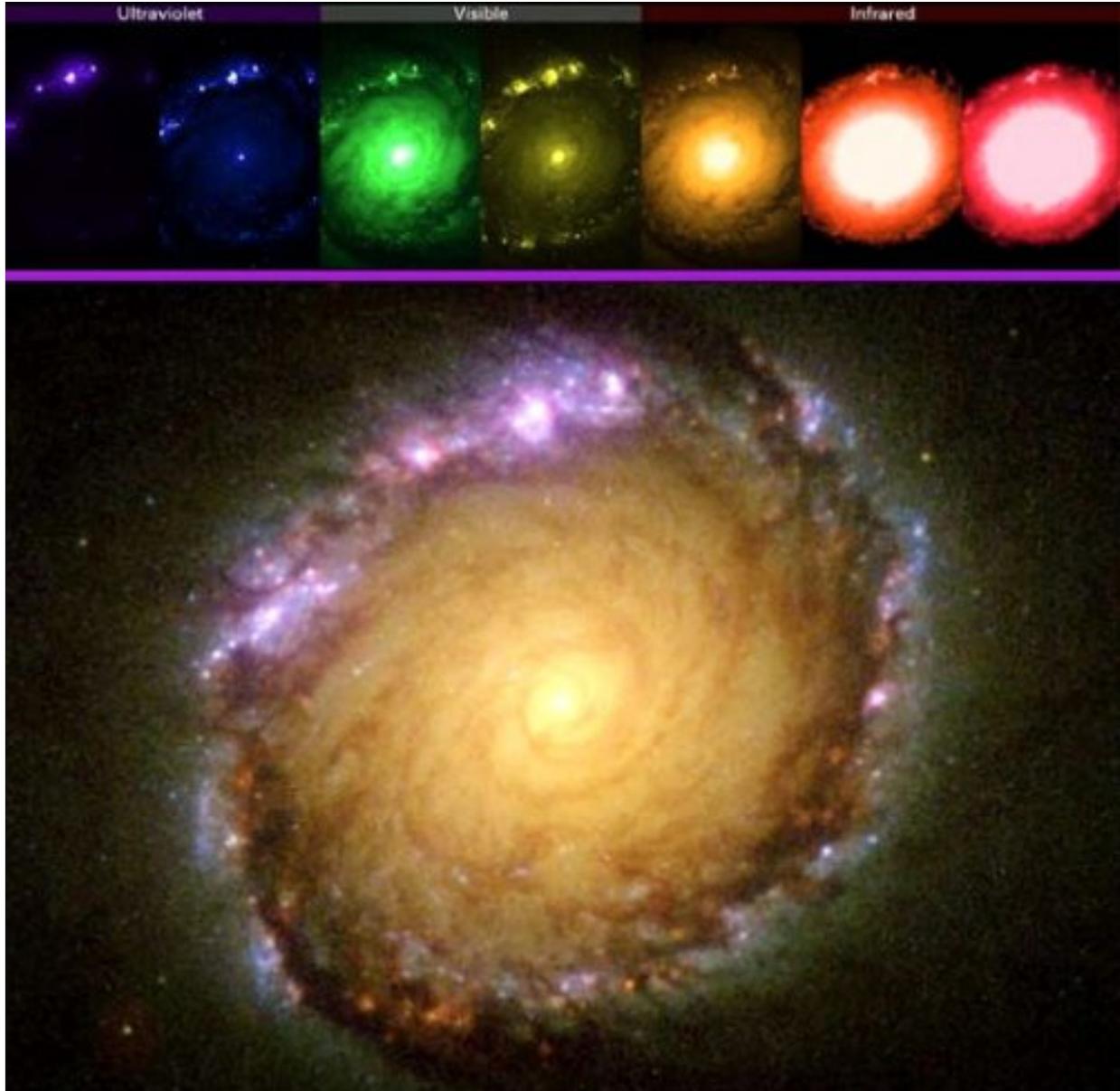
La precisione delle posizioni degli astri è corretta entro il margine di 10 e ciò fu ottenuto dall'autore grazie all'utilizzo di un enorme cerchio murale, munito di cannocchiale, di due metri di raggio, i cui gradi riportavano suddivisioni di cinque minuti primi.

Agevole diventa l'uso delle tavole che, riportando delle scale graduate le cui tacche misurano il quarto di grado, permettono di apprezzare subito ad occhio la posizione della stella.

L'atlante è introdotto da una prefazione a cura di Margaret Flamsteed e di James Hodgson che traccia una breve storia della cartografia celeste a partire da Ipparco ed Aristarco, presentando i vantaggi dell'opera di Flamsteed e le sue innovazioni, in particolare l'uso della tecnica della proiezione sinusoidale messa

- ▼ La resa dei filtri sui sensori CCD, come sulle vecchie pellicole fotografiche, è visibile in queste immagini della galassia a spirale barrata NGC 1512 riprese dall'HST.

L'immagine grande in basso è composta con le sette riportate in alto, eseguite ciascuna con filtri rispondenti a varie bande di lunghezze d'onda che vanno crescendo dal lontano ultravioletto (a sinistra), passando per le bande visibili (al centro) e spingendosi sino al vicino infrarosso (a destra), assegnando il tono blue all'ultravioletto, il verde al visibile ed il giallo e il rosso all'infrarosso. Le immagini evidenziano l'alterazione del centro della galassia alle diverse lunghezze d'onda, ed in particolare le immagini in ultravioletto mostrano l'esistenza di luminosissimi ammassi di giovani e calde stelle. Fonte D. Maoz, Tel-Aviv e Columbia University



a punto soltanto qualche anno prima da Sanson d'Abbeville, geografo di Luigi XIV; riprende la polemica con Hevelius circa la rappresentazione esterna al globo delle stelle, soffermandosi non poco a sottolineare come nell'Atlas Coelestis siano stati ripristinati dei criteri che diano continuità alla tradizione classica greca.

**Flamsteed, numero di -**

**flare, stelle**

**flat field**

**flint** → vetro.

**Flora, famiglia**

**flusso luminoso** → luce.

**focale, piano -**

**focale, rapporto -**

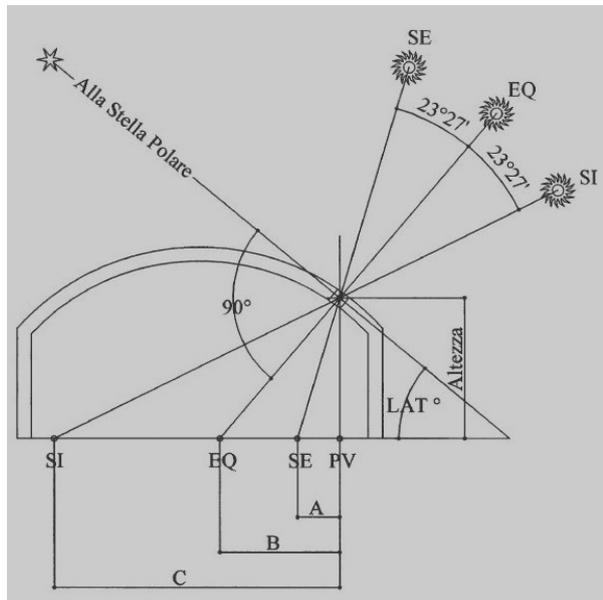
**focalizzatore**

**Fontana Francesco** (-)

**formaldeide** Detta aldeide formica, appartiene alla famiglia delle aldeidi. è una sostanza gassosa a temperatura ambiente, che si trova o come soluzione acquosa al 37% o come paraformaldeide.

Rispetto alle aldeidi mostra una maggiore reattività, ed è un forte elettrofilo: → **abbondanze**.

- ▼ In alto meridiana a foro gnomonico nella Chiesa di Santa Maria Novella opera di P. del Pozzo Toscanelli restaurata nel 1755 da L. Ximenes; in basso principio di funzionamento di una meridiana a camera oscura, da *mesturini.com*



**foro gnomonico** Il foro gnomonico, più propriamente foro → **stenopeico**, sostituisce nelle meridiane a camera oscura lo **gnomone** proprio delle meridiane convenzionali (lo stilo); questo particolare tipo di meridiana, proprio del Cinque-Seicento italiano, è usata particolarmente per effettuare misure astronomiche. Il foro, ricavato nella facciata Sud di un edificio, lascia passare il fascio di luce solare proiettando l'immagine sul pavimento ove è disegnata la linea meridiana che mostra gli istanti dei passaggi.

Queste meridiane, anche se fornite come quelle a stilo della tavola di correzione del tempo e dell'**analemma**, non rispondono alla finalità primaria di indicare l'ora giornaliera: la funzione – ovviamente sempre disponibile – è accessoria; si tratta di veri e propri strumenti di misura astronomiche come la meridiana di S. Maria degli Angeli in Roma (→ **F. Bianchini**) costruita per verificare l'esattezza del calendario dopo la riforma gregoriana; quella di S. Petronio in Bologna – in sostituzione della precedente di **E. Danti** del 1665 – che permise a **G. D. Cassini** di rideterminare l'obliquità dell'eclittica e le variazioni stagionali angolari delle dimensioni del Sole confermando la seconda legge di **Keplero**; quella del Duomo di Milano; o quella ancora della cattedrale di Palermo opera di **G. Piazzi**, e di tante altre.

Il foro gnomonico sfrutta una tecnica nota da millenni: il tracciamento al suolo dell'immagine solare è ottenuto per proiezione

ricavando (sulla cupola o su un lato dell'edificio, a seconda dell'esposizione), un'apertura minuscola rispetto alle dimensioni della costruzione che illumina la linea oraria tracciata.

L'estrema precisione di lettura richiesta alle linee meridiane realizzate per finalità di misure che si traduce nella nitidezza dell'immagine del disco solare, può a volte essere compromessa dalla turbolenza atmosferica, ossia date le caratteristiche termiche della camera oscura (caldo all'esterno dell'edificio freddo all'interno), il foro presenta quello che è noto come *effetto camino*: l'aria calda presente all'interno esce d'inverno e entra in estate; a questo fattore va aggiunta la diversa temperatura che il raggio luminoso incontra: calda nel primo tratto del percorso d'ingresso quando risente della temperatura delle mura dell'edificio, decisamente meno calda nell'ultimo tratto quando il fascio luminoso è condotto all'uscita in un ambiente più fresco. Si genera cioè → **turbolenza**, si creano vortici di dimensioni generalmente eguali al diametro del foro, il che si traduce in una vibrazione molto marcata ai bordi dell'immagine proiettata. All'inconveniente si può ovviare con l'apposizione di filtri, soluzione questa peraltro già adottata da **G. Piazzi** nella costruzione della meridiana all'interno della basilica di Palermo: [288][p. 115].

Nelle meridiane convenzionali è pure chiamato foro gnomonico, ma più propriamente «eliotropico» l'anello talvolta posto in cima allo stilo.

**Foscarini Paolo Antonio** (1580 - 1616) Religioso e scienziato. Dopo aver pubblicato (1611) uno scritto in cui esaltava le scienze naturali quali viatico naturale per la conoscenza di Dio, compose (1615) lo scritto *Lettera sopra l'opinione de' Pittagorici, e del Copernico, della mobilità della terra e stabilità del sole, e del nuovo Pittagorico Sistema del Mondo*.

Anche se il lavoro, come dichiarato nelle intenzioni, intendeva raccordare le nuove ipotesi proposte da **Copernico** con le sacre scritture mostrando che non v'era alcuna incompatibilità, il testo fu messo all'indice l'anno successivo con la clausola *donec correatur* (finché non sia stato corretto) comune a *De revolutionibus*.

**fotoelettrico, effetto -**

**fotometria** → **luce**.

**fotometro** Strumento di componentistica ottica meccanica con il quale si effettua la misurazione dell'insensità di una sorgente luminosa in una data banda visuale secondo una certa scala.

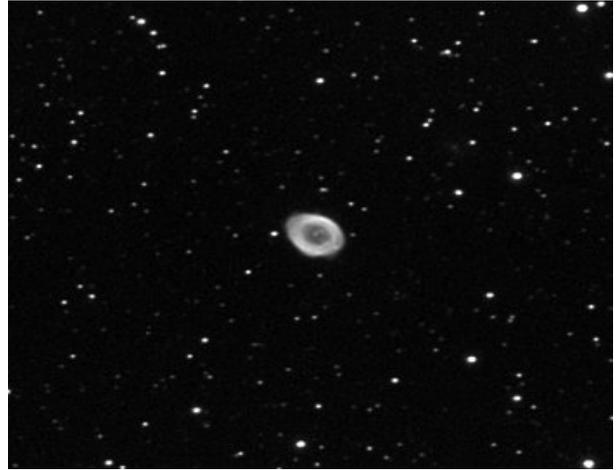
I fotometri nascono nel secolo XIX quando strumenti sempre più perfezionati e potenti comportano la necessità di stimare con precisione le nuove magnitudini osservate cercando di oggettivare il più possibile i dati liberandoli dall'errore personale inevitabilmente introdotto dal singolo osservatore.

Si va così sostituendo all'occhio dell'osservatore una strumentazione che si perfezionerà sempre più ma che sino alla scoperta dell'effetto fotoelettrico (**fotoelettrico, effetto -**) prima, che porterà alla costruzione dei primi rivelatori obiettivi, e alla costruzione di tubi elettronici particolarmente sensibili alla radiazione luminosa poi, e quindi al **CCD**, sarà sempre legata all'equazione personale d'errore dell'osservatore.

I singoli tipi di fotometri riconducibili alle varie categorie appresso elencate saranno discusse nei relativi lemmi.



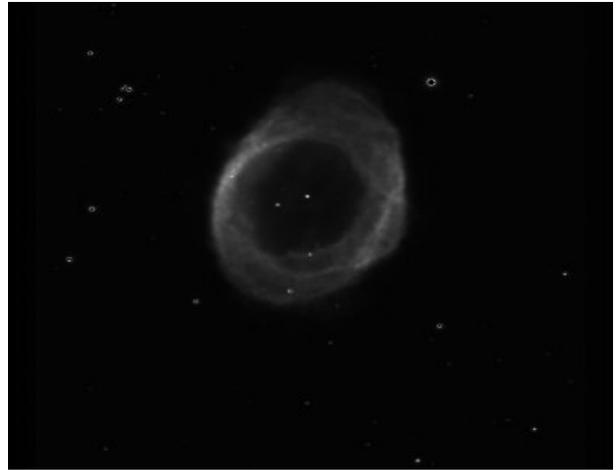
(a)



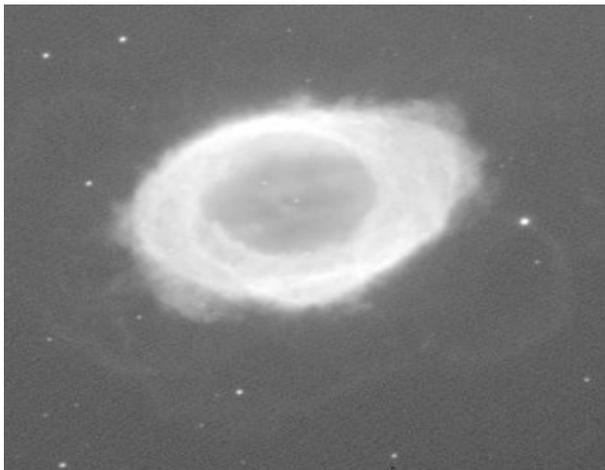
(b)



(c)



(d)



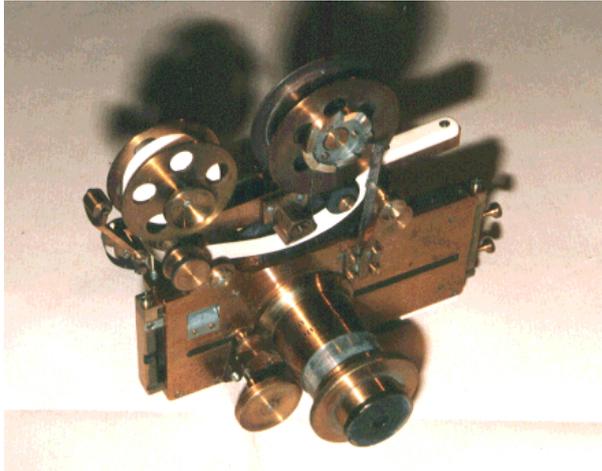
(e)



(f)

- ▲ I progressi della fotografia astronomica sono rappresentati dalle immagini della nebulosa anulare della Lyra M57 riprese con varia strumentazione, vari telescopi di diversa apertura, in diverse epoche storiche.  
 (a) Foto su lastra del 1890 all'osservatorio di Tolosa; rifrattore da 200 mm e 4 notti di posa da 9 ore ciascuna; (b) CCD (immagine amatoriale), rifrattore da 102 mm, e 18 pose da 60 secondi ciascuna; (c) CCD e newtoniano amatoriale da 25 pollici; (d) CCD e telescopio NOT da 2,5 m alle Canarie; (e) CCD e telescopio WIYN a Kitt Peak; (f) CCD e telescopio da 200 pollici di monte Palomar con Wide Field IR Camera. Le elaborazioni in falsi colori sono ovviamente state effettuate in una seconda fase

▼ Fotometro a cuneo dell'osservatorio di Catania della ditta Töpfer



- *Fotometri visuali*
  - ▶ *Fotometri a estinzione*
  - ▶ *Fotometri ad equalizzazione*
- *Fotometri fotografici*
- *Fotometri fotoelettrici*
  - ▶ *Il «tubo» IP21*
- *Il CCD*

- *Fotometri visuali.*
  - ▶ *Fotometri a estinzione*

• *A cuneo.* Lo strumento era collocato sul piano focale del telescopio ed era dotato di un vetro *affumicato* montato su una slitta in ottone che recava una graduazione a sbalzo. Il cuneo era fatto avanzare tramite una cremagliera fino all'estinzione dell'immagine da misurare. raggiunta l'estinzione si abbassava la leva che pressando contro la graduazione che era inchiostrata stampava su striscia di carta, del tipo di quella usata per i telegrafi, la misura dello spostamento del cuneo. Nota la legge di estinzione del cuneo si risaliva alla magnitudine stellare confrontando le misure della stella incognita con quelle di una stella di magnitudine nota

Si fa avanzare il cuneo con un bottone posto a fianco dell'oculare e al momento in cui la sorgente viene estinta si abbassa una levetta e così si produce sul nastro di carta la posizione del cuneo che dà l'assorbimento prodotto

- ▶ *Fotometri ad equalizzazione.*

- *Fotometri fotografici.*
- *Fotometri fotoelettrici.*
  - ▶ *Il «tubo» IP21.*

■ *Il CCD.* Zöllner Töpfer Pickering a estinzione a cuneo a diaphragma Pickering (meridiano) Flick Stebbins danjon IP21 (fotoelettrico) CCD

#### fotomicrometro

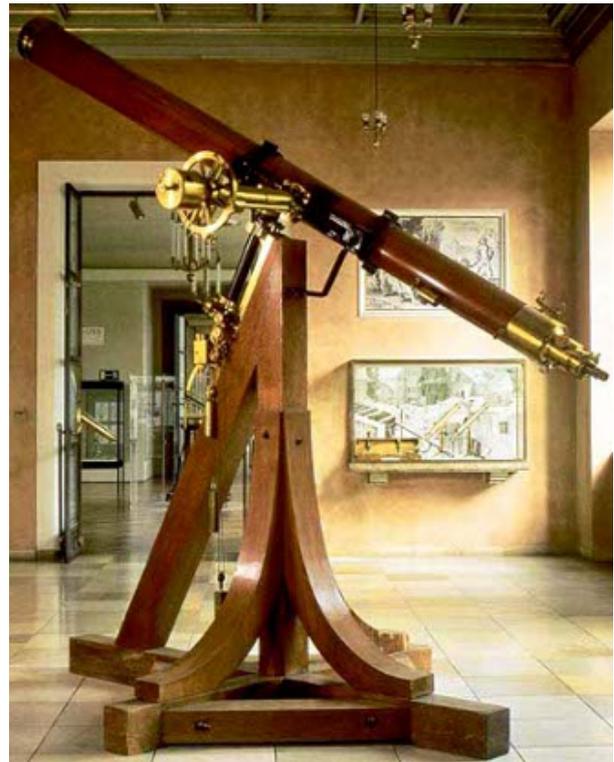
**fotomoltiplicatore, tubo** - → **fotometro.**

**fotosciaterico, orologio** - Orologio solare che sfrutta per l'indicazione delle ore sul quadrante il *foro stenopeico* attraverso il quale la luce del Sole viene proiettata in terra o su una parete: → **foro gnomonico.** Il termine è di uso rarissimo.

#### fotosfera

**Foucault Louis...** ( ) Fisico ed ottico francese. Ha portato innumerevoli contributi alla tecnica astronomica soprattutto

▼ Rifrattore dallo stesso costruito con la prima montatura equatoriale; Monaco di Baviera, Deutsches Museum



ideando nuove metodologie di lavorazione delle superfici ottiche e dei loro controlli.

**Foucault, pendolo di** → **pendolo di Foucault**

#### Foucault, test

**Fracastoro Girolamo Mario** ( - )

**Fracastoro Mario G.** (1914 - 1994) Astronomo italiano. Assistente di **G. Abetti** a Firenze, nel 1954 assunse la direzione dell'Osservatorio di **Catania** che era in uno stato di completo abbandono con personale ridotto al minimo e strumentazione obsoleta. Quando dopo circa 13 anni abbandonò Catania per assumere

**Fraunhofer Joseph von** (1787 - 1827)

**Frankin-Adams Charts** Atlante fotografico per l'emisfero boreale ed australe redatto fra il 1903 e il 1912 con due astrografi da 240 mm di apertura. L'atlante non è provvisto di catalogo, e raccoglie stelle sino alla magnitudine 15,5.

**frequenza di risonanza** Nei telescopi indica, espressa in Hz, la risposta in azimuth ed in declinazione della massa del tubo ottico e della forcella (o asse orario nelle montature tedesca e inglese) sottoposti a sollecitazioni durante il puntamento rapido e l'inseguimento siderale.

In meccanica indica una condizione fisica che si verifica quando un sistema che possiede comunque, anche se ridotta, una certa elasticità, risponde ad un impulso oscillando con moto periodico. In un telescopio l'abbattimento della frequenza di risonanza si ottiene realizzando gli elementi con materiali che presentano un alto valore di smorzamento, oppure costruendo la struttura implementando il materiale di base con altro ad alto tasso di

smorzamento, oppure ancora modificando la struttura in modo da aver più frequenze di risonanza che si autoescludano.

L'irrobustimento di una montatura con le cosiddette *nervature* non sempre costituisce una soluzione al problema, perché se da un lato si aumenta la rigidità della costruzione, dall'altro si ha un incremento di massa considerevole, cui corrisponde un incremento nel valore delle frequenze di risonanza.  
→ **montatura**.

**Fresnel...** ()

**Friedmann Alexander A.** (-)

**frusta gravitazionale** → effetto **fionda**.

**fuga, velocità di -**

**Fundamental Katalog** Catalogo edito la prima volta da **A. Auwers catalogo astronomico sub sub** «*Cataloghi fondamentali*».

**fuoco**

**fusi orari** → **tempo**.

**fusione nucleare**

## G

**Gagarin Jurij Alekseevič** (1934 - 1968) Il primo cosmonauta a compiere un'orbita completa attorno alla Terra il 12 aprile 1961 a bordo di una capsula spaziale **Vostok**.

Dopo aver sfollato dalla sua città natale Klusino nel 1941 per motivi bellici, terminata la guerra si iscrisse ad una scuola professionale da cui uscì nel 1951 col diploma di fonditore e modellatore che gli consentì l'accesso ad un istituto tecnico di Saratov. Frequentando la scuola nelle cui vicinanze sorgeva un club di volo, sorse in lui la passione per gli aerei, e conseguito il brevetto si iscrisse alla Scuola Allievi Ufficiali di Oremburg, di cui divenne pilota collaudatore.

Scelto nel 1960 come aspirante cosmonauta assieme ad altri che poi sarebbero passati anch'essi nella storia, l'anno successivo, alle ore 09.07 (ora di Mosca), la Vostok 1 con lui a bordo fu posta in orbita. Durante i poco più che 90' di viaggio, la navicella conservò un'orbita ellittica con perigeo ed apogeo rispettivamente di 175 km e 302 km, a bordo non erano presenti macchine di ripresa, e il volo, una sola orbita attorno alla Terra, fu completato alle ore 10.36, quando la capsula che aveva viaggiato con quella che teoricamente era la sua *punta* rivolta verso il Sole (la capsula era quasi sferica), ruotò di 180° mostrando la parte più estesa all'atmosfera per frenare la discesa. Quindi furono accesi i retrorazzi per rallentare ancora la caduta della capsula e a qualche centinaio di metri dal suolo Gagarin venne espulso e toccò terra in paracadute.

Gagarin doveva tornare a volare. Dopo essere stato riserva nella missione della prima **Sojuz** doveva tornare in orbita con la Soyuz 4, ma proprio mentre si stava preparando a questa missione spaziale, morì il 27 marzo 1968 a bordo di un aereo da caccia per la scarsa visibilità in fase di atterraggio o per evitare altri due aerei: la dinamica dell'incidente non fu mai chiarita. La missione di Gagarin accelerò ulteriormente il programma spaziale americano che era ancora in ritardo perché gli Stati Uniti effettuarono due lanci suborbitali prima di inviare nello spazio **J. Glenn** per il volo orbitale.

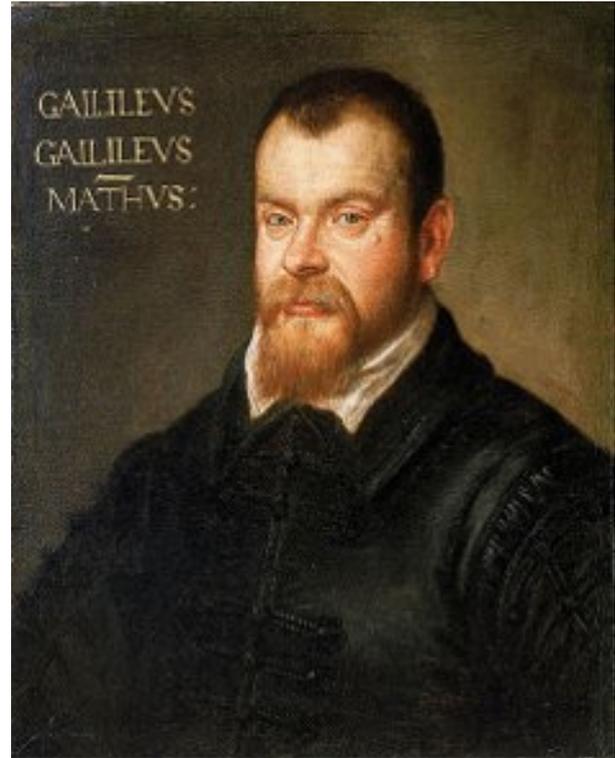
**galassie****galassie compatte****galattiche, coordinate**

**Galilei Galileo** (1564 - 1642) Matematico, fisico e astronomo italiano. Le sue ricerche e le sue osservazioni mutarono lo stato dell'astronomia erigendola a disciplina autonoma, mostrando la fragilità delle precedenti concezioni dell'universo. Con lui l'astronomia cessa di essere contemplativa

**galileiani, satelliti** I satelliti *galileiani* sono stato per lungo tempo nominati con le cifre romane: I, II, III e IV. La scoperta galileiana suscitò alcune critiche e venne accettata dal mondo scientifico dopo le osservazioni di **Keplero** e la successiva pubblicazione dell'opera specifica *Narratio de observatis a se quatuor Iovis satellitibus*.

**Galileo, sonda** Sonda alla cui costruzione hanno contribuito vari paesi, posta in orbita dalla NASA tramite la navetta spaziale Atlantis il 18 ottobre 1989, per studiare l'atmosfera di Giove, i suoi satelliti e la magnetosfera.

▼ G. Galilei in un dipinto di D. Robusti del 1605; Londra National Maritime Museum



**Galileo, telescopio** Il telescopio nazionale Galileo, noto in sigla come TNG, è una delle principali strutture dell'Istituto nazionale di Astrofisica, ed è collocato nelle isole Canarie presso il complesso di Roque de los Muchachos che ospita per le sue eccellenti condizioni climatiche, varie stazioni osservative europee.

Il TNG ha riempito il vuoto che si era creato dopo la costruzione del telescopio Copernico da 1,80 m di Cima Eckar voluto dall'allora direttore **L. Rosino**, in quanto si faceva sempre più pressante la richiesta di un telescopio della classe 3/4 m per svolgere più approfondite ricerche.

Dopo un ventennio di discussioni che volevano il telescopio in Italia, si optò per le Canarie dove altri centri di ricerca stavano costruendo i loro telescopi, e finalmente verso la metà degli anni novanta del secolo scorso si è riusciti a portare a compimento il progetto.

Il TNG secondo la tecnologia diffusasi nella seconda metà del 1900 è in montatura altazimutale assistito da **derotatore di campo**, ospita uno specchio principale di 3,58 m di diametro asservito da un'ottica attiva che corregge tramite una serie di pistoni operando microdeformazioni dello specchio la turbolenza atmosferica: sistema Adopt.

Il TNG dispone di uno spettrografo ad alta risoluzione che opera fra i 370 nm e i 900 nm, di uno strumento chiamato NIC (*Near Infrared camera Spectrometer*) che opera nella banda dell'infrarosso e che esegue misure multiple, e di uno strumento chiamato DOLORES (*device optimized for the LOw RESolution*) con cui si riprendono immagini ed effettuano osservazioni spettroscopiche.

**Galle Johann Gottfried** (1812 - 1910) Nettuno

**Gallucci Giovanni Paolo** cartografo....→ **atlante sub** «I primi atlanti».

**Gambato, ditta** Ditta fondata nel 1974 da G. Gambato specializzata all'inizio in carpenteria meccanica nella costruzione di cupole. In questo settore la ditta acquisì nel tempo una notevole esperienza, divenendo la principale ditta italiana per la costruzione di cupole di osservatori.

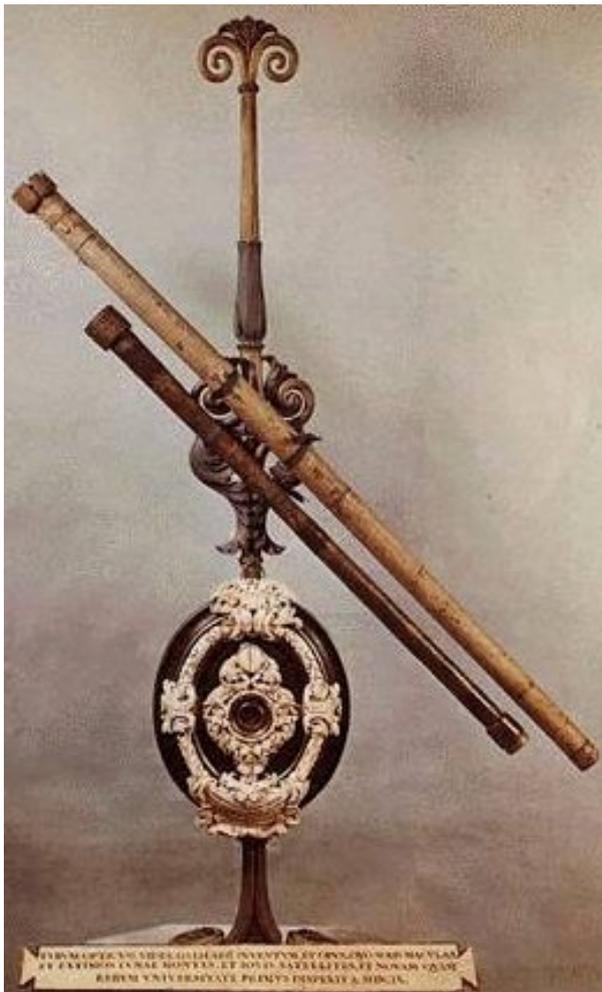
Successivamente la ditta si è specializzata nella costruzione di planetari, acquisendo anche in questo campo un ruolo di primo piano a livello italiano ed europeo.

#### gamma, astronomia

**gamma di luminosità** → **sensitometria**.

**Ganimede** Satellite gioviano scoperto da **G. Galilei** osservando Giove al telescopio; la scoperta è descritta nel *Sidereus Nuncius* del 1610. Il nome divenne d'uso comune in astronomia dopo la scoperta dei satelliti di Saturno; fino a quella data soltanto Giove era accreditato quale pianeta con satelliti: → satelliti **galileiani**.

Dopo l'esplorazione telescopica e fotografica, con l'era delle missioni spaziali si sono arricchite le informazioni su Ganimede. Se le sonde **Voyager** si sono limitate a correggerne le dimensioni, 5262 km di diametro (fino ad allora **Titano** era stimato il più grande fra i satelliti dei pianeti), nuove informazioni giunsero con la sonda **Galileo** che fra il 1996 ed il 2000 eseguì una serie di passaggi ravvicinati, giungendo a soli 264 km dal satellite. Composizione, dati...



▲ Il primo telescopio di Galileo usato per le prime osservazioni lunari e dei satelliti medicei con la lente obiettivo

**Garnet, stella** (μ Chephei)

#### gas interstellare

**Gascoigne William** (1612 - 1644) Matematico, astrologo inglese.

**Ga-Sur, tavola di** Tavoletta d'argilla ritrovata nel 1930 presso le rovine dell'antica località di Ga-Sur da cui il reperto prende il nome.

Il reperto che misura 7,5 cm x 6,5 cm, rappresenterebbe un corso d'acqua che scorre fra due colline, e la zona descritta è stata individuata (presumibilmente) con l'odierna Yorghan Tepe, mentre il corso d'acqua potrebbe rappresentare l'Eufrate. La tavoletta, risalente probabilmente al periodo fra il 2300 a.C. e il 2500 a.C., costituisce una delle più antiche mappe conosciute.

**Gaspra** Asteroide della cintura interna interna scoperto nel 1916 dall'astronomo russo Grigorij Neujamin, che gli impose questo nome da una località del Mar Nero. Appartiene alla famiglia degli asteroidi denominata **Flora**, gruppo asteroidale di tipo S: **asteroide**.

Studiato dalla sonda Galileo nel corso del suo avvicinamento a Giove, Gaspra si è mostrato un corpo irregolare delle dimensioni di 19 km × 12 km × 11 km, con un periodo di rotazione di 7 h che compie in senso antiorario. Caratterizzata da una forma allungata che ricorda quella dei due piccoli satelliti di Marte, l'asteroide quasi sicuramente è un frammento residuale di una collisione relativamente recente, e presenta una moltitudine di crateri, più di 600, che rispetto alle dimensioni del corpo presentano dimensioni davvero generose: da 100 m ai 500 m di diametro.

Le analisi spettrali hanno ricondotto l'asteroide al tipo S, simile cioè all'altro corpo (**Ida**) osservato dalla sonda nell'avvicinamento a Giove, una superficie ricca di materiale ferroso e di regolite. L'albedo è bassa, 0,22, e la magnitudine assoluta è 11,46.

**Gassendi Pierre** (1592 ? Parigi, 24 ottobre 1655)

**Gaurico Luca** (1476 - 1558) Inconsueta figura di astronomo-astrologo.

Originario della Campania, laureatosi a Padova, fu lettore di astronomia nell'ateneo bolognese.

Autore del *Tractatus Astrologicus* ebbe al suo tempo notevole fama come astrologo *azzeccando* a quanto pare alcune delle sue previsioni che in qualche caso gli costarono anche pesanti pene corporali.

Famoso al suo tempo quasi quanto Nostradamus, nominato vescovo da Paolo III, attivo in varie città italiane come Perugia, Venezia e Bologna, in astronomia è ricordato soprattutto per una traduzione dell'*Almagesto* e per aver avuto fra i suoi frequentatori **Copernico**.

A Gaurico è dedicato un cratere lunare.

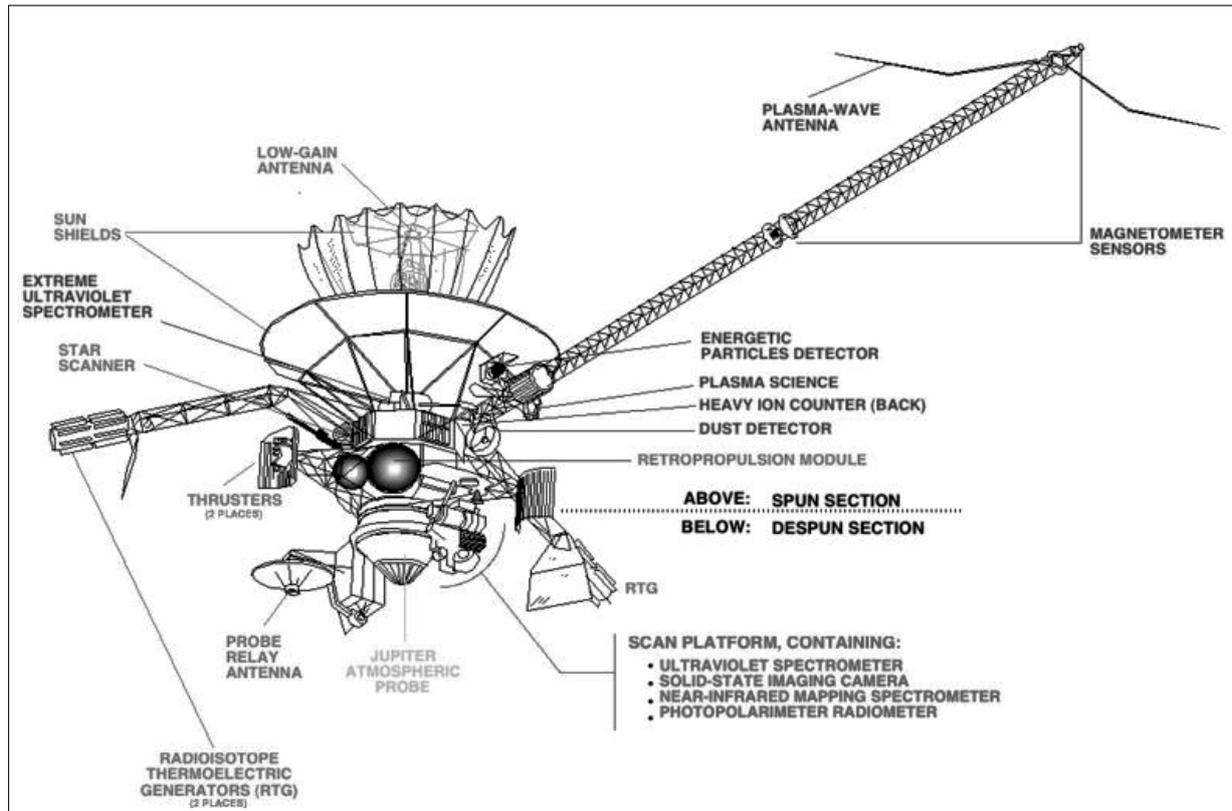
**Gauss Carl Friedrich** (1777 - 1855) Matematico astronomo e fisico tedesco

**Gegenschein** Dal tedesco *gegen* (di fronte) e *schein* (apparire), debole luminosità che si manifesta nella parte opposta al Sole originata dalla riflessione della luce solare.

#### Geminga

#### Gemini, progetto

▼ Schema degli apparati della sonda Galileo. Fonte NASA/JPL



**Gemini, telescopi** Serie di due gruppi di telescopi, ciascun telescopio con obiettivo di 8 m di apertura, situati nei due emisferi e gestiti da un apposito consorzio, l'*Association of Universities for Research in Astronomy* che raccoglie vari paesi. Nell'emisfero Nord il telescopio è situato nelle Hawaii (Mauna Kea osservatorio), l'altro è situato sulle Ande cilene.

I due telescopi lavorano nella banda ottica e nell'infrarosso dove danno particolari ed eccellenti prestazioni, perchè gli specchi a tasselli dei telescopi non sono alluminati e quarzati, bensì argentati.

**Gemini Sud** Telescopio gemello di quello situato nella Hawaii: vedi lemma precedente.

**Gemino** (I sec. a.C. ?) Si ignora quasi tutto di lui, dalle date di nascita e morte ai luoghi dove è vissuto. Si tratta senza dubbio di un autore greco, originario forse di Rodi che dovette quasi sicuramente in un certo periodo soggiornare a Roma. **Alessandro di Afrodisia**, un filosofo peripatetico vissuto fra il II e il III secolo preoccupato di ristabilire la purezza della dottrina di Aristotele contro le tendenze neoplatoniche e che si occupò anche di scienze naturali, lo colloca nel I secolo a.C. Se vissuto avanti l'era cristiana potrebbe essere stato anche allievo di **Posidonio**, essendogli accreditato, secondo quanto sappiamo da **Simplicio** che cita Alessandro d'Afrodisia, un compendio della meteorologia di quest'autore.

Oltre quest'opera Gemino scrisse una *Theoria Matematica* in sei libri, che deve essere stato il suo lavoro più noto, e di cui ci sono giunti alcuni frammenti tramite scritti di **Pappo** (che cita Gemino soltanto per questo lavoro).

Ci è invece giunta è l'*Introduzione ai fenomeni*, un trattato astronomico derivato dagli autori classici della sua epoca, un'opera che tratta delle costellazioni, dello zodiaco, delle fasi lunari,

delle eclissi, del calendario, della geografia, e che si vuole porre come un compendio rigoroso delle conoscenze dell'epoca.

Pur non sottovalutando nella sua globalità il valore che l'opera possiede come fonte di antiche conoscenze, la sua maggiore rilevanza risiede nelle informazioni degli antichi calendari che Gemini fornisce, e soprattutto nell'accuratezza dei dati riportati, secondo il sistema in uso, in valori interi e frazioni di valore.

A lui si deve inoltre la conoscenza del valore del mese lunare, del ciclo dell'*octaeteris*, del ciclo *metonico*, del suo miglioramento ad opera di **Callippo**, e di tantissime notizie sul sistema calendariale egizio: → **calendario sub «Calendario greco»**.

**General Catalogue of 33 242 stars** Catalogo comparativo con i maggiori cataloghi prodotti fino ad allora, alcuni risalenti al 1755 per lo studio dei moti propri stellari: → **catalogo astronomico sub «Cataloghi di Compilazione»**.

**General catalogue of Nebulae and Clusters** di Herschel

**geofisica**

**geocentrico**

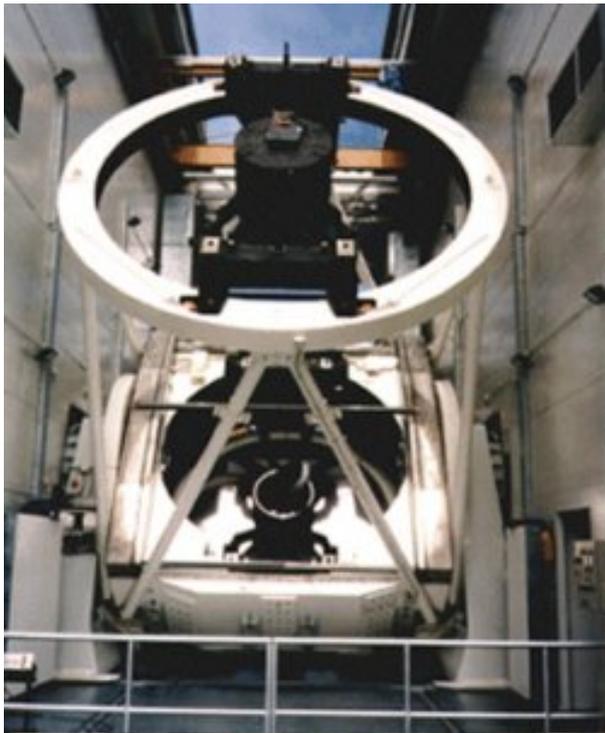
**Geodetica, Commissione - italiana**

**geostazionaria, orbita**

**Gerardo da Cremona** (1114 - 1187) Noto anche come Gherardo e Gherardus cremonensis, è noto per aver tradotto molti lavori dall'arabo durante la sua lunga permanenza nella penisola iberica. Gerardo trascorse infatti gran parte della sua vita a Toledo, da poco sottratta all'islam e che presentava le caratteristiche di una città culturalmente cosmopolita.

Qui Gerardo tradusse opere di Aristotele e di eminenti scienziati arabi come → **al-Farghani**, **Jabir ibn Aflah**, **al-Nayrizi** ed altri.

▼ Cupola del telescopio Galileo e vista dello stesso

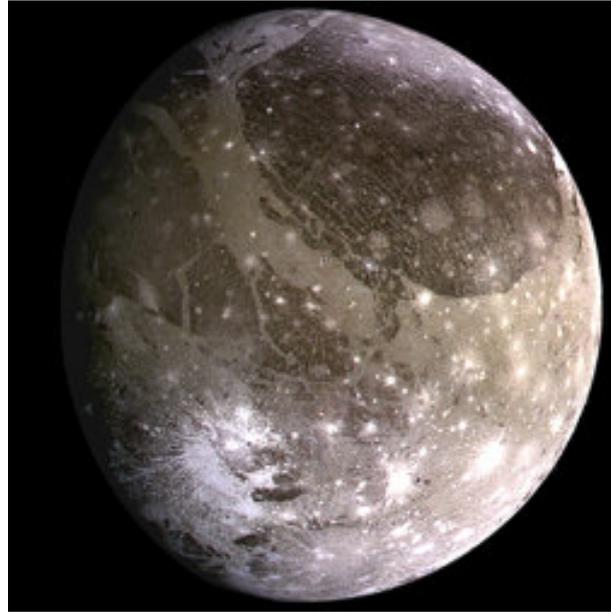


La sua traduzione più nota è senz'altro quella dell'**Almagesto** che rimase l'unica edizione del lavoro di **Tolomeo** finché **Giorgio da Trebisonda** prima e **Regiomontano** poi non ne operarono la traduzione in latino direttamente dal greco.

Gerardo tradusse in latino anche le tavole di **Toledo** e compose trattati di algebra e geometria.

**Gerardo da Sabbioneta** (??? - ???) Traduttore del XIII secolo spesso confuso con Gerardo da Cremona. Tradusse soprattutto testi di medicine di **Avicenna** e i *Theorica planetarum* di ????

▼ Ganimede ripreso dalla sonda **Galileo**



**Gerberto di Aurillac** (930 circa - 1003)

**Giacobbe, bastone di** → bastone di Giacobbe.

**Giacobini-Zinner, cometa**

**Giovanni Filipono** ??Filipono Giovanni??

**gigante** fase evol. stell.

**Giglio Luigi** (1510 - 1576) Riforma calendario...

**Gilbert William** Intorno al 1600 disegnò, ad occhio nudo, una mappa lunare, la prima di cui si abbia conoscenza in epoca moderna.

La sua opera *De magnete* ebbe notevole influenza su **Keplero**...

**Gillet, telescopio** → Mauna Kea osservatorio.

**Gill David**

**Gillet, telescopio** → Mauna Kea osservatorio.

**Giordano Bruno** → **G. Bruno**.

**Giorgio da Trebisonda**

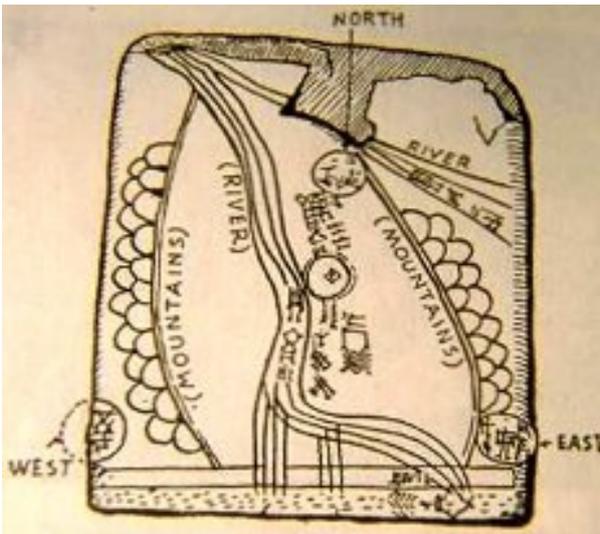
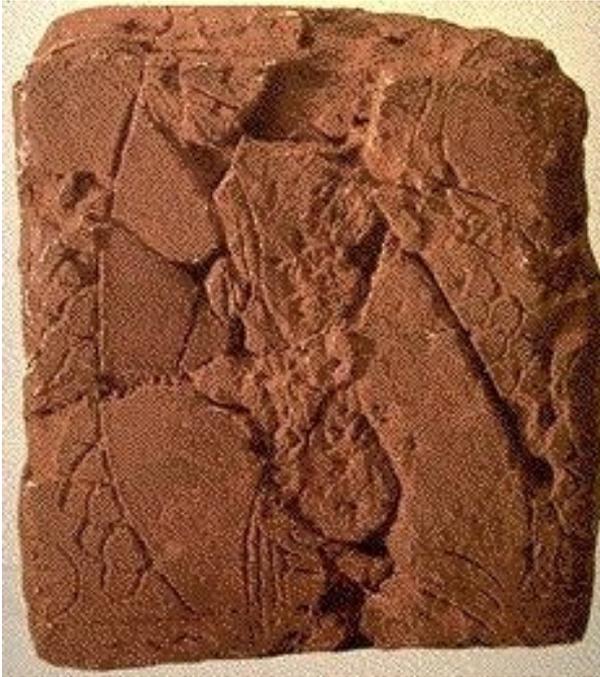
**giorno** tutti i tipi.

**Giotto, sonda** Sonda dell'Agenzia Spaziale Europea progettata per studiare la cometa di **Halley** in occasione del suo passaggio al perielio. Il nome della sonda derivò da un affresco di Giotto nella cappella degli Scrovegni a Padova dove è raffigurata una cometa.

Obiettivo della sonda era avvicinarsi ad almeno 500 km alla cometa, abbastanza riuscito dato che la distanza minima raggiunta fu di 596 km. La strumentazione di bordo prevedeva camera a grande campo, spettrometro, rivelatore di particelle, polarimetro, ed apparecchiature per la rivelazione del plasma.

L'incontro con la cometa avvenne il 13 marzo 1986. Anche se poco prima dell'ultimo avvicinamento la sonda fu bersagliata da particelle cometarie che ne causarono uno spostamento, i risultati raggiunti sono stati notevoli. La cometa è risultata composta

▼ La tavoletta di Ga-Sur e l'interpretazione proposta



di un blocco di ghiaccio irregolare delle dimensioni (circa) di 8 km per 8 km per 16 km, rivelandone l'abbondante presenza di ghiaccio d'acqua ed anidride carbonica, individuando due distinte categorie di polveri: l'una composta di carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto, l'altra di calcio, ferro, magnesio, silicio e sodio, mostrando un'età del corpo fra i più antichi del sistema solare.

Al termine della spedizione, essendo fuori uso ormai le macchine da ripresa, la cometa fu ibernata; quindi costretta ad incontrarsi con la cometa **Grigg-Skjellerup** che ha raggiunto questa volta a meno di 200 km di distanza. Il passaggio ravvicinato della sonda ha comunque consentito la raccolta di numerose informazioni sull'ambiente circostante la cometa.

## Giove

**Giovilabio** Strumento ideato da **Galileo** per determinare i periodi dei satelliti di Giove.

Lo strumento, costruito dopo la scoperta dei satelliti **galileiani** ad opera di **G. Galilei**, va ricondotto da una parte agli studi su

▼ Ricostruzione digitale di Gaspra da due immagini della sonda Galileo in data 29 ottobre 1991 a 16600 km dall'asteroide



▼ Navicella Gemini, fonte NASA



questi satelliti per determinarne periodi e tempi delle loro eclissi, dall'altra alla ancora non risolta (all'epoca) questione di determinare la longitudine della nave in mare. Siccome per la questa misura è indispensabile la conoscenza precisa dell'ora, Galileo propose di servirsi dei satelliti medicei quale *orologio celeste*, dal momento che gli istanti di emersione ed occultazione dei satelliti potevano essere calcolati con accuratezza. In sostanza lo strumento è una sorta di regolo calcolatore finalizzato a queste misure, un calcolatore analogico.

Intuendo che le eclissi di Giove potevano permettere di risolvere il problema della longitudine in mare, Galileo riportò sullo strumento le effemeridi relative ai periodi dei satelliti giovani, offrendo con insistenza lo strumento da lui ideato – assieme ai propri cannocchiali –, al Re di Spagna e quindi agli Stati Generali d'Olanda. Per convincere gli interlocutori che era possibile osservare il sistema di Giove anche in situazione di instabilità, com'è sul ponte delle navi, Galileo concepì un particolare strumento, che, per la sua foggia a forma di celata, fu definito

- ▼ La cometa di Halley ripresa dalla sonda Giotto in una raffigurazione composita di 68 immagini. Fonte NASA



*celatone*. In ultima analisi si trattava di una specie di elmetto con visiera solidale con un cannocchiale in modo da tenere allineati occhi e cannocchiale. Galileo pensò anche Per evitare gli effetti del rollio e del beccheggio, Galileo pensò anche di posizionare l'osservatore in una emisfera posta in un'altra con interposizione di olio, una sorta di sospensione cardanica impossibile a funzionare.

Lo strumento è composto di due dischi concentrici di diverso diametro e di un'asta mobile, e con questi è possibile determinare la posizione del Sole e della Luna in rapporto alla posizione dei satelliti gioviani. I dischi sono di diverso diametro e risultano connessi fra loro con un'asta mobile, permettendo di ricondurre al Sole le apparenze dei satelliti osservate dalla Terra. Il giovilabio riporta tavole mediate per ognuno dei satelliti.

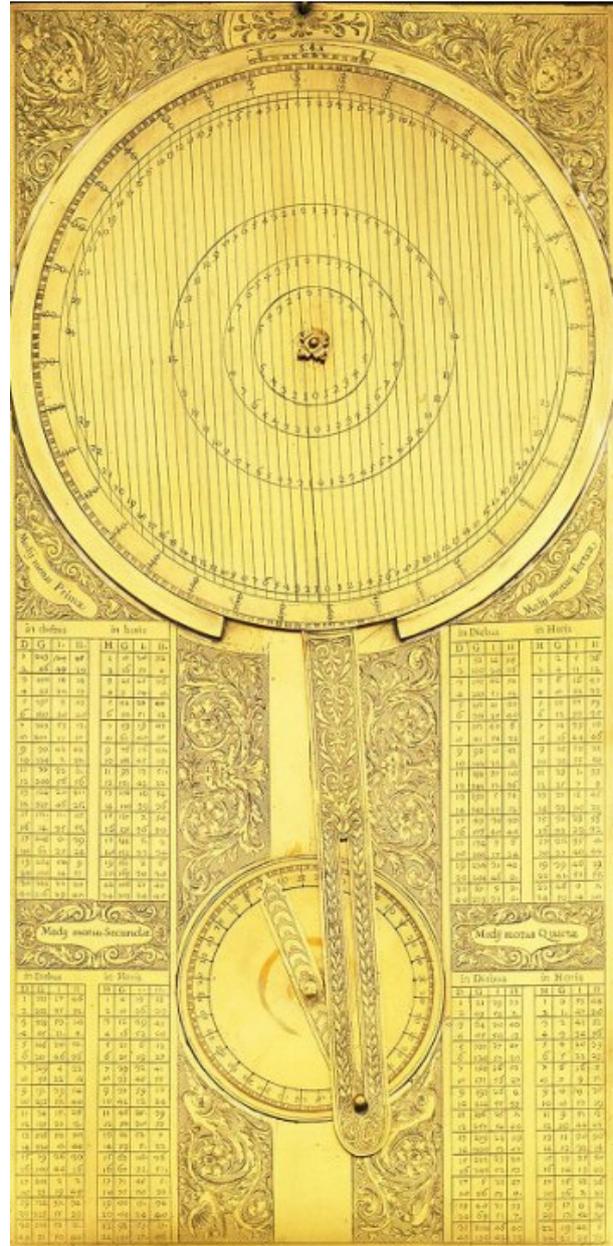
**Giraffa, costellazione** → **Camelopardus**.

**giuliana, data** Datazione a fini astronomici di un evento computando il giorno e l'ora in cui è accaduto su una scala temporale continua millenaria per ottenere un'individuazione cronologicamente uniforme quando gli eventi registrati sono stati riportati secondo scale temporali non coerenti col calendario giuliano e gregoriano.

Indicata con la sigla JD, la data giuliana si definisce l'intervallo di tempo trascorso nel calendario giuliano, contato in giorni e frazioni di giorno, dalle ore 1200 di GMT (*Greenwich Mean Time*) del 1° Gennaio -4712 a.C. sino all'evento in riferimento: giorno e sua eventuale frazione. L'anno -4712 corrisponde per la medesima ora di GMT e per il medesimo giorno, al 4713 a.C. secondo il calendario **prolettico** giuliano ed al 4714 a.C. secondo il calendario prolettico gregoriano, considerando nel computo l'anno zero: → **GMT, calendario**.

La data giuliana è comunemente attribuita a **G. G. Scaligero** che la delineò nel *De emendatione temporum* del 1583. Ma a parte il fatto che analogo computo temporale era stato già proposto da un certo Ruggero vescovo Di Hereford nel 1176 nell'opera *Computus*, Scaligero non è l'ideatore della JD, ma piuttosto

- ▼ Giovilabio di Galileo; eredità di Leopoldo dei Medici. Firenze, Palazzo Strozzi, Museo di Storia della Scienza



l'ideatore di un sistema cronologico per una datazione univoca di eventi storici secondo il *periodo giuliano*.

Per tali finalità, che rispondevano soprattutto alle sue esigenze di storico, Scaligero formulò un ciclo di 7980 anni ottenuto moltiplicando tre cicli: l'**indizione** (15 anni), il **metonico** (19 anni), il **ventotennale solare**, e pose la data iniziale al -4713 perché in quella data i tre cicli si trovarono assieme, e la data finale al 31 dicembre 3267 del calendario giuliano (1° gennaio 3268 del calendario gregoriano). La proposta non ebbe alcun seguito per quasi due secoli, e solo dopo che fu raccomandata da parte di **Herschel** una convenzione per standardizzare temporalmente le analisi degli eventi astronomici usando una comune cronologia, la JD divenne di uso comune fra gli astronomi. Terminato il ciclo se ne dovrebbe far iniziare un altro.

In letteratura scientifica è spesso riportato che l'aggettivo *Julian* fu proposto da Scaligero in onore del proprio padre *Julius*, ma nell'edizione ginevrina del *De emendatione* (1629) si legge

*Julian vocamus quia ad annum Julianum accomodata*,<sup>1</sup> con manifesta esigenza di conformarsi quanto a datazione al calendario giuliano: la prima edizione dell'opera di Scaligero è del 1583, e segue quindi appena un anno la riforma gregoriana non ancora diffusissima.

Conrariamente alla comune notazione civile che conta il giorno da una mezzanotte all'altra quando cambia la data nel calendario gregoriano e civile, il giorno giuliano è un giorno astronomico che considera l'inizio di un nuovo giorno con il transito del Sole al meridiano, comprensivo quindi di quello spazio temporale che i Greci chiamavano *νοχθήμερον* (notte e giorno, vedi a pagina 95). Non essendo pratico usare tanti meridiani quanti sono gli osservatori che a quelli fanno riferimento, si adottò come meridiano fondamentale quello dell'osservatorio di Greenwich. La data giuliana fu così ancorata alle ore 12 00 del GMT, e per una maggiore precisione nell'individuazione dell'evento si frazionò il giorno in quattro parti, con inizio (le frazioni) alla mezzanotte: ciascuna parte del giorno vale 0,25. Quindi la data giuliana nella forma decimale 0,5 indica il punto in cui la mezzanotte separa un giorno (civile) dall'altro. In conclusione la data giuliana non è altro che un calendario dove – in un arco temporale di alcuni millenni – qualsiasi giorno e la sua frazione possono essere espressi da un numero intero o decimale; alcuni algoritmi della data giuliana sono riportati nel riquadro in questa pagina.

In seguito la data giuliana ha subito un notevole numero d'interventi da parte della comunità scientifica che ne ha creato per i propri fini diverse varianti. Dopo il 31 dicembre 1971 la data giuliana non fece più riferimento al GMT ma all'**UTC** (*Coordinated Universal Time*) che teneva conto della rotazione terrestre; quindi quando nel 1977 il **Dynamical Time** venne diviso in **Barycentric Dynamical Time** e **Terrestrial Dynamical Time** (vedi lemmi relativi), la data giuliana poté essere rappresentata con ciascuno di questi sistemi; e per quanto entrambi siano validi, la raccomandazione degli almanacchi astronomici è sempre nel senso di usare il **TU** (Tempo Universale).

Fra le varianti della JD si annoverano:

**HJD**: *Heliocentric Julian Date*. Computo in riferimento non alla Terra ma al Sole. Considerando la velocità della luce finita, l'HJD tiene conto dei minuti che questa impiega per giungere sino a noi, potendo anche essere di 507 s ovvero 0,00587 d. Il valore di conteggio iniziale differisce dalla data giuliana perché l'HJD inizia nel momento in cui la luce del Sole raggiunge la Terra, ma corrisponde ad essa ( $HJD = JD$ ) per oggetti ai poli dell'eclittica.

Nata per la datazione dei fenomeni che si verificano al di fuori del sistema solare, considerati cioè a distanza infinita, dipende come tale non solo dal tempo locale, bensì anche dalla posizione dell'oggetto osservato e dal Sole. Nel 1991 essa è stata sostituita dalla

**BJD**: *Barycentric Julian Date*, che considera anch'essa il tempo impiegato dalla luce per giungere sulla Terra, ma le correzioni vengono effettuate tenendo conto della posizione della Terra rispetto al baricentro del sistema solare. Una discussione dei due sistemi è in J. Eastman [98].

**CJD**: *Chronological Julian Day*; si considera il tempo trascorso non dal mezzogiorno bensì dalla mezzanotte locale riferito alla longitudine, ed aggiungendo valori per località ad Est di Greenwich e sottraendoli per località ad Ovest, dal momento che le frazioni trascorse indicano il tempo trascorso dalla mezzanotte della località d'interesse [206]. È usata soprattutto a fini storici.

**MJD**: *Modified Julian Day*, introdotta dallo **Smithsonian Astrophysical Observatory** nel 1958, è costituita da 2 400 000,5

1. Chiamiamo questa data giuliana perché riferita all'anno giuliano.

### Calcolo della data giuliana

• *Da data a giorno giuliano*. Supponendo di voler calcolare la data giuliana corrispondente al 26 settembre 1946, posto  $M =$  mese,  $d =$  giorno e  $Y =$  anno, si pone ancora:

$$A = \text{int}(Y/100) = 19;$$

$$B = 2 - A + \text{int}(A/4) = -13;$$

$$C = \text{int}(365,25 \times Y);$$

$$D = \text{int}(30,6001 \times (M + 1)) = 710776;$$

L'algoritmo per il calcolo della data giuliana per i valori impostati è il seguente:

$$JD = B + C + D + d + 1720994,5$$

e sostituendo con i valori noti e quelli ottenuti dal calcolo:

$JD = -13 + 710776 + 306 + 26 + 1720994,5 = 2432089,5$ , ossia la data giuliana per le ore 00 00 00 per il giorno richiesto. Se la data giuliana è richiesta per le ore 12 00 occorre sostituire 17920994,5 con 1720995.

In caso  $M = 1$  oppure  $M = 2$  si sottrae un'unità a  $Y$  e si somma 12 ad  $M$ . L'algoritmo è valido per calcoli seguenti l'introduzione del calendario gregoriano. Per calcoli antecedenti al 15 ottobre 1582 si pone  $A = 0$  e  $B = 0$  [96].

• *Da giorno giuliano a data*. Per il calcolo inverso (da data giuliana a calendariale) consideriamo  $JD = 2432090$  (alle ore 12 00 00); si pone:

$I = \text{int}(JD + 0,5) = 2432090$  per numeri giuliani  $> 2299160$  (vedi appresso);

$$F = \text{frac}(JD + 0,5) = 0;$$

$$A = \text{int}((I - 1867216,25)/36524,25) = 15$$

$B = I + 1 + A - \text{int}(A/4) = 2432103$ ; per  $JD > 2299160$ , per  $JD \leq 2299160$  si pone  $B = 1$ ;

$$C = B + 1524 = 2433627;$$

$$D = \text{int}((C - 122,1)/365,25) = 6662;$$

$$E = \text{int}(365,25 \times D) = 2433295;$$

$$H = \text{int}((C - E)/30,6001) = 10.$$

Calcolo del giorno:  $G = C - E + F - \text{int}(30,6001 \times H) = 26$ ; calcolo del mese:  $M = H - 1 = 9$ ; se  $H < 14$ , altrimenti  $M = H - 13$ ;

calcolo dell'anno:  $Y = D - 4716 = 1946$ , se  $M < 3$ ,  $Y = D - 4715$ .

Diversi siti internet riportano applicativi in Java per il calcolo della data giuliana diretto ed inverso. Fra i moduli di calcolo disponibili ricordo quello di H. F. Fliegel e T. C. Van Flandern, *A Machine Algorithm for Processing Calendar Dates*, 1968, in *Communications of the Association of Computing Machines*, vol. 11, pag. 657, che fa uso diretto degli interi.

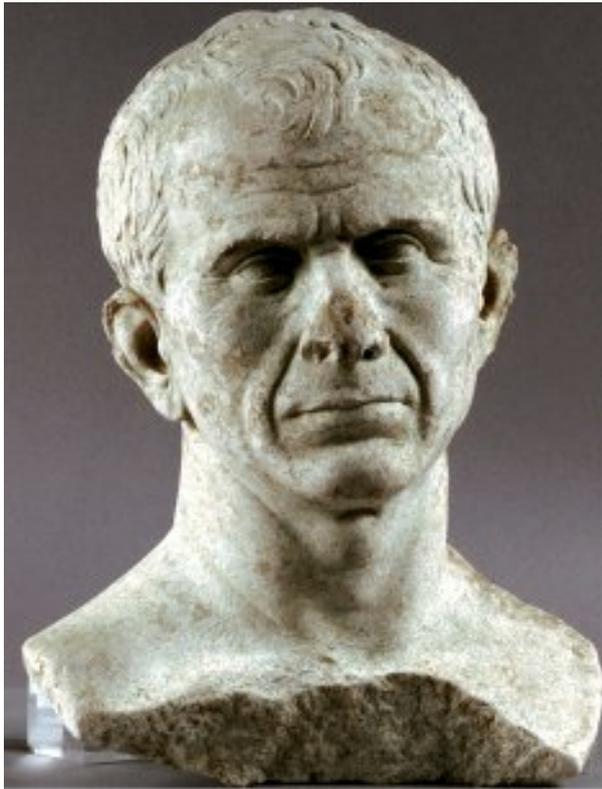
giorni in meno rispetto alla data giuliana e si ottiene quindi sottraendo a questa il detto numero. La MJD è spesso usata al posto della JD perché consente di maneggiare numeri più piccoli, e al contrario della data giuliana inizia dalla mezzanotte.

**RJD**: *Reduced Julian Day*, conta i giorni come la MJD, ma il conteggio si effettua da mezzogiorno di UTC ( $RJD = JD - 2400000$ ).

**TJD**: *Truncated Julian Day*, introdotta dalla NASA nel 1968: ( $TJD = JD - 2440000,5$ )

Accanto a queste esistono ancora altri sistemi di datazione come l'**RD** (*Rata Die*, giorno fisso) che conta il tempo dall'inizio dell'era cristiana, il 1° Gennaio dell'anno 1; l'**LDN** (*Lilian Day Number*): **calendario sub** «Calendario gregoriano» che conta i giorni a datare dalla riforma gregoriana del 15 ottobre 1582 (anno 1), sino al 31 dicembre 9999 (anno 3 074 324); il **secolo giuliano** che vale 36,525 giorni; l'**anno giuliano** che vale esattamente 365,25 giorni; ed altri ancora usati a fini informatici come la **DJD** *Dublin Julian Day* che conta i giorni trascorsi dal 1° gennaio 1900.

- ▼ Busto di G. Cesare ritrovato ad Arles (antica Arelate), Francia, nel 2007 sul fondo del fiume Rodano. Fra quelli pervenuti è ritenuto l'unico effettuato Cesare vivente. Arles, Museo di arte antica.



**giuliano, calendario** → **calendario** sub «*Calendario giuliano*».

**Giulio Cesare** (101/100 - 44 a.C.) Condottiero e uomo politico romano; riformò nel 46 a.C., con l'opera dell'astronomo alessandrino **Sosigene**, il calendario introdotto secoli addietro da **Numa Pompilio** che aveva accumulato grandissimi errori, sostituendolo con uno assai più preciso cui impose il suo nome: «giuliano». Il calendario ebbe vigenza sino alla riforma gregoriana del 1582, ed è tuttora usato, anche se in parte riformato, da alcune confessioni religiose come l'ortodossa: → **calendario** sub «*Calendario giuliano*».

Questione dibattuta tra storici e filologi riguarda la competenza astronomica di G. Cesare, essendosi comunemente portati a credere che il politico e il condottiero assorbissero nella persona la maggior parte delle attività: dal momento che era pienamente occupato dalla vita politica e dalle campagne militari, G. Cesare non avrebbe avuto tempo da dedicare alla scienza in genere ed all'astronomia in particolare; in aggiunta per lungo tempo ha pesato sulla questione il giudizio negazionista espresso in proposito dallo storico tedesco C. T. Mommsen.

- **Competenze astronomiche di G. Cesare; il «De astris».** Il problema affronta in sostanza la risoluzione della questione se il calendario sia stato riformato da Cesare senza aver alcuna conoscenza di questioni astronomiche, o se in virtù appunto di queste presunte cognizioni Cesare avesse inteso l'improrogabile necessità di procedere alla riforma. Quale che sia la risoluzione, determinante fu la spedizione militare in Egitto, la conquista di Alessandria, il venir in contatto con una scienza astronomica più progredita di quella romana e sistemi di misura temporali più precisi e coerenti di quelli usati in Roma.

La questione si è posta agli studiosi in conseguenza delle annotazioni pliniane contenute nella *Naturalis Historia*.

Nel libro I **Plinio** [243, I] elenca le fonti da cui ha tratto le notizie per la composizione di ogni singolo libro della sua opera, e per il libro XVIII riporta: [ex] *L. Tarutio qui Graecae de astris scripsit Caesare dictatore qui item*.<sup>1</sup> Anche se il periodare nella sua sinteticità non è della massima chiarezza, da quel *qui item* sembra intuire che anche G. Cesare abbia composto un'opera intitolata *De astris*, scritta forse in greco, cui Plinio avrebbe attinto. Plinio colloca Cesare fra gli *Auctores*, cioè fra gli scrittori di lingua latina, e fra gli *Externi*, di lingua greca, ricomprende ancora Sosigene che già compariva nel libro II (*infra*). Se perplessità nascono dal fatto che Svetonio nel *De vita Caesarum* [306] non riporta cenni a questo lavoro, bisogna però d'altro canto sottolineare che di Svetonio non ci è giunta la produzione scientifica, e che questo pur autorevole silenzio non è sufficiente a negare competenze (e opere) astronomiche all'uomo politico romano.

Occorre ancora precisare che il lavoro pliniano sino alla stesura del libro VII riporta unicamente i nomi degli autori, e solo dal successivo inizia a comparire qualche sintetico riferimento anche alla fonte bibliografica testuale, mostrando così che col procedere dell'opera Plinio diveniva più scrupoloso anche nelle fonti, e tale stile di composizione potrebbe essere alla base della mancanza di una maggiore esplicitazione. Del resto va ossevato che Plinio non era uno studioso, piuttosto un curioso che ricopiava testi altrui organizzandoli per materie.

Premessa l'ovvia considerazione che solo una persona seriamente interessata all'astronomia poteva proporre (ed imporre) la riforma calendariale del 46 a.C., e che è sufficiente un minimo di sensibilità scientifica per accorgersi che l'equinozio di primavera cade in Giugno (com'era allora, 47a.C.) anziché in Marzo, sono non poche le «voci» che parlano – quantomeno – di un interesse specifico per l'astronomia di G. Cesare.

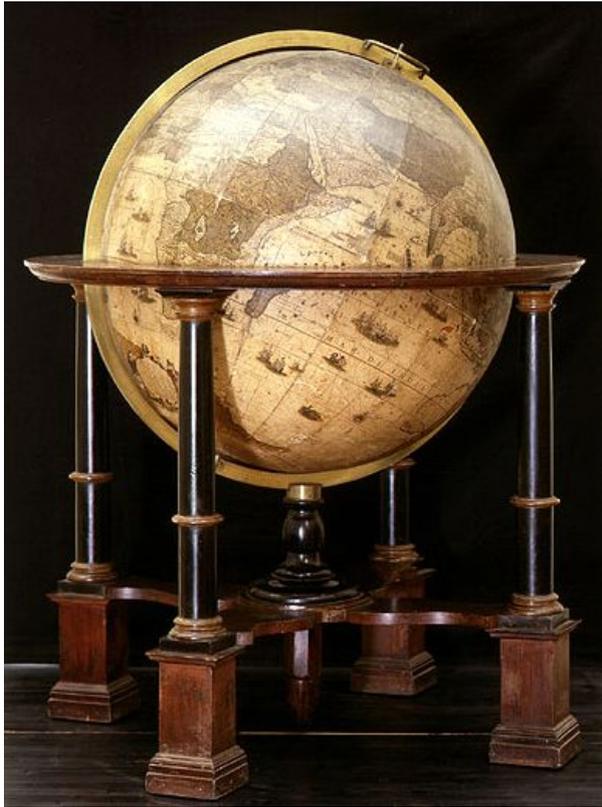
**F. G. Materno** ricomprende Cesare fra gli autori che hanno descritto le costellazioni, **Tolomeo** e **G. Lido** citano Cesare, rispettivamente, come autore di un'opera sulle fasi stellari e quale compositore di **parapegma**, e M. A. Lucano nel libro X della *Pharsalia* riporta un riferimento alla riforma calendariale [181][X, 184]. C. Dione nella *Storia di Roma* parlando delle modifiche calendariali non solo non accenna a Sosigene pur riferendosi al soggiorno alessandrino, ma riporta Cesare se non come l'autore della riforma calendariale quantomeno come il diretto ispiratore, colui che la volle, soffermandosi sulla divergenza del calendario di Cesare con quello alessandrino composto da mesi di 30 giorni ciascuno [61, XLIII, 26 - 27].

Anche a voler interpretare il passo pliniano nel senso di un'attribuzione esclusiva a **Sosigene** del *De astris*, redatto naturalmente in greco, quest'elemento non si manifesta di per sé sufficiente a escludere qualsiasi competenza o interesse astronomico in capo a G. Cesare, tanto più che Plinio in diverse occasioni fa riferimento alle osservazioni astronomiche cesaree, ampiamente rintracciabili pure nel *De bello gallico*.

La circostanza che i riferimenti a Cesare siano reperibili nel testo pliniano nel libro XVIII dedicato alle opere agricole e non nel II dedicato all'astronomia, conduce in aggiunta a credere che si potesse trattare di un calendario **parapegmatico**, di un calendario cioè in cui il testo astronomico fosse funzionale (anche) alle opere agricole. Se la teoria fosse vera il calendario di Cesare acquisterebbe anche una funzione sociale, e verrebbero a cadere molte delle opposizioni alla presunta veridicità del testo. Certo è comunque che la riforma calendariale faceva parte di un più ampio disegno di Cesare, e non è davvero un caso che essa

1. [da] **L. Taruzio** che scrisse un libro in greco sugli astri come pure [da] G. Cesare dittatore.

- ▼ Globo terrestre di J. W. Blaeuw (1571 - 1638), Amsterdam 1635; da Museo della Specola di Bologna



compaia a conclusione della guerra civile, parte integrante del *novus ordo* civile e politico che Cesare intendeva realizzare. Concordando con P. Domenicucci [91] che ha composto sulla questione un rilevante contributo cui si rinvia, si può concludere che il *De astris* dovesse essere, nello stile dei paraepigrammi, un *calendario corredato da osservazioni astronomiche relative alle fasi stellari e alle posizioni zodiacali del Sole* (ibidem pag. 355), e che di tale composizione Cesare non dovesse essere soltanto l'ispiratore o il promotore, ma – almeno – una sorta di supervisore e guida, al fine di procedere, sulla base delle nuove conoscenze alessandrine, ad una revisione calendariale coerente con le conoscenze e le competenze a lui riconducibili. A G. Cesare è intitolato un cratere lunare ad Ovest del Mare della Tranquillità, fra il cratere dedicato a Manilio e quello dedicato a Sosigene.

**Giza, piana di** Situata sul delta del Nilo, la piana di Giza individua una vasta necropoli della IV dinastia che si erge su un terreno calcareo di poco elevato rispetto alla zona circostante. La piana è nota soprattutto per ospitare le piramidi che vi si ergono: Cheope, Chefren e Micerino, e la celebre Sfinge Abu el-Hol (il padre del terrore). → **Cheope, archeoastronomia.**

**Glenn John** (-)

**global warming** → **clima.**

**globo**

**globo Farnese** → Farnese, globo.

**globo di Matelica** → **Matelica, globo.**

**globo di Prosymna** → **Prosymna, globo.**

**gloria** Fenomeno ottico prodotto dalla luce solare riflessa di minuscole gocce o cristalli di ghiaccio in direzione della sorgente. Il fenomeno è spesso associato allo *spettro (arco) di Brocken*, dal monte omonimo in Germania dove il fenomeno si verifica con una certa frequenza per via dell'altezza del monte. Il nome «spettro» deriva al fenomeno dal fatto che la luce solare proietta sulle nuvole ingigantendola l'ombra dell'osservatore. La gloria può avere numerosi anelli colorati, di dimensioni angolari molto inferiori a quelle dell'arcobaleno, da 1,2° a 8,3° secondo le teorie formulate da H. C. Van De Hulst nel 1957.

**GMT**

**gnomone**

**gnomonica** Vedi quadranti o portare i quadranti qui?

**gnomonico, foro** → **foro gnomonico.**

**Goddard Space Flight Center**

**Gosses Bluff, cratere**

**Gould Benj[i]amin** Controlla i o j (1824 - 1896) astronomo ... inglese ? Attese dall'osservatorio nazionale argentino alla compilazione della *Uranometria Argentina*, con l'intenzione di estendere il lavoro di **F. W. Argelander** all'emisfero australe. → **catalogo astronomico sub «Cataloghi di compilazione».**

**GPS**

**gradus taurinensis** Misura di un arco di parallelo fra Mondovì ed Andrate eseguite dall'astronomo → **G. Plana** nel 1821.

**Graham, Mount - International Observatory** → LBT

**graecanica, sphaera** → **Sphaera graecanica.**

**grande asse**

**GranTeCan** Acronimo di *Gran Telescopio Canarias*

**granuli solari**

**gravitazione universale** Ricorda che Newton ammise di non aver inventato nulla ma di aver preso tutto dagli antichi.

**grating** → **reticolo di diffrazione.**

**Gratton Livio** (1910 - 1991)

**gravitazionali, onde**

**gravity assist** → effetto **fionda.**

**greca, astronomia**

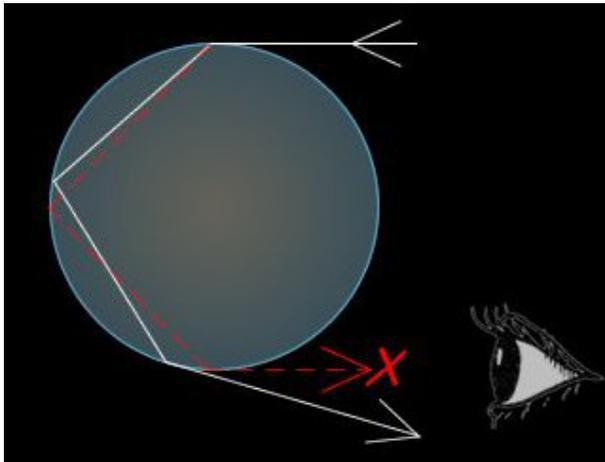
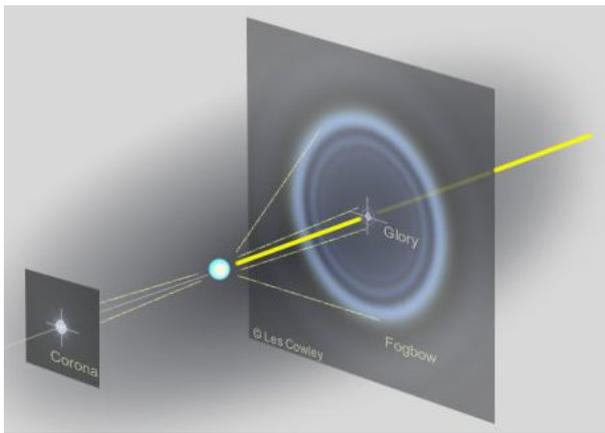
**Green Bank, osservatorio**

**green flash** → **raggio verde.**

**Greenwich, osservatorio**

**Greenwich, meridiano**

▼ In alto gloria con spettro di Brocken, foto di H. Chang; al centro e in basso schema di formazione da L. Cowley, *Atmospheric Optics*



**gregoriano, calendario** Calendario riformato da Papa Gregorio XIII, al secolo U. Boncompagni, per ristabilire nel nuovo sistema calendariale la data dell'equinozio di primavera (fondamentale per fissare la data della **Pasqua**) in accordo con l'evento

astronomico.

Gli errori introdotti dal calendario giuliano avevano infatti portato ad uno sfasamento notevole cadendo l'equinozio – alla data della riforma – l'11 marzo: → **calendario sub** «*Calendario gregoriano*».

**Gregory James** (1638 - 1675)

**Grienberger Christoph s. J.** (1561 - 1636) Matematico e astronomo gesuita austriaco che svolse la parte principale del suo lavoro scientifico al **Collegio romano** ove fu allievo del **Clavio** a cui successe nella cattedra di matematica.

Ha lasciato pochissimi lavori, fra cui alcune tavole trigonometriche ed un piccolo atlante stellare. S'interessò anche di ottica. A lui si fa risalire uno dei primi modelli in epoca moderna di montatura equatoriale, un pointsto **eliotropio** usato da **C. Scheiner** per l'osservazione delle macchie solari.

**Grigg-Skjellerup, cometa** (26/P/Grigg-Skjellerup)

**groma**

**Grossatesta Roberto**

**Grubb Thomas** (-) Grubb telescope company

**Grubb-Parsons**

**gruppo locale**

**GSG** Acronimo di *Guide Star Catalogue* → **catalogo astronomico**, Hubble Space Telescope.

Nella versione originale conteneva 20 000 stelle. Si è evoluto nel GSPC (I e II) *Guide Star Photometric Catalog*.

**guinzaglio, satellite al** → **Tethered**.

## H

**Haab** Ciclo calendariale di uso agricolo della civiltà Maya:  
→ [calendario](#) sub «*Calendari dell'area americana*».

**Hack Margherita** (1922 - 2013) Astronoma, astrofisica e divulgatrice. Dopo la laurea in Fisica conseguita nella città natale (Firenze) nel 1945 ha insegnato all'Università di Trieste dal 1964 al 1992 dirigendo nello stesso periodo l'osservatorio astronomico della città sino al 1987.

Membro dell'Accademia dei Lincei, la Hack ha collaborato con numerose istituzioni nazionali ed internazionali, ed ha svolto un'intensa attività divulgativa culminata nella fondazione (1978) della rivista *l'astronomia* assieme a C. Lamberti che ne è stato il direttore responsabile per tanti anni; una delle più diffuse riviste d'astronomia a livello europeo, apprezzata soprattutto per l'autorità dei contributi scientifici che riportava. Successivamente assieme allo stesso Lamberti ha dato vita alla rivista di divulgazione astronomica *Le Stelle*.

L'impegno astronomico e divulgativo era nella Hack una componente della sua passione civile e politica che l'ha vista spesso schierata in campo per la difesa dei diritti fondamentali degli uomini come degli animali, partecipando anche attivamente all'agone politico, anche se in questo campo non ha mai raggiunto alcun risultato.

**Hadley John** (1682 - 1744)

**Hagen Georg Johann s. J** (1847 - ) specola vaticana austriaco si fece americano

### Hale, ciclo

**Hale George Hellery** (1868 - 1938) Astronomo con forte vocazione imprenditoriale cui si debbono le massime realizzazioni astronomiche statunitensi del secolo scorso.

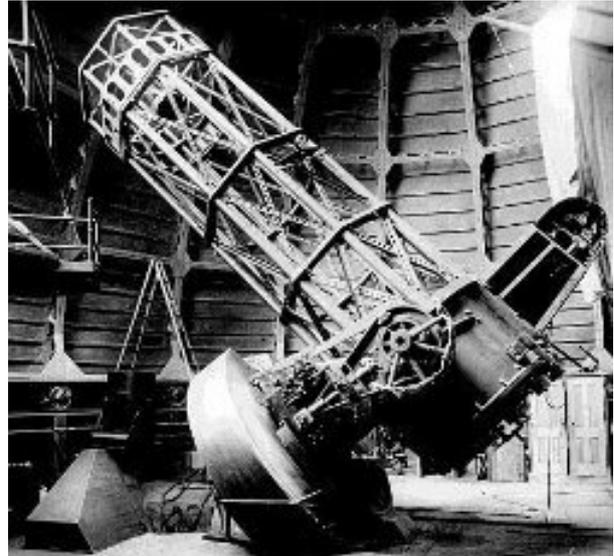
Appassionato sin da ragazzo d'astronomia, nel 1886 riuscì ad entrare al MIT, ma la sua permanenza nell'istituto di Boston fu di breve durata, e riprese così le osservazioni da un osservatorio che s'era fatto costruire dedicandosi alle predilette ricerche sul Sole con uno strumento di propria ideazione e costruzione, lo spettroeliografo, per fotografare regioni dell'atmosfera solare altrimenti inaccessibili alla fotografia. Un simile strumento entrò quasi contemporaneamente in funzione a Parigi, ed iniziarono lunghe e sterili battaglie, specie da parte francese, per contendersi la priorità temporale dell'invenzione.

Lavorò successivamente come tecnico volontario all'osservatorio di [Harvard](#) al telescopio da 15 pollici cui applicò il suo spettroeliografo e nell'estate del 1888 individuò nello spettro solare la linea del carbonio. Continuando a lavorare ad Harvard costruì un altro spettroeliografo con cui nel 1891 realizzò le prime foto delle protuberanze solari.

Intanto già da tempo Hale si era dedicato alla costruzione di un telescopio solare orizzontale a Monte Wilson, ma la qualità scadente delle immagini per via del riscaldamento giornaliero del suolo lo convinse che occorreva *verticalizzare* lo strumento: nacque così la prima → [torre solare](#).

Grazie al contributo di A. Carnegie, un magnate dell'acciaio, Hale poté realizzare poco dopo una seconda torre solare più alta che equipaggiò con nuova strumentazione misurando per la prima volta i campi magnetici dell'attività solare.

▼ Il telescopio Hale da 60 pollici in una foto d'epoca



Ricevute diverse proposte di collaborazione, decise di costruire nella sua città (Chicago) un osservatorio con un rifrattore da 12 pollici che venne usato anche dalla locale Università che non ne disponeva di uno proprio.

L'intervento successivo del magnate [C. Yerkes](#) consentì grazie alla personale liberalità dello stesso l'istituzione di un fondo per la costruzione di quello che doveva essere il più grande rifrattore mai costruito. Osservatorio e telescopio furono costruiti in tempi brevissimi, ed a soli 29 anni Hale si trovò direttore del più grande osservatorio del mondo, ed il primo fornito di un completo laboratorio, l'Osservatorio di Yerkes.

Hale era un tipo sanamente irrequieto, ed avvertì presto l'esigenza di raccogliere più luce per perfezionare le sue indagini, ed a meno di 35 anni nacque l'idea di costruire uno strumento molto più grande. Venuto a conoscenza dell'esistenza di un fondo per la ricerca istituito dalla *Carnegie Institution* riuscì ad ottenere i fondi per realizzare un telescopio da 60 pollici (1500 mm circa) sfruttando un esistente menisco di queste dimensioni.

Nel frattempo Hale, che intanto aveva scoperto la natura delle macchie solari, cominciò a sentire l'esigenza di un telescopio di ancora maggiori dimensioni, prima ancora che il 60 pollici fosse terminato, e si dette da fare per un telescopio da 100 pollici (2500 mm circa), da collocare anch'esso come i precedenti a Monte Wilson. Tascorsero poco più di dieci anni, ed il telescopio [Hooker](#), ottimamente lavorato da quell'ottico di prim'ordine che era [G. Ritchey](#), nel 1917 vide la luce. La macchina usata per la lavorazione di quel menisco è visibile al lemma [lavorazione superfici ottiche](#), a pagina ??.

Ce n'era per chiunque per essere più che soddisfatti del proprio operato, anche in considerazione delle scoperte che [E. Hubble](#) stava facendo al 100 pollici, e dei suoi studi solari che continuavano con tale successo che qualche anno appresso (1924) Hale si fece costruire a Pasadena un altro apposito osservatorio in cui continuare queste ricerche.

Ce n'era abbastanza per molti, ma non per Hale. Nel 1919, due anni soltanto dopo l'inaugurazione dello strumento più grande del mondo, si mise all'opera per costruirne un altro di ancora maggiore luce.

Cominciò così a prendere forma nella sua mente il progetto che doveva concretizzarsi nella realizzazione del 200 pollici (5 metri) del Palomar.

Hale iniziò a pubblicare una serie di articoli in cui sosteneva la necessità scientifica di affrontare la costruzione di telescopi di sempre maggiori dimensioni, e fu a seguito di uno di questi apparso nel 1928 intitolato *The possibilities of large telescope*, che Wickliffe Rose della Rockefeller Foundation decise di contattarlo per finanziare l'impresa, proponendogli addirittura un telescopio da 300 pollici, ma Hale fu prudente e preferì limitare la richiesta di finanziamento ad uno strumento di 200 pollici.

Hale risolse tutti gli innovativi problemi che una costruzione del genere presentava, dalla scelta del vetro, al tipo di montatura che date le dimensioni strumentali non poteva essere del tipo fino allora comunemente usate: determinante risultò la collaborazione di quel valente architetto, esploratore artico e appassionato di astronomia che era **R. Porter**.

Quando già da cinque anni aveva abbandonato la direzione dell'osservatorio di Monte Wilson per dedicarsi in parte a questo nuovo progetto in parte alla sua fisica solare, Hale individuò (1928) nel monte Palomar il sito su cui il nuovo osservatorio sarebbe dovuto sorgere.

Hale morì nel 1938, quando già da due anni il grande menisco da 5 m aveva raggiunto l'osservatorio, ed alla sua tenacia e determinazione fu giustamente dedicato quello strumento, ma purtroppo non poté vedere il sogno della sua vita che solo dopo qualche decennio prendeva corpo: lo strumento fu inaugurato nel 1948.

Hale dovette superare tuttavia notevoli obiezioni a questo progetto che per l'epoca appariva non solo fuori del comune ma anche mastodontico e di enorme spesa, ed anche per questa sua tenacia dialettica, che era una giusta controparte delle sue valenti capacità di ricercatore, studioso e assertore della necessità di divulgare le conoscenze (Hale fu inoltre fondatore ed editore dell'**Astrophysical Journal**), va annoverato fra i più grandi scienziati del XX secolo.

A lui sono stati intitolati un cratere lunare ed uno marziano.

**Hale, telescopio** → **Palomar**.

**Hale-Bopp, cometa**

**Hall Asaph** ( - ) Scopritore di Deimos e Phobos

**Halley Edmond** (1656 - 1742) Astronomo e scienziato inglese grande amico di **Newton**. Legò il suo nome alla cometa che da allora in poi portò il suo nome, prevedendone il passaggio al perielio nel 1758.

**Halley, cometa** (1P/Halley)

**Halley Watch**

**halo** → **alone**.

**Hambardzumyan Viktor Amasaspovich** → **Ambartsumian Viktor Amasaspovich**.

**Hamburg Robotic Telescope** → Amburgo, osservatorio.

**Hapke, parametri** Modello elaborato da Bruce Hapke indicato per lo studio di superfici rocciose (regoliti in particolare modo), per l'indagine delle caratteristiche fisico-chimiche della superficie lunare nel corso delle sue fasi principali.

Il sistema di Hapke si occupa di studiare la riflettanza bidirezionale del nostro satellite, e nella sua generale proposizione è così formulato:

$$R = \frac{\bar{\omega}\mu_0}{4\pi(\mu_0 + \mu)} [(1 + B_g)P_g + H(\mu_0)H(\mu) - 1]S \Theta ,$$

dove

$\bar{\omega}$  è l'albedo diffusa (scattering albedo);

$\mu_0$  ed  $\mu$  sono rispettivamente i coseni di incidenza ed emergenza;

$\alpha$  è l'angolo di fase;

$B_g$  e  $P_g$  sono la funzione d'effetto d'opposizione e la funzione di fase;

$H(\mu_0)$  è la multipla funzione scattering, ed

$S(\Theta)$  la funzione indicante la massima rugosità.

Si tratta di una complessa formulazione che consente di calcolare per  $S(\Theta)$  le macroscopiche rugosità del terreno lunare partendo dall'angolo di riflettanza e per essa si rinvia alle pubblicazioni.

**Harding Karl Ludwig** (1765 - 1834)

**Harpoint, osservatorio** Osservatorio sito nei pressi di Salisburgo e costruito sotto la guida dell'ingegnere R. Pressberger. Il telescopio da 500 mm è stato interamente autocostruito da membri di una spontanea associazione (attualmente tre dopo la scomparsa del progettista Pressberger,) e costituisce una delle più professionali realizzazioni a livello amatoriale.

Nello strumento che presenta per le sue dimensioni una compattezza notevole, sono state attuate geniali soluzioni per quanto riguarda la declinazione strumentale, mentre l'asse orario è solidale con un disco e il trascinamento avviene mediante rulli frizionari: → **montatura sub** «*Trasmissione del moto*».

Al sito dell'osservatorio è presente una ricca bibliografia, del software e varie immagini che illustrano dettagliatamente la costruzione, oltre ad un filmato che riassume i momenti salienti della fase costruttiva: [251].

**Hartmann Johannes Franz** (1865 - 1936)

**Hartmann IIII**

**Hartmann, test**

**Harriot Thomas** ( - ) Uomo di cultura inglese con spiccata tendenza verso lo studio delle materie scientifiche di cui si occupò in vari campi.

Viaggiò a lungo e fece parte di spedizioni nel nuovo mondo in cui mise a frutto la sua scienza soprattutto come cartografo pubblicando nel 1588 i risultati di queste sue esperienze.

Tornato dall'America si dedicò allo studio dell'algebra e quindi allo studio dell'ottica intrattenendo corrispondenza con **Keplero**. Nel 1607, in occasione del passaggio della cometa di **Halley**, mutò ancora i suoi interessi votandosi all'astronomia.

Avuta notizia delle ricerche di **G. Galilei**, diresse quindi con i primi rifrattori disponibili in Inghilterra, il suo interesse verso il cielo, osservando (1609) la Luna della quale redasse l'anno seguente una mappa e, sembra, i satelliti medicei di Giove.

I contributi principali di Harriot furono, ma *ex post*, nel campo dell'algebra. Purtroppo i suoi studi, lui vivente, non furono mai pubblicati, un po' perché incompresi, un po' per la fama non proprio positiva che accompagnava la sua figura: nel 1605 era stato imprigionato per sospetta amicizia con alcuni congiurati che avevano attentato all'integrità della corona.

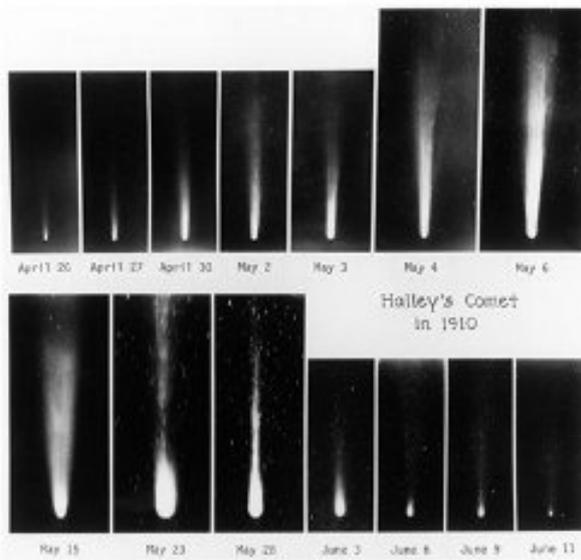
L'opera matematica completa di Harriot fu pubblicata soltanto nel 2007, mostrando le felici intuizioni cui era, sia pure abbastanza empiricamente, giunto, quali le orbite planetarie ellittiche.

**Harrison John** ( - ) Inventore del cronometro

▼ La Cometa Hale-Bopp ripresa dallo Schmidt di Asiago



▼ La formazione della coda della cometa di Halley in un mosaico d'immagini in occasione del passaggio del 1910

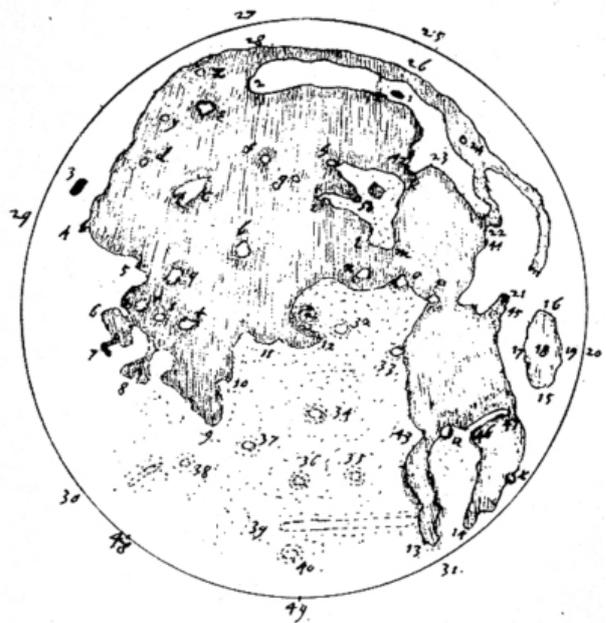


**Hartmann Johannes Franz** (1865 - 1936) Laureatosi all'università di Tubinga, lavorò agli osservatori di **Potsdam** e **Lipsia**, nel 1909 fu nominato direttore dell'osservatorio di Gottinga, quindi si trasferì in Sud America, in Argentina, lavorando presso l'osservatorio di Rio della Plata, tornando in Germania un anno prima della sua morte.

Ad Hartmann va ricondotta un'importante scoperta effettuata nel 1904. Osservando la composizione spettrale della  $\delta$  Orionis, un sistema binario, Hartmann notò che le linee del calcio, sorgendo

la stella dell'eclisse della compagna, non mostravano l'atteso periodico effetto **Doppler**: quando infatti una stella nel corso della sua orbita attorno ad un'altra mostra un sensibile avvicinamento alla Terra, la lunghezza d'onda delle linee spettrali deve muoversi verso il blu (verso il rosso (**redshift** se si allontana).

Da questa osservazione Hartman dedusse che le linee del calcio che stava osservando su  $\delta$  Orionis non erano una componente intrinseca della stella perché non partecipavano al suo moto, e



▲ Mappa della Luna disegnata da T. Harriot nel 1610

quindi andavano ricondotte al mezzo **interstellare**.

La scoperta di Hartmann non solo modificò radicalmente la tradizionale concezione di uno spazio vuoto, ma anche diede il via allo studio delle **abbondanze cosmiche** rivelatosi fondamentale per l'indagine della natura dell'universo. La natura dell'esistenza del mezzo interstellare fu provata nel 1930 dall'astronomo svizzero **R. Trumpler**.

**Hartness James** ( - ) Ingegnere e uomo politico americano, fu senatore dello Stato del Vermont, appassionato d'astronomia per la quale sperimentò inusuali montature.

**Hartness, montatura equatoriale**

**Harvard, classificazione spettrale**

**Harvard, osservatorio** Osservatorio istituito nel 1847 a Cambridge, all'*Harvard College Observatory* che col suo rifrattore da 15 pollici rappresentò per vent'anni la punta della ricerca astronomica statunitense.

L'osservatorio non fu il primo ad essere installato negli Stati Uniti, ma venne a sostituire in fatto una precedente specola munita di equipaggiamento modesto (cinque pollici); l'obiettivo fu fornito dalla ditta **Merz** di Monaco.

La prima luce avvenne con l'osservazione lunare del 184, successivamente con lo strumento furono scoperti satelliti di Saturno ed effettuato (1850) un dagherrotipo di **Vega** e fotografie (1857) di Alchor, **Mizar** usando i nuovi processi fotografici al colloidio. Nei primi trent'anni d'attività, oltre ad osservazioni planetarie, furono effettuate osservazioni su variabili, comete, nebulose e determinate posizioni stellari. Nel 1877, quando assunse la direzione dell'osservatorio **E. C. Pickering** lo strumento fu impiegato per misure fotometriche.

Successivamente, attesa ormai l'obsolescenza della strumentazione, il telescopio fu impiegato in osservazioni pubbliche ed occasionalmente per particolari progetti di ricerca. Attualmente lo strumento è in completa efficienza essendo stato restaurato.

**Haute Provence, osservatorio**

**Hawking Stephen William** (1942 - )

**Hawking, radiazione**

**Hayabusa**

**HD** Sigla identificativa dell'*Henry Draper Catalog*: → **Draper catalogo, catalogo astronomico sub «Cataloghi di posizione»**.

**HDE** Sigla identificativa dell'*Henry Draper Extension Catalog*: → **Draper catalogo**.

**HDEC** Sigla identificativa dell'*Henry Draper Extension Charts*: → **Draper catalogo**.

**HEASARC** → **catalogo astronomico sub «Cataloghi speciali»**.

L'HEASARC è un progetto promosso dalla **NASA** presso il **Goddard Space Flight Center** nel 1990, creato in origine con la finalità di raccogliere dati d'interesse dell'agenzia spaziale. Successivamente, grazie anche al progresso della tecnologia informatica, il progetto si è ampliato e modificato sino a divenire un completo data-base che assieme all'**ADS** ed al **NED** costituisce un archivio imponente.

L'HEASARC raccoglie trent'anni di dati da decine d'osservatori nelle varie lunghezze d'onda, nonché i dati di numerose missioni, come **ROSAT**, **ASCA** e **RXTE**, e prossime missioni sono già

state calendarizzate per una futura inclusione, nonché i dati di numerosi satelliti che hanno scandagliato il cielo nell'emissione X, Gamma e nell'ultravioletto.

**HED** Gruppo di meteoriti rocciose appartenenti alla famiglia delle → **acondriti**.

**Hegel Georg Wilhelm Friedrich** (1770 - 1831) Filosofo tedesco: ebbe un fugace quanto infelice *incontro* con l'astronomia. Nel 1801 Hegel sostenne all'Università di Jena una *Dissertatio philosophica* sulle orbite planetarie per ottenere la qualifica di lettore, sostenendo energicamente una propria teoria secondo la quale non potevano esistere più di sette corpi orbitanti intorno al Sole. Il duca di Sassonia inviò copia della tesi al suo astronomo accompagnandola da un biglietto su cui era scritto: *Monumentum insaniae seculi decimi noni*.

Di lì a poco Hegel si dedicò esclusivamente alla filosofia dove poteva sostenere le sue tesi senza essere vistosamente contraddetto.

**Heiberg Johan Ludwig** (1854 - 1928) Il riscopritore di Archimede ....

**Heidegger Martin** (1889 - 1976)

**Heiligenschein** → **aureola**.

**Heisenberg** ( )

**Henbury** Gruppo di crateri australiani.

**Hencke Karl Ludwig** (1793 - 1866)

**Herbig-Haro**

**Hermes**

**Herschel** Generazione di astronomi di origine tedesca operativa in Inghilterra. Assieme agli **Struve** ed ai **Cassini** costituisce una delle tre famiglie che contribuirono significativamente allo sviluppo dell'astronomia.

**Herschel Friedrich** (1738 - 1822)

**Herschel, telescopio** Telescopio inglese di 4,2 metri a Roque de los Much. È il 3° tel. del mondo con diam. 4,2 metri primo fuoco a f/2,9 con correttore a tre lenti e campo non vignettato di 40°.

**Hertzsprung-Russel**

**Hessdalen light**

**HET**

**Hevelius Joannis**

**Hipatia** → **Ipazia**.

**Hipparcos, satellite e catalogo** acronimo di *High-Precision PARallax Collecting Satellite* riferimento ai cataloghi fondamentali 118 000 stelle

**Hoba, meteorite** La meteorite, un' **ataxite** appartenente al gruppo IVB (per la classificazione delle meteoriti → **meteorite**), si trova in Namibia (Africa meridionale), ed è la più grande meteorite di natura ferrosa ritrovata sulla Terra. Scoperta nel 1920 a Grootfontein, misura 2,95 m × 2,84 m, 6e alta circa un metro, ed è composta principalmente di di ferro (80%), e nichel (16%), oltre a tracce di altri elementi metallici. Per una mole così notevole non esiste un cratere d' impatto.

**Hodierna Giovan Battista** → Odierna Giovan Battista.

**Hoffmeister Cuno** (1892 - 1968)

**Holsinger, meteorite** Il frammento più grande del meteorite che colpì la Terra circa 50 000 anni fa generando l' → Arizona meteor crater.

Il meteorite prende il nome dal suo scopritore, S. Holsinger, che lavorava per conto di **D. Barringer**, l'ingegnere minerario che spese una fortuna andando alla vana ricerca del meteorite che aveva generato il cratere.

Il frammento è stato trovato a circa 2,5 km dal cratere, pesa 639 kg, ed ha le dimensioni di 90 cm × 70 cm × 35 cm. è ospitato al Museo del cratere.

**Hondius Jodocus** (-) cartografo fiammingo

**Hooker, telescopio**

**Horn-d' Arturo Guido**

**Horologion** → torre dei venti di Atene.

**houghton, telescopio**

**Howarditi** Meteoriti rocciose appartenenti alla famiglia delle → **acondriti**.

**Hubble, costante**

**Hubble Erwin J.?** (-)

**Hubble, legge**

**Hubble Space Telescope** Trattare GSG acronimo di *Guide Star Catalogue*

**Humason, cometa**

**Hupke Bruce**

**Huygens .....**

**Hyakutake, cometa**



▲ Telescopio Herschel alle Canarie

Iadi

IAU

**Iacobus Cremonensis** → [Jacopo da San Cassiano](#).**Ibn al-Haytham**

**IC** Acronimo di *Index Catalogues*. Dopo la pubblicazione del **New General Catalogue** del 1888, l'astronomo danese **J. L. E. Dreyer** editò nel 1895 l'*Index Catalogue IC I*, il suo secondo elenco di nebulose e galassie, che assieme al volume *IC II* del 1908 è considerato il supplemento al primo lavoro. La sigla IC seguita dal numero d'ordine specifica l'oggetto.

**Iceta di Siracusa** lo cita Copernico.**iconantidiptica, meridiana** → Amici, meridiana.

Ida

**Idi** → **calendario** *sub* «Calendario romano».Giorni a cadenza fissa nel calendario romano introdotti da **Numa Pompilio**.

Il termine *Idus* deriva secondo alcuni dal verbo *idurare* (dividere), in quanto le Idi individuavano il giorno di mezzo di ciascun mese che veniva così diviso dalle Idi, e secondo altri dal vocabolo *aedes* (focolare) di origine etrusca. Le idi cadevano in prossimità del plenilunio il tredicesimo giorno di ogni mese, tranne che nei mesi di marzo, maggio, luglio ed ottobre quando cadevano il quindicesimo giorno.

I giorni precedenti e seguenti le Idi erano chiamati rispettivamente *pridie* e *postridie* ([giorno] precedente e seguente), mentre gli altri giorni erano marcati numericamente contando i giorni che mancavano alla data fissa secondo il sistema *ante diem* (prima del giorno), numero dei giorni mancanti, giorno fisso a seguire.

**Idrisi** vero nome Abdullah Ibn Idrisi (1099 - ??) controllare se è proprio lo stesso cartografo arabo del 1100 circa Non sorprende quindi che alla corte di Re Ruggero prese corpo il proposito di compilare un insieme organico di informazioni geografiche su quanti più paesi possibile, integrato da una carta geografica riassuntiva, il tutto evidentemente da concretizzare in un libro. Sotto il patronato di re Ruggero, fu chiamato a corte il geografo Abdullah Ibn Idrisi, nato nel 1099 a Ceuta, per la compilazione



▲ Ida e il suo minuscolo satellite

di questo libro. Il libro doveva contenere le coordinate di un gran numero di località, le distanze tra di esse, la loro distribuzione secondo le zone climatiche. Mappe delle varie regioni dovevano integrare le varie parti. Il titolo del libro, secondo il costume arabo, doveva essere *La delizia di colui che desidera viaggiare*. Idrisi stesso era stato un notevole viaggiatore, attraverso Francia, Spagna, Inghilterra, a Costantinopoli e in Asia Centrale. Da studente all'università di Cordova aveva avuto accesso a una gran quantità di materiale scientifico proveniente da diversi paesi e colà disponibile. Sembra anche che per la buona riuscita dell'intrapresa, il re e Idrisi abbiano reclutato un certo numero di certi uomini intelligenti da inviare in molti luoghi per eseguire gli opportuni rilievi geografici. Il libro risultante dal complesso di informazioni richieste più di 15 anni e dovette raggiungere una fama ben ragguardevole se venne considerato l'opera geografica più completa e dettagliata apparsa in Europa nel secolo XII. Il piano di quest'opera è relativamente semplice e allo stesso tempo artificioso. Ciascuna delle sette zone climatiche viene suddivisa in dieci sezioni verticali, arrivando quindi alla suddivisione della superficie terrestre in settanta quadrilateri sferici. Infine, ciascuna di questi settanta quadrilateri viene descritto minuziosamente, con l'accompagnamento di una carta geografica. Naturalmente Idrisi tenne conto anche di descrizioni geografiche di predecessori.

La carta geografica di Idrisi assunse la forma finale di una piastra d'argento, delle dimensioni di 3,5 x 1,5 metri. Purtroppo, nel 1160 questa piastra cadde nelle mani di una moltitudine di fanatici che la distrusse. Nel 1154 pochi mesi prima della morte di re Ruggero il manoscritto dell'opera di Idrisi in latino ed arabo fu completato, assieme alla mappa rettangolare, che constava di 70 fogli, e assieme a una piccola mappa mundi. Ruggero chiamò questo libro *Nuzhat al-Mushtak*, mentre l'autore invece lo chiamò *Kitab Rudjar* (il Libro di Ruggero) e l'insieme delle mappe *Tabula Rogeriana*.

Le opere di Idrisi sono di eccezionale qualità in confronto a opere similari dello stesso periodo, sia per la ricchezza dei dettagli, ma principalmente per il metodo scientifico che vi era impiegato. Naturalmente, le sue descrizioni di certe regioni, ad esempio i paesi del Mar Baltico, non sono precise, ma mostrano comunque i suoi sforzi di interrogazione dei viaggiatori che avevano visitato quelle regioni. Mostra di conoscere i grandi fiumi Danu (Danubio), Arin (Reno) e Albe (Elba). Nomina la Danimarca e la Snislua (Schleswig). Purtroppo i contemporanei (specialmente cristiani-europei) di Idrisi mostrarono un incredibile disinteresse per la sua opera, evitando di tradurla in latino. La prima traduzione dell'opera di Idrisi si ebbe a Roma solo nel 1619, e in una forma molto abbreviata.

Secondo alcuni autori arabi, Idrisi compose nel 1161 un testo più dettagliato ed una mappa per il figlio di Ruggero, Guglielmo II. Mentre il primo libro era stato chiamato (da Idrisi stesso) *Il divertimento di colui che desidera attraversare la Terra?*, il secondo portava il titolo *Il giardino dell'umanità e del divertimento dell'anima?*. Malgrado questa seconda opera non sia sopravvissuta, una versione abbreviata, dal titolo *Il giardino della gioia?* (1192) è sopravvissuta. Consiste di 73 mappe, sotto forma di Atlante ed è ora nota come *Il piccolo Idrisi?*. Manoscritti di questa versione sono preservati in molte biblioteche: a Parigi, Oxford, Leningrado, Costantinopoli e al Cairo.

idrogeno

idrogeno metallico

idrosfera

▼ La cometa Ikeya-Seki in una foto del 30 ottobre 1965 di B. Smith



**Igino da..** (-) Astronomicon direttore biblioteca palatina

**igrometro**

**IIS** Acronimo di *International Space Station*: → **stazione spaziale internazionale**.

**Ikeya-Seki, cometa** - coda di 20°. In seguito al passaggio ravvicinato al Sole si spezzò in tre parti.

**illuminamento** Grandezza la cui misura esprime la quantità di illuminazione di una superficie. Vedi → luce → flusso luminoso, Lambert (legge di -), fotometria.

**Ilkhaniche, tavole** → **Maragha**.

**immersione**

**impattite** Roccia che ha subito un processo di alterazione o fusione a seguito dell'impatto di un meteorite, un asteroide o una cometa.

Le impattiti sono rocce terrestri fuse per via delle alte temperature e pressioni che si originano per l'impatto di un corpo

di provenienza extraterrestre (asteroide, meteorite, cometa) col suolo. Quando presentano strutture cuneiformi vengono dette → **shatter cones**.

**impatto, cratere** → **cratere d'impatto**.

**inclinazione** distanza angolare e e incl. orbitale.

**indizione** Computo del tempo a valenza quasi esclusivamente fiscale composto di un ciclo della durata di 15 anni, senza alcun riferimento al moto dei corpi celesti. L'uso risale ad una tradizione egizia del III secolo a.C. quando a ragione delle piene veniva *indetto* (da cui il nome) ogni cinque anni un censimento: → **calendario sub** «*Calendario giuliano cristianizzato*».

In uso ordinariamente nell'impero romano con Diocleziano, fu adottata da Costantino nel 312 ed applicata nel 313 quale sistema cronologico documentale, assumendo gioco forza anche la valenza di datazione indicando gli anni all'interno di un ciclo. Il sistema dell'indizione fu assai diffuso sino a tutto il basso medioevo conoscendo diverse varianti come l'*indizione bizantina* che fu vigente nell'Italia meridionale addirittura sino al XVI secolo che va dal 1° settembre al 31 agosto; l'*indizione bedana* così chiamata perché si assume fissata dal venerabile **Beda** e che va dal 24 settembre al 23 settembre successivo; l'*indizione romana* che va dal 1° gennaio al 31 dicembre. In tutte queste varianti la prima data assume la valenza del capodanno. Le categorie citate non sono le uniche, esistono diverse altre come, ad esempio, la *senese* o la *genovese* che si differenziano notevolmente dai tipi standard indicati.

**inferiore, pianeta** -

**infrarosso** Voci correlate **astronomia infrarossa**

**ingrandimento**

**inquinamento luminoso**

**INT** Acronimo di *Isaac Newton Telescope*.

**interazione gravitazionale**

**Intercalare** Mese aggiunto nei calendari d'impostazione lunare per armonizzare la durata dell'anno lunare con quello solare.

Il mese risulta introdotto per la prima volta dai Babilonesi durante il regni di Hammurabi. Il mese compare, anche con il nome di *Mercedonio*, nel primo calendario latino ideato da **Numa Pompilio**. Il mese veniva aggiunto ogni due anni per compensare la minore durata del calendario lunare rispetto a quello solare: → **calendario, romana astronomia**.

**interferenza**

**interferometria ottica**

**International Atomic Time**

**interstellare, materia** -

**io**

**ionizzazione**

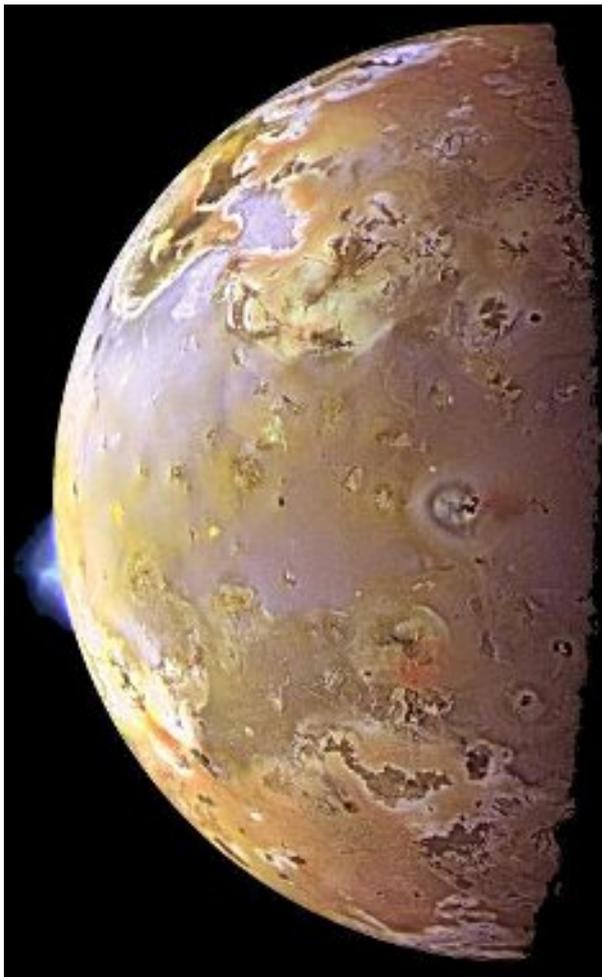
**ionosfera**

**InterMarsnet** progetto dei paesi europei...

▼ Immagine satellitare che evidenzia la polluzione luminosa sul pianeta



▼ Attività vulcanica su Io, sonda Galileo. Fonte NASA



**Ipazia d'Alessandria** (370 - 415) Matematica, astronoma, filosofa e musica, una delle ultime prestigiose figure della scuola alessandrina, figlia di **Teone d'Alessandria** geometra, matematico

e astronomo.

Le notizie che abbiamo sono tutte per lo più incentrate sulla sua tragica fine, e tutte, tranne Giovanni di Nikiu (*infra*), le riconoscono saggezza e scienza fuori del comune congiunte a rara bellezza e virtuosità di vita.

La scrittura del nome oscilla fra Ἰπατία e Ἰπάτεια, ma la prima versione è riportata dalla maggioranza delle fonti. Per la grafia s'è adottata come di consueto quella italiana assonandola alla pronuncia latina del *ti*.

Se qualche incertezza può esistere per l'anno della nascita, non ve n'è invece per la morte, che Cassiodoro Epifanio [*Storia ecclesiastica tripartita*] colloca nell'anno quarto dell'episcopato di Cirillo, sotto il decimo anno di regno di Onorio e il sesto di Teodosio, nel mese di marzo dei giorni precedenti la Pasqua.

A lungo dimenticata, Ipazia riemerge prepotentemente nel XVIII secolo quale figura emblematica che rappresenta la contrapposizione fra il confessionalismo religioso geloso custode dello spazio da poco conquistato e il predominio della ragione sulla superstizione e sulla credulità; Voltaire, rappresentante per eccellenza dell'epoca dei lumi, fu il primo in età moderna ad esaltare questa figura. Adottata dal protestantesimo quale simbolo da opporre al clericalismo papale, esaltata in un misero poemetto dalla contessa D. Salluzzo Roero che ne fa addirittura una martire cristiana, celebrata dal Monti, Ipazia deve tuttavia attendere il XX e il XXI secolo per vedere storicamente ricostruita la sua figura sulla base dei pochi frammenti che ce ne offrono testimonianza. Oggi la bibliografia di questo importante personaggio della filosofia e della scienza è davvero notevole, anche se spesso i contributi sono romanziati e oscillano – non di rado – fra uno scialbo erotismo, un'anticipazione del movimento cosiddetto femminista e un precursore del copernicanesimo come vorrebbe un recente film che ha mal rappresentato la sua complessa personalità. Fra i migliori contributi italiani segnalò quelli di G. Costa, *Hypatia, la figlia di Theone* [78] e di S. Ronchey, *Ipazia*, [263, 264].

■ *La scienziata e la filosofa*

■ *La morte*

■ *La scienziata e la filosofa*. I meriti scientifici e filosofi-

ci di Ipazia sono ricostruibili, anche se indirettamente, dalle testimonianze di chi la conobbe e frequentò.

Negli studi fu allieva del padre (Teone osservò almeno due eclissi: quella di Sole del 15 giugno 364, e quella lunare del 26 novembre dello stesso anno), ed istruita da lui nella matematica, divenne in breve esperta non solo in questa disciplina ma anche in filosofia e astronomia, tanto che il padre le affidò la revisione dell'opera di Tolomeo, e scrivendo un commentario alla *Sintassi matematica* annotò al capo III che l'opera era stata controllata dalla filosofa Ipazia, mia figlia. Filostorgio (*Historia ecclesiastica*) sostiene che Ipazia divenne persino più esperta del padre in astronomia, e che non si accontentò del sapere delle scienze astronomiche, ma che estese la sua conoscenza e dottrina anche alla filosofia.

Si ignora se abbia composto un'opera originale, ma ha sicuramente scritto un commentario all'Aritmetica di **Diofanto** ed un altro alle coniche di **Apollonio**. Nella → **Suda**, un'enciclopedia bizantina del X secolo, l'estensore riportando come fonte Esichio di Mileto, uno storico della prima metà del VI secolo, le attribuisce anche un *Canone astronomico*, ma non si individua se si trattò di un'opera originale o di un commento a lavori altrui [305]. Il suo allievo più noto, Sinesio, un pagano che divenne vescovo senza mai abiurare al paganesimo, aveva tale stima di lei da ritenerla superiore ai suoi predecessori, persino ad Ipparco, riferendo che costoro *lavoravano su ipotesi*. . . e cita fra i

suoi lavori il perfezionamento dell'astrolabio, strumento che definisce migliore di quello di Tolomeo [*De dono*, IV].

Non è certo dato sapere di quanto l'allievo esagerasse i meriti della maestra, ma deve comunque essersi trattato di una mente fuori del comune. Sempre Sinesio nell'epistola quindicesima la accredita ideatrice di un igrometro di cui descrive sommariamente il principio di funzionamento, e Socrate scolastico ne parla come uno dei capiscuola del neoplatonismo ed afferma anch'egli che giunse a tale grado di cultura da superare tutti i filosofi contemporanei.

Istruita ed educata nelle scienze esatte, l'adesione convinta al neoplatonismo l'avvicinò molto probabilmente alle dottrine teosofiche, rendendo labile agli occhi dell'autorità ecclesiastica locale il confine fra scienza e magia, ed il sapere «magico» (ma non nel senso attribuito attualmente al parola), era sempre sopravvissuto nella scuola d'Alessandria come residuo culturale e storico dell'ormai lontana epoca faraonica.

Ipazia era di fatto una gnostica che alle scienze esatte congiungeva lo studio filosofico, in specie Platone e Aristotele, una gnostica che cercò di difendere la rinascita del platonismo contro il cristianesimo. I neoplatonici cercavano allora di fondere le chiese in un organismo a sfondo filosofico, più intellettuale che ecclesiastico-dogmatico, ed una donna che indossava il mantello da filosofo, discuteva nelle piazze e nelle strade con il popolo come Socrate, possedeva in sé elementi sufficienti ad accendere le tensioni qualificandosi implicitamente come il primo nemico della nuova religione di stato. Ed alla scuola neoplatonica apparteneva pure Porfirio che scrisse fra l'altro XV libri *Contra Christianos*, opera che andò al rogo nel 448, e si capisce allora che la frequentazione di queste dottrine non deponeva favorevolmente nei suoi confronti presso l'autorità ecclesiastica. Di fatto Ipazia vedeva nel cristianesimo l'intolleranza (il vescovo Teofilo aveva fatto distruggere molti monumenti della civiltà greco-orientale, il tempio di Serapide e l'annessa biblioteca), ed a lei, ricercatrice *ante litteram*, riusciva impossibile concepire una dottrina fondata su dogmi.

Ipazia era influente, su questo concordano tutte le fonti, e sorse presto il sospetto che nei suoi incontri e nelle sue conversazioni ispirasse la crudeltà nei confronti dei cristiani. Tra i suoi discepoli c'era un tale Troillus che s'era guadagnato una posizione di notevole influenza presso la corte di Costantinopoli. Il prefetto d'Alessandria, Oreste, che s'era reso responsabile di torture verso i cristiani, la frequentava e ascoltava i suoi consigli, e Giovanni di Nikiu scrive che il governatore *l'onorava eccessivamente*. Cominciò così a circolare la convinzione che fosse lei a non voler che il clero (Cirillo) e il potere politico (Oreste) collaborassero. Il fatto che Ipazia intrattenesse ottimi rapporti con i cristiani, cominciò a questo punto a non contar nulla, quello che rilevava era la sua fede pagana, e questa fu una delle cause che le costò la vita. L'altra fu la sua invisione presso il clero, da ricercare nella sua scienza e nel forte ascendente presso la personalità del mondo alessandrino.

Nella città il contrasto fra le fazioni (religiose e politiche) era instabile per via di vari editti imperiali: nel 380 con l'editto *Cunctos populos* emanato a Tessalonica (odierna Salonicco), Teodosio aveva proclamato il cristianesimo religione di stato, e con successivi decreti emanati a partire dal 391 estesa all'Egitto la proibizione dei culti pagani, prevista la pena di morte per chi sacrificava agli dei, chiusi i giochi di Olimpia (essendo pagani) facendo cessare il computo degli anni secondo quella calendarizzazione, chiuso infine il tempio di Giove (la statua di Fidia era una delle sette meraviglie del mondo) nella stessa città: l'editto costantiniano di tolleranza del 313 dopo poco più di un secolo era divenuto l'editto di intolleranza per tutti coloro che non si



▲ Ipazia raffigurata accanto a Parmenide (o Aristosseno), particolare da *La scuola di Atene* di Raffaello, stanze vaticane. Ipazia è la sola figura femminile presente nell'affresco, e la sola che guardi severa l'osservatore; dalla parte opposta l'autoritratto di Raffaello (anch'esso rivolto verso l'osservatore) è assai diverso

convertivano al cristianesimo. Tutte queste erano circostanze idonee ad accendere gli animi di avverse fazioni contro un filosofo donna che possedeva un vero e proprio carisma sacerdotale, e che si ostinava a predicare il predominio della ragione non tanto sulla fede quanto sul dogmatismo. In Alessandria stava emergendo poi una spiccata tendenza verso lo gnosticismo cui la scuola catechetica aveva cercato di porre rimedio a prezzo di concessioni teologiche d'estrema importanza riconoscendo l'esistenza di una gnosi ortodossa che rendeva diverso chi la possedeva, e Cirillo era costretto a dimenarsi fra il dilagare di questa nuova scuola, i rapporti sempre più stretti di questa con i neoplatonici, il sopravvivere di culti pagani, la necessità di diffondere la fede cattolica e di difendere la sua autorità.

Fu in questo clima che maturò la convinzione che bisognasse liberarsi di lei.

■ **La morte.** Le modalità tragiche della sua morte, l'ambiente in cui maturò la sua eliminazione, le circostanze selvagge in cui si esplicò, fanno di Ipazia una martire pagana dell'intolleranza cattolica, una vittima non tanto e non solo della sua fede negli Dei, quanto della propria coerenza morale, dell'invidia del vescovo Cirillo per lo stuolo di sapienti di cui si circondava, della sua incapacità di concepire il diverso, di ammettere la presenza nella sua città di una personalità influente e di idee contrarie.

L'uccisione seguì a violenti scontri e sommosse che si erano verificate poco tempo addietro e che avevano coinvolto anche la comunità ebraica di cui pure Cirillo voleva liberarsi, a resti di sacrifici umani che sarebbero stati ritrovati nel Mitreo. Secondo quanto riferisce il teologo Socrate scolastico [*Historia ecclesiastica*, VII, 15], in un giorno di marzo del 415 mentre tornava a casa sul suo carro, Ipazia fu tirata giù, trasportata in una Chiesa e uccisa con delle tegole. Il suo corpo fu fatto a pezzi e bruciato, dopo di che il rogo toccò alla sua casa, ai suoi libri, alle sue opere. Damascio, l'ultimo dei neoplatonici, nella *Vita Isidori* sottolinea la brutalità dell'assassinio affermando che le furono cavati gli occhi mentre era ancora viva. E se Socrate scolastico e Damascio scagliarono contro Cirillo (primo regista della sua uccisione) violente accuse, non mancò la spudoratezza di Giovanni vescovo di Nikiu, che nella sua *Cronaca* ebbe a scrivere: *... in quei giorni [si noti il tono biblico] apparve in Alessandria un filosofo femmina, una pagana chiamata Ipazia, che si dedicò completamente alla magia, agli astrolabi, agli strumenti di musica e che ingannò molte persone con stratagemmi satanici...*

È arduo veramente comprendere quale secondo la descrizione emerga essere la colpa maggiore: se dedicarsi alla magia, se praticare musica scienza e filosofia, se costruire astrolabi... essendo in aggiunta donna: come al solito si finisce col condannare ciò che non si conosce.

Ma, per assurdo che appaia, il resoconto di Giovanni fornisce informazioni storicamente rilevanti: da un lato ci dice che Ipazia era esperta anche di musica; dall'altro ci conferma la spaccatura creatasi fra la scuola alessandrina da una parte e potere e società dall'altra, tanto che si era persa la cognizione dell'astrolabio come strumento scientifico considerato unicamente come uno strumento di magia; e che la scuola alessandrina andava ormai assumendo sempre più, a fine di difesa della conoscenza, i caratteri della setta esoterica.

Lo scontro che oppose Cirillo (poi santo e dottore della Chiesa!) ad Ipazia segna in modo definitivo la rottura più che la scissione fra sapere e potere politico che per qualche secolo, almeno a partire dall'ellenismo, aveva formato il fulcro della potenza e della crescita intellettuale in quella parte del mondo, e d'Alessandria la capitale della cultura occidentale. Con Ipazia termina la cultura alessandrina: la Chiesa s'era finalmente liberata dei filosofi,

cioè dei liberi pensatori. Questo il reale motivo dell'uccisione. I pochi studiosi sopravvissuti preferirono fuggire, e si consumò l'ulteriore, ancora non ultimo, dramma di questa scuola prima della definitiva dispersione dei libri.

L'assassinio dovette comunque lasciare a lungo un'eco se nel 423 fu emanato l'editto [*Codex Iustiniani* I.11.6.1] in cui a coloro che si dicevano cristiani era ordinato – fra l'altro – *... ut iudaeis ac paganis in quiete degentibus nihiloque temptantibus turbulentum legibusque contrarium non audeant manus inferre religionis auctoritate abusi...*<sup>1</sup> Il riferimento anche agli ebrei non è casuale perché tempo addietro questi avevano avuto parte in alcuni disordini essendosi scontrati con fazioni avverse.

La critica storiografica è solita fissare l'inizio del medioevo all'anno 476 in concomitanza con la caduta del sacro romano impero, che da tempo non era più né sacro né romano. Forse, a ragione dell'intolleranza religiosa di matrice cattolica nei confronti di ogni fede diversa (giudicata perciò avversa) che seguì, l'inizio del medioevo andrebbe quanto meno retrocesso a questa data, se non al 313 (editto di Milano): → **calendario** sub «*Calendario giuliano cristianizzato*».

Sarebbe davvero il caso che ad Ipazia non si recasse ulteriore oltraggio, tantomeno dal suo stesso sesso, perché oltraggio è pretendere, come vorrebbero alcune ascetiche fonti, che sia stata uccisa l'8 marzo, giorno della festa della donna, ed oltraggio rappresentano pure i romanzetti di grande successo imperniati fantasiosamente sulla sua vita.

Nel 529 fu definitivamente chiusa ad Alessandria la scuola platonica. Gli ultimi esponenti si rifugiarono in Persia che garantì loro, al contrario del cristiano imperatore, la libertà di filosofeggiare. Ancora un secolo e gli Arabi avrebbe preso possesso della città e disperso gli ultimi bagliori di civiltà.

### ipersensibilizzazione

**Ipparco di Nicea** (190 - 127 a.C.) Partendo dai dati di **Timocari** e **Aristilio** che intorno al 300 avevano compilato il primo catalogo stellare con le posizioni delle stelle correttamente riportate nelle loro coordinate, e sfruttando in specie i dati sull'osservazione di Spica di Timocari, Ipparco notò che questa stella si era spostata di 2°, trovandosi ora a 6° dal punto equinoziale autunnale: Timocari aveva annotato la posizione a 8°.

Datando le sue osservazioni sull'*orologio* delle eclissi lunari, dalla differenza temporale intercorsa Ipparco si accorse che la longitudine della stella era mutata.

Stimando il valore dello spostamento in non meno di 1/100 di gradi per anno, Ipparco dedusse che questo fosse da attribuire ad un moto terrestre non supposto, un'ulteriore rotazione ellittica della Terra attorno al proprio asse, che originava così la **precessione degli equinozi**, moto di cui Ipparco riuscì a stimarne il valore angolare e la durata secolare.

**Ippocrate di Chio** Lugano

**ippopede** Lemniscata

**Ipsicle di Alessandria** (190 - 120 a.C. circa)

### IRAS

**IRIS, software**

### irraggiamento cosmico

1. ... di non osare di alzare la mano contro gli ebrei e i pagani abusando dell'autorità della religione, che vivano in pace e non attentino a nulla che possa causare turbamento o essere contrario alla legge...

**IRSA** Acronimo di...

**Ishak ben Said**

**Isidoro da Mileto**

**Isidoro da Siviglia** (???)

**isobare**

**isofota(e)**

**isogonica, carta** Proprietà delle carte geografiche ed in specie di quelle nautiche.

Una carta nautica si dice *isogonica* quando il rilevamento di punti della costa che in essa è possibile, è tale che considerando diversi punti e tracciando le relative rette, queste si incontrano in uno stesso punto rappresentato dal punto nave: → riquadro a pagina 66 *sub atlante*.

**isoterme**

**isotomeografo** Strumentom ideato da **J. G. Hagen** della *specola vaticana* per provare la rotazione terrestre.

Lo strumento, che costituisce una variante elaborata del **pendolo di Foucault**, si componeva di una trave della lunghezza di 8,5 m sospesa al soffitto da una corda bifilare d'acciaio della lunghezza di circa 5 m. Lungo questa trave, su appositi binari, scorrevano due carrelli carichi di pesi di piombo di 90 kg ciascuno, che si potevano muovere simmetricamente dal centro all'esterno e viceversa.

Durante lo spostamento simultaneo dei carrelli (e dei pesi) la rotazione terrestre fa ruotare la trave disposta parallelamente al terreno in senso orario quando i carrelli si muovevano verso le estremità della trave, in senso antiorario quando i carrelli andavano verso il centro. Un cerchio graduato disegnato sulla circonferenza della sala misurava l'entità dello spostamento.

Lo strumento, anche se pochissimo diffuso e conosciuto, costituisce una variante molto più precisa del pendolo di Foucault, non limitandosi a fornire la prova della rotazione terrestre ma dando anche l'entità quantitativa dello spostamento.

**IUE**

# J

## Jabir ibn Aflah

**Jacopo da San Cassiano** (-)

**Jansen Jules**

**Janssen Pierre** fenditura spettroscopio tangente al lembo solare per osservare protuberanze fuori eclisse.

**Janus** satellite di saturno scoperto da A. Dollfus nel 1966  
albedo = 0,8

**JD** Acronimo delle parole *Jiulian date*; → data **giuliana**.

**Jeans Hopwood Jamese** (1877 - 1946)

**Jena, osservatorio**

**Jensch Alfred** (-)

**jiequi** Sezioni del calendario tradizionale cinese di 15° che compongono un ciclo annuale. Le sezioni derivano dalla ripartizione delle classiche quattro stagioni in sei periodi temporali della durata di 15 giorni ciascuna. → Calendario cinese *sub* «calendario».

**Jodrell Bank, radiotelescopio di -**

**Joly, fotometro di -** → fotometria.

**Jet Propulsion Laboratory**

**JPL** Acronimo di → Jet Propulsion Laboratory gestito per conto della **NASA**.

**julian day** → data **giuliana**.

**Juliet** Satellite di Urano scoperto dalla sonda **Voyager 2** nel 1986. È un piccolo corpo di circa 80 km di diametro. Juliet presenta una superficie scura ed un'albedo < 0,1.

**Jungfrau, osservatorio**

**Juno** Asteroide scoperto nel 1804, il terzo in ordine della cintura degli asteroidi. Di forma non perfettamente sferica, misura 230 km per 280 km

**JWST** Acronimo di *James Webb Space Telescope*, il telescopio spaziale di nuova generazione destinato a sostituire entro il 2014 il telescopio spaziale Hubble: → Web Space Telescope.

▼ L'osservatorio dello Jungfrau a 4000 m slm



## K

## Kaguya

## kakemite, tavole -

**Kalendae** → **calendario** *sub* «*Calendario romano*».

Giorni a cadenza fissa del calendario romano. Il termine deriva dal verbo di origine greca *calare* (chiamare a raccolta), reminiscenza storico-linguistica di quando il Pontefice al primo apparire mensile della falce di Luna radunava il popolo per annunciare l'inizio del mese. Questo era anche il giorno in cui scadevano gli interessi creditorî iscritti in un apposito registro chiamato *calendarium*, circostanza verificabile in un passo del *De Beneficiis* di Seneca: *Ego illud dedi, ut darem; nemo beneficia in calendario scribit* [280, I,2]<sup>1</sup>.

## Kambo Colino

**Kant Immanuel** (1724 - 1804)

**Kappa termico** Parametro di valutazione del comportamento termico di una superficie: esprime la quantità di calore che una superficie di 1 m<sup>2</sup> disperde o lascia passare in un'ora. Il Kappa termico è diretta funzione del coefficiente di conduttività termica ( $\lambda$ ), cioè la quantità di calore trasmessa o dispersa da un materiale omogeneo.

Molto usato nell'edilizia per determinare il coefficiente d'isolamento delle pareti, nelle tecniche osservative il Kappa termico assume rilevanza per il cosiddetto *punto di rugiada* e per lo studio di coibentazione di una cupola: → **osservatorio astronomico** *sub* «*Comfort e ambiente climatico*» e *sub* «*La cupola*».

**Kapteyn Jacobus Cornelius** (1851 - 1922) Astronomo olandese. Fu dal 1875 al 1877 astronomo a l'osservatorio di Leyda, e dal 1878 sino al 192 professore d'astronomia d'astronomie all'Università di Groningen.

Si occupò delle misure e della riduzione dei *clichés* ottenuti all'osservatorio del capo per il cielo australe, catalogando 454 875 stelle, e pubblicando i risultati del lavoro nella *Cape photographic Durchmusterung*

## Kech, telescopio -

## Kelvin

**Kempf Paul** Astronomo tedesco. Collaborò con **G. Müller** alla compilazione della **Potsdammer Durchmusterung**: → **catalogo astronomico** *sub* «*Cataloghi di posizione*».

**Kepler Johannes** (-)

## Keplero, missione

**Kerimov Kerim** () Nativo dell'Azerbaijan, allora parte del territorio dell'unione sovietica, è stato tra i fondatori del programma spaziale sovietico e responsabile del lancio di importanti vettori spaziali come la Vostok 1, il Cosmos 186 e 188, la Salyut e MIR.

## Kerr, metrica di

1. Quel che ti donai lo feci senza attendermi alcun beneficio, e non lo riportai nel calendario [fra i crediti da esigere].

▼ I due telescopi Keck a Mauna-Kea, nelle Hawaii



**Kircher Athanasius** (-)

**Kirchhoff Gustav Robert** (1824 - 1887) Fisico tedesco. Si occupò di spettroscopia evidenziando la relazione fra le righe spettrali emesse da una sorgente e la sua composizione chimica, elaborando la legge che porta il suo nome.

Si occupò anche di elettrologia determinando i *principi* che portano il suo nome, e che stabiliscono le relazioni fra correnti elettriche e differenze di potenziale.

## Kirchhoff, legge di -

## Kitt Peak, osservatori di

**Kochab** Stella  $\beta$  dell'Orsa minore. Era la stella polare all'epoca del mondo classico greco.

**Kohoutek Luboš** (1935 - ) Astronomo cecoslovacco scopritore di diversi asteroidi e comete, fra cui la nota omonima cometa **Kohoutek**. Ha svolto intensa attività di ricerca dedicandosi soprattutto alle nebulose planetarie.

Assieme a L. Perek ha pubblicato nel 1967 un catalogo astronomico delle nebulose planetarie; una nuova edizione del catalogo relativa 1510 oggetti è stata pubblicata nel 2000. Le nebulose planetarie sono individuate dalle lettere PK seguite dalle coordinate galattiche dell'oggetto.

## Kohoutek, cometa -

**Kolmogorov Andrej Nicolaevič** (1903 - 1987) Matematico russo fra i più brillanti del XX secolo; si occupò di diverse discipline sia in matematica come in meccanica, portando fra l'altro notevoli contributi allo studio del comportamento dei fluidi: → **turbolenza**.

**König Niklaus Franz** (1765 - 1832) Artista svizzero che si guadagnò fama come ritrattista, esperto della tecnica nota come → **diaphanorama**, una pittura realizzata su materiale trasparente ed osservata in ambiente buio (per trasparenza) fra la sorgente luminosa e l'osservatore. Applicando questa tecnica König realizzò nel 1826 un Atlante celeste dell'emisfero boreale in 30 tavole [156].

**Kopperlingk Niklas** → **Copernico**.

**Korolev Sergej Pavolvič** (1907 - 1966) Allievo dell'ingegnere italo-sovietico R. Bartini, Korolev ha rappresentato per l'Unione sovietica quello che **W. von Braun** è stato per gli Stati Uniti, progettando vettori spaziali e capsule che permisero

per un discreto tempo all'Unione Sovietica di conservare un predominio spaziale.

Fu personaggio dalla vita tormentata: nel 1938 fu arrestato con l'accusa di slealtà verso la nazione e condannato a dieci anni di prigionia; in seguito, forse grazie all'intercessione di A. Tupolev, ottenne di potersi dedicare allo studio nel periodo di detenzione. Rilasciato nel 1944 e riabilitato nel 1957, collaborò sin da principio al programma spaziale sovietico realizzando razzi vettori sul tipo delle V-2 tedesche, progettando in seguito vettori sempre più potenti studiati all'origine non per porre in orbita satelliti, ma per lanciare bombe atomiche sugli Stati Uniti.

A lui risale la progettazione dei missili ideati per porre in orbita le → **Vostok**, le **Voskhod**, nonché le varie sonde destinate alla Luna e Venere. Quando morì stava progettando un gigantesco razzo per raggiungere la Luna che non fu mai costruito.

Proposto per il premio Nobel dopo il lancio dello **Sputnik**, l'Unione Sovietica si rifiutò sempre di rendere noto il suo nome per il segreto che avvolgeva tutta la sua attività, ed il Nobel non gli fu più assegnato.

**Krebs Nikolaus** → **N. Cusano**.

**Krüger Adalbert** (1832 - 1896) collaboratore di Argelander

**Kuiper, cintura di -**

**Kuiper Gerard P.**

**Kulik Leonid Alekseevič** (1883 - 1942) Biologo e mineralogista noto soprattutto per le campagne di ricerca e studio finalizzate ad una soluzione del caso → **Tunguska**.

Nato a Tartu (Estonia) nel 1883, studiò all'Istituto Forestale di Pietroburgo e quindi fisica e matematica all'Università di Kazan. Ottenuta la cattedra di mineralogia all'Università di Tomsk, nel 1920 fu assegnato al Museo Mineralogico di San Pietroburgo dedicandosi ad una disciplina allora del tutto nuova: la **meteorolitologia**.

Durante questi studi che Kulik iniziò ad interessarsi al caso Tunguska, raccogliendo una quantità di informazioni sull'evento e distribuendo questionari fra la popolazione al fine di intraprendere una campagna di studi, sostenuto, nonostante lo scetticismo dell'ambiente, dal geologo V. S. Sobolev, che aveva lavorato a lungo su quel territorio.

Kulik intraprese spedizioni fra il 1927 ed il 1939 scattando le prime foto della desolazione ancora presente in zona a causa dell'evento del mattino del 30 giugno 1908, senza riuscire mai a trovare il meteorite di cui supponeva con certezza l'esistenza, né il relativo cratere. Le sue spiegazioni non convinsero l'ambiente scientifico sovietico che tenendo soprattutto presente → l'**Arizona meteor crater** dubitavano che il fenomeno potesse essere di natura meteoritica.

Morì in un campo di prigionia tedesco dopo essere stato catturato durante l'assedio di Leningrado. Vedi lemma relativo.

**Kutter Anton** (1903 - 1985) Ingegnere meccanico tedesco. Appassionato di astronomia ideò un telescopio chiamato **Schiefspiegler** dove un sistema di specchi particolarmente inclinati permette di evitare il fattore d'ostruzione presente nel secondario di un classico newtoniano.

Da questo strumento nacque poi anche il **Tri-schiefspiegler**, telescopio costruito secondo i medesimi principi ma con tre superfici sferiche anziché due.

## L

**La Caille, cratere -**

**La Caille Nicolas-Louis** (1713 - 1762) Rif. a catalogo astronomico

**La Silla, osservatorio di -**

**Lac** Abbreviazione della costellazione *Lacerta*.

**Lacchini Giovanni Battista** (1884 - 1967) Nel 1911 fu uno dei fondatori dell'→ AAVSO. Atlante

**Lacchini, cratere -****Lacerta, costellazione della -**

**Lagrange Giuseppe Luigi** (1736 - 1813) Matematico italiano

**Lagrange, punti(o) di -****Laguna, nebulosa della -**

**La Hire Philippe de** → [de La Hire](#).

**Lalande Joseph Jérôme Lefrançois de** Encyclopédie méthodique...Assegnò alle stelle un n.° progress. dentro la costellazione. Catalogo *Histoire Céleste Française*. 50 000 oggetti con un telescopio di poco più di 2 pollici.

**Lambert Johan Heinrich****Lambert, leggi di -****Large Binocular Telescope**

**laminato** Sinonimo di → [varva](#).

**Laplace Pierre Simon** (1749 - 1827)

**Lassel William** (-)

**L'Astronomie** Rivista francese...

**latitudine** TUTTE

**lattea, Via -** → [Via Lattea](#).

**Lauchen Georg Joachim von** → [Rheticus](#).

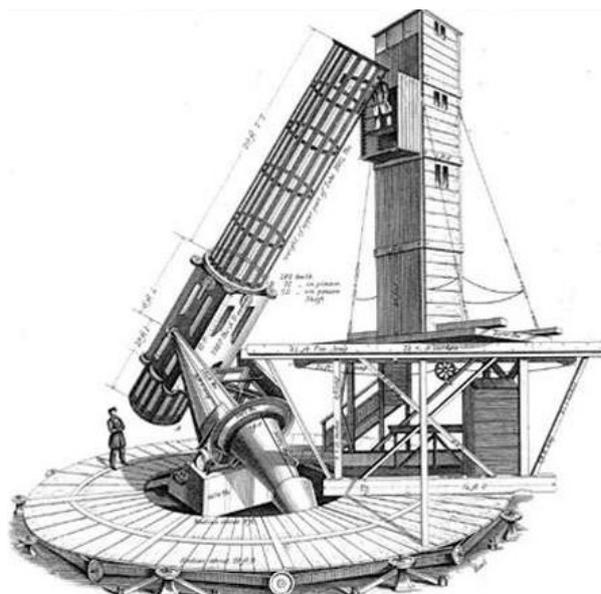
**lavorazione superfici ottiche**

**LDT** Acronimo di *Lilian Day Number*, computo dei giorni a partire dalla data di riforma del calendario gregoriano, 15 ottobre 1582. → [calendario sub «Calendario gregoriano»](#) e data [giuliana](#).

**Leavitt Henrietta Swann** (1868 - 1921) Astronoma americana. Sordomuta... lavorò all'Harvard Observatory con [E. C. Pickering](#). Il suo contributo all'astronomia fu rilevantissimo. Scopri la relazione [periodo-luminosità](#) delle variabili [cefeidi](#).

**Leonardo da Vinci** (-)

▼ Equatoriale da 48 pollici di W. Lassel



**Le Verrier** → [U. Le Verrier](#).

**Leda** satellite Giove

**Leibniz Gottfried Wilhelm** (1646 - 1716)

**LEM** Modulo lunare acronimo di lunar...

**Lemaître George Henry** (1894 - 1966)

**lembo** → quadrante murale.

**lente**

**lente gravitazionale**

**Leo**

**Leo minor**

**Leonard Arthur** (-) Ottico americano ideatore del telescopio [Yolo](#).

**Leonidi**

**Leprotti Antonio**

**levare eliaco** → [eliaca](#).

**Levi ben Gerson** (1288 - 1344) Filosofo, matematico ed astronomo ebreo. Compose sul finire del medioevo uno dei primi moderni trattati di trigonometria.

Si dedicò all'astronomia utilizzando la camera oscura ed ideando uno strumento il [baculus](#), effettuando numerose misure d'altezze rettificando molti dati dell'opera di [Tolomeo](#). In campo filosofico scrisse i *Commentarii ad Averroé* che rivelano un forte influsso aristotelico ma anche legami col pensiero platonico.

**Lewis**

**Leucippo**

**Levy-Rudenko, cometa -** (1984t)

**librazione**

- ▼ Evoluzione delle macchine per la lavorazione delle superfici ottiche: (a) ricostruzione da disegno di Leonardo; (b) tornio di A. Frati del 1776; (c) macchina di Fraunhofer; (d) macchina Zeiss a vracci oscillanti



(a)



(b)



(c)



(d)

**Lick, osservatorio** Osservatorio astronomico dell'Università della California situato sul monte Hamilton. L'osservatorio venne costruito tra il 1876 e il 1887 ad opera di J. Lick ed ospitò fino alla costruzione dell'osservatorio Yerkes il rifrattore più grande al mondo 914 millimetri di diametro. Dal 1888 è gestito dall'Università della California. Situato in un sito a basso tasso d'inquinamento luminoso ed ambientalmente eccellente che consente un gran numero di notti d'osservatorio, il complesso è stato integrato con numerosi strumenti, fra cui un riflettore da 3 m di diametro ed uno da 2,4 m.

**Lido Giovanni** (490 - ?) Monaco bizantino vissuto ai tempi di Giustiniano, alla cui corte rivestiva cariche notevoli.

Scrisse il *De mensibus* un'opera sul calendario in cui cita lavori astronomici di **G. Cesare**, e il *De ostentis* sull'arte divinatoria.

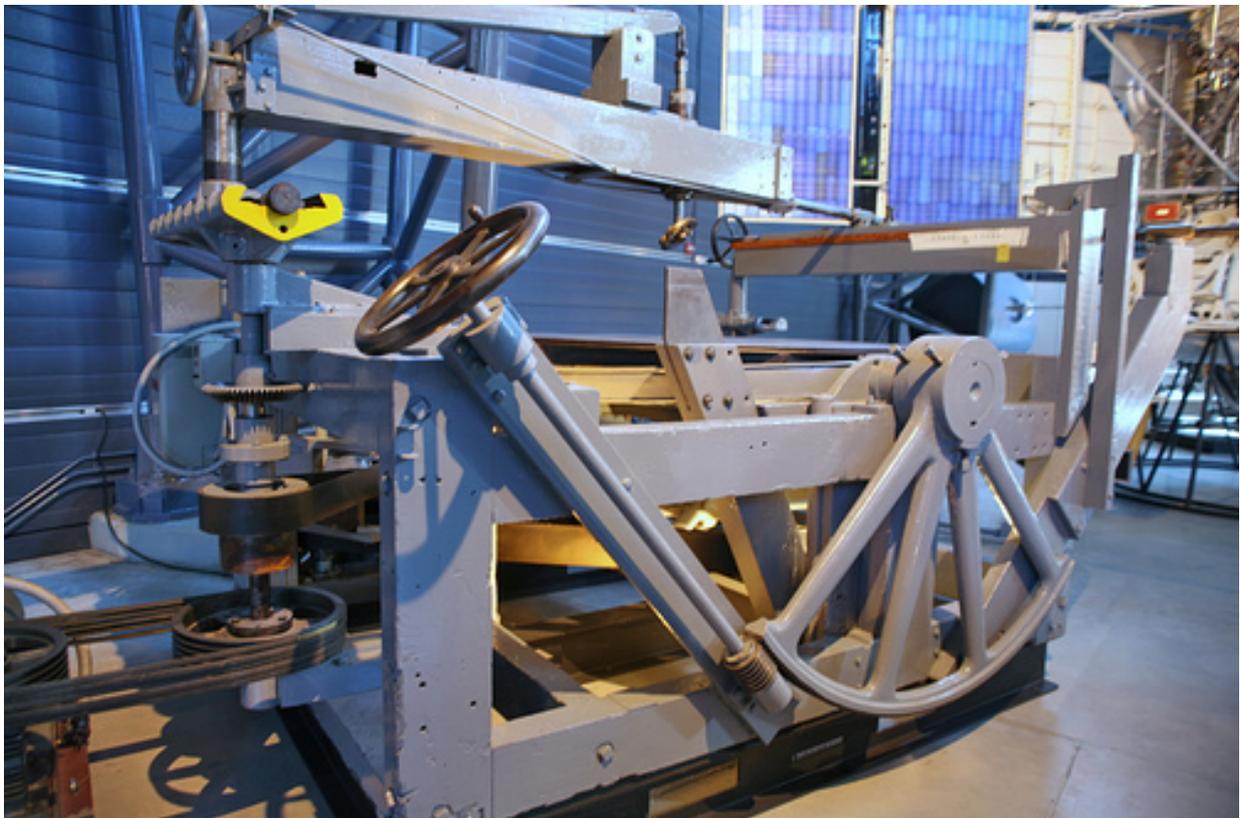
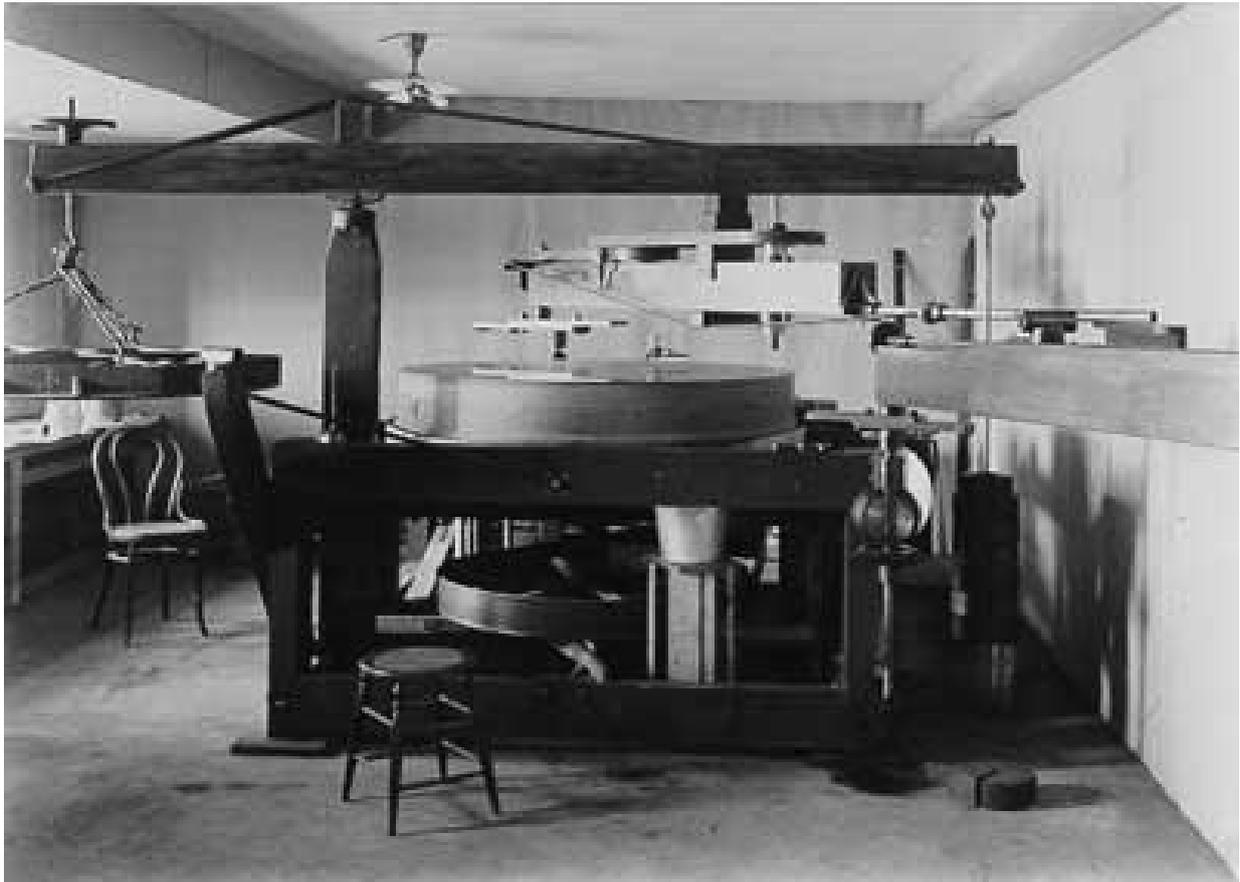
**liliana, data** - → **calendario** sub «*Calendario gregoriano*».

**Lillo Luigi** Noto anche come Lilio.... riforma calendario gregoriano membro commissione *Compendium novae rationis restituendi kalendarium* pubblicato postumo

**limbo**

**Lince, costellazione della** - → **Lynx**.

- ▼ Un *esemplare* nella lavorazione delle superfici ottiche, la macchina a struttura mista (legno e ferro) costruita da **G. Ritchey** costruita al tempo della lavorazione del menisco da 100 pollici per il telescopio **Hooker** visibile sul piatto, 1890 circa. La ruota dentata che ingrana su una vite senza fine (immagine in basso) inclinava il menisco per i test, mentre la manovella superiore cambiava la lunghezza della passata (: *stroke*): ricostruzione allo Smithsonian Museum



▼ Il telescopio Lick; fonte osservatorio di Lick



**linda** Dallo spagnolo *lindero* (confine). Il termine era usato nel XVI secolo per indicare la → diottra dell'astrolabio. Ne parla, fra gli altri, Egnazio Danti nell'opera *Dell'uso e fabbrica dell'astrolabio e del planisfero*, Firenze, 1578.

#### Lipsia, osservatorio

**Lissajous Jules Antoine** (1822 - 1880)

#### Lissajous, orbita

#### litosfera

**Lockyer Norman Joseph** (1836 - 1920) Astronomo dilettante inglese, svolse un ruolo fondamentale nella divulgazione scientifica che sfociò nel 1869 con la fondazione della prestigiosa *Nature* che diresse per oltre cinquant'anni, e portò contributi significativi alla ricerca scientifica ad ampio spettro.

Pur lavorando per gran parte della sua vita al *Britain's War Office* trovò il tempo di dedicarsi all'astronomia, costruendosi un osservatorio a Hampstead, ed apportando significativi contributi alla ricerca scientifica.

Nel 1864 iniziò a dedicarsi quasi esclusivamente allo studio del Sole stimolato dalle ricerche effettuate pochi anni addietro da Kirchhoff che aveva rilevato la presenza di atomi di sodio sulla superficie solare. Costruitosi un piccolo spettroscopio a bassa dispersione, lo applicò al fuoco del suo telescopio per replicare l'esperienza. Dopo lunghe osservazioni nel 1868, indipendentemente da J. Jansen, si accorse che le protuberanze solari producevano forti emissioni nel giallo.

Siccome queste linee spettrali erano sconosciute e non caratteristiche di alcune elemento chimico allora conosciuto, Lockyer le chiamò *elio*, il nome del Sole in lingua greca. Il nuovo elemento fu poi isolato nel 1895 da W. Ramsay.

Nel 1890 istituì a South Kensington un laboratorio di fisica solare che diresse sino al 1911, continuando a dedicarsi al proprio osservatorio che oggi porta il suo nome: *Normann Lockyer Observatory*.

Normann Lockyer è anche universalmente riconosciuto come il padre dell'archeoastronomia.

Nel 1890, in occasione di un viaggio in Grecia, la sua attenzione fu catturata dalla singolarità che sembravano mostrare alcuni monumenti, orientati secondo la direzione del sorgere (o del tramontare) del Sole in periodi determinati dell'anno.

Recatosi successivamente in Egitto, rileva un analogo allineamento per il tempio di Karnak orientato al tramonto del Sole nel solstizio d'estate, ma osserva anche che c'è un piccolo scarto. Apportata la correzione dovuta al moto precessionale terrestre, retrodatò la situazione temporale di 3700 anni, epoca in cui non si verificava lo scarto osservato.

Favorevolmente sorpreso da questa nuova possibilità che l'astronomia gli offriva, appena tornato in Inghilterra applicò Stonehenge analogo metodo di calcolo calcolando il percorso del Sole sempre al solstizio d'estate, e trovando per il monumento una data collocabile nel  $1820 \pm 200$  anni. Queste stime furono poi confermate dalle analisi al carbonio 14.

La sua opera in materia restò comunque trascurata in parte per la diffidenza degli archeologi che vedevano spodestato il loro campo da questa nuova metodologia e tecnica d'indagine, in parte per alcune errate affermazioni di Lockyer dovute alla sua scarsa padronanza dell'archeologia classica; egli infatti, eccitato da queste scoperte, propose la datazione di reperti archeologici unicamente sulla base delle conoscenze astronomiche, cosa possibile soltanto per un ristretto numero di oggetti osservati, e lui aveva sfortunatamente osservato solo quelli che risultano altrimenti incomprensibili senza l'ausilio dell'astronomia.

**Lojano, osservatorio di -** L'osservatorio di Lojano che ospita il 150 cm intitolato a **G. D. Cassini** è installato sul monte Orzale, qualche decina di chilometri fuori da Bologna alla cui università il telescopio appartiene, ed a qualche centinaio di metri dove sorgeva il vecchio Zeiss da 600 mm da tempo non più in funzione.

Lo strumento è usato per lo studio delle stelle variabili e per la spettrografia stellare. Dopo il 182 cm di Asiago è il secondo telescopio d'Italia per grandezza.

#### longitudine

**Longobardo Niccolò** (-)

#### LORAN

**lossodromia** Arco di cerchio massimo assunto sulla circonferenza terrestre che interseca i meridiani sotto lo stesso angolo.

L'ideazione di questa curva risale al matematico portoghese P. Nuñez autore del *De arte atque ratione navigandi*, che la chiamò *rumbus*. Il nome attuale è stato attribuito da **W. Snellius**: → riquadro a pagina 66 *sub atlante*.

**Lovell Bernard** Direttore dell'osservatorio radioastronomico di **Jodrell Bank**.

**Lowell Percival** (-) **Flagstaff**.

**Lower William** (1570 - 1615) Astronomo inglese dalla vita tormentata. Espulso dalle scuole che frequentava, denunciato in seguito per infamia, godette tuttavia di un certo successo nella vita mondana del tempo se riuscì a sposare una delle signore della nobiltà più in vista dell'epoca.

L'incontro fondamentale nella sua vita di ricercatore e studioso d'astronomia fu quello con **T. Harriot**, ed a seguito dei consigli ed incoraggiamenti di questo Lower si dedicò con metodo allo

- ▼ Alone con cerchio parelico e sospetto arco di Lowitz; J. Bortniak,, NOAA



studio della matematica. Conquistato all'astronomia nel 1607 a seguito del lavoro di **J. Protheroe** che aveva costruito in Inghilterra, secondo quanto si tramanda, il primo rifrattore, effettuato osservazioni sulla cometa di **Halley**.

Nel 1610 ricevette da Harriot copia del *Nuncius sidereus*, e spinto dalle osservazioni galileiane dei satelliti medicei si dedicò con trasporto a queste nuove osservazioni.

Le sue ricerche astronomiche che attorno al 1611 s'erano spinte sino a rivedere i dati delle orbite di Marte a seguito dei nuovi studi di **Keplero**, s'interrompono con la morte del suo amico T. Harriot

#### Lowitz, arco

**linea degli apsi** → **apsidi**.

**linea dei nodi** → **nodi**.

**Lippershey Hans** (1570 - 1619) presunto inventore del cannocchiale fai riferimento a ottica parte generale introduzione e storia.

**LTP** → Lunar Transient Phenomena.

**LTPA** → Luminous Transient Phenomena in the Atmosphere.

**luce** S'intende con "luce" un agente fisico che rende possibile la sensazione della visione.

Spesso con il termine s'individua tanto l'agente fisico quanto la visione stessa. La confusione si fonda su un'ambiguità derivante dalla circostanza che nella nostra lingua con un identico termine s'individuano due fenomeni diversi: quello fisico e la ricettività del fenomeno operata dalla retina, mentre in latino gli stessi risultano distinti: *lumen* è l'agente fisico, *lux* la sensazione della ricezione.

Il termine luce è tuttavia tanto generico quanto improprio. Correttamente si deve parlare di *radiazione elettromagnetica luminosa*, ed impropria è anche l'espressione talvolta usata di radiazione visibile contrapposta a radiazione non visibile, in quanto la radiazione è o percepibile o non percepibile, e l'aggettivo visibile va riferito alla sensazione e non alla radiazione.

La radiazione elettromagnetica ed i suoi effetti sono qui considerati in riferimento ad implicazioni astronomiche, quali la misura del flusso, la spettroscopia, la strumentazione ausiliaria.

- *La radiazione elettromagnetica. Generalità*
  - ▶ *Indagine storica sulla natura della luce*
  - ▶ *Le esperienze di Rømer, Fizeau, Foucault e Michelson*
- *La teoria elettromagnetica*
- *I quanti di luce*
- *Il flusso luminoso*
  - ▶ *Leggi di Lambert*
- *Effetto fotoelettrico. Rinvio*
- *La radiazione luminosa nella meccanica del moto oscillatorio*
  - *Rifrazione, Riflessione, Interferenza, Diffrazione, Polarizzazione. Rinvio*

■ *La radiazione elettromagnetica. Generalità.* La radiazione elettromagnetica della luce è continua da 400 nm a 700 nm circa. L'elemento che differenzia questo intervallo dello spettro elettromagnetico è la capacità delle radiazioni di stimolare la retina in modo da produrre significative sensazioni visive.

La radiazione si definisce *monocromatica* se di un'unica lunghezza d'onda, *policromatica* se presenta radiazioni di più d'una lunghezza d'onda, *coerente* se composta di un'insieme di radiazioni elementari di eguale frequenza e fase.

Il cammino rettilineo lungo il quale si propaga la luce emessa da una sorgente prende il nome di *raggio luminoso*.

La propagazione si propaga in modo diverso dalle emissioni di altre sorgenti, come ad esempio il suono che si propaga unicamente attraverso i corpi (solidi, liquidi o gassosi).

Il raggio luminoso si propaga infatti anche nel vuoto, ma non attraversa ogni corpo che incontra, perché se sul suo cammino s'interpone uno schermo opaco, questo ne impedisce il passaggio.

Si ha così un'ulteriore indiretta distinzione con riferimenti ai corpi a seconda che si lascino attraversare o meno dal raggio luminoso.

I corpi che non si lasciano attraversare dalla luce si dicono *opachi*, quelli che si lasciano attraversare, come il vetro, si dicono *trasparenti*, ed infine quelli che pur lasciandosi attraversare dalla luce non consentono all'osservatore di distinguere la forma degli oggetti, si dicono *traslucidi*.

Queste distinzioni non posseggono comunque alcun carattere d'assolutezza, perché un mezzo trasparente come l'acqua, se considerato in grandi masse (strati) si comporta come un corpo opaco: la luce del Sole affievolisce man mano che si scende sotto la superficie marina.

La luce (per la sua propagazione rettilinea) genera attorno ai corpi illuminati un'ombra dovuta ai raggi tangenti al contorno del corpo emessi dalla sorgente. La zona di spazio compresa fra uno schermo in cui si proietta l'ombra ed il retro della superficie dell'oggetto illuminato prende il nome di *di cono d'ombra*, che si ha quando la sorgente luminosa è così piccola da poter essere considerata puntiforme.

Se la sorgente è estesa come il Sole, il contorno dell'ombra è sfumato, ed attorno alla zona d'ombra centrale (nella quale non giunge alcun raggio emesso dalla sorgente), si osserva una zona debolmente illuminata, la *zona di penombra*, cui appartengono i punti dello schermo che ricevono luce soltanto da alcuni punti della sorgente. L'applicazione di questi fenomeni fisici si riscontra nelle eclissi.

Per la misura della radiazione luminosa → fotometria.

▶ *Indagine storica sulla natura della luce.* La natura della luce ha coinvolto nel tempo in pari modo filosofia e scienza confondendosi sempre i due aspetti (speculazione filosofica e scientifica) come il dritto ed il rovescio della stessa medaglia.

Dal secolo XVII due teorie si sono contese il campo: la *teoria corpuscolare* e la *teoria ondulatoria*.

Secondo la teoria corpuscolare, di cui Newton fu il più valido propugnatore, la luce sarebbe composta di una miriade di corpuscoli elastici che eccitano la sensazione visiva.

Secondo la teoria ondulatoria che trovò in Huygens il proprio propositore, la radiazione luminosa sarebbe dovuta a vibrazioni longitudinali dell' → *etere*, l'impalpabile mezzo che si supponeva riempisse gli spazi vuoti e penetrasse ovunque nell'universo.

La teoria corpuscolare fu a lungo in auge sia per l'autorità del proponente, sia perché si poneva come una derivazione delle concezioni degli atomistici classici. In aggiunta, la mancanza di adeguate conoscenze matematiche scientifiche e tecniche non permettevano di dimostrarne la teoria ondulatoria.

La disputa fu risolta agli albori del XIX secolo ad opera soprattutto di Young e Fresnel che nelle loro dimostrazioni poterono disporre di un apparato matematico-sperimentale idoneo.

Gli elementi decisivi a favore della teoria ondulatoria furono soprattutto due: l' → interferenza e la → diffrazione, fenomeni che non si potevano ammettere postulando la teoria corpuscolare.

Ogni ipotesi sulla natura della luce deve tener conto infatti dei fenomeni che la luce stessa produce quando ad essa s'applichi l'ottica geometrica: a) la propagazione rettilinea, b) la riflessione, c) la rifrazione. Di questi fenomeni fu tentata la spiegazione sia con la teoria corpuscolare, sia con la teoria ondulatoria.

Entrambe le teorie potevano spiegare la propagazione rettilinea e la riflessione, ma la rifrazione risultò incoerente con la teoria corpuscolare, a meno che non si fosse ammesso che la velocità di propagazione aumenti da un mezzo ad un altro: nell'ipotesi ondulatoria la velocità deve diminuire.

Sul terreno della misura della velocità di propagazione nei diversi mezzi si misura la disputa finale fra le due teorie.

Rilevando che una sorgente luminosa è percepita immediatamente anche a grande distanza, il primo problema da risolvere riguardò la velocità, se questa fosse cioè finita (pur essendo altissima) o infinita.

► *Esperienze di Rømer, Fizeau, Foucault, Michelson.*

• Se si trascurano alcuni esperimenti di Galilei (di sola rilevanza storica perché non condussero a valori apprezzabili in quanto la base di distanza adottata era troppo piccola), Ole C. Rømer fu il primo dei moderni a misurare scientificamente la velocità della luce fondandosi su osservazioni astronomiche.

Sfruttando per l'esperienza le eclissi dei satelliti di Giove che si presentano con notevole periodicità e servendosi delle efferidi di G. D. Cassini, Rømer osservò che queste fornivano valori corretti in prossimità delle → quadrature fra Giove e il Sole, ma non in prossimità delle congiunzioni od opposizioni, presentando uno scarto temporale. Il satellite preso in considerazione fu Io.

Il fenomeno era già stato osservato nel 1675 da Cassini, che pure aveva ipotizzato la riconducibilità del ritardo al tempo impiegato dalla luce per giungere dal satellite all'osservatore, ma non essendone del tutto convinto trascurò di approfondire l'ipotesi.

Fu allora che Rømer tentò questa via per indagare la velocità della luce aiutato nella ricerca dall'abate Jean-Felix Picard, un astronomo esperto in misurazioni che aveva effettuato la prima stima moderna della diametro della Terra.

Posto il diametro dell'orbita terrestre  $d = 300\,000\,000$  km, e pensando che la luce per raggiungere l'osservatore impiegasse maggior tempo nel primo caso che non nel secondo, stimò il ritardo in  $1320''$ , pervenendo al primo risultato di misura della

velocità di propagazione della luce fornendo un valore di

$$c = 227\,272 \text{ km/s}$$

dividendo i due operandi noti.

I testi sono discordi sulla misura ottenuta dal Rømer, indicando ciascuno un risultato diverso; ma credo che questo debba essere considerato, con buona approssimazione, il valore ottenuto sulla base delle esperienze condotte.

Va comunque ricordato che gli orologi dell'epoca non avevano la precisione richiesta per queste misure ed anche il valore temporale rilevato (circa 11 min) fu un'estrapolazione delle osservazioni effettuate negli anni 1671 - 1673.

Nel riquadro mostrato nella pagina seguente è mostrato il disegno originale del Rømer per spiegare l'esperienza condotta e la traduzione della descrizione apparsa sulla rivista citata.

• Nel 1849 Fizeau ottenne un dato più preciso, ed a lui, al di là del valore ottenuto, va il merito di aver atteso a misure sulla velocità della luce basandosi su un modello terrestre, calcolando la distanza di due località della Francia (Montmartre e Suresnes) collocate a 8633 m l'una dall'altra.

Fizeau fornì un valore di

$$c = 313\,000 \text{ km/s}$$

• Nel 1850 Foucault, servendosi esclusivamente di un banco ottico, ottenne risultati ancora più precisi, e riuscì a dimostrare in laboratorio che la velocità di propagazione della luce, diminuendo al crescere dell'indice di rifrazione, è minore nell'acqua rispetto alla velocità di propagazione nell'aria, risolvendo in tal modo la secolare disputa a favore della teoria ondulatoria, e fornendo un valore di:

$$c = 298\,000 \text{ km/s}$$

dato assai prossimo a quello reale.

• Michelson infine nel 1887, basandosi su uno schema ottico simile a quello del Foucault, usò come base (22 km) la distanza fra Monte Wilson e Monte Sant'Antonio, in California.

Successivamente perfezionò il metodo costruendo un banco ottico lungo un miglio racchiuso in un tubo di ferro in cui era praticato il vuoto, ottenendo la misura della velocità di propagazione della luce nel vuoto con valore di:

$$c = 299\,774 \text{ km/s}$$

Da tali metodi e da altri più sofisticati condotti in seguito, è scaturita la media, accolta nel 1983 dal *Bureau International des Poids et Mesures*, che fornisce per la velocità di propagazione della luce un valore

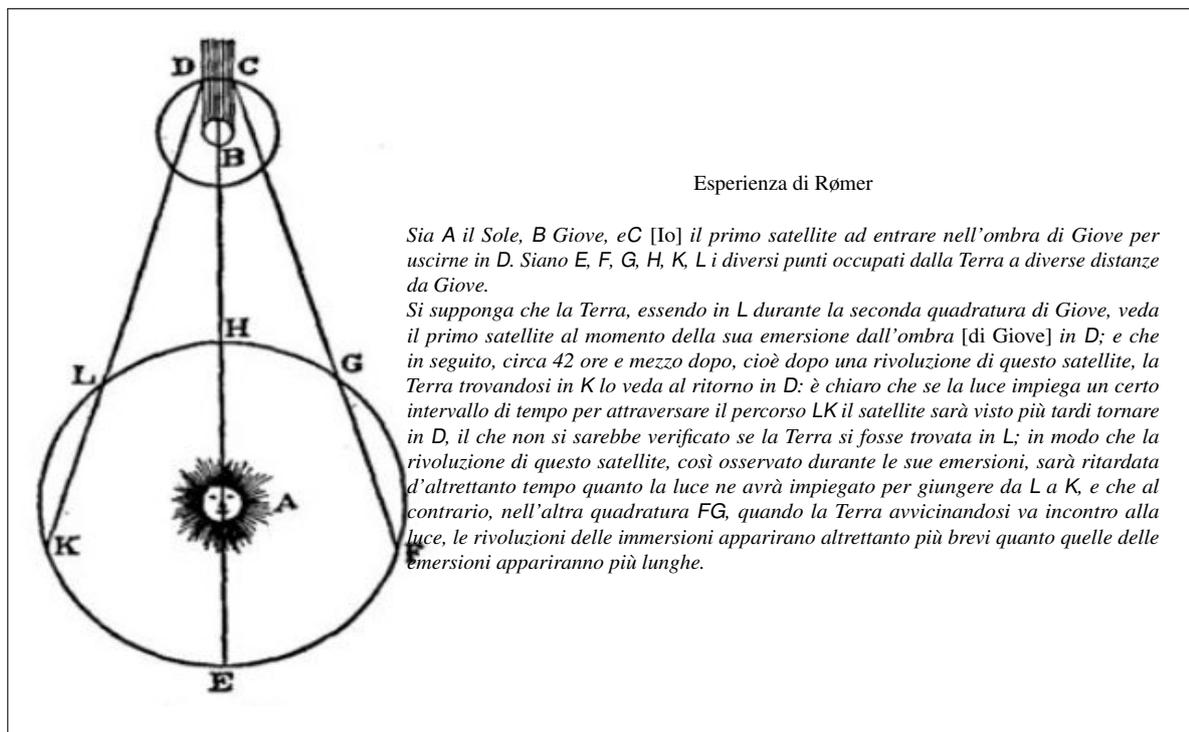
$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

L'esperimento di Michelson segnò anche la fine della teoria classica dell'etere.

Le esperienze di Fizeau, Foucault e Michelson sono complesse ad essere esaurientemente trattate e, fondandosi esclusivamente sulle proprietà dell'ottica, richiederebbero una trattazione a parte per un esauriente discorso; si ritiene pertanto che esulino da questa trattazione e si rimanda per il loro approfondimento a fonti debite.

■ *La teoria elettromagnetica.* Se le esperienze sulla luce avevano condotto a misurarne la velocità e a ricondurne la specificità fisica al tipo ondulatorio, rimaneva ancora da spiegarne la natura. La teoria ondulatoria dava per ammessa una sostanziale analogia con i fenomeni sonori, che le onde cioè si propagassero secondo caratteristiche tipiche di questi, e si fu portati a credere che la

- ▼ Disegno del Rømer e traduzione dell'estratto del rapporto sulla stima della velocità della luce pubblicato sul *Journal des sçavants*, 7 dicembre 1676, pag. 234.



luce si propagasse secondo vibrazioni longitudinali, seguendo il comportamento delle onde sonore in un gas.

La successiva scoperta della *polarizzazione*, indusse Fresnel ad ipotizzare che le onde luminose fossero trasversali e non longitudinali, costituite di vibrazioni su un piano perpendicolare alla direzione di propagazione.

La concezione comportava che l'ente in vibrazione in un'onda luminosa non poteva essere una *particella materiale* com'è per le onde elastiche, dal momento che la luce si propaga anche nel vuoto.

Fu allora che si formulò il concetto di *onda elettromagnetica* secondo il quale cioè che vibra è un campo elettromagnetico che non richiede un mezzo materiale per propagarsi.

In modo analogo alle onde sonore possono comunque ammettersi e definirsi la frequenza e la lunghezza d'onda.

La frequenza ( $\nu$ ) di un raggio monocromatico di luce è eguale al numero delle vibrazioni al secondo, ed è l'inverso del tempo che intercorre fra due massimi successivi della vibrazione, quindi anche per la luce si avrà

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (1)$$

e la lunghezza d'onda  $\lambda$  rappresenterà lo spazio percorso in un periodo, ossia

$$\lambda = c \cdot T \quad (2)$$

ove  $c$  indica la velocità della luce, e dalla equazione 1 si ha

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (3)$$

ossia la lunghezza d'onda è inversamente proporzionale alla frequenza.

Altre analogie con l'acustica emersero: a frequenze e lunghezze d'onda diverse si hanno diverse risposte, e le radiazioni luminose di diversa frequenza vengono percepite di diverso colore, cioè il colore di una sorgente luminosa dipende dalla frequenza delle vibrazioni che la costituiscono.

Tabella 1: Lunghezza d'onda e frequenza dei colori fondamentali

Colore	Lunghezza d'onda in nm	Frequenza in THz
infrarosso	> 800	< 375
rosso	810 – 610	375 – 491
arancio	610 – 590	491 – 517
giallo	590 – 560	517 – 535
verde	560 – 500	535 – 600
azzurro	500 – 440	600 – 682
indaco	440 – 420	682 – 714
violetto	420 – 400	714 – 750
ultravioletto	< 400	> 750

Questa cresce dal rosso al violetto e la lunghezza d'onda (inversamente proporzionale alla frequenza) diminuisce dal rosso al violetto: vedi tabella 1.

Nel raggiungimento di questi risultati fu fondamentale il contributo del fisico J. C. Maxwell.

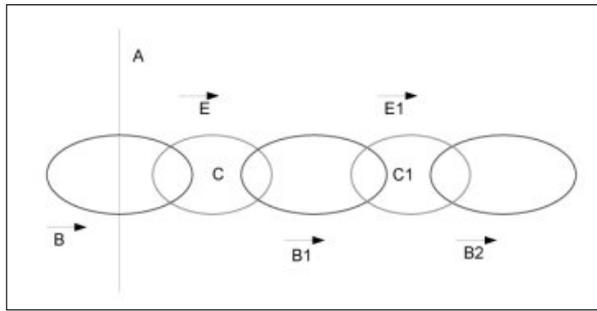
Formulando le equazioni del campo che portano il suo nome, questi aveva infatti rilevato che il campo elettromagnetico si propaga per onde e che (espresso nei termini di Maxwell) "la velocità di propagazione nel vuoto fornisce il rapporto fra unità elettromagnetica ed elettrostatica di carica elettrica, rapporto numerico che coincide con la velocità della luce nel vuoto".

Ricusando il risultato quale frutto di coincidenza, Maxwell avanzò l'ipotesi che la luce consistesse in rapidissime vibrazioni del campo elettromagnetico e che le vibrazioni luminose non sono più di natura meccanica. Maxwell ne concluse che le vibrazioni elettriche e magnetiche devono essere allora fra loro perpendicolari alla direzione del raggio, e sono quindi trasversali.

I vettori elettrico e magnetico giaceranno di conseguenza su piani fra loro perpendicolari e la direzione di propagazione



▼ Propagazione del campo elettromagnetico. Le linee a tratto più scuro indicano la propagazione del campo elettromagnetico, quelle a tratto chiaro i circuiti.



dell'onda sarà l'intersezione di tali piani. Da qui la trasversalità delle onde elettromagnetiche.

Le equazioni di Maxwell avviavano ad una più completa conoscenza del fenomeno e si prestavano ad essere verificate generando artificialmente onde elettromagnetiche provocando oscillazioni in un circuito: cioè consentì in seguito ad Hertz di dimostrare che le radiazioni elettromagnetiche seguono nel comportamento la radiazione luminosa.

Il fondamentale contributo di Maxwell non risiede tanto nell'aver intuito e dimostrato che le leggi che regolano i fenomeni elettrici e magnetici sono riconducibili a sole quattro equazioni, ma — soprattutto — nel fatto che tramite queste equazioni è possibile definire la struttura del campo elettromagnetico in ogni istante ed in qualsiasi punto dello spazio, consentendo lo studio delle reciproche variazioni delle componenti vettoriali. Una descrizione chiarirà il concetto.

S'immagini un conduttore elettrico che chiameremo *antenna* ( $\vec{A}$ ) percorso da una corrente alternata ad alta frequenza.

La corrente genererà attorno al conduttore un campo magnetico alternato ( $\vec{B}$ ) con linee di campo circolari. Un circuito ( $C$ ) posto in prossimità, subirà l'influenza del campo magnetico variabile e si troverà percorso da una corrente indotta alternata, che a sua volta creerà un campo magnetico alternato ( $\vec{B}_1$ ),... e così via dicendo.

Appare chiara la propagazione del campo magnetico, ed appare pure chiaro che i circuiti ( $C$ ) e ( $C_1$ ) fungono solo da rivelatori e se ne può fare a meno, dimostrando che il campo elettromagnetico si propaga e che il circuito ( $C$ ) non serve a fini della propagazione ma assolve solo alla funzione di rivelatore.

L'esperienza permette di dedurre che si ha un trasferimento di energia dall'antenna allo spazio circostante, caratteristica propria dei fenomeni ondulatori, quindi dall'antenna emanano onde elettromagnetiche.

Le equazioni di Maxwell permettono di conoscere la struttura del campo elettromagnetico in qualunque punto dello spazio ed in qualunque istante, e questo ha permesso di verificare che la propagazione delle onde elettromagnetiche non è istantanea, impiegando nel vuoto un certo intervallo di tempo per percorrere una data distanza:

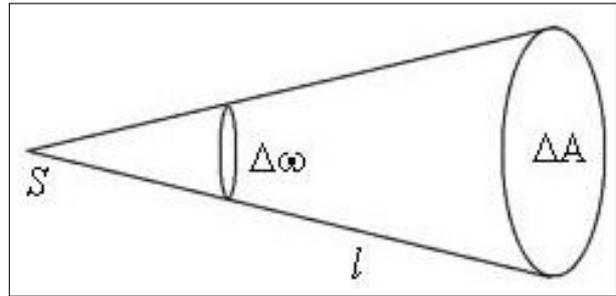
$$t = \frac{l}{c}, \tag{4}$$

ove  $t$  esprime il tempo impiegato dall'onda per recarsi dalla sorgente ad un punto distante  $l$ , e  $c$  la velocità della luce.

Dalle equazioni è deducibile il valore della velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto, fornendo un valore di

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \tag{5}$$

▼ Angolo ...



dove  $\epsilon_0 = 8,854\ 187\ 817\ 6\ \text{pF/m}$  è la *permittività* (impropriamente e comunemente chiamata costante dielettrica) del vuoto e  $\mu_0 = 400\pi\ \text{nH/m}$  la sua permeabilità.

Si deduce che grazie alle equazioni di Maxwell è sufficiente conoscere il campo elettromagnetico in determinate condizioni iniziali per prevedere la sua struttura futura in qualsiasi istante (tempo) ed in qualsiasi punto (spazio).

■ *I quanti di luce.* La teoria di Maxwell fece pensare per qualche decennio che sull'intera questione fosse stata pronunciata la parola fine.

Studi più approfonditi sull'interazione fra radiazione e materia, rivelarono tuttavia alcune inadeguatezze della teoria nei confronti della totalità dei fenomeni: l'emissione del  $\rightarrow$  corpo nero non si può spiegare con la continuità dell'onda.

Si pensò allora che la luce non tanto fosse un *continuum*, piuttosto che si manifestasse come un insieme aggregato di singole unità chiamate fotoni, la cui energia  $E$  risulta espressa dall'equivalenza

$$E = h\nu \tag{6}$$

ove  $\nu$  è la frequenza delle radiazioni ed  $h$  la costante di Planck: Planck trovò che l'equazione soddisfaceva i dati sperimentali assegnando alla costante il valore  $h = 6,6260755 \times 10^{-34}\ \text{Js}$ .

Nel 1905 Einstein attribuì alla velocità della luce il valore di una costante universale ed introdusse in fisica il concetto di fotone o *quanto di luce*.

L'introduzione dei quanti di luce sembra a questo punto quasi postulare un ritorno alla teoria corpuscolare di newtoniana memoria, o quantomeno ad una sua rivisitazione, proprio cioè alla teoria che sin dalla prima parte dell'ottocento era stata relegata come non corrispondente agli esperimenti fisici effettuati.

Il discorso è un poco diverso. I fotoni, anche se sembrano comportarsi come particelle non possono essere identificati con i corpuscoli, e comunque i fenomeni che avevano visto vincente la teoria ondulatoria (interferenza, diffrazione e polarizzazione) restano inconciliabili con la teoria corpuscolare.

Quindi mentre l'interferenza e la diffrazione non lasciano dubbi sulla natura ondulatoria della radiazione elettromagnetica, altri fenomeni sembrano indirizzare verso una natura corpuscolare della luce: esperienze in tal senso ineludibili sembrano essere l'effetto  $\rightarrow$  fotoelettrico, e l'effetto  $\rightarrow$  Compton.

I contributi di de Broglie, Schrödinger, Bohr ed Heisenberg proposero una trattazione rinnovata, anche se sicuramente non ancora definitiva, della teoria ondulatoria. Sulla base di questi studi in ultima analisi e, oggi come oggi, si può affermare che teoria corpuscolare e teoria ondulatoria risultano sì effettivamente incompatibili, ma solo laddove con i termini usati, per l'una come per l'altra, s'intenda strettamente quello che le parole dicono. Se si prescinde, da una parte, a localizzare energeticamente il fotone, e dall'altra a pensare alle onde come vibrazioni di un ente continuo, si può anche concludere che le due teorie non tanto vanno tenute nettamente distinte quanto, piuttosto, unifi-

cate. Non è poi esatto affermare che la propagazione della luce ha natura ondulatoria anziché corpuscolare: è più corretto ammettere che l'aspetto quantistico e quello ondulatorio possono manifestarsi in diverse condizioni.

■ **Il flusso luminoso.** La misura del flusso è misurata scegliendo un campione che fornisca un'unità di misura come riferimento standard.

Come unità di misura dell'intensità luminosa fu scelta una sorgente ottenuta portando il platino alla temperatura di fusione (1733°C) posto in un particolare dispositivo (corpo nero di Burgess), una provetta di ossido di torio collocata in un crogiolo, anch'esso di ossido di torio, ove si trova il platino a temperatura di fusione.

L'intero sistema è chiuso con un coperchio su cui è praticato un foro da 1 cm<sup>2</sup> da cui escono le radiazioni emesse dalle pareti interne della provetta che si trovano alla temperatura di fusione del platino.

La sessantesima parte dell'intensità luminosa della radiazione del corpo nero di Burgess è stata assunta come unità di misura ed è detta *candela* (simbolo: cd), che può allora definirsi come *la sessantesima parte d'intensità luminosa emessa dal corpo nero di Burgess alla temperatura di fusione del platino perpendicolarmente ad una sua superficie di 1 cm<sup>2</sup>.*

Nel disegno presente nella pagina precedente consideriamo il cono di luce emesso da una sorgente luminosa puntiforme  $S$ , d'intensità  $I$ , compreso nell'angolo solido  $\Delta\omega$ . Nell'intervallo di tempo  $t$  la sorgente emanerà una quantità di luce:

$$Q = \Delta\omega I t \quad (7)$$

La quantità di luce emessa in un secondo dalla sorgente  $S$  con vertice nel cono d'angolo solido  $\Delta\Omega$  prende il nome di *flusso luminoso* e s'indica generalmente con il simbolo  $\Phi$ , e si indica con:

$$\Phi = I \omega \quad (8)$$

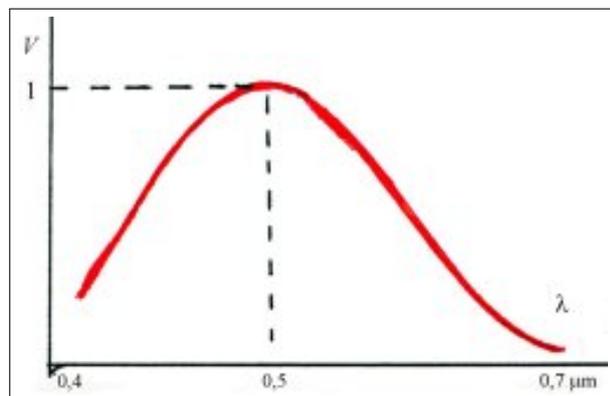
da cui per semplificare s'è omesso  $\Delta$ .

Nel SI posto  $I = 1$  cd e  $\omega = 1$  sr (sr = steradiante), si ricava (da questa equivalenza) l'unità di misura del flusso luminoso detta *lumen*, definita come *la quantità di luce emessa in un secondo, entro l'angolo solido di 1 sr, da una sorgente luminosa d'intensità 1 cd* (cioè: 1 lm = 1 cd sr).

► **Leggi di Lambert.** Dal momento che non tutte le sorgenti emettono medesima quantità di luce, sorge il problema di misurare l'intensità luminosa della singola sorgente.

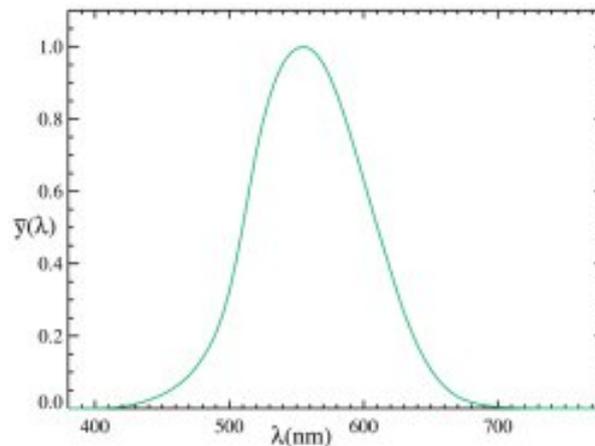
L'intensità luminosa è ovviamente proporzionale all'intensità della sorgente, ma, a parità d'intensità, è ovviamente anche in funzione della distanza.

Ponendo uno schermo dinanzi alla sorgente, allontanandolo ed avvicinandolo, si nota che l'intensità aumenta o decresce al



▲ Misurazione dell'intensità luminosa di una sorgente

▼ Sensibilità relativa dell'occhio alle varie lunghezze d'onda.



Radio onde	10 <sup>4</sup>	10 <sup>0</sup>
Micro onde	10 <sup>0</sup>	10 <sup>-3</sup>
Infrarosso	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>
Ultravioletto	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-8</sup>
Radiazione X	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-12</sup>
Radiazione gamma	< 10 <sup>-12</sup>	

Tabella 2: Classificazione della radiazione elettromagnetica secondo la lunghezza d'onda espressa in metri

variare della distanza: quindi una sorgente d'intensità  $q$  produrrà un'illuminazione  $q$  volte maggiore o minore di quella prodotta dalla sorgente campione. L'intensità di illuminazione dipende quindi anche dalla distanza della sorgente.

Una sorgente ad una distanza  $x$  produce su uno schermo l'illuminazione  $y$ . Per ottenere la stessa intensità luminosa adoperando un sistema di quattro sorgenti, ciascuna di eguale valore della prima, dovremo collocarla al doppio della distanza della prima sorgente.

L'esperienza permette di formulare che *l'illuminazione prodotta da una sorgente è inversamente proporzionale al quadrato della distanza*, per cui se s'indica con  $I$  l'intensità di illuminazione prodotta da una sorgente su uno schermo ad una distanza  $r_1$  e con  $i$  l'illuminazione prodotta quando lo schermo è alla distanza  $r_2$ , si avrà

$$\frac{I}{i} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = r^2 \quad \text{da cui} \quad i = I \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad (9)$$

L'equivalenza esprime in termini matematici la legge di Lambert, secondo la quale *l'intensità d'illuminazione prodotta da una sorgente è inversamente proporzionale al quadrato della distanza da essa.*

■ **Effetto fotoelettrico.** Rinvio → fotoelettrico (effetto), fotometria.

■ **Rifrazione, Riflessione, Interferenza, Diffrazione, Polarizzazione.** Rinvio. I lemmi sono trattati alle relative voci.

di 8', apportando quindi una correzione così esprimibile:

Tale ritardo fu individuato nel 1675 dal danese Ole C. Rømer che conduceva studi sulle eclissi dei satelliti gioviani per cercare di determinare, secondo un'idea di Galileo, la longitudine delle navi nell'oceano.

Servendosi delle effemeridi di Gian Domenico Cassini, Ole notò che queste fornivano valori corretti quando si avevano le

quadrature fra Giove e il Sole, ma non nelle congiunzioni od opposizioni presentando uno scarto di 8', apportando quindi una correzione così esprimibile:

$$\Delta_f = \tau_\alpha \cos(\lambda_\odot - \lambda_j)$$

ove  $\lambda_\odot - \lambda_j$  indica la differenza di longitudine fra Sole e Giove, e vale 90° o 270° alle quadrature e 0° o 180° alle congiunzioni o opposizioni.

### luce cinerea

### luce zodiacale

**Lucrezio Tito Caro** (98 - 55 a.C. circa) nel poema *De rerum natura* recuperando la filosofia epicurea, un'opera prettamente filosofica che vuole dare una visione del mondo basandosi esclusivamente sulla ragione, Lucrezio sostiene che l'universo vive del moto continuo degli atomi, che si uniscono e separano ininterrottamente, dando origine ad una serie infinita di mondi e di composti.

La infinita pluralità dei fenomeni, la loro ricerca, la speculazione sugli stessi, per Lucrezio va riferita solo all'esperienza.

Ma lo scrittore non indaga oltre, e le sue affermazioni si fermano come si diceva a speculazioni filosofiche non provate.

**lumen** → luce.

### Louminous Transient Phenomena (in the Atmosphere)

Sigla con cui si indicano i fenomeni di durata medio-lunga caratterizzati prevalentemente da un repentino aumento di luminosità sull'oggetto in considerazione. La vastità del campo di studio dei fenomeni fa sì che in questa categoria si ricomprendano tanto fenomeni dell'alta atmosfera caratterizzati dalla forte presenza di campi elettrici come le aurore boreali le luci zodiacali, quanto eventi addirittura extraterrestri come i **LTP** lunari.

### luminosità, classi

**Luna** **Moon illusion**

### Lunar Transient Phenomena

### lunazione

**lunette** Vocabolo francese che indica specificatamente il telescopio rifrattore, cioè il cannocchiale. Al plurale *lunettes* il termine indica gli occhiali.

Il nome deriva molto probabilmente dal fatto che il primo corpo celeste osservato è stato ovunque la luna.

**Lunik** Nome di varie sonde lanciate dall'ex Unione Sovietica per l'esplorazione della superficie lunare.

Le sonde che con questo nome hanno fatto la storia sono il *Lunik-16*, *Lunik-17* e il *Lunik-21*, lanciate dal poligono di **Baikonour**.

Il Lunik-16 lanciato nel settembre del 1970, riportò sulla Terra 100 grammi di suolo lunare, il Lunik-17 lanciato nel novembre dello stesso anno, giungendo a destinazione cinque giorni dopo. Una volta atterrata la sonda liberò il *Lunokhod*, un veicolo azionato da otto ruote motrici che doveva muoversi sulla luna compiendo analisi del territorio e facendo foto.

Fra i compiti del veicolo c'era anche quello di misurare con una precisione quasi assoluta la distanza Terra-Luna, compito che assolve alla perfezione come gli altri esperimenti.

La missione terminò dopo quasi un anno nell'ottobre dell'anno successivo, e fu ripetuta due anni dopo con il *Lunik-21* che trasportava un carico più pesante e che ebbe anch'essa successo.

**Lutetia, asteroide -** → **asteroide**

**lux**

**Lyman Thomas** (1864 - 1954)

**Lyman, righe di -**

**Lynx, costellazione della -**

**Lyot Bernard** (1897 - 1952) Astronomo francese. Iniziò la carriera come assistente all'osservatorio di **Meudon** dedicandosi allo studio della polarizzazione della luce diffusa dalla Luna e dai pianeti realizzando apposita strumentazione.

Spostati successivamente i suoi interessi sul Sole e in particolare sulla corona solare, ideò il **coronografo**, strumento che rese possibile per la prima volta osservare la corona solare e le protuberanze solari in assenza di eclisse di Sole.

Successivamente ideò e costruì un filtro polarizzatore per selezionare le differenti radiazioni solari e nel 1948 un polarimetro elettronico

**Lyra, costellazione della -**

# M

**M** una delle 7 classi spettrali

**M 31**

**M 32**

**macchia rossa, grande** → **Giove**.

**macchie solari**

**Macchina pneumatica** vecchia costellazione

**Mach Ernst** (1838 - 1916)

**MACHO** Acronimo di *Massive Astronomical Compact Halo Objects*

**Macrobio Ambrogio Teodosio** (V sec.)

**Mädler Michael** (1550 - 1631)

**Maffei Paolo** (1926 - 2009)

**Maffei, galassie**

**Magellano, nubi di**

**Magellano, missione**

**Magellano, telescopio**

**Magini Giovanni Antonio** (1555 - 1617) riferimento a Cavalieri scritti sugli specchi

**Maginus** cratere lunare

**Maggini Mentore** (1890 - 1941) Astronomo italiano, uno dei tre grandi dell'astronomia osservativa planetaria a cavallo dei secoli XIX e XX assieme a **G. V. Schiapparelli** e **V. Cerulli**.

Avvicinatosi giovanissimo alla scienza, le sue prime pubblicazioni destarono l'attenzione di **A. Abetti** che lo chiamò quale assistente volontario all'osservatorio di **Arcetri**. L'impegno non gli impedì di frequentare la facoltà di Fisica presso l'Università di Pisa, ove si laureò nel 1921, ottenendo così la nomina ad assistente effettivo. Nel 1922 assunse la direzione dell'osservatorio di Catania, nel 1925 la nomina ad astronomo e l'incarico d'insegnamento all'Università di Catania, e quindi (1926) la nomina a direttore dell'osservatorio di **Collurania**.

Dopo la scomparsa di V. Cerulli nel 1927, Maggini continuò la sua opera negli studi su Marte seguendolo durante 15 opposizioni, e mostrando l'inesistenza dei famosi canali in una serie di scritti in cui affrontava l'indagine visuale anche dal punto di vista della percezione psicologica: → **Taumasia**. Maggini si occupò anche a ricerche di fotometria, d'interferometria, allo studio dei sistemi binari e dei satelliti gioviani.

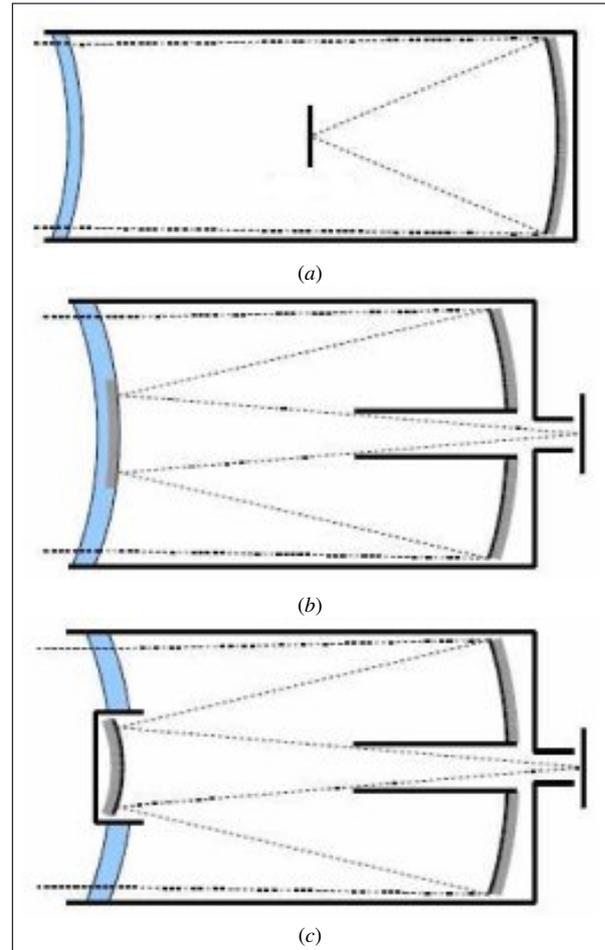
A Maggini è stato dedicato su Marte un cratere di cospicua dimensione, prossimo a quello del Cerulli.

**magnete**

**magnetica, tempesta** → **tempesta magnetica**.

**magnetico, campo**

▼ Le principali configurazioni di telescopi Maksutov



**magnetiche, stelle**

**magnetismo**

**magnetopausa**

**magnetosfera**

**magnitudine** TUTTE!!! apparente

**Maia**

**main sequence** → **sequenza principale**.

**Maire Christopher**

**Maksutov Dmitri** (1896 - 1964)

**Maksutov, telescopio** scoperto indipendentemente anche da Bouwers e Colacevich

**Malalas Giovanni** (491 - 578 circa) È autore di una cronografia una sorta di *historia mundi* che nell'edizione originale (non pervenuta) doveva andare dall'età della creazione alla spedizione di marciano, il nipote di Giustiniano, in Africa: del lavoro restano soltanto 18 libri.

L'opera di Malala, in passato poco considerata e stimata di non grande valore storico-documentaristico, perché, si diceva, destinata prevalentemente ad un lettore di scarsa cultura, recentemente è stata notevolmente rivalutata perché in non pochi passi

Malala si mostra attento osservatore, critico ed analista delle vicende narrate, specie di quelle a lui più vicine: cfr. [192].

Il fatto che l'opera sia scritta in modo facilmente accessibile, che sia abbondante di episodi e descrizioni all'apparenza poco rilevanti dal punto di vista storico, vere e proprie curiosità, anziché sminuire il valore dell'opera lo accrescono, perché in fondo finiscono col definirsi essenziali proprio quelle descrizioni guardate con sufficienza, come quando – ad esempio – Malalas si diffonde a spiegare in chiave astrologica-simbolica alcune costruzioni presenti in Roma e le loro allegorie: →romana astronomia.

**Malvasia Cornelio** (1603 - 1664) Aristocratico italiano, generale, letterato e astronomo, prodigo di attenzioni e aiuti verso giovani studiosi come **G. Montanari**, e **G. D. Cassini** chiamato, grazie a lui alla cattedra di Bologna.

A lui è pure attribuita l'opera *Ephemerides Novissimae* ma è molto più probabile che l'opera sia stata composta dal Montanari e dal Cassini citati: cfr [56]. Anche l'invenzione del micrometro filare che talvolta si trova a lui attribuita, va considerata soltanto un'applicazione, per quanto geniale, di analogo strumento già realizzato, forse dallo stesso Montanari.

#### Malmquist, effetto

**mancante, massa** →massa mancante.

**Manfredi Eustachio** (1674 - 1739) Matematico astronomo e poeta italiano.

Sin da giovane mostrò uno spiccato interesse per la conoscenza e le scienze organizzando riunioni nella casa natale cui partecipavano i fratelli e le sorelle, in cui si discuteva di tutto, dalla filosofia alla letteratura, alla matematica, all'astronomia. Questi incontri si allargarono in seguito ad altre rappresentative personalità del mondo della cultura, tanto che ne nacque un'accademia, l'*Accademia degli Inquieti*.

Dopo aver frequentato le scuole dei Gesuiti a Bologna, la città natale, si dedicò alla filosofia e quindi alla giurisprudenza laureandosi nel 1692. Nel frattempo aumentarono gli interessi scientifici, e tanta fama si meritò in questo campo che in breve tempo ottenne una serie di cariche pubbliche rilevanti.

Nel 1699 fu lettore di matematica all'Ateneo bolognese, nel 1704 soprintendente per le acque, dell'intero territorio, e nel 1711 astronomo dell'appena fondato *Istituto Marsiliano per le Scienze*, dove l'anno seguente dette il via alla costruzione dell'osservatorio.

Nel 1715 iniziò la pubblicazione delle *Ephemerides motuum coelestium*, e nella specola effettuò osservazioni continue e metodiche sulla posizione delle stelle col cerchio murale, raccolte poi nell'opera *De annuis inerrantium stellarum aberrationibus* nel 1729 nello stesso anno in cui **J. Bradley** dava l'interpretazione dell'aberrazione stellare: cfr. [129]

Membro dell'Accademia delle scienze di Francia e d'Inghilterra, scoprì una cometa, ed ha lasciato diverse composizioni poetiche e in prosa, ed una vasta produzione scientifica, fra cui le lezioni universitarie vennero raccolte nell'opera *Istituzioni astronomiche* pubblicata dieci anni dopo la sua morte.

**Manilio Marco** (I sec. a.C. - I sec. d.C.) Poeta romano, forse di origini orientali, vissuto sotto i regni di Augusto e Tiberio, come si deduce dal poema *Astronomica* in cinque libri per cui Manilo è ricordato.

Gli *Astronomica* costituiscono il tentativo romano, peraltro incompiuto perché l'opera s'interrompe al V libro, di comporre un poema didascalico-scientifico dedicato all'astronomia, sulla scia di **Arato** per quanto riguarda la tematica, e di **Lucrezio**

relativamente allo stile e al contenuto filosofico, quest'ultimo è però di pretto stampo stoico e non epicureo. A differenza di Arato che nei *Fenomena* restava attaccato alla mera descrizione dei fenomeni, di ciò che appare, Manilo si spinge oltre lanciandosi in collegamenti fra corpi celesti ed eventi umani del tutto arbitrari e sciolti da qualsiasi serio e provato collegamento.

Accanto a dati scientificamente corretti come la sfericità della Terra e la durata della notte e del giorno di sei mesi al polo (dimostrando di aver attinto quantomeno a **Pitea**), Manilo sostiene il legame fra le vicende della vita umana e gli astri e le loro varie e possibili congiunzioni, senza avvertire comunque mai il bisogno della benché minima dimostrazione, individuando nella sostanza un sistema *etnoastrologico* che consentirebbe di individuare le caratteristiche tanto del singolo individuo come di una nazione soltanto conoscendone l'alocazione fisica. La preoccupazione principale di Manilo è in sostanza quella di trasportare la filosofia, e per essa lo stoicismo, in cielo, svelando così all'uomo il proprio destino.

La fortuna degli *Astronomica* terminò nel IV secolo quando comparve la *Mathesis* di **F. G. Materno**, di più semplice lettura e comprensione.

#### Maragha, osservatorio e scuola di →araba astronomia.

Osservatorio astronomico arabo che rappresentò al tempo una vera e propria accademia di ricerca e scienza, costruito attorno al 1261 per iniziativa di Hulagu, nipote di Gengis Khan.

L'osservatorio era dotato di un quadrante murale di 4 m di raggio, sfere armillari e cerchi altazimutali. Completava la dotazione una ricca biblioteca che sembra raccogliesse oltre 40 000 volumi. Presso l'osservatorio furono pubblicate (1274) le effemeridi stellari che presero il nome di *Tavole ilkhhaniche*, e furono svolti importanti lavori di ricerca e di revisione dell'*Almagesto* di **Tolomeo**.

**Maraldi Giacomo Filippo** (1665 - 1729) Astronomo italiano, nipote di **G. D. Cassini** di cui fu assistente all'osservatorio di Parigi.

Valente osservatore di tutti i corpi celesti, si dedicò in particolare alla variabilità delle stelle e compì studi sulla corona solare durante le eclissi totali di Sole. Scoprì le calotte polari di Marte e confermò la scoperta della divisione degli anelli di Saturno compiuta dal Cassini. Scoprì anche due comete.

**Maraldi Giovanni Domenico** (1709 - 1888) Astronomo italiano che operò a Parigi con il figlio di **G. D. Cassini**.

Misurò la differenza di longitudine fra **Greenwich** e Parigi stimandola in 9' 23", e mentre si occupava di osservazione cometa fu uno dei primi ad osservare gli ammassi globulari M2 ed M15 del catalogo di **Messier**.

#### Marciano di Eraclea

**Marcon, costruzioni ottiche -** Ditta italiana specializzata nella costruzione di ottiche e montature con sede a San Donà del Piave, fondata dal prof. V. Marcon (1903 - 1976) nel 1948, all'inizio soltanto per aiutare gli appassionati del cielo a costruirsi i loro strumenti.

Il prof. Marcon che era un abilissimo lavoratore di ottica, riuscì ben presto a realizzare diverse ottiche di ottima fattura, ampliando così non solo la sua attività, ma soddisfacendo le richieste dell'astronomia amatoriale che iniziava a farsi pressante e concreta. Da un primo laboratorio in cui venivano costruiti i telescopi apprezzati in tutt'Italia per le loro eccellenti qualità, si passò ad un laboratorio più grande in cui vennero costruite ottiche tuttora ricercate per la loro eccellente qualità.

A lui si affiancò successivamente il figlio Gianfranco, specializzato soprattutto nella meccanica. Gianfranco dette notevole impulso all'azienda paterna, iniziando la costruzione di grandi telescopi che lavorò soprattutto per università e centri di ricerca, come il telescopio da 800 mm per l'Antartide dell'Università di Perugia, ed il metro e mezzo di Napoli. Notevoli anche le altre collaborazioni sia con centri di ricerca europei che con osservatori professionali ed amatoriali europei. Attualmente la ditta con L. Marcon è alla terza generazione.

### Markowitz, camera lunare di

**mare** come regione lunare

**maree** meccanica oceanica

**Maricourt Pietro Peregrino de** (-) De magnete

### Mariner

**Marino di Tiro** (-) cartografia

**Marius Simon** (1570 - 1624)

**Markab** (α Pegasi...)

### Markarian, galassie

**Markeb** (α Velorum)

**Mars** Nome di sette sonde..

**Mars Climate Orbiter** → **Mars Surveyor '98**.

### Mars-crossing, asteroidi

### Mars Exploration Rover 2003

### Mars Express

### Mars Global Surveyor

### Mars Observer

### Mars Odissey 2001

### Mars Pathfinder

### Mars Polar Lander

### Mars Surveyor '98

### Mars Surveyor 2001

### Mars Surveyor 2003

### Marsiglia, osservatorio

### Mars-Trojan, asteroidi

**Marsden Brian G.** (-)

### Marte

### marziane, meteoriti

**Mascherino Ottaviano** Torre venti Vaticano

**mascon** *mass concentration...*

### maser

**Maskelyne Nevil** (1732 - 1811)

**massa** centro di - numero di - massa atomica massa di quiete massa inerziale

### massa gravitazionale

### massa-luminosità, relazione

### massa mancante

### massa solare

### massa stellare

### massa transfer

**Mästlin Michael** (1550 - 1631)

**Mastrofini Marco** (1763 - 1845) Filosofo italiano. È ricordato soprattutto perché propose una riforma del calendario finalizzata, da religioso qual'era, a risolvere il problema della datazione pasquale (→ **Pasqua**), evitando cioè che fosse mobile. I suoi studi confluirono nel 1834 nel lavoro *Amplissimi frutti da raccogliere sul calendario gregoriano (vedi calendario sub «Riforma del calendario»)* in cui proponeva che la data della Pasqua fosse fissa al 2 aprile di ogni anno, sopprimendo dal calendario alcune festività religiose. Forse fu proprio questa circostanza che nelle sfere ecclesiastiche non portò ampia condivisione al suo lavoro, malgrado fosse apprezzato da autorevoli studiosi dell'epoca.

Recentemente la sua idea è stata ripresa e discussa, ma si è trattato soltanto di rivisitazione accademiche dei suoi studi.

**Masursky Hrold** (1922 - 1990)

### Matelica, globo → quadranti solari.

Meridiana a forma di globo databile tra il I e il II secolo a.C., conservata al Museo Piersanti di Matelica, rinvenuto nel 1985 in occasione del restauro del palazzo pretorio del XIII secolo della città.

Assieme al globo **Prosymna**, costituisce uno dei due orologi solari a forma sferica sopravvissuti dell'era greco-romana.

Orologi solari sferici costruiti nei secoli passati sono presenti in Francia e nel Nord-Italia, ma si tratta di costruzioni relativamente recenti perché presentano indicazioni orarie a numerazione araba.

■ *Le meridiane a forma di globo*

■ *Il Globo di Matelica*

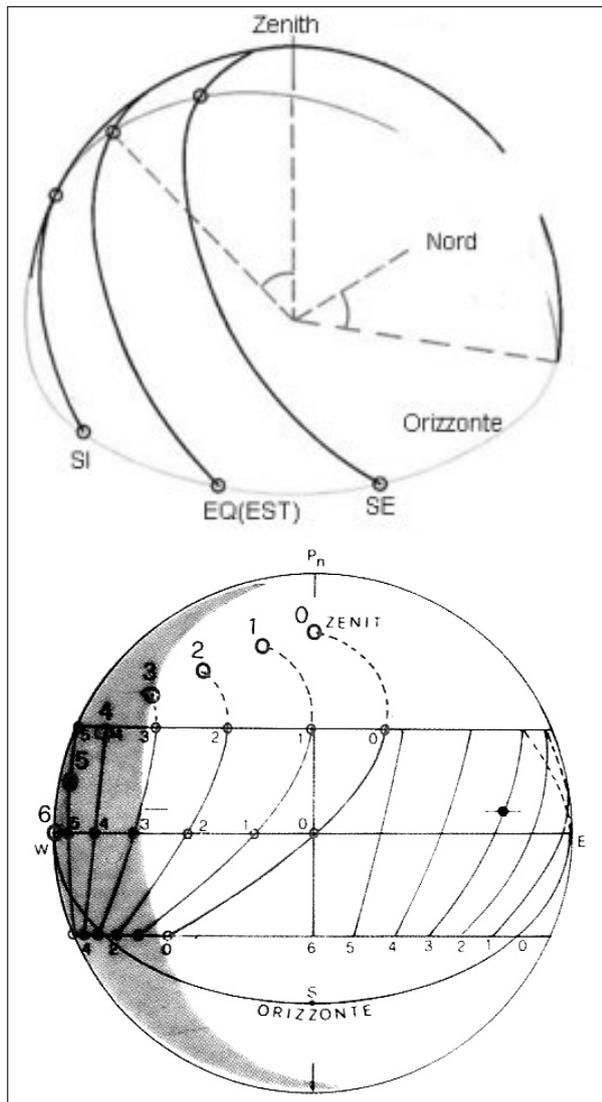
■ *Le meridiane a forma di globo* si collocano a metà strada fra la **sfera armillare** e gli orologi solari veri e propri.

Quest'impostazione, tutt'altro che condivisa dalla gnomonica ufficiale, si fonda comunque sul fatto che una meridiana a forma di globo deve necessariamente presupporre l'esistenza di una sfera armillare, ossia la conoscenza della sfericità del globo, l'inclinazione dell'eclittica, i percorsi solari e planetari sulla volta celeste che si trovano poi tracciati in questi strumenti.

Cronologicamente infatti queste meridiane devono supporre come una semplificazione della sfera armillare che a quanto risulta fu inventata (ma forse solo costruita) da **Eratostene** nel III sec. a.C., quindi in un periodo comunque antecedente ai due strumenti citati.

Molte meridiane armillari vengono comunemente individuate con questo nome, ma è un riferimento erroneo, in quanto quest'ultime sfruttano la proiezione solare dello gnomone su una

- ▼ Percorso del Sole e materializzazione del terminatore (azzeramento d'ombra) in una meridiana a globo



superficie sferico-concava, mentre i globi solari sfruttano per l'indicazione oraria la superficie convessa della sfera.

Per la tipicità della costruzione, le meridiane a globo differiscono ancora dai quadranti solari. Pur lavorando ovviamente anch'esse sul principio dell'ombra generata dalla luce del Sole quando questa incontra un ostacolo lungo il cammino, non presentano lo gnomone quale caratteristica essenziale (i modelli discussi ne sono privi), dal momento che la sfera intera con il confine fra parte illuminata e parte in ombra (terminatore) assolve alla funzione gnomonica.

Teoricamente i globi possono essere di due tipi: *ad azzeramento d'ombra*, e *a terminatore*.

Nel primo caso, e si tratta di globi costruiti nel Seicento e nel Settecento, la funzione dello gnomone è assolta da un indice circolare, una semicirconferenza di misura maggiore a quella della sfera incernierata sull'asse polare: in pratica un mappamondo celeste opportunamente orientato.

Nel secondo caso *a terminatore d'ombra*, o *a estinzione di luce*, non esiste alcun indice separatore mobile sul globo, ma è il Sole stesso che col suo movimento nell'arco del giorno divide il globo in zone illuminate e d'ombra.

Quando il Sole apparentemente si muove nell'arco della giornata, cambia coerentemente posizione anche il cerchio terminatore,

che funziona allora come un indicatore del tempo.

La lettura dell'ora, abbastanza agevole se si segue il sistema delle ore civili, si complica nel caso delle **→ore temporarie**, la cui durata è variabile in funzione della declinazione stagionale del Sole, risultando conseguentemente diverse fra loro, perché di maggior durata in estate che in inverno. In questo caso infatti, il progettista del globo deve stabilire in quale punto del terminatore far iniziare il computo delle ore. Vari metodi possibili circa l'uso del terminatore si trovano ampiamente discussi in **G. Fantoni [103]**.

Nel disegno in alto in questa pagina, è rappresentato il percorso del Sole su una sfera alle tre fondamentali altezze stagionali: equinozi e solstizi, la parte illuminata della sfera è ovviamente quella rivolta a Sud, ed i cerchiietti materializzano la posizione dell'astro a mezzogiorno.

Nel disegno sottostante sono di nuovo riportati in piano i solstizi e l'equatore, e si osserva che la linea delle ore temporarie è rappresentata da un cerchio massimo. È possibile quindi individuare un punto in cui ad una data ora transitano necessariamente tutti i terminatori dell'anno.

Nel disegno, tratto da [103], la lettura si effettua sul punto orario dove passa il terminatore, nel punto cioè in cui il terminatore incontra il cerchio di declinazione della data, e l'ora espressa è in questo caso la terza, indicata con una lineetta marcata sul punto orario. Si nota ancora che i cerchi orari (da 0 a 6) partono dallo zenith e vanno all'orizzonte, infatti in questo caso le linee orarie temporarie da 0 a 6 sono l'orizzonte e il meridiano. La zona scura rappresenta la parte della sfera non illuminata.

■ *Il Globo di Matelica*. Il globo non assolveva soltanto ad una funzione oraria sfruttando il terminatore come sin qui descritto, ma anche ad una funzione calendariale (*infra*), e questo lascia supporre che doveva trattarsi di qualcosa di più di una semplice meridiana, una sorta di strumento scientifico o sacrale-sacerdotale. Le sue ridotte dimensioni non consentivano infatti di leggere l'ora se non avvicinandosi, mentre le meridiane con funzione oraria nei confronti della collettività erano posizionate in posti centrali ed i quadranti erano ben visibili.

Sul globo sono state condotte soltanto superficiali e visive indagini petrografiche per risalirne all'origine, e secondo alcuni esperti esso non sarebbe in pietra del luogo, e potrebbe provenire da Afrosias, attualmente in Turchia, ma allora città greca.

Depone a favore di tale ipotesi il fatto che si tratta di un marmo particolare, caratterizzato da una discreta riflettività alla luce. Il globo ha un diametro di 29,6 cm circa di diametro e il suo ritrovatore (D. Baldini) ha posto in evidenza la singolare corrispondenza di questa misura con il *pie de attico*; pesa circa 35 kg, presenta incisioni, una serie di fori, linee e indicazioni in lettere greche che propendono per la sua individuazione come orologio solare. Le aste nei fori sono andate perdute.

Nell'immagine in basso, nella pagina successiva, sono mostrati gli elementi essenziali del globo: il semicerchio dell'orizzonte, il polo nord, lo zenith, e i fori.

La sfera è stata molto probabilmente lavorata al tornio, e la maggior grandezza dei fori centrali rispetto agli altri, ed in uno di questi è stato ritrovato del metallo infisso, potrebbe prospettare che questi fori all'inizio siano stati usati per inserirvi dei cunei di metallo per sorreggere la sfera durante la lavorazione che sarebbe così stata asimmetrica, al fine di correggere gli errori introdotti ed ottenere una superficie il più pulita possibile.

Il lato anteriore della sfera presenta tre cerchi concentrici intersecati da un arco di cerchio. Dal centro di questi cerchi sull'orizzonte si è risaliti alla latitudine del globo, trovando un valore  $\varphi = 44^\circ 9'$ , discretamente distante dalla latitudine di Matelica che è  $\varphi = 43^\circ 22'$ .

Il motivo di tale discrepanza non è accertabile. È da escludere comunque che i progettisti siano incorsi in un errore tanto ampio a fronte di una costruzione abbastanza geometricamente precisa, ed è più facile ritenere che il globo sia stato costruito per una località di più elevata latitudine e sia stato successivamente trasportato a Matelica.

I cerchi concentrici che si sviluppano attorno al polo Nord del globo costituiscono un sistema calendariale, confermato dalle scritte che sono ancora in parte leggibili dalle lettere iniziali, come ΠΑΡΤ (partenos, Vergine) e ΔΙΔΙ (didimoi, Gemelli), e non lasciano dubbi sul loro significato, dal momento che, in aggiunta, non solo le circonferenze sul globo sono in accordo con il moto apparente del Sole, ma che a tale andamento corrispondono le iscrizioni.

I cerchi risultano infatti situati ad una distanza angolare dal centro in modo che il terminatore sia ad essi tangente prima e dopo il solstizio invernale, prima e dopo il solstizio estivo a intervalli determinati: un mese prima o un mese dopo, due mesi prima o due mesi dopo.

I tredici fori presenti (immagine in alto in questa pagina) sono contrassegnati a contare da primo a destra avendo la sfera di fronte, ciascuno con una delle lettere dell'alfabeto greco, secondo la numerazione all'epoca in uso: Α Β Γ Δ Ε; sulla linea dell'orizzonte sono presenti due fori indicati dalla lettera Ϝ (digamma) in scrittura maiuscola: Ϝ: si tornerà poi su questa

duplicità; e la numerazione riprende poi secondo le lettere Ζ Η Θ Ι ΙΑ ΙΒ.

Anche le dimensioni dei fori sono diverse, tutti i fori presentano un diametro di 2 mm circa, ad eccezione dei due posti sulla linea dell'orizzonte che sono leggermente più grandi, ed in uno si è rinvenuto l'avanzo di un perno, a suffragio forse della tesi sostenuta all'inizio che la sfera è stata lavorata al tornio.

Supposizione a parte, se consideriamo i fori come possibili basi di aste o di statue rappresentanti divinità, ipotesi tutt'altro che remota, e se consideriamo ancora che i costruttori potevano considerare più agevole una lettura oraria a destra o sinistra a seconda che il Sole fosse già transitato al meridiano o meno, può significare due procedure di letture identiche ma da parti opposte, dal momento che la lettera Ϝ compare due volte.

Il globo cioè sfruttava il principio di considerare (in questo caso) una emisfera alla volta. Una volta che il Sole aveva raggiunto lo zenith stagionale l'ora veniva letta sull'altra parte del globo. Le astine (o statue) costituivano allora un marcatore aggiuntivo per facilitare la lettura dell'ora, evidenziando fra due estremi locali il terminatore.

È tutt'altro da escludere in conclusione, che il globo a noi pervenuto facesse parte di un complesso gnomonico più ampio, poggiando, ad esempio, su una colonnina su cui fosse magari riportata la correzione del tempo o qualche altra indicazione gnomonica-astrale.

Il globo è stato discusso dallo scopritore su molte riviste scientifiche fra cui *l'astronomia*, [60].

**materia..** degenerare, intergalattica, m-ombra oscura calda e fredda

**materia interstellare** →interstellare, materia.

**materia oscura fredda**

**Materno Firmico Giulio** (337 - 350) Uomo politico e scrittore romano. Giovannissimo compose un'opera in otto libri, *Mathesis*, un trattato di astrologia in cui sostiene l'influenza dei corpi celesti sull'anima secondo la dottrina neoplatonica.

Convertitosi successivamente al cristianesimo, abbandonò l'astrologia e compose il *De errore profanorum religionum* in cui criticò i culti pagani e misterici ancora parecchio diffusi a Roma; il testo costituisce un'importante fonte di informazione su quei culti che Firmico – ora cristiano – critica. Il suo nome si è tramandato grazie soprattutto all'opera astrologica, assai più leggibile e di facile comprensione rispetto all'altra pura in auge sino al medioevo di **M. Manilio**.

**Mathilde** asteroide...

**mattino, stelle del** locuzione popolare con cui ....

**Mauna Kea, osservatorio** Rif. a Gemini e Keck **Keck** Il telescopio, detto anche *Gillet telescope*....

**Maunder Edward Walter** (1851 - 1828)

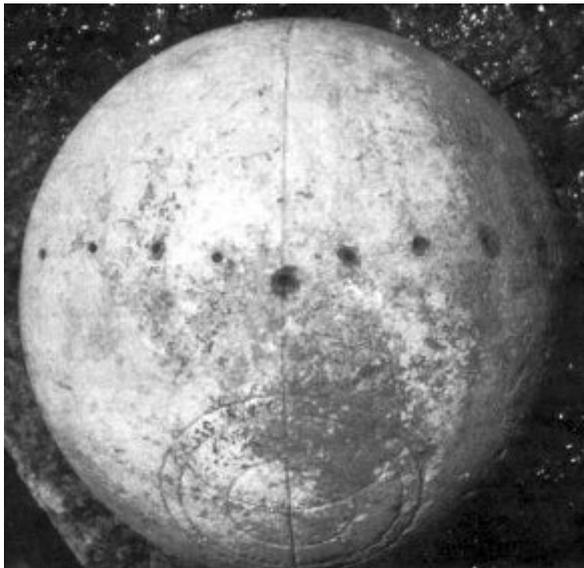
**Maunder, minimo**

**Mauritius Radio Observatory**

**Maurolico Francesco s. J.** (1494 - 1575)

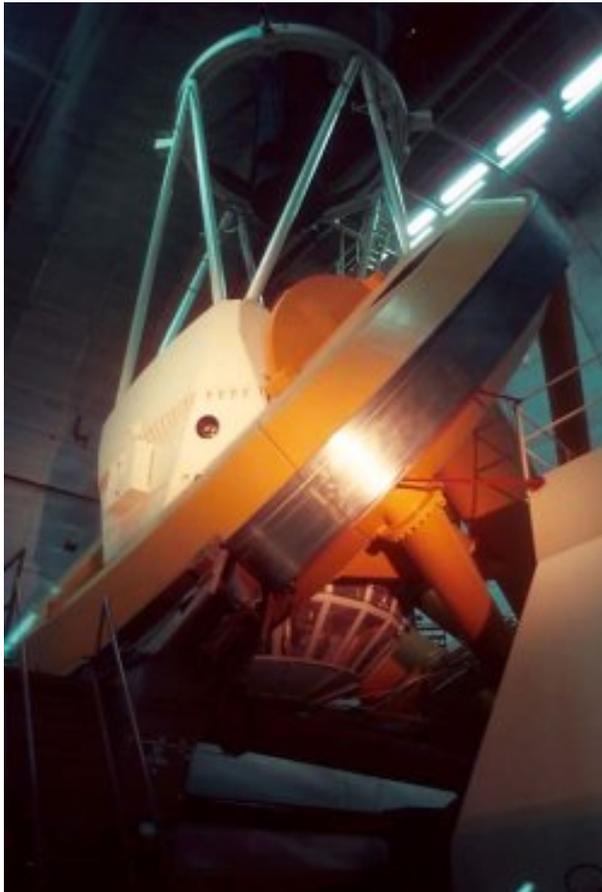
**Maurolycos, cratere**

**Maury Antonia Caetana** (1866 - 1952)



▲ Due immagini del globo di Matelica

- ▼ Telescopio Mayall da 4 m a Keat Peak. La **montatura a ferro di cavallo**, simile al 5 metri di monte Palomar, è molto più compatta col telescopio posizionato all'interno del disco-forcella



### Maximum Aperture Telescope

### Maximum Entropy method

### Max-Planck Institut für Radioastronomie

### Max-Planck Institut für Astrophysik

### Max-Planck Institut für Radioastronomie

### Maxwell James Clark (1831 - 1879) VEDI LUCE

### Maxwell-Boltzmann, distribuzione

### Maya, astronomia

**Mayall, telescopio** fa parte del complesso di Keat Peak degli anni 70 e specchio di 4 metri

**Mayer Johann Tobias** (1723 -1762) Matematico, cartografo e astronomo tedesco: J. T. Mayer pubblicò a Gottinga nel 1762 le *Novae tabulae motuum Solis et Lunae*, che furono le più esatte fino ad allora pubblicate, attraverso le quali si proponeva di portare un contributo alla determinazione della longitudine in mare tramite le distanze lunari. Le tavole furono utilizzate **N. Maskelyne** convinto sostenitore della misura delle distanze lunari dalle stèle fisse, ed ancora su queste tavole si fondò **J. Bradley** per calcolarne di più precise.

Mayer scoprì l'irregolarità dell'orbita lunare e vari aspetti del fenomeno della librazione lunare, disegnò molte mappe lunari

che furono pubblicate postume, ed ideò il circolo a riflessione, uno strumento che fu poi perfezionato da **J.-C. Borda**.

**Mbosi, meteorite** Meteorite scoperta in Tanzania nel 1930, uno dei più rilevanti con le sue 16 tonnellate. Per lungo tempo ritenuto una pietra sacra, anche per questo meteorite manca il cratere d'impatto.

**McCrea William Hunter** (1904 - 1999)

**McDonald, osservatorio**

**McKellar Andrew** (-)

**McMath-Pierce, osservatorio**

**McNaught, cometa - (C/2006 P1)** Cometa scoperta nell'agosto del 2006 da R. H. McNaught all'osservatorio di Siding Spring, in Australia.

È una cometa non periodica caratterizzata da un'alta luminosità, tanto che nel Gennaio del 2007 è divenuta visibile ad occhio nudo in occasione del suo avvicinarsi al Sole, e come visibile nell'immagine si poteva apprezzare pure in presenza del Sole. Caratterizzata da una notevole coda che si estendeva sino a 4°, ed il suo splendore è stato superiore a quello della cometa Hale-Bopp apparsa qualche anno prima.

Indagata da numerose sonde spaziali, ha rilevato la presenza di ioni di ossigeno  $O^{3+}$  ed ha permesso nuove stime del vento solare, mostrando ancora un campo magnetico con direzione costante verso il Sole più debole di quanto ci si attendesse (360 km/s contro i 750 km/s attesi).

**MDM** Acronimo di *Mixed dark Matter*

**Mebсута** (ε Geminorum)

**meccanica celeste** classica newtoniana ondulatoria quantistica relativistica

**Méchain Pierre-François-André** (1744 - 1804) Astronomo francese noto scopritore di comete.

Collaborò con **C. Messier** alla compilazione del suo catalogo di oggetti deboli del profondo cielo.

Diresse dal 1800 sino alla morte l'osservatorio di Parigi.

**medicei, satelliti** → **galileiani, satelliti**.

**Medicina, radiotelescopio di**

**mediocrità terrestre**

**megaparsec**



▲ Il meteorite Mbosi

▼ La cometa MvNaught; fonte ESO



**Megrez** ( $\delta$  Ursae Majoris)

**Melbourne, osservatorio** Osservatorio australiano inaugurato nell'ottobre del 1869 ed equipaggiato con un riflettore da 1,2 m di apertura ospitato su una montatura equatoriale alla tedesca *en plain air*, vedi immagine: si trattava per l'epoca del più grande equatoriale esistente.

Lo strumento, costruito a Dublino dalla ditta Grubbnella sostanzialmente un fallimento, anche a causa del clima particolarmente umido e soggetto a sbalzi termici di Melbourne, e non fu in grado di fornire alcun contributo scientifico che andasse al di là di qualche foto lunare, dimostrandosi del tutto carente nei confronti di fotografie a lunga esposizione di oggetti del profondo cielo.

**Melpomene**

**MEM** → **Maximum Entropy method**

**Menecmo di Apeconnesso** (380 - 320 a.C. circa) considerato l'inventore delle coniche

**menisco**

**Menkalinan** → **Menkarlina**.

**Menkar** ( $\alpha$  ceti)

**Menkarlina** ( $\beta$  Aurigae)

**menhir** → **archeoastronomia**.

**Mensa scialba**

**Menzel Donald Howard** (1901 - 1976)

**Merak** ( $\beta$  Ursae Majoris)

**Merate, osservatorio** → **Brera-Merate**.

**Mercator telescope**

**Mercatore Gerardo** (1512 - 1594) Nome italianizzato del matematico astronomo e cartografo fiammingo Gerhard Kremer. Nativo di Anversa, Mercatore ebbe una formazione classica. → **atlante**.

**Mercedonio** Detto anche *Intercalare*, mese del calendario ideato da **Numa Pompilio** che veniva aggiunto ogni due anni per compensare la minore durata del calendario lunare rispetto a quello solare: → **calendario**, *sub «calendario romano»*.

**Mercurio** precessione del perielio

**meridiana** → **quadranti solari**.

**meridiana, linea**

**meridiano**

**meridiano, cerchio** **cerchio meridiano**.

**MERLIN** → **Multi-Element Radio-Linked Interferometer Network**.

**Merope**

**Merril Paul Willard** (1887 - 1961)

**Mersenne Marin** (1588 - 1648) Religioso francese che si interessò a vari aspetti della fisica.

Nel 1636 il padre Mersenne pubblicò l'*Harmonie universelle* un testo di che studiava la musica mettendone in evidenza i lati matematici e fisici. In questo testo propose la configurazione di un telescopio a riflessione proponendo di proiettare l'immagine nel fuoco del telescopio.

Il contributo teorico di Mersenne, perché egli non realizzò mai una tale configurazione, è rilevante nella storia del telescopio a riflessione, perché collocandosi dopo le pubblicazioni del B. F. Cavalieri mostra che si iniziava a pensare alle proprietà degli specchi a riflessione (ancora chiamati *ustori*) per ottenere un'esaltazione dell'immagine.

Mersenne propose nella sua opera due diversi tipi di configurazione: una con il secondario concavo e l'altro con il secondario convesso, che presupponevano entrambe quindi la foratura centrale dello specchio, secondo la configurazione che sarà più tardi ripresa, sempre teoricamente a quanto se ne sa, da **L. Cassegrain**. Nei testi del XIX secolo che trattavano della storia del telescopio Mersenne era comunemente citato come l'inventore del telescopio a riflessione, ed il suo nome si trovava spesso, a buon diritto, affiancato a quello del Cavalieri. In seguito, forse per motivi di anglossassonnare le invenzioni scientifiche, il suo nome è andato scomparendo a tutto vantaggio di quelli di **J. Gregory** e **I. Newton** che finiscono così col risultarne, rispettivamente, il teorizzatore e il costruttore. Vedi il lemma **telescopio** per un'analisi degli scienziati che hanno contribuito a questa invenzione.

Questa configurazione è stata, ma soltanto a livello di discussione teorica, riesumata nel secolo scorso da R. V. Willstrop [343] riproponendola in una configurazione Schmidt.

**Merz**

**mese**

**mesolabio**

**mesone**

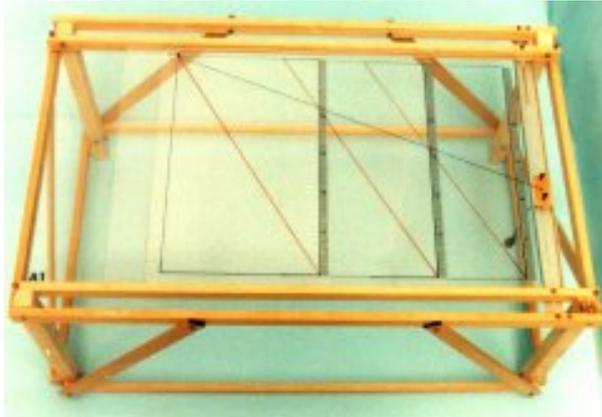
**mesosfera**

**mesosiderite**

**MESSENGER** Acronimo di *MErcury Surface Space ENvironment, GEochemistry and Ranging*, missione **NASA** per l'esplorazione di Mercurio.

L'arrivo della sonda è previsto su Mercurio per il 2011, e dovrebbe essere operativa sino all'anno seguente.

▼ Mesolabio di Eratostene. Ricostruzione dell'Università di Modena.



**Messier Charles** (1731 - 1817) Astronomo francese interessato soprattutto alla scoperta delle comete cui era appassionato sin da giovane età.

Poco più che ventenne gli fu offerta la possibilità di trasferirsi a Parigi e lavorare nel campo dell'astronomia, opportunità immediatamente sfruttata.

Anche se effettuò alcune osservazioni planetarie come il transito di Mercurio sul Sole del 6 maggio 1757, Messier riprese presto vita l'interesse cometario, i corpi celesti che davano maggiore fama agli astronomi del XVII e XVIII secolo.

Nella ricerca delle comete messier s'imbatté spesso in oggetti che a prima vista potevano rassomigliare a queste (*vedi* lemma seguente), e dal ritrovamento continuo di oggetti di questo genere nacque il catalogo che porta il suo nome, compilato proprio con la finalità di *liberarsi* dei corpi che in prima osservazione potevano apparire comete.

Messier non fu il primo ad osservare questi oggetti od a catalogarli: **G. B. Odierna** un secolo prima li aveva già notati ed osservati descrivendone almeno una ventina.

Nel corso della sua carriera astronomica Messier coronò comunque i suoi desideri di scoprire comete, ne scoprì 14, ma oggi non è ricordato per quelle.

**Messier, catalogo** Immagini degli oggetti del profondo cielo catalogati da C. Messier: *vedi* lemma precedente. Il primo oggetto del profondo cielo fu trovato da Messier nel 1758: credendo di aver scoperto una cometa si accorse poco dopo che l'oggetto era solidale rispetto alle stelle fisse.

Per non confondere più quest'oggetto con una cometa, Messier decise di sbarazzarsene e lo catalogò come M1: si trattava della nebulosa del Granchio nella costellazione del Toro. Dette così, del tutto inconsapevolmente, avviò al primo catalogo di oggetti del profondo cielo.

La prima edizione del *Catalogue des nebuleses et des amas d'étoiles* fu pubblicata nel 1771 e conteneva 45 oggetti. A questa seguirono due successivi aggiornamenti nel 1780 e nel 1781; la versione definitiva fu pubblicata nel 1784 emendata di alcuni errori, servendosi anche delle segnalazioni di **P-F. A. Méchain**. Attualmente il catalogo conta 110 oggetti.

Per ogni nebulosa o ammasso (Messier non poteva accorgersi con i suoi strumenti che alcuni dei corpi erano galassie) è riportato in catalogo l'ordine cronologico d'osservazione con accanto il numero crescente che fornisce in ordine di scoperta il nome all'oggetto (M1, M2... M110), le coordinate e la declinazione. L'indicazione alfanumerica (M...) è sopravvissuta nel tempo, ma ogni oggetto è riportato ad un numero dell'**NGC**.

La distribuzione nel cielo degli oggetti Messier non fornisce alcun indicatore significativo ovviamente data la loro diversa natura, ma singolarmente un buon numero di questi giace sui bracci estremi della Via Lattea.

Il catalogo è riportato a pagina **326**.

**Messier, cratere** Ce l'ha??? credo di sì

**Messier, maratona** Gara annuale senza alcun significato scientifico fatta da diversi astrofili in varie parti del mondo. Vince chi fotografa più oggetti.

**Me, stelle**

**META** Acronimo di *Megachannel ExtraTerrestrial Assay*, →**SETI**.

**metagalassia**

**metalli**

**metallicità**

**metano**

**Meteor Crater** →**Arizona meteor crater**.

**meteor scatter**

**meteora/e**

**meteoriti**

**meteoritico, sciame**

**meteorografo** Strumento ideato da **A. Secchi**. Consentiva la registrazione a distanza di temperatura, pressione, direzione e velocità del vento, nonché delle ore di piovosità. I dati ricavati dallo strumento furono inseriti per molti anni nelle *Memorie* del Bollettino dell'osservatorio del Collegio romano, e lo strumento premiato all'Esposizione Universale di Parigi del 1867.

**meteoroide**

**meteorolitologia** Disciplina che studia la natura, la composizione chimica eminerologica, la struttura e l'età delle **meteoriti**.

**meteorologia** Dal greco μετεωρολογία parola composta da μετέωρος (alto) e λέγω (parlo), quindi discussione scientifica intorno a cose che si trovano in alto. La meteorologia si occupa dei fenomeni fisici attinenti all'atmosfera terrestre nonché ai corpi planetari e satellitari su cui le sonde spaziali hanno evidenziato l'esistenza di fenomeni atmosferici; ma in senso tradizionale del termine la meteorologia si occupa dei fenomeni legati all'atmosfera terrestre, e non legati esclusivamente alle previsioni atmosferiche.

Rinvio ai vari fenomeni atmosferici

**Metis**

**Metone di Atene** (V sec. a.C.)

**metonico, ciclo** Ciclo di 19 anni del calendario attico, detto anche ateniese, introdotto nel V secolo a.C. dall'astronomo ateniese **Metone** che lo adottò traendo spunto da un analogo ciclo vigente presso i babilonesi sin dall'VIII secolo a.C.: →**calendario sub** «Calendario greco».

**metrica** metrica di Kerr e Minkowski

## ▼ Tavola riassuntiva degli oggetti di Messier

**metro**

**Metrodoro di Chio** (V - IV sec. a.C.) Di quest'autore si sa qualcosa da **Diogene Laerzio** nella *Vita dei filosofi*, che fu allievo di Democrito di cui seguì le teorie atomistiche.

Secondo la tradizione avrebbe scritto di storia e un'opera *Sulla natura* di cui restano pochissimi frammenti.

**Meudon, osservatorio** Fa parte dell'osservatorio di Parigi

**mezzanotte**

**mezzanotte, Sole di**

**mezzo intergalattico** interplanetario e interstellare!!!

**MGS** Acronimo di → **Mars Global Surveyor**.

**Miaplacidus** ( $\beta$  Carinae)

**Mice**

**Michell John** (1724 - 1793)

**Michelson Albert Abraham** (1852 - 1931)

**Michelson-Morley, esperimento di**

**Michelson, interferometro stellare di**

**Micomano di ...** (-) Micomano o Micomane??

**microdensitometro**

**microlensing**

▼ Il rifrattore da 800 mm dell'osservatorio di Meudon-Parigi



**micrometeorite**

**micrometro**

**micron**

**microonde**

**microonde, radiazione di fondo a**

**Microscopium**

**microwaves**

**mid-infrared** Spostare??Italianizzare??

**Milanković Milutin** (1879 - 1958) Controlla accento sulla c

**Milanković, modello di**

**Mileto** ( )

**Millenium Star Atlas** in collaborazione con l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) è basato sul catalogo realizzato dal satellite Ipparcos. In tre volumi con oltre 1500 cartine riporta oltre 1 000 000 di stelle fino all'undicesima magnitudine. Seppure rivolto agli appassionati, per qualità, completezza e costo è un prodotto rivolto anche agli astronomi professionisti.

**millimetrica, astronomia**

**millisecondo, pulsar**

**Mills Bernard Yarnon** (1920 - )

**Mills, croce di**

**Milne Edward Arthur** (1896 - 1950)

**Mimas** satellite Saturno

**Mimosa** → **Becrux**.

**mini-buchi neri** → **buco nero**.

**Minkowski Hermann** (1864 - 1909)

**Minkowski Rudolph Leo** (1895 - 1976)

**Minkowski, diagramma di** di hermann

**Minkowski, metrica di** di hermann

**Minnaert Marcel Gilles** (1893 - 1970)

**minor planet**

**Minor Planet Center**

**Mintaka** (δ Orionis)

**minuto d'arco**

**minuto-luce**

**MIR**

**Mira** (o Ceti)

**Mira, stelle**

**Mirach** (β Andromedae)

**miraggio**

**miraggio cosmico**

**Miranda** Satellite di Urano scoperto da **G. Kuiper** nel febbraio 1948 all'osservatorio **McDonald**. Il nome fu assegnato da un personaggio della commedia *La tempesta* di Shakespeare.

**Mireidi**

**Mirfak** → **Algenib**.

**mirror**

**Mirzam** (β Canis Majoris)

**missioni spaziali**

**Mitchel Maria** (1818 - 1899)

**MIT** Acronimo di *Massachusetts Institute of Technology*...

**Mizar** (ζ Urase Majoris)

**MK, sistema**

**MMT** Acronimo di → **Multiple Mirror Telescope**.

**Mobsey Eric** null test

**modello cosmologico** e modello standard

**modulo lunare** → **LEM**.

**molecola** molecole interstellari

**Molonglo Observatory Syntesis Telescope**

## Monoceros

### monopolo

**Montanari Geminiano** (1633 - 1687) Originario di Modena, compì in questa città i primi studi, trasferitosi quindi a Firenze intorno ai vent'anni attese agli studi di giurisprudenza, facoltà nella quale si laureò a Salisburgo nel 1656. In Austria soggiornò diverso tempo a Vienna, entrando in stretto contatto con uno degli ultimi allievi di **G. Galilei**: Paolo del Buono, fondatore a Firenze dell'Accademia del Cimento. Fu questa conoscenza a mutare profondamente l'orientamento dei suoi interessi e dei suoi studi inducendolo a rivolgersi verso le scienze.

Rientrato a Firenze nel 1659, iniziò a dividersi fra il diritto e le matematiche nelle quali la sua fama era cresciuta notevolmente tanto che nel 1661 il duca di Modena Alberto IV lo insignì del titolo di *filosofo e matematico aulico*. Nel 1664 fu a Bologna dove ottenne la cattedra di matematica che tenne sino al 1678, data in cui si trasferì a Padova chiamato da quell'ateneo per la nuova cattedra appositamente istituita di *Astronomia e Meteorologia*, e dove continuò ad occuparsi, oltre che di astronomia, anche di ricerche sperimentali e della costruzione di strumenti ausiliari al telescopio quale il reticolo, di idraulica, balistica, ... Uomo erudito estese la sua attenzione in diversi campi scientifici, e stando a quanto riporta il Tiraboschi [317][II,2] avrebbe anche eseguito in via sperimentale una trasfusione di sangue su animali nel 1667.

Scrisse anche due trattati monetari che rappresentano – quantomeno nel panorama d'allora felici e giuste interpretazioni della necessità di una moneta stabile correlandone anche gli effetti della svalutazione.

I suoi contributi in campo astronomico iniziarono nel 1662 partecipando alla stesura del lavoro *Ephemerides Novissimae* di **C. Malvasia**, e fu anche grazie a queste che realizzò la *Icon lunaris* allegata all'opera di Malvasia che costituisce la prima rappresentazione scientifica della Luna.

Nel periodo d'insegnamento presso l'ateneo di Bologna Montanari si dedicò anche alla fabbricazione delle lenti fornendone alcune a **G. D. Cassini** che le approvò incondizionatamente.

Attento osservatore, divenne celebre per i rilevamenti delle magnitudini della stella **Algol** (Costellazione Perseo) e per le sue osservazioni sulla cometa apparsa nel 1680 che furono riportate da Newton nei *Principia*. Ebbe fra i suoi allievi **F. Bianchini**.

**montatura** → **telescopio**, **coordinate astronomiche**, **cupola**.

Parte meccanica del telescopio dedicata alla movimentazione del tubo ottico per l'inseguimento di oggetti celesti secondo la loro diversa velocità annullandone l'apparente moto nel corso dell'osservazione.

La montatura deve obbedire al requisito della rigidità, i frizionamenti fra le masse debbono essere ridotti senza nulla concedere alla stabilità strumentale, per evitare qualsiasi stress meccanico altrimenti notevole in telescopi anche con obiettivi di soli 300 mm di diametro che non appartengano alla categoria dei «giocattoli»; di conseguenza negli strumenti in cui il tubo ottico abbia dimensioni superiori al metro (e l'obiettivo sia quindi di una buona lunghezza focale) particolare accortezza va usata nella scelta dei materiali per evitare che le escursioni termiche possano variare sensibilmente la distanza fra le componenti ottiche di primo e secondo ordine: obiettivo e oculare o sistema elettronico di ripresa.

Tecnicamente una montatura, trascurando il **pilastro** (supporto) ove posa, si compone di tre parti: a) un sostegno suscettibile di microaggiustamenti in piano (sistemazione a bolla) o in declinazione a seconda del tipo di montatura (altazimutale o

equatoriale) con un breve *excursus* di gradi per aggiustamenti alla latitudine locale in quest'ultimo caso. Sul sostegno è installato l'*asse orario* destinato all'inseguimento siderale (da Est ad Ovest) che sostiene a sua volta b) l'*asse secondario* o *di declinazione* strumentale a questo ortogonale; c) un tubo o traliccio metallico che asserva la componente ottica alle due movimentazioni: oraria e in declinazione. Completano la montatura varie parti meccaniche addette al trascinamento (ruote dentate e viti senza fini o rulli a frizione), cuscinetti a sfera e a rulli, frizioni, blocchi, regolazioni fini nonché la motorizzazione per il puntamento rapido dell'oggetto ed il suo inseguimento.

Le parti maggiormente soggette a sollecitazione meccanica vanno costruite in ferro e l'alluminio usato nelle parti ove la tensione meccanica è moderata, mai per gli assi per i quali occorre ricorrere ad acciaio di qualità. Telescopi costruiti in multistrato o addirittura in cartone pressato come i diffusissimi → **dobson** non appartengono alla categoria degli strumenti con i quali si possa svolgere ricerca, e qui non saranno trattati.

Particolare attenzione va posta a che tutte le parti della montatura abbiano una **frequenza di risonanza** estremamente bassa: il valore ottimale è inferiore ai 10 Hz: essendo notevoli le masse in gioco, è necessario evitare specie nelle montature altazimutali soggette a bruschi e notevoli mutamenti di velocità, che l'intera massa strumentale inizi a vibrare per le sollecitazioni cui è sottoposta, sollecitazioni che diventano un problema quando si tratta di muovere qualche tonnellata e anche più. Per evitare che la montatura entri in risonanza comportandosi in modo elastico, secondo i principi di costruzione meccanica le strutture più imponenti presentano nei punti di massima sollecitazione strutture secondarie di rinforzo atte ad interrompere la continuità della tensione di lavoro.

In un telescopio la montatura non assolve un ruolo inferiore all'ottica che rappresenta il cuore dello strumento. Avere un'ottica eccellente su un supporto meccanico che non sia in grado di compiere ogni movimento senza che la minima vibrazione si trasmetta alla parte ottica è perfettamente inutile: le immagini risulteranno traballanti, afflitte da un tremolio costante, rendendo inutile qualsiasi attività.

---

#### ■ *Evoluzione delle montature*

#### ■ *Tipologie di montature*

##### ▶ *Montature equatoriali*

##### ▶ *Montatura altazimutale*

##### ▶ *Montatura alt-alt*

##### ▶ *Montature sperimentali*

##### ▶ *Montatura per telescopi solari: rinvio*

#### ■ *Il tubo ottico*

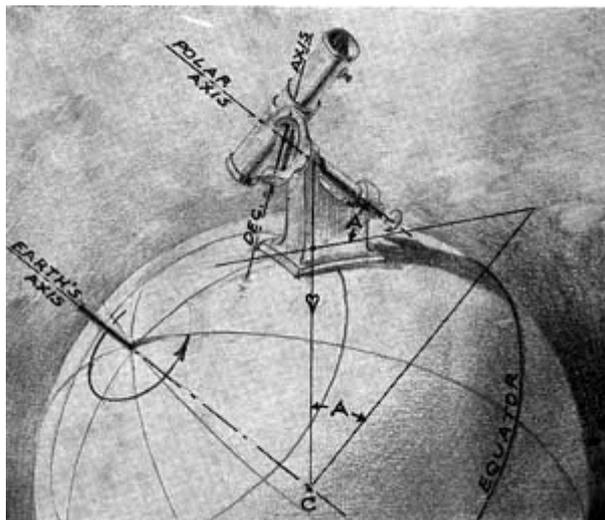
#### ■ *Motorizzazione*

##### ▶ *Trasmissione del moto*

---

■ *Evoluzione delle montature*. Sin dall'applicazione galileiana all'indagine astronomica delle proprietà delle lenti rifrangenti, il primo supporto strumentale per l'osservazione (e l'inseguimento) di un corpo celeste fu a lungo altazimutale. L'osservatore doveva muovere in continuazione lo strumento in **azimuth** (da Est ad Ovest) ed in declinazione dall'orizzonte al massimo punto di altezza dell'astro (e viceversa), a seconda che l'oggetto fosse transitato o meno al meridiano locale. Il continuo aggiustamento delle posizioni disturbava l'osservazione, ed oltretutto il cannocchiale veniva allora poggiato su un sostegno assai poco stabile, e svolgendosi le osservazioni all'aperto era sufficiente un soffio di vento per dover iniziare di nuovo l'allineamento con il corpo osservato ed il suo inseguimento: *vedi* immagine *sub* lemma **G. Galilei**.

▼ Modalità di lavoro di una montatura equatoriale; disegno di R. Porter da *Amateur Telescope Making* [143, volume I, pag. 23]



Anche quando si passò a strumenti di notevole lunghezza focale (vedi immagine a pagina 292), si continuò a pensare al supporto altazimutale (il termine montatura è ancora improprio) come il più immediato e facile da costruire anche se ci si doveva rendere conto che il metodo non era certo il più efficace.

Tavole equatoriali come il → **torquetum** esistevano da tempo, erano descritte e studiate, ne erano conosciute le proprietà, quindi si trattava soltanto di trovare un metodo per applicare ad esse, previa debita modifica, la nuova strumentazione d'osservazione che non esauriva più la sua funzione nel mirare un oggetto misurandone le coordinate come con il **quadrante**, bensì nello studio dettagliato dei corpi celesti per la prima volta notevolmente ingranditi: di conseguenza la minima imperfezione strumentale amplificava l'errore di inseguimento (stellare o planetario).

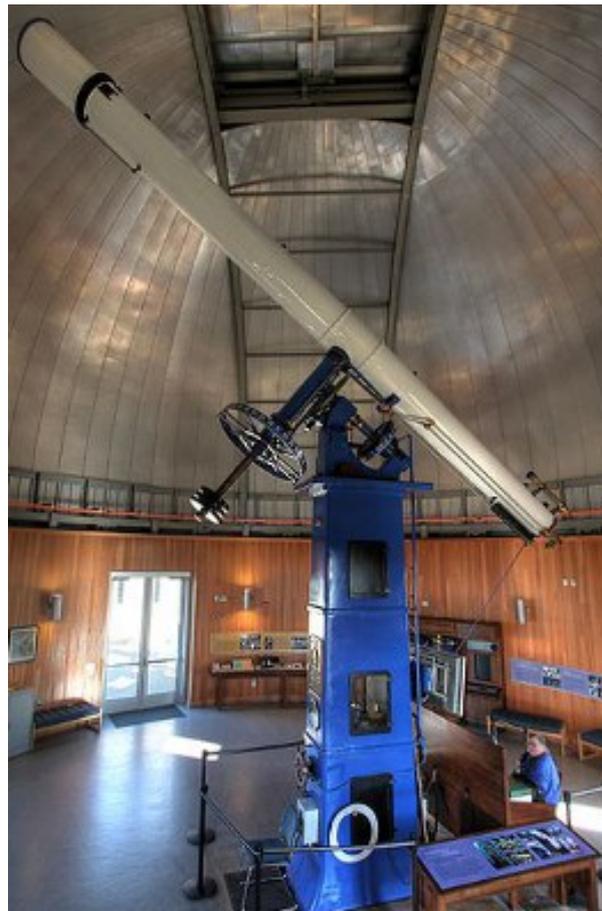
Era quindi necessario rendere, in qualsiasi località ci si trovasse, l'asse orario parallelo all'asse terrestre, visto che la coincidenza con questo era impossibile da ottenere, inclinandolo in gradi dello stesso valore della latitudine locale: vedi disegno in questa pagina. In questo modo, una volta determinata la declinazione dell'astro, essa sarebbe rimasta fissata per l'intera durata dell'osservazione, e l'inseguimento stellare o planetario sarebbe stato cura del solo asse orario mentre eventuali aggiustamenti dovevano essere imputati o ad un non perfetto allineamento col polo celeste o a residue imperfezioni strumentali.

Il ricorso alla montatura equatoriale se era ottimale per disegnare i corpi celesti, divenne d'obbligo con l'avvento della fotografia e l'applicazione di essa all'astronomia. Costruire montature altazimutali sarebbe stato più semplice che costruirne di equatoriali, ma c'era da evitare il problema cui queste ultime sono soggette: la rotazione di campo e l'inaccessibilità al polo (*infra*).

■ **Tipologie di montature.** Le montature dei telescopi si dividono nelle due famiglie principali degli equatoriali e degli altazimutali con varie sottospecie per gli equatoriali; esiste inoltre una quantità innumerevole di varianti sperimentate nel tempo che appartengono alla categoria che gli anglosassoni chiamano *unusual telescope*, ma le principali, e più diffuse, sono quelle qui esaminate.

Entrambe le famiglie lavorano sui due assi, ciò che muta è solo la declinazione strumentale: fissa nel caso delle montature equatoriali, variabile nel caso delle montature altazimutali. Per strumenti di grosse dimensioni entra in gioco anche la configurazione ottica e diverse sono le soluzioni da adottare se la montatura è funzionale a un rifrattore o a un riflettore, varia-

▼ Montatura tedesca: rifrattore da 500 mm, Oakland, California



bili ancora se la configurazione è → **newtoniana, cassegrain, couder, nasmyth**. Un telescopio riflettore nasce generalmente almeno con due configurazioni: newton e cassegrain o newton e ritchey-chretien, e la sua montatura deve essere in grado di soddisfare questi requisiti rispetto alle focali di lavoro. Montature finalizzate a particolari osservazioni come gli strumenti dei **passaggi**, il tubo **zenitale**, l'**eliostato** sono trattate ai relativi lemmi.

► **Montature equatoriali.** Storicamente il merito della prima montatura equatoriale è riconosciuto al tedesco **J. van Fraunhofer**, la cui realizzazione è mostrata a pagina 170; un precedente tentativo di Newton relativo al suo telescopio riflettore (una sfera che supporta il tubo ottico in un alloggiamento concavo) non è da prendere in considerazione, essendo una variante di comodo dell'altazimutale: vedi immagine *sub lemma Newton*.

Come si nota dal disegno di R. Porter nell'immagine riprodotta in questa pagina l'asse orario, inclinato della latitudine del luogo, rende la montatura parallela all'asse terrestre; l'intero strumento punta quindi il polo Nord celeste nell'emisfero boreale e quello Sud se nell'emisfero australe. Una volta ricavata la declinazione del corpo in osservazione, lo strumento viene bloccato in quella posizione tramite una frizione che consente piccoli aggiustamenti. A questo punto, in qualsiasi montatura equatoriale, lavora solo l'asse orario dal sorgere al tramontare dell'astro senza che siano necessari ulteriori interventi, tranne che in alcuni tipi di cui si dirà ove al transito dell'oggetto al meridiano occorre riposizionare lo strumento.

• **Alla tedesca, o di Fraunhofer.** La montatura tedesca (o di Fraunhofer) così chiamata in onore del suo ideatore, presenta l'asse di declinazione innestato direttamente sull'asse orario: ve-

di immagine nella pagina precedente. Talvolta il telescopio, per motivi di bilanciamento ed ingombro e specie se di lunga focale, si trova abbastanza distanziato dall'asse orario per evitare che durante il lavoro in prossimità dello zenith la parte terminale del tubo ottico vada ad urtare il pilastro che sostiene la montatura. I contrappesi sempre presenti servono a bilanciare la parte strumentale. La montatura non avendo alcuna componente che ostruisca il tubo ottico concede l'accessibilità al polo, non tipica di tutte le montature (equatoriali e no).

Il vantaggio della montatura tedesca è la sua estrema semplicità costruttiva, richiedendo soltanto un pilastro per essere posizionata. Per contro essa presenta svantaggi non indifferenti: a) al crescere della massa strumentale cresce proporzionalmente la massa passiva di contrappeso necessaria a bilanciare lo strumento, quindi l'asse orario e quello di declinazione vanno sovradimensionati notevolmente per evitare flessioni; b) l'ingombro in cupola è notevolmente più ampio rispetto a qualsiasi altro tipo di montatura equatoriale perché sia che il telescopio si trovi puntato verso Est che verso Ovest, esso deve poter ruotare liberamente: si vedano le immagini relative alle notevoli cupole degli osservatori di [Lick](#), [Meudon](#) e [Yerkes](#), il tubo ottico di quest'ultimo superava i 15 m in lunghezza, nonché il disegno a pagina 242 per lo spazio libero che essa richiede; c) il centro gravitazionale è spostato all'estremità superiore dell'asse orario fuori dal baricentro ideale (immagine in questa pagina); d) la reversibilità degli assi.

La *reversibilità degli assi* è un problema che la montatura tedesca presenta per oggetti ad Est prossimi al loro transito al meridiano e che è comune anche ad un tipo di montatura inglese: *infra*. Per la sua stessa configurazione infatti la montatura tedesca non è in grado di seguire l'oggetto una volta che esso sia transitato al meridiano, in sostanza lo perde.

Per continuare l'osservazione bisogna sbloccare gli assi orari e di declinazione, ruotare l'asse orario di 12 h e l'asse di declinazione di 180°, effettuare di nuovo il posizionamento strumentale (declinazione ed angolo orario), e quindi riprendere l'osservazione. Questo rappresenta un serio problema nel caso di fotografia o spettroscopia perché ovviamente al fuoco del telescopio si ha un rovesciamento del campo di 180° (le 12 h) e se l'oggetto è prossimo al transito nel caso siano previste lunghe pose occorre attendere per poterlo seguire con il telescopio dal lato Est: gli oggetti ad Est del meridiano si osservano con il telescopio dalla parte Ovest e viceversa.

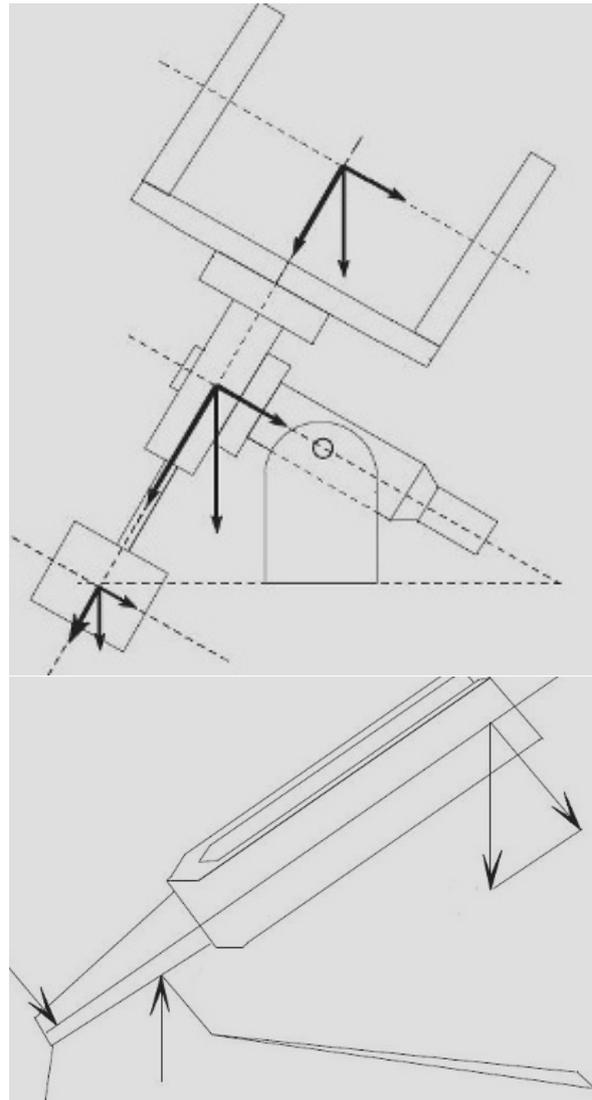
Questa montatura sempre amata dalle associazioni amatoriali per la sua elementarietà costruttiva, qualche anno fa aveva avuto un momento di crisi in quanto non permetteva osservazioni in automatico ed in remoto appunto per il problema della reversibilità degli assi al meridiano; il successivo sviluppo di pacchetti software e di elettronica dedicata che trattano automaticamente il problema l'ha presto riportata in auge.

- *Astrografica*. Detta anche parallattica, la montatura fu concepita per unire i vantaggi della montatura tedesca e di quella inglese. La montatura ha il proprio centro gravitazionale assai al di fuori del pilastro di supporto come si vede dall'immagine nella pagina successiva) e non presenta il problema della reversibilità degli assi al meridiano e quindi permette riprese fotografiche senza interruzione per oggetti in prossimità di transito.

Non applicabile ai telescopi a lunga focale appunto perché il centro gravitazionale dello strumento è lontano dal supporto che può flettere quando si trovano applicate grandi masse, la montatura ebbe una discreta fortuna all'epoca della stesura della [Carte du Ciel](#), ma risulta adatta solo a piccoli strumenti.

Occorre precisare che il risolto problema della reversibilità degli assi esige una condizione, e cioè che il braccio polare di supporto

▼ Geometria delle diverse forze vettoriali in una montatura tedesca ed in una montatura afarcella; fonte

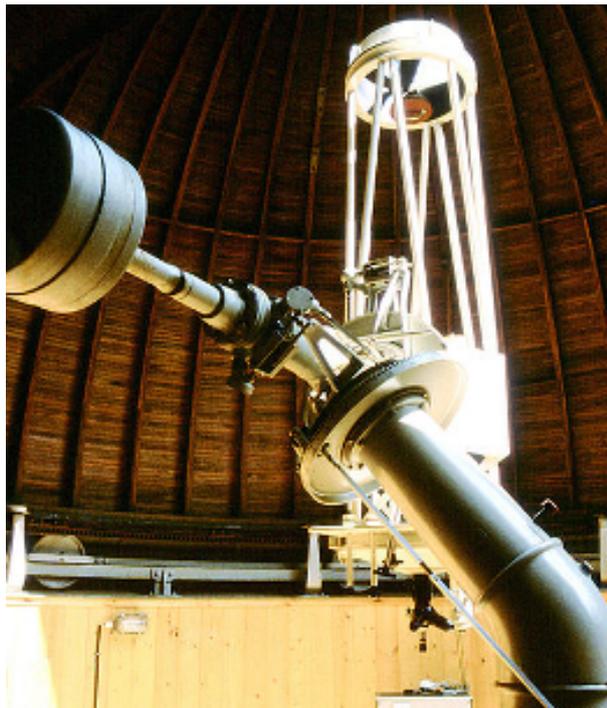


inclinato della latitudine del luogo, sia di lunghezza maggiore della metà della lunghezza del telescopio installato. Simile a questa è la montatura → [Stützmontierung](#) ideata da [A. Jensch](#).

- *A forcilla*. La montatura è un'evoluzione di quella tedesca e si risolve essenzialmente nell'innestare sull'asse orario, anziché un'asse di declinazione, una forcilla su cui è posizionato un tubo ottico regolabile in declinazione. La configurazione meccanica elimina il problema della reversibilità degli assi al meridiano, potendo inseguire un oggetto con continuità dal sorgere al tramonto, e il polo è accessibile: a pagina 220 *sub (a)*.

Gli svantaggi dipendono dalla mole, in quanto, agli assi ortogonali, la montatura perde la compattezza della tedesca, e – soprattutto – dal fatto che le masse si trovano a gravitare tutte molto al di fuori dell'estremità superiore dell'asse polare, tanto più notevoli quanto maggiori sono le dimensioni strumentali. L'asse orario deve essere infatti di diametro proporzionato al carico da sostenere per ridurre al minimo la spinta gravitazionale e torsionale cui è sottoposto evitando flessioni anche minime. Sopra i due metri la montatura comincia a dare seri problemi ai quali si è cercato di dare una soluzione rendendo l'asse orario solidale con un disco di diametro eguale almeno alla larghezza della forcilla che poggia su rulli in modo da distribuire la massa all'estremità dell'asse: una soluzione tipo quella Porter (*infra*)

▼ Montatura astrografica. Riflettore da 500 mm, osservatorio di Jena



adottata per telescopi come → l'INT.

Anche questa montatura presenta notevole ingombro in cupola, anche se minore rispetto alla montatura tedesca. La variante a sbalzo, immagine nella pagina successiva *sub (b)*, non offre alcun vantaggio, anzi costringe ad un sovradimensionamento del singolo braccio, del relativo asse di declinazione e dei suoi cuscinetti che devono sostenere in maniera perfettamente ortogonale all'asse orario una massa altrimenti distribuita su due punti. Va bene per strumenti di piccole dimensioni. Si notino le dimensioni della semiforcina per un telescopio da 300 mm di diametro ed i rinforzi necessari per abolire le flessioni.

- *All'inglese a culla*. Ideata nel 1791 da **J. Ramsden**, l'inventore del sestante, per facilitare l'accessibilità all'oculare, è una variante della montatura a forcina: nella pagina seguente *sub (c)*. La culla entro cui è alloggiato il telescopio evita la necessità di contrappesi in quanto lo strumento (tubo ottico) si trova posizionato esattamente al centro dell'asse orario: le dimensioni strumentali possono crescere notevolmente. Al presente è utilizzata solo amatorialmente per la relativa facilità costruttiva e non è più usata per strumenti di grandi dimensioni, ma all'inizio del secolo scorso ha avuto il suo momento di celebrità quando fu scelta per ospitare il telescopio **Hooker** da 100 pollici di Monte Wilson.

La montatura non presenta il problema della reversibilità degli assi come la variante della *consorella (infra)*, ma non consente l'accessibilità al polo precluso da parte della culla.

- *All'inglese fuori-asse*. Deriva dalla montatura inglese a culla e presenta similarità con la montatura tedesca con cui condivide il principale svantaggio, la reversibilità degli assi, ma come quella consente l'accessibilità al polo: nella pagina successiva *sub (d)*.

Si tratta di una montatura in cui problema principale da risolvere che ci si pose fu la stabilità gravitazionale. Dal momento che la massa strumentale (telescopio e contrappesi) si trova comunque sempre bilanciata, si pensò di distribuire l'intera massa al centro di un robusto e lungo asse: in questo modo le masse si sarebbero *scaricate* al centro dell'asse orario, e il baricentro strumentale

sarebbe avrebbe corrisposto con quello naturale dello strumento. Essendo l'asse di lunghezza non indifferente, non si può ricorrere ad un unico asse di acciaio, ma occorre costruire una struttura a coni contrapposti (*vedi* immagine nella pagina seguente) al cui interno nelle migliori costruzioni, com'è per il telescopio Galileo ad Asiago, è sempre collocato un ulteriore asse che unisce i pilastri Nord e Sud.

Gli svantaggi (oltre quello della reversibilità degli assi al meridiano) sono le notevoli dimensioni e quindi l'ingombro in cupola. Per il resto si tratta di una validissima montatura anche se da tempo abbandonata.

- *A ferro di cavallo, o Porter*. Il progredire della tecnica nella costruzione di menischi in vetro-ceramica sempre di maggiore qualità applicando la tecnica costruttiva a celle (→ **vetro sub «Menischi a struttura composita»**) permettevano di disporre di superfici ottiche maggiori ricorrendo a soluzioni tecnologiche che sostenessero masse gigantesche.

A trovare una nuova soluzione per le montature equatoriali fu un geniale architetto appassionato di astronomia, → **R. Porter**, il quale aveva già sperimentato decine di nuove montature per i suoi strumenti. Porter ideò per il telescopio da 200 pollici di Monte Palomar la montatura che poi prese il suo nome e che viene comunemente chiamata anche *a ferro di cavallo*: immagine a pagina 221. La soluzione adottata da Porter si risolse nello sfruttare i vantaggi della montatura inglese a culla (che consentiva un ottimale bilanciamento delle masse strumentali) eliminandone gli svantaggi: la non accessibilità al polo e gli intrinseci limiti dimensionali; uno specchio da 5 m di diametro avrebbe richiesto dei bracci di 7 - 8 m di lunghezza suscettibili di flessioni.

L'accessibilità al polo fu ottenuta costruendo un semicerchio (il ferro di cavallo) di dimensioni generose (in tal modo non vi era ostruzione al polo) rotante su rulli scaricando su di essi la maggior parte della massa, permettendo così alla motorizzazione posta sull'asse Sud di muovere lo strumento senza eccessivo sforzo.

La montatura ha rappresentato la massima evoluzione nel campo delle equatoriali, ed ha conosciuto notevoli sviluppi, uno dei più rilevanti dei quali, sviluppato sempre da R. Porter, è la montatura detta *split-ring* adottata dall'**Anglo-Australian Observatory** e dal telescopio **Mayall**, dove il grado di compattezza raggiunto per strumenti della classe 4 m di apertura ha consentito di posizionare l'asse di declinazione del telescopio all'interno della montatura a ferro di cavallo che viene così a costituire una forcina *oraria* già declinante conformemente alla latitudine, in cui le masse non risultano decentrate, ed il baricentro corrisponde con il centro strumentale.

L'idea poi fu ripresa in numerose costruzioni amatoriali dando sempre ottimi risultati, anche perché ci si accorse presto, dato il notevole arco di circonferenza a disposizione, che era del tutto inutile ricorrere per il trascinarsi (cioè per il moto orario) alla classica vite senza fine che innesta su ruota dentata, potendosi benissimo applicare il moto orario ai rulli su cui poggia il ferro di cavallo, evitando così anche il fastidioso problema del periodismo *infra*.

Queste costruzioni meccaniche rappresentano il limite massimo cui ci si possa spingere per le montature equatoriali. Oltre non si può andare senza pagare un prezzo troppo alto alla precisione.

- *Montature equatoriali sperimentali*. S'intendono con questo nome alcune montature equatoriali costruite a cavallo fra il XIX e il XX secolo, realizzate da osservatori astronomici e da amatori, che non hanno avuto grande diffusione, specie per via della loro esosità e sostanziale inutilità costruttiva, anche se alcune di esse godettero all'epoca di una certa popolarità, nonché di montature

- ▼ Tipologie di montature equatoriali: (a) a forcella, telescopio *Copernico* a Cima Ekar; (b) variante *a sbalzo*, da B. Lula; (c) inglese a colla, riflettore da 60 pollici dell'osservatorio di Steward, Arizona; (d) inglese fuori-asse, riflettore da 1,2 m dell'osservatorio di Asiago



(a)



(b)

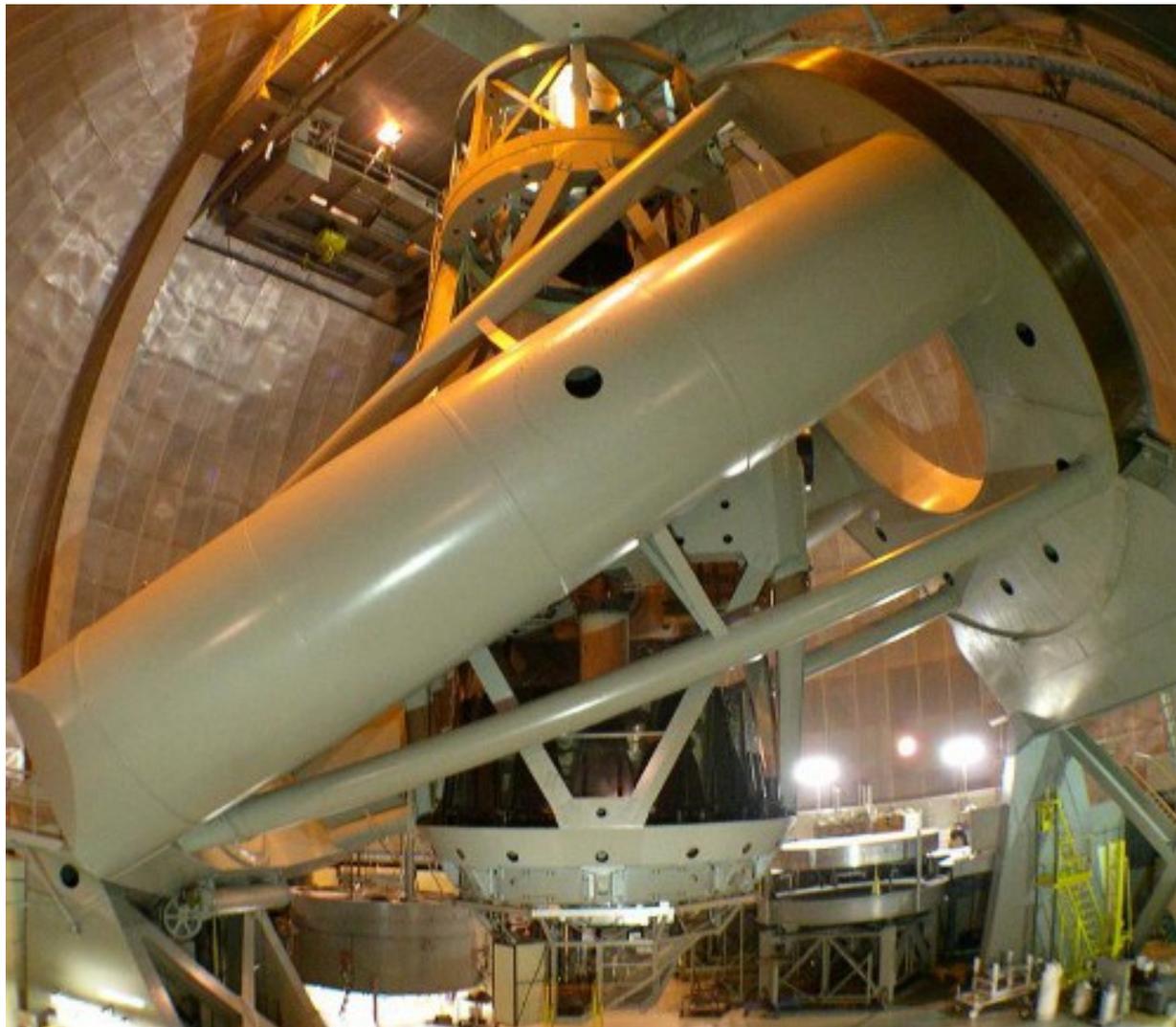


(c)



(d)

▼ Riflettore da 200 pollici di Monte Palomar su montatura a ferro di cavallo o Porter; fonte CalTech



sperimentate a livello amatoriale.

Nella maggior parte dei casi, come per il grande rifrattore con obiettivo da 1,25 m di diametro e lunghezza focale di 60 m progettato per l'osservatorio di Parigi (vedi immagine a pagina 292), si andò agli estremi della ragione, tanto è vero che lo strumento non entrò mai in funzione: il caso, se rappresenta l'esempio più vistoso di inutili realizzazioni in materia, non fu certo l'unico: si cercava di gestire le lunghe focali degli strumenti d'allora ponendo in movimento uno strumento ottico di dimensioni abbastanza contenute.

La via alle grandi costruzioni strumentali era stata aperta mezzo secolo prima da **W. Parsons** che aveva inaugurato l'era dei telescopi all'aperto, cioè senza cupola, perché le dimensioni degli strumenti erano tali che la cupola o era impossibile da costruire o sarebbe costata almeno decine di volte il prezzo dello strumento. Per gran parte della metà del XIX secolo si continuarono a costruire montature *en plein air*, come il riflettore da 48 pollici di **W. Lassell** il riflettore dell'osservatorio di **Melbourne**, il rifrattore dell'osservatorio di **Archenold** e diversi altri.

Difettava la tecnica (ottica e meccanica) per costruire strumenti affidabili con focale ridotta, gli specchi erano ancora in metallo, e difettava soprattutto la tecnica dell'**alluminatura** delle superfici otticamente trattate. Questo fece sì che ci si indirizzasse verso rifrattori e riflettori con focali lunghe o lunghissime, essendo in

questo caso specchi e lenti più facili da lavorare, con la conseguenza che si avevano montature all'aperto traballanti che non permettevano altra osservazione che quella visuale.

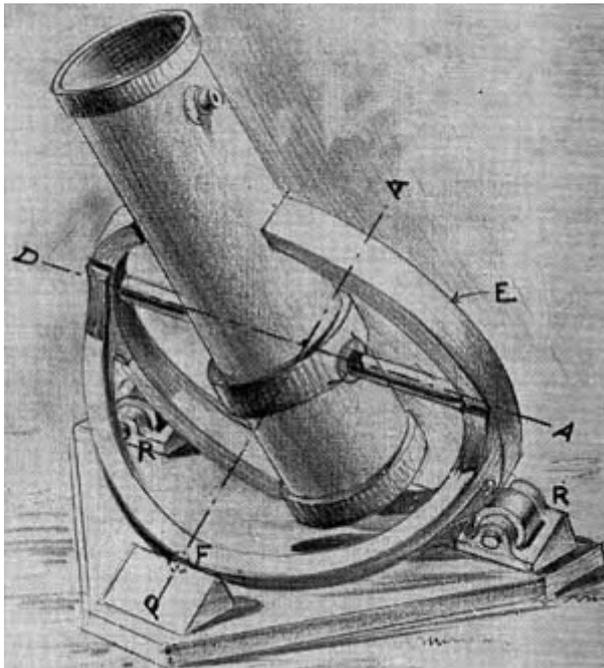
Queste montature sperimentavano una stessa via: la comodità dell'osservazione (visuale prima e fotografica poi), raggiunta talvolta come nel caso del riflettore di **Lassel** facendo ruotare il posto osservativo assieme al telescopio, una torretta sita nei pressi del fuoco newtoniano del riflettore a lunga focale.

La successiva evoluzione fu la necessità di avere un campo visivo fisso o con poca libertà di movimento: su lunghe focali se il fuoco restava fisso, considerando che all'epoca la fotografia astronomica richiedeva pose lunghissime spesso distribuite nell'arco di più notti, la precisione del lavoro era superiore a quello ottenuto con l'inseguimento siderale in telescopi traballanti di mastodontiche dimensioni rispetto alla struttura che li sosteneva. Il fuoco → **nasmyth** era conosciuto ed usato da tempo, e si trattava quindi di estrarre il fuoco dal telescopio per condurlo lì dove gli strumenti di lavoro (apparati fotografici e spettroscopici) avrebbero poi potuto sfruttarlo.

- **Loewy-Coudé**. La **Loewy-Coudé** (immagine nella pagina successiva) è senz'altro la più nota fra queste inusuali montature equatoriali; ne furono costruite varie versioni, ma il principio era sostanzialmente sempre lo stesso.

Uno specchio piano inclinato di  $45^\circ$  e posto su montatura equa-

- ▼ Disegno di R. Porter per la montatura da lui ideata e denominata *split-ring*; da *Amateur Telescope Making*, [143]



toriale catturava la luce della sorgente, rinviando l'immagine ad uno specchio parabolico posto di fronte ad esso che amplificando l'emissione luminosa, tramite specchio deviatore a  $45^\circ$ , focalizzava il fascio ottico verso l'osservatore o l'apparato in uso. Telescopi del genere furono in dotazione agli osservatori di Parigi, Nizza, Lione, Algeri, e presso diversi altri europei.

• *Pasadena e Springfield*. Fra i tanti tipi di montatura equatoriale ideati da R. Porter quelle più note sono senz'altro la montatura *Springfield* e la montatura *Pasadena*. Un ruolo a parte riveste la famosa *torretta* a → *Stellafane*. La configurazione ottica delle due montature è la medesima, e qui pertanto si tratterà di quella più conosciuta, la *Springfield*.

La montatura appartiene a quelle con oculare fisso, il campo ottico cioè durante la rotazione del telescopio rimane fisso in un unico punto dove è agevole l'osservazione. Caratteristica della montatura è l'estrema compattezza: l'asse di declinazione è ridotto al minimo per la maggiore stabilità, ed in effetti non si tratta, per questo come per quello orario, di assi, quanto piuttosto di borchie.

Concepita per i riflettori newtoniani, può essere immaginata come una versione modificata della montatura *coudé*, perché il fuoco non segue i movimenti del tubo ottico, ma è condotto, a prescindere dalla declinazione e dall'angolo orario sempre al medesimo punto. Lo specchio deviatore del secondario non rinvia infatti direttamente all'oculare, ma ad un altro specchio, anch'esso a  $45^\circ$ , situato in un quarto di calotta sferica che funge da moto orario e da supporto del moto di declinazione.

La montatura ovviamente non è stata mai utilizzata per telescopi di dimensioni medio-grandi, ma ha conosciuto a *Stellafane* una sua variante nella realizzazione della celebre *torretta*.

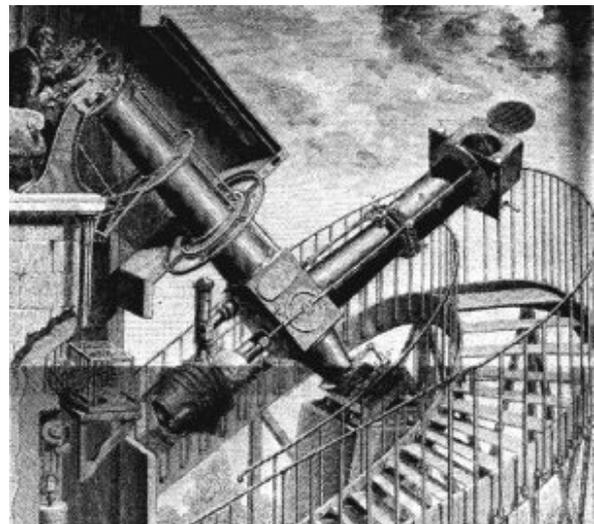
• *Tavole equatoriali*. Fino a pochi decenni fa con questo termine ci si riferiva a dei supporti equatorialmente disposti, sui quali era possibile montare una batteria di strumenti per fotografie astronomiche; come tali erano presenti presso diversi osservatori professionali. Le tavole equatoriali erano anche molto diffuse a livello amatoriale: su queste veniva montata una macchina fotografica con teleobiettivo o obiettivo a grande campo secondo l'esigenza per la fotografia di distinti oggetti o per un grande

campo: si trattava in tutto e per tutto di piccoli telescopi che avevano il vantaggio della trasportabilità cui univano l'efficienza propria di un equatoriale secondo un tipo di montatura che può essere assimilata a quella a forcella.

Oggi con lo stesso termine s'intendono – a livello amatoriale – tavole equatoriali come quella mostrata a fronte che non appartengono proprio alla categoria delle montature, ma costituiscono soltanto degli artifici per trasformare un telescopio altazimutale ultraleggero come un *dobson*, e quindi di poca pretesa, in uno strumento capace di seguire un corpo celeste per l'acquisizione di immagini.

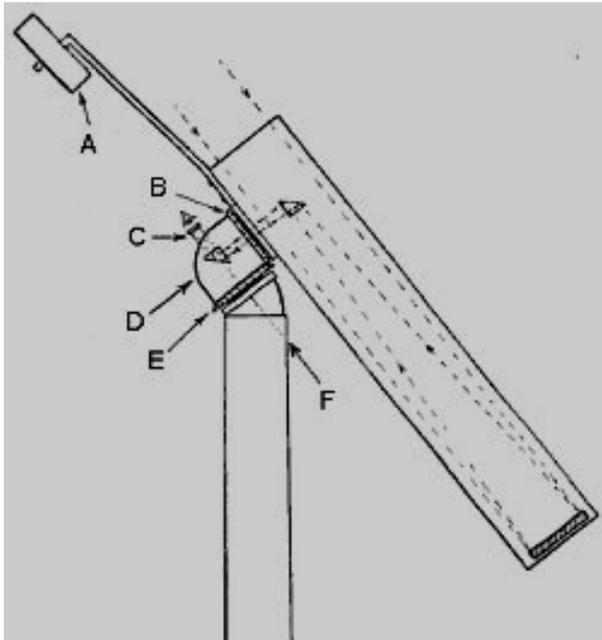
Esse sono per lo più realizzate in multistrato di basso spessore, ed anche se spesso motorizzate, sono adatte soltanto a strumenti di piccolo peso ed usate unicamente a livello amatoriale. Il principio di funzionamento è basato sull'oscillazione intorno all'asse di rotazione dello strumento, oscillazione che viene ottenuta nella maniera più *semplice* inclinando la tavola facendola scorrere su due rulli anteriori mentre nella parte posteriore è incernierata; nella costruzione più *elaborata* l'oscillazione avviene su quattro punti della tavola: due anteriori e due posteriori.

• *Allineamento delle montature equatoriali* L'allineamento delle montature avviene come s'è detto ponendo l'asse orario parallelo al polo celeste (Nord o Sud a seconda dell'emisfero). Eseguito un allineamento di approssimazione, il metodo più preciso che consente un'eliminazione degli errori strumentali è

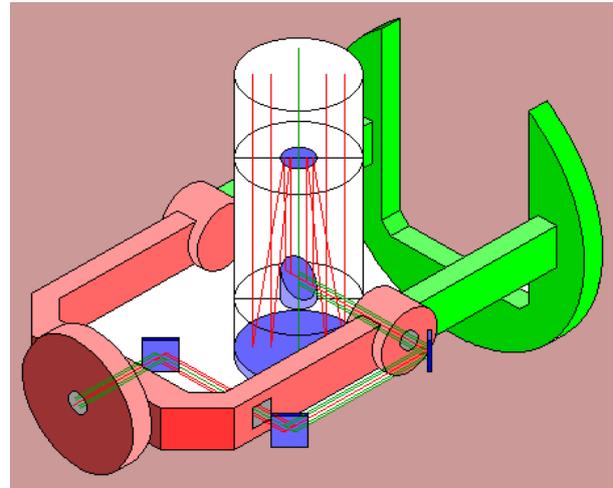


- ▲ Montatura *Loewy-Coudé*: in alto telescopio da 300 mm di diametro dell'osservatorio di Lione; in basso disegno dell'epoca raffigurante il funzionamento dello strumento all'osservatorio di Parigi

- ▼ Montatura *Springfield* ideata da R. W. Porter; da *Amateur Telescope Making* [143, I, p. 30].  
Legenda: A contrappeso; B cerchio di declinazione; C oculare; D supporto dell'asse di declinazione; E cerchio orario; F asse polare



- ▼ Schema del percorso ottico della luce nel telescopio Hale di Monte Palomar. La sorgente fuoriesce dall'asse Sud dopo aver attraversato un braccio del telescopio tramite una serie di rinvii ed è focalizzata sullo spettrografo



quello noto come di → [Bigourdan](#).

► **Montatura altazimutale.** Negli ultimi decenni del secolo scorso si tornò a riconsiderare la montatura altazimutale. La via fu aperta dall'allora Unione Sovietica negli anni settanta con il telescopio da 6 m di apertura di [Zelunčukskaja](#), cui seguì quasi subito il **Multiple Mirror Telescope**.

Il progresso nel campo dell'elettronica e nello sviluppo del software aveva infatti azzerato quello che era il maggior problema di questa montatura, la → **rotazione di campo** ormai risolta da quando si era avviata la tecnica di estrarre il fuoco (generalmente coudé o nasmyth) dal telescopio guidandolo tramite una serie di specchi di rinvio verso la strumentazione: gli spettrografi che, non essendo solidali con la montatura per via del loro ingombro, rendevano l'immagine soggetta al medesimo problema che si sarebbe incontrato in una montatura altazimutale: *vedi* immagine in questa pagina.



- ▲ Tavola equatoriale amatoriale per un riflettore portatile da osservazione visuale

Per di più tramite motori elettronicamente controllati il tasso variabile di velocità richiesto per strumenti in questo tipo di montatura non costituiva più un problema, e si riduceva alla stesura di codice sorgente dedicato. Rimaneva l'inaccessibilità al polo dove la rotazione di campo va incontro a repentini mutamenti di velocità, ma questo non fu visto come un problema rispetto ai vantaggi che si potevano ottenere.

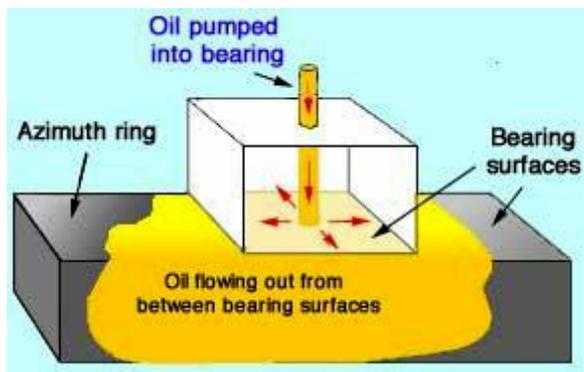
Nelle montature altazimutali gli assi in rotazione sono dunque tre. Ai due movimenti già discussi (orario e di declinazione) se ne aggiunge un terzo che non esiste nelle montature equatoriali, l'asse da cui, tramite una serie di specchi di rinvio, viene estratto il fuoco, generalmente un fuoco nasmyth, che deve essere ruotato nel corso dell'acquisizione dell'immagine in quanto proprio l'immagine ruota.

Preposto a questa funzione è il *derotatore di campo* un congegno meccanico elettronicamente guidato che fa ruotare il sensore delle immagini (CCD o spettrografo) nella direzione opposta a quella della rotazione terrestre, per mantenere come nelle montature equatoriali l'immagine immobile durante l'inseguimento evitandone la rotazione (di 180° dal sorgere al tramonto del corpo). Nel caso di esposizione fotometriche di breve durata, essendo la sorgente puntiforme, il derotatore non è necessario, ma è indispensabile nel caso di osservazioni spettroscopiche di decine di minuti ed anche in caso di osservazioni planetarie. Il problema è discusso al lemma → **rotazione di campo**.

Fra i vantaggi della montatura altazimutale è da annoverare il minor ingombro in cupola, assai ridotto rispetto a quello necessario per un equatoriale della stessa classe in montatura a forcella; inoltre i progressi nel campo dell'ottica attiva ed adattiva e dei sensori CCD, rendono un telescopio della classe 2 - 3 m competitivo quanto il telescopio Hale di Monte Palomar all'epoca in cui fu inaugurato quando esisteva solo la fotografia a processi chimici. In questa montatura infine, il baricentro strumentale corrisponde finalmente con l'asse ottico del telescopio e le masse scaricano in questo centro ideale.

In funzione dei telescopi di notevole dimensione che si andavano a concepire, la stessa configurazione di questa montatura doveva però comportare nuove soluzioni per gli assi di declinazione e per quello orario. Per l'asse di declinazione, negli strumenti più grandi si è optato per un'intera struttura oscillante dall'orizzonte allo zenith come nel → **LBT**; la soluzione classica non era perseguibile, ed è restata solo per strumenti di non eccessiva

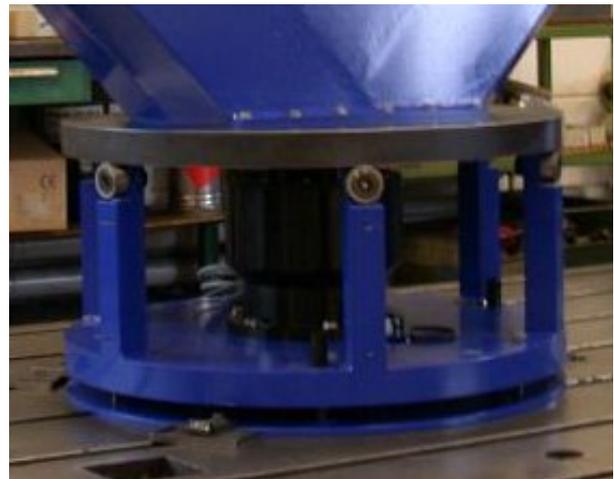
- ▼ Riflettore Liverpool da 2 m di apertura in montatura altazimutale a Roque de Los Muchachos, Canarie e sistema di cuscinetto idraulico per il moto orario; J. Moores University



apertura in cui lo specchio sia di diametro uguale o inferiore ai 4 m, come nel telescopio Liverpool mostrato nell'immagine in alto in questa pagina.

Quanto all'asse orario, con la tradizionale tecnica dei rotismi su cuscinetti a sfera si sarebbe dovuto ricorrere a cuscinetti di notevoli dimensioni antieconomici e sostanzialmente inadatti a sopportare senza eccessivi frizionamenti la spinta gravitazionale

- ▼ Sistema di rotazione oraria (disco rettificato su cuscinetti a sfera ortogonalmente disposti) del telescopio TROBAR da 600 mm dell'Università di Valencia



loro impresa. Si sono adottati cuscinetti reggispinga soltanto in caso in cui questi fossero di dimensioni contenute, creando un cono rovesciato che terminava sulla base del cuscinetto e che sosteneva all'estremità opposta la base della forcella. Il sistema era inapplicabile per strumenti di grosse dimensioni come, ad esempio, un telescopio della classe 8 m.

La soluzione adottata, immagini in basso alla pagina citata, fu quella di costruire un anello di azimuth che fungesse da supporto fisso su cui poggiavano altri supporti mobili (immagine al centro). Apposite pompe immettono nelle cavità di questi ultimi supporti, solidali con la base della forcella del telescopio, olio idraulico a pressione, ed in questo modo si hanno cuscinetti a film d'olio che creano una pellicola su cui l'intera massa strumentale ruota con pochissimo, quasi nullo, attrito.

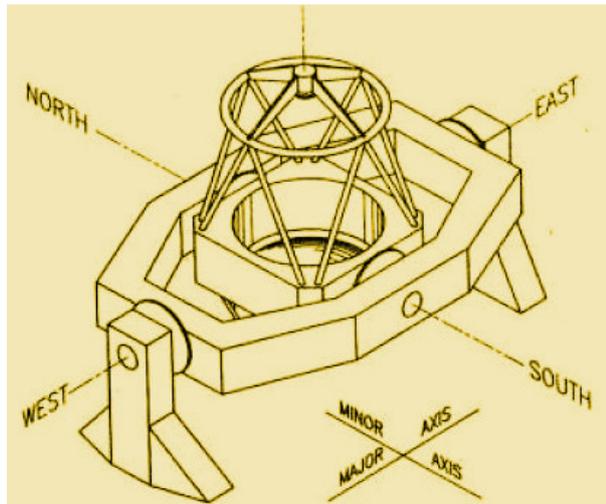
Un'interessante variante mostrata nell'immagine in questa pagina è stata adottata per il telescopio TROBAR dell'Università di Valencia. In questo caso una serie di cuscinetti disposti tangenzialmente al limite estremo di un disco d'acciaio rettificato, assolve al lavoro di un solo reggispinga centrale, trasportando gran parte del lavoro dall'asse centrale alla periferia del disco che presenta un adeguato spessore. In questo caso, i rulli dei cuscinetti non hanno ovviamente alcuna funzione motrice come nei rotismi a frizione (*infra*) essendo questa affidata al motore centrale direttamente innestato sull'asse che assolve comunque anch'esso alla sua funzione di carico ma che in tal modo risulta più equamente distribuita.

Le montature altazimutali conoscono una fase di continuo rinnovamento che le ha portate a sperimentare soluzioni, efficacemente valide, impensabili sino ad una ventina d'anni fa. Si veda ad esempio la montatura del telescopio LBT, dove l'asse declinante funge da supporto a tutt'intera

► *Montatura alt-alt*. La montatura alt-alt, detta anche *altitude-altitude*, può essere definita come una montatura che unisce alcuni vantaggi della montatura equatoriale e ne elimina altri dell'altazimutale. Descritta per la prima volta da E. H. Richardson [256], essa ha la caratteristica di avere l'asse polare parallelo al suolo. Quest'asse (disegno a fronte) ospita in una culla, come in una montatura inglese, lo strumento che può operare in declinazione strumentale.

Dal punto di vista meccanico, rispetto ad una montatura equatoriale a forcella ad esempio, si ha il vantaggio che lo stress meccanico, a prescindere dalla declinazione in cui lo strumento lavora, è uniformemente distribuito e gravita al centro della culla

▼ Montatura alt-alt, da Richardson, op. cit.



come in una montatura inglese, ma rispetto a questo richiede una cupola di minore dimensioni, anche se la compattezza non è il pregio di questa montatura. Tuttavia, rispetto all'altazimutale, presenta diversi vantaggi.

Innanzitutto gli specchi sono solo tre (primario, secondario e nansmyth da cui estrarre il fuoco attraverso un asse di declinazione naturalmente cavo) contrariamente alle montature altazimutali ed a quelle a fuoco coudé che richiedono una serie di specchi con conseguente perdita di efficienza in termini d'immagine ad ogni passaggio su una sorgente speculare.

Inoltre, pur potendo essere posizionata secondo un qualsiasi allineamento, non c'è motivo di far uso di tanta libertà e non orientarla [328]; conviene scegliere un allineamento dell'asse polare Nord-Sud od Est-Ovest a seconda delle necessità. Il primo allineamento è idoneo per ricerche del tipo asteroidali, quando l'accesso alla zona polare sia da considerare privilegiato rispetto a tutti gli altri campi, o quando si desideri *abbattere* (vale soprattutto per le nostre latitudini) l'effetto della rotazione di campo; il secondo allineamento va invece preso in considerazione in tutti gli altri casi, specie per ricerche effettuate allo zenith od in sua prossimità, e quando non sia richiesta una eccessiva declinazione Nord-Sud.

Un software che plotta il miglior allineamento a seconda della latitudine in cui lo strumento si trova ad operare è reperibile assieme ad una pubblicazione dedicata all'indirizzo citato in bibliografia [184]. Dalle tabelle riportate in quell'articolo si rileva che il tasso di rotazione di campo è quasi insignificante per un allineamento Nord-Sud, tanto che la linearità della curva per declinazioni intorno ai  $60^\circ$  rende la derotazione pressoché nulla, contrariamente ad una montatura altazimutale in cui le curve vanno incontro a repentini quanto bruschi cambiamenti. La rotazione di campo è invece notevole all'orizzonte: in questo caso lo strumento non può operare perché la velocità di derotazione di campo «sarebbe» eccessiva; ma dato che non si effettuano osservazioni agli orizzonti dal momento che l'inquinamento luminoso, masse d'aria, turbolenza, assenza di trasparenza... si presentano come determinanti fattori per impedire l'osservazione scientifica, il problema di fatto non esiste.

In prossimità dell'equatore celeste la velocità derotativa è addirittura eguale a zero, per campi in prossimità del meridiano; alle altre declinazioni, le velocità di derotazione rimangono estremamente basse, raggiungendo un massimo di  $15^\circ/\text{h}$  in prossimità del polo, in coincidenza con il tempo siderale orario.

• *Quadro riassuntivo delle varie montature.* Nella tabella ri-

prodotta nella pagina successiva sono riportate le caratteristiche delle varie montature esaminate.

► *Montature sperimentali.* In questa categoria si fanno rientrare alcune montature che studiano nuovi supporti per gli strumenti. Qui ne trattiamo due.

• *Strutture a bolla.* Montatura sperimentale che ha trovato la prima realizzazione nel telescopio francese OVLA; in questo caso la cupola sferica (a bolla) si muove con all'interno il suo strumento.

La bolla è sostenuta da un gruppo di rulli appositamente movimentati che provvedono a mantenere l'oggetto celeste nel campo. Questo tipo di montatura è stata concepita per una utilizzazione ad *array* di un certo numero di simili telescopi da collocare sulla Terra e sulla Luna, ma per ora ovviamente ci si è fermati ai prototipi.

• *Strutture esapodali.* Non si tratta propriamente di montature, piuttosto di supporti particolari per strumenti astronomici che ne asservono una componente. A differenza delle montature a bolla non esistono rotismi, ma solo pistoni che con movimenti di precisione agiscono su una piattaforma o un sostegno che sostiene la strumentazione ottica.

Un esapode non è altro in sostanza che un robot a braccia che sfrutta una tecnologia nata per l'industria data l'estrema mobilità posseduta: le macchine ad esapode sono spesso usate per il collaudo e la prova di stress dei materiali.

Un'applicazione di questo particolare supporto è nel telescopio **DOT** installato a La Palma, uno strumento destinato alla ripresa di immagini ad alta risoluzione della superficie solare, ed in diversi telescopi come il **LBT** dove asservisce i sistemi di movimentazione degli specchi secondari e i supporti attivi degli specchi terziari e dei secondari adattivi. Una documentazione è reperibile qui [323].

► *Montatura per telescopi solari: rinvio.* Le montature per telescopi solari sono montature equatoriali che differiscono da quelle destinate all'osservazione di corpi celesti stellari o planetari in quanto diverso ne è il principio di funzionamento. Inoltre la parte ottica svolge un ruolo assai diverso rispetto ai tradizionali telescopi. Sono trattate al lemma → **eliostato**. Vedi anche **telescopio sub «Telescopi solari»**.



▲ Telescopio sperimentale francese OVLA

▼ Caratteristiche delle montature equatoriali, altazimutali e alt-alt. Legenda delle sigle: inglese-cl = – a culla; inglese-fa = – fuori asse

Montatura N/C	Accessibilità polo	Irreversibilità assi	Declinazione interna all'asse polare	Telescopio su supporti di declinazione	Compattezza	Totale
tedesca	*	–	–	–	*	2
inglese-cl	–	*	*	*	–	3
inglese-fa	*	–	*	–	–	2
astrografica	*	*	–	–	*	3
forcella	*	*	–	*	*	4
ferro di cavallo	*	*	*	*	–	4
altazimutale	–	*	–	*	*	3
alt-alt	*	*	–	*	–	3

■ *Il tubo ottico.* È la parte della montatura che supporta gli elementi ottici, di diversa proprietà nei rifrattori e nei riflettori, ed assolve la funzione di tenere perfettamente in asse fra loro le parti fondamentali di un telescopio, l'obiettivo e il dispositivo di osservazione (oculare, camera CCD, spettrografo) posto immediatamente dopo il foceggiatore destinato ad aggiustamenti di focale. Nei telescopi riflettori, a seconda del tipo di configurazione ottica, prima del rivelatore possono trovarsi uno, due, tre e anche più specchi di diversa geometria.

Per l'analisi delle caratteristiche di un tubo ottico nei rifrattori e nei riflettori si rinvia alla trattazione al lemma dedicato (→ **tubo ottico**) nonché alle voci correlate: **telescopio** e **osservatorio**.

• *Rifrattori.* Nei rifrattori, per antica quanto pratica tradizione costruttiva, il tubo ottico è da sempre un tubo chiuso delimitato alle due estremità dall'obiettivo e dal foceggiatore. Date le lunghe focali tipiche di questi telescopi, al crescere del diametro dell'obiettivo aumenta la lunghezza focale e quindi la dimensione lineare del tubo ottico. Nel XIX secolo si giunse a costruzioni gigantesche: nell'osservatorio di **Yerkes** il tubo ottico superava i 15 m in lunghezza.

Su tali dimensioni le escursioni termiche nel corso di una notte d'osservazione sono notevoli, modificando sensibilmente il punto focale: le dimensioni del rifrattore pongono, ancora, problemi meccanici di flessione al tubo ottico posizionato generalmente a circa 3/4 della lunghezza sull'asse di declinazione di una montatura alla tedesca, l'unica in grado di gestire simili strumenti. All'inconveniente si cercò di ovviare costruendo il tubo ottico secondo una struttura a coni contrapposti e non cilindrica, ma intanto (fine Ottocento) si era compreso che l'era dei grandi rifrattori era terminata, e così questo problema scomparve col terminare della loro produzione.

Il telescopio rifrattore presenta comunque un vantaggio rispetto al riflettore, e cioè il tubo chiuso di cui sopra si diceva, quasi mai presente nei riflettori al di sopra di mezzo metro di apertura che non siano **Schmidt**, per via delle tensioni meccaniche cui un tubo del genere sarebbe sottoposto. Il tubo chiuso infatti abbatte la turbolenza all'interno del telescopio, ossia non vi sono correnti d'aria e inoltre lo strumento è interamente protetto da fonti di luce parassite che possano interferire con la sorgente in osservazione. Nei moderni rifrattori commerciali che grazie a doppietti e triplette obiettivi di nuova concezione possono disporre di una buona focale in dimensioni più contenute rispetto al passato, il tubo ottico è costituito in alluminio o in materiale plastico resistente, e nei casi migliori, di strutture a fibra di carbonio: → **cella**.

• *Riflettori.* Più varia è la struttura di un tubo ottico in un telescopio riflettore: nelle immagini a pagina 220 se ne vedono alcune realizzazioni. Nei riflettori il tubo ottico comprende: a) un «traliccio» che sostiene le componenti ottiche; b) la cella dello specchio primario; c) la cella o supporto dello specchio secondario ed eventualmente del terziario; d) il foceggiatore

su cui applicare i dispositivi di rilevamento d'immagine. Spesso sono presenti altre componenti, quali ulteriori specchi di rinvio, riduttore di focale, derotatore, correttore di campo,...

• *Il traliccio.* La costruzione a traliccio è comunemente attribuita a **M. Serrurier** che la progettò per il telescopio **Hale** di monte **Palomar**. In realtà strutture simili esistevano da tempo: a puro titolo di esempio si citano il rifrattore dell'osservatorio di **Cambridge** del 1835, il telescopio di **Greenwich** del 1893, il telescopio **Hooker** di Monte Wilson del 1907.

Quello che differenzia una struttura a traliccio come quella del telescopio Hooker da una struttura Serrurier è la disposizione delle masse in equilibrio secondo principi geometrici più razionali di distribuzione delle forze (parte inferiore e superiore dello strumento), in modo di alleggerire il peso della montatura e di affrontare costruzioni per grandi telescopi (come l'Hale) senza che si vada incontro a flessioni, come avvenne in principio proprio con il telescopio Hooker, e che l'intera struttura risulti, proporzionalmente, assai più compatta. In sostanza la differenza fondamentale fra le due costruzioni consiste nel sostituire una struttura cilindrica o parallelepipedale con una struttura a due tronchi strutturali uniti fra loro alla base sulla culla di declinazione strumentale. In questo modo la massima resistenza meccanica sarà concentrata in questo punto, mentre la parte superiore ed inferiore dello strumento possono essere costruite con materiali più leggeri. S'intende che i due tronchi hanno lunghezze e ingombri diversissimi in funzione delle masse che debbono supportare: vedi a pagina 220 immagine *sub c*).

Oggi la tecnica ingegneristica del *Metodo degli Elementi Finiti* (FEM: *Finite Element Method*) consente la costruzione di montature compatte rispetto all'apertura ed alla lunghezza focale degli strumenti, risolvendo in fase progettuale i problemi meccanici che la montatura incontrerà durante il lavoro. Questa metodologia è attualmente adottata nella costruzione di tutti i telescopi moderni.

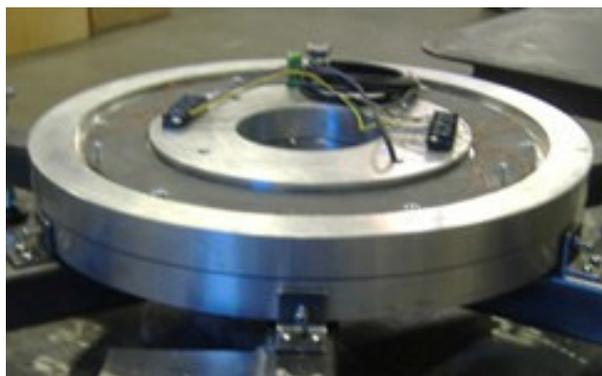
• *Cella e secondario.* Le altre componenti del tubo ottico di un riflettore sono discusse ai relativi lemmi: → **cella**, **secondario**.

■ *Motorizzazione.* Sino alla diffusione dell'energia elettrica,<sup>1</sup> l'unico sistema di imprimere il moto alle montature dei telescopi era quello di servirsi di un motore gravitazionale, azionato cioè da pesi, ovvero a molla. In entrambi i casi si poneva in funzione un sistema ad orologeria che trasmetteva, tramite rotismi di riduzione, il moto all'asse orario. Dispositivi gravitazionali erano usati per la movimentazione di strumenti anche di notevoli dimensioni, come nel caso del telescopio da 48 pollici dell'osservatorio di **Melbourne**.

In questi casi il cuore del sistema era rappresentato da un regolatore di velocità centrifugo-gravitazionale, il cosiddetto → **Watt governor**: approfondimenti al relativo lemma.

1. Questo titolo ed i seguenti accennano a questioni di meccanica ed elettronica affrontandone i principi solo descrittivamente, trattandosi di tematiche correlate ma non strettamente attinenti a questo lavoro.

- ▼ In alto e in basso asse orario motorizzato; telescopio da 18 pollici della California Polytechnic State University



Con la disponibilità e diffusione capillare dell'energia elettrica ed il conseguente diffondersi delle motorizzazioni di questo tipo, si fece a lungo ricorso alla corrente alternata, sia per il minor prezzo dei motori, sia soprattutto perché tramite un variatore di frequenza era possibile regolare (variare) la velocità senza che il motore perdesse potenza, non agendo cioè sulla tensione in ingresso. L'ideale uso di un motore in corrente continua che avrebbe assicurato una maggiore uniformità di moto, era scartato per l'impossibilità tecnica (all'epoca) di controllare i giri del motore senza perdere potenza.

In entrambi i casi si tratta di motori a spazzola, quindi di sorgenti di scintillazione che – per quanto schermate – possono sensibilmente disturbare strumenti delicatissimi come i fotometri.

Sul finire degli settanta del secolo passato, con l'avvento e la diffusione delle tecnologie informatiche, ebbero larga diffusione e prezzo sempre più accessibile i motori passo-passo (*step-motors*), che consentivano tramite elettronica di regolare i passi, cioè l'angolo di rotazione dell'asse del motore. I diffusissimi motori a passi di  $1,8^\circ$  consentivano per la prima volta tramite opportune riduzioni meccaniche di avere a disposizione movimenti *fini* come si suol dire, ossia di alta precisione, tanto nella funzione *go-to* (puntamento rapido dell'oggetto), quanto nell'inseguimento dello stesso: questa tecnologia da qualche decennio ha sostituito in tutti gli osservatori amatoriali qualsiasi altro tipo di motorizzazione. Rispetto ai tradizionali motori in corrente continua o alternata i motori passo-passo possono bloccarsi in una voluta posizione mantenendo inalterata la coppia di lavoro il che è utilissimo per l'asse di declinazione dello strumento, e possono essere fatti avanzare anche di mezzo passo per una maggiore precisione nella correzione strumentale.

Il successivo sviluppo tecnologico consisté nell'adozione di motori *brushless* (senza spazzole) resi accessibili ancora una volta dalla diffusione dei computer ove all'inizio si trovavano usati nei floppy disk.

In un motore a spazzola l'interruzione di tensione avviene meccanicamente quando il collettore rotante chiude il circuito e

sospende l'alimentazione; in un motore brushless invece l'inversione è ottenuta elettronicamente: questo presuppone ovviamente che il *controllore* debba conoscere la posizione del rotore rispetto allo statore, per questo è usato congiuntamente ad un sensore di Hall o ad altri più avanzati dispositivi.

I motori brushless hanno il vantaggio, oltre all'eliminata usura delle spazzole, di non essere sorgente di alcuna fonte elettromagnetica e quindi di non interferire con altre apparecchiature poste nelle vicinanze; possono erogare una notevole potenza pur presentando un ingombro ridotto, non costituiscono sorgenti di calore, non vibrano come i passo-passo che possono trasmettere allo strumento fastidiose perturbazioni meccaniche se non montati su supporti isolanti adeguati, e infine il controllo della velocità è estremamente preciso. Unico svantaggio il maggior costo rispetto ai tradizionali passo-passo. Le costruzioni più avanzate tendono a costruire il motore all'interno dell'asse orario, come nella costruzione visibile in questa pagina ponendo una serie di bobine tutt'attorno all'asse orario alimentate a basse tensioni (24 volt) [125].

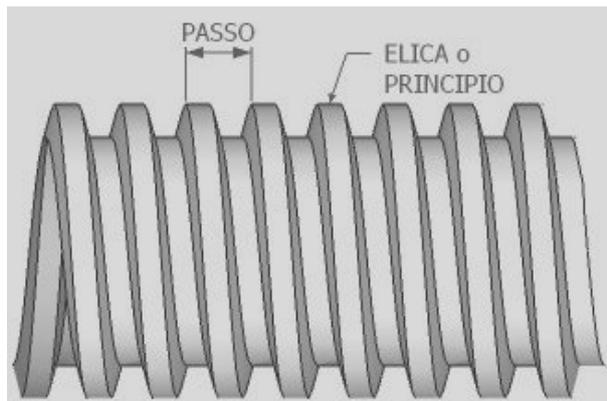
► *Trasmissione del moto.* La trasmissione del moto (orario e di declinazione) avviene attraverso rotismi che nella configurazione di base sono due: l'organo che trasmette il moto (ruota conduttrice) e l'organo che lo riceve (ruota condotta). Fra questi rotismi altri ne possono essere inseriti con lo scopo di ottenere un minore numero di giri sulla ruota condotta e una più fine regolazione del moto. L'innesto della forza motrice sull'ultimo rotismo conduttore avviene in genere tramite un giunto elastico d'acciaio armonico per una partenza non brusca dello strumento; identico risultato si può ottenere per via elettronica dando ai motori una potenza graduale (rampe di salita).

Premesso che nel progettare un rotismo di tal genere deve essere noto (specie in caso di treni di ruote) il senso di rotazione chiesto all'ultima ruota condotta, tralasciando tuttavia i treni di ruote e i differenziali, qui ci si occuperà soltanto della trasmissione del moto prendendo in considerazione i due rotismi fondamentali in ogni sistema (ruota conduttrice e ruota condotta) sottolineando la considerazione di base che nel nostro caso il moto circolare impresso alla corona dentata non serve per sollevare un corpo. In tal senso i rotismi attraverso cui nelle montature è possibile trasmettere il moto sono principalmente tre: a) corona dentata innestata sull'asse orario e vite senza fine; b) cinghia; c) rulli e contatto a frizione. Il primo e il terzo rotismo vengono chiamati *a contatto diretto*, il secondo *per collegamento con organo flessibile*. Ognuna di queste modalità presenta vantaggi e svantaggi ed è adatta a determinate costruzioni: la soluzione ideale va ricercata in rapporto alle dimensioni strumentali. Nei sistemi che usano cuscinetti idrostatici il moto è trasmesso all'asse direttamente o tramite riduzione; la trasmissione a catena, simile a quella a cinghia, è assolutamente da evitare, per quanto si trovi in uso anche presso montature di telescopi professionali.

• *Corona dentata e vite senza fine.* È stato questo a lungo l'unico modo adottato in telescopi di medie e grandi dimensioni per la trasmissione del moto, avendo il vantaggio di richiedere una modesta forza motrice sulla vite senza fine e di assicurare un inseguimento siderale abbastanza costante. Il sistema permette infatti, senza organi intermedi, di muovere masse considerevoli con motori passo-passo di piccola potenza: un motore da 1 A con passo di  $1,8^\circ$  ed una riduzione 1 : 8 fornisce già una risoluzione di 22 s ed è in grado di muovere agevolmente 100 kg di strumentazione bilanciata. Per calcoli specifici *vedi* l'articolo citato in bibliografia [353].

In telescopi di grandi dimensioni come il 200 pollici di Monte Palomar con questo sistema si dovettero naturalmente adottare corone dentate sovradimensionate; in questi casi la costruzio-

▼ Profilo di vite senza fine con evidenziati il passo e il principio



ne può dare qualche problema soprattutto in fase di rettifica finale, ma in compenso resta ancora questo il modo più agevole di trasmissione del moto. Il diametro della corona dentata va appositamente calcolato in relazione alla massa da muovere, e comunque per strumenti di media apertura (500 mm) non bisognerebbe mai scendere sotto i 300 mm di diametro.

Nel dimensionamento della corona dentata, come in quello di una puleggia con trasmissione a cinghia o a frizione, va ovviamente considerato il movimento della Terra, in ultima analisi la finalità per cui l'organo serve. Dal momento che il giorno solare medio vale 23 h 56 min 4 s, approssimando a 24 h si conclude che la Terra compie una rotazione di 15° ogni ora, di 15 min d'arco ogni minuto e di 15 s d'arco ogni secondo.

Quindi, ad esempio, in 15 min la Terra ruoterà di un angolo

$$\omega = 10 \times 60 \times 15 = 13\,500 \text{ s}$$

e poiché la velocità angolare di rotazione di una corona dentata è proporzionale al suo raggio, per evitare di avere una deriva maggiore di 1 s in 15 min occorre che naturalmente la corona dentata sia perfettamente centrata sull'asse orario per evitare derive maggiori di un secondo d'arco: ad esempio su una corona dentata di 300 mm di diametro l'errore tollerabile (su questa scala temporale) sarà dato da

$$\delta = \frac{300}{2 \times 13\,500} = 0,011 \text{ mm}$$

Una dibattuta questione in materia riguarda il passo dei denti della corona dentata ed il loro spessore (e della relativa vite senza fine). Alcuni costruttori prediligono corone dentate con un buon passo per abbattere il fenomeno del periodismo *infra*. In altri casi i costruttori hanno scelto di non far muovere la corona dentata, di tenerla cioè ancorata ad una struttura, facendo ruotare su di essa la vite senza fine assieme alla strumentazione, facendo cioè lavorare questa secondo una modalità per cui non è concepita, usando la corona dentata come una sorta di cremagliera (anche se non di raggio infinito), ed inoltre, particolare più rilevante, ci si porta appresso tutt'intero il periodismo della vite senza fine. Un approfondimento sul rendimento delle ruote dentate sottoposte a lavoro è in un articolo di E. Manfredi [194] dall'omonimo titolo.

- *Periodismo della vite senza fine.* Infatti, per quanto corona dentata e vite senza fine possano essere ben costruite, quest'accoppiamento per sua stessa natura presenta un inconveniente chiamato *periodismo della vite senza fine*.

Il periodismo deriva dal fatto che la velocità angolare trasmessa alla corona dentata (e per essa all'asse di ascensione di retta) dalla vite senza fine che ruota a velocità costante, non è in

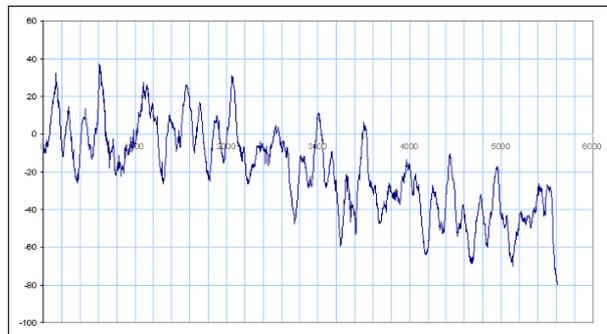
realtà costante, bensì oscilla con periodicità eguale al periodo di rotazione della vite senza fine. Ad ogni mezzo giro della vite senza fine nel punto di contatto fra il filetto di questa ed i denti della corona si presentano diverse geometrie: dapprima la sommità del filetto si trova nell'incavo fra due denti della corona, quindi (dopo mezzo giro) la sommità di un dente della corona si trova nell'incavo fra due successivi filetti: nella prima situazione l'angolo di cui ruota l'asse di ascensione retta è più grande, nella seconda più piccolo. Il motivo per cui, come si diceva al titolo precedente si costruiscono corone dentate di 359 denti e anche più è dunque chiaro: un tale tipo di corona ha un errore periodico minore rispetto ad una di 144 o 180 denti.

Conseguenza del periodismo è che su lunghe pose, una sorgente puntiforme si presenta come una sinusoide allungata che ripete ad ogni curva l'errore periodico cui la vite senza fine è andata incontro. Se la sinusoide è di forma regolare e simmetrica, la vite senza fine è leggermente eccentrica, se la sinusoide è asimmetrica la sezione della vite senza fine non è perfettamente circolare: vedi immagine in questa pagina.

Le migliori montature sono quelle che ottenendo un'elevata precisione meccanica riescono a manifestare un periodismo dell'ordine di 1,5 s o – al massimo – 2 s, ma si tratta di realizzazioni quanto mai costose. Di questo problema i costruttori, specie negli strumenti commerciali, non si curano se non marginalmente, perché realizzare una vite senza fine con tali caratteristiche a bassissimo valore di periodismo, richiederebbe una lavorazione meccanica di prim'ordine con una spesa quasi pari a quella richiesta nella costruzione delle più accurate ottiche; per non rendere troppo costosi i telescopi si preferisce affidare al software ed all'elettronica la soluzione di questo problema.

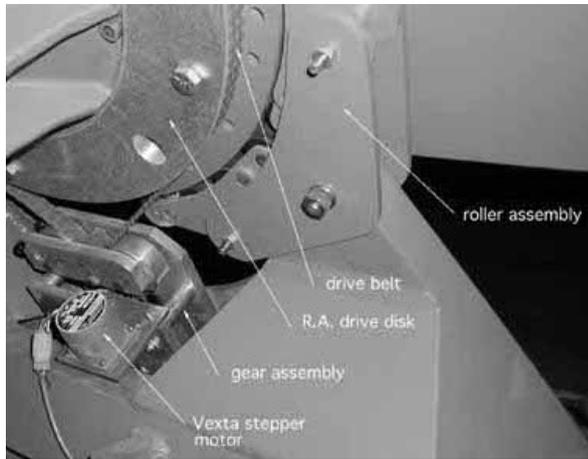
I rimedi possono essere vari. Di ordine meccanico, portando entrambi i pezzi a rettifica oppure facendo ruotare per qualche giorno vite senza fine e corona dentata aggiungendo di tanto in tanto **carborundum** estremamente fine mischiato ad olio per far adattare fra loro le capacità meccaniche di vite senza fine e corona dentata, lavoro questo che andrebbe comunque sempre eseguito; oppure correggendo manualmente durante l'inseguimento; od ancora correggendo automaticamente affidandosi ad un CCD di guida.

Le possibilità offerte dall'elettronica si risolvono nel sistema denominato PEC (*Periodic Error Corrector*), correggendo la periodicità con un sistema che può essere elaborato in vari modi. Uno dei più semplici ed efficienti, adatto a montature medio-piccole, è stato proposto anni fa da G. Li Causi. La soluzione proposta dall'autore consiste *nel variare in modo automatico con un sistema elettromeccanico il potenziometro della regolazione fine della velocità in modo tale che per ogni posizione della vite senza fine esso abbia il giusto valore per compensare l'errore in quel punto* [62].



▲ Periodismo della vite senza fine. In ascissa sono riportati i tempi in secondi, in ordinata la deviazione dei pixel per l'ascensione retta; fonte [sites.google.com/site/gaobservatory/](https://sites.google.com/site/gaobservatory/)

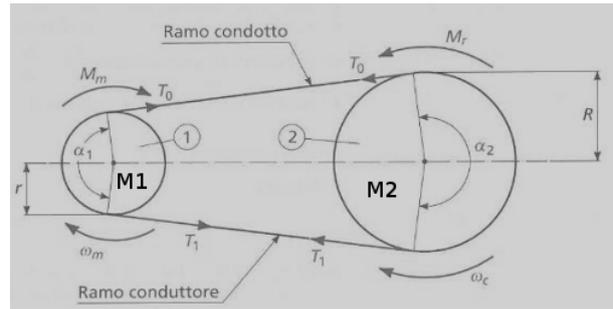
▼ Modalità di trasmissione del moto orario: in alto a corona dentata e vite senza fine; al centro a cinghia; in basso a rulli frizionati



Naturalmente il periodismo è un errore strumentale che negli equatoriali si verifica solo sull'asse orario dal momento che l'asse di declinazione è soggetto solo ed ad eventuali piccole correzioni durante l'inseguimento siderale.

• **A cinghia.** Nella meccanica del moto si ricorre ai sistemi a cinghia quando è richiesta elasticità di trasmissione e quando la distanza dei due assi è elevata. La trasmissione a cinghia ha ormai quasi completamente soppiantato l'omologo sistema a catena in quanto rispetto a questo presenta minore attrito e maggiore aderenza ed elasticità, assenza di punti morti, silenziosità assoluta, e per quanto nella movimentazione dei telescopi non ricorra alcuna delle condizioni suddette, tuttavia in non pochi casi può prestarsi a diversi utilizzi.

▼ Schema di trasmissione a cinghia piatta su pulegge; fonte Edizioni Calderini, [57]



Può essere proficuamente usata nella trasmissione del moto dal motore alla vite senza fine annullando, con pulegge di riduzione e grazie alla sua elasticità, i residui *scatti* d'avanzamento di un motore passo-passo; inoltre, se adoperata per la movimentazione dell'asse orario, elimina il problema del periodismo della vite senza fine, anche se, oltre una certa dimensione strumentale, pone seri problemi d'utilizzo. In conseguenza, i motivi per cui si ricorre alla scelta di questo tipo di trasmissione possono essere soltanto due: a) evitare di costruire una corona dentata di notevoli dimensioni e la corrispondente vite senza fine; b) abolire il periodismo; c) operare una riduzione del moto senza ricorrere al sistema degli ingranaggi.

Considerando (nel nostro caso) le bassissime velocità in gioco il profilo della cinghia può essere a geometria piana o dentata, meglio se di notevole larghezza oltreché di un certo spessore; l'essenziale, nel caso di cinghia piana, è che essa non fuoriesca dalla sede durante il lavoro e che il materiale sia di ottima qualità per non sostituire la cinghia con continuità. Chiaramente va perso uno dei pregi della cinghia, l'elasticità, ma questa è la parte che nel nostro caso rileva meno, anzi attraverso rulli di spinta va fatto il possibile per tenerla in tensione nel punto morto, là dove essa non è soggetta al lavoro, cioè alla trazione. Un'interessante applicazione della trasmissione a cinghia, opera di R. W. Smith, è mostrata nell'immagine al centro in questa pagina, e può essere vista in ogni particolare costruttivo al sito dell'autore: [291]. In questo caso un disco d'acciaio ruota su una serie di cuscinetti posti su supporti oscillanti, mentre solida ad esso vi è un altro disco (ruota condotta) avvolto dalla



▲ Trascinamento a frizione su settore circolare di D. Harbor

### Sulla trasmissione del moto

- *Vite senza fine e corona dentata.* La vite senza fine conduttrice (vedi immagine a pagina 228) deriva il nome dal fatto che la sua rotazione ha lo scopo di trasmettere il movimento alla corona dentata (*ruota condotta*), e il suo passo può essere a uno o più principi, ossia la corona dentata può *ingranare* uno o due filetti alla volta.

Il rapporto corona dentata-vite senza fine è in funzione del numero dei denti della corona, generalmente 359 nelle corone del moto orario, e dell'angolo di inclinazione del filetto della vite: i due organi di trasmissioni debbono essere meccanicamente compatibili. In sostanza ad ogni giro della vite senza fine la ruota condotta effettua una rotazione pari al numero di filetti (principi) della vite: la vite senza fine non presenta i denti, bensì i filetti. I denti della corona dentata, realizzata generalmente in bronzo, sono sempre dritti e non elicoidali, necessità quest'ultima che ricorre solo quando serve disporre della reversibilità del moto (dalla corona dentata alla vite senza fine), il che non interessa nel caso delle montature. La vite senza fine è realizzata in acciaio della migliore qualità per via dell'alto coefficiente d'attrito e della resistenza che incontra durante la rotazione, e con tale accoppiamento è possibile trasferire il moto con elevato rapporto tra assi a 90°. Il rapporto di riduzione si calcola tenendo conto della velocità angolare e del numero dei denti della vite senza fine e dei filetti soggetti a lavoro, ed è espresso, attraverso alcuni passaggi, dalla relazione:

$$\tau = \frac{n_p}{z} \quad (1)$$

dove  $\tau$  esprime il rapporto,  $n_p$  rappresenta il numero dei principi della vite senza fine, e  $z$  il numero dei denti della corona dentata.

- *Pulegge e cinghie piate.* Una cinghia è un organo di trasmissione del moto che collega due pulegge innestate sui relativi alberi, uno che trasmette il moto ed uno che lo riceve. Il rapporto di trasmissione (immagine nella pagina precedente) che si ha utilizzando pulegge di diverso diametro è espresso dall'equazione

$$\tau = \frac{D}{d} \quad (2)$$

intendendo per  $D$  il diametro della puleggia condotta e per  $d$  il diametro di quella conduttrice.

Le proprietà meccaniche di una trasmissione ad ingranaggi (ruota conduttrice e ruota condotta) si trasferiscono alla trasmissione a cinghie tramite puleggia, con la rilevante differenza (vedi immagine a pagina ??) che in una trasmissione a cinghia il momento angolare del motore della puleggia conduttrice chiamata  $M_1$  ha ovvio senso concorde con quello della velocità della puleggia condotta che chiameremo  $M_2$ : una parte della cinghia, il ramo più teso, si chiama *ramo conduttore*, l'altro ramo *ramo condotto*. Dette  $T_1$  e  $T_2$  rispettivamente le tensioni del ramo più teso e di quello meno teso, per l'equilibrio di rotazione della puleggia motrice sarà:

$$M = (T_1 - T_2)r \quad (3)$$

dove  $r$  è il raggio della puleggia conduttrice.

La forza  $F_p$  che potrebbe far slittare la cinghia dalla periferia della puleggia è espressa da

$$F_p = T_1 - T_2 \quad (4)$$

caso teorico date, si ripete ancora, le basse velocità in gioco e dato che lo slittamento è impedito dall'aderenza della cinghia alla puleggia che coincide, nel caso di cinghie piate, con l'attrito.

In entrambi i casi trattati l'esposizione è ovviamente descrittiva. Si rinvia per l'approfondimento ai testi citati in bibliografia.

pate varianti della versione a cinghia. In questi casi la cinghia, aderente ad un arco di disco, è messa in moto non da una puleggia, bensì da un supporto parallelepipedale (in pratica un dado fatto scorrere da sinistra a destra su una vite senza fine: essendo la cinghia aderente al disco lo strumento ruota. Non si abolisce il periodismo perché il dado entro cui scorre la vite senza fine anche se a filetti lavora come una sorta di corona dentata incontrando le stesse problematiche già descritte, eliminando ogni vantaggio di questa modalità di trasmissione del moto, si semplifica solo la costruzione. Il trasferimento del moto può essere anche a frizione come nell'immagine a pagina ??).

Per il calcolo della potenza motrice necessaria in un sistema di trasmissione a cinghia si veda il sito citato in bibliografia [77].

- *A rulli.* Con il trascinamento a rulli si evita il periodismo della vite senza fine. Il sistema di trasmissione è un'applicazione dei *rotismi a frizione* ed è costituito da due corpi solidi, generalmente di forma cilindrica, che si trasmettono il moto mediante contatto sfruttando l'aderenza (l'attrito) presente sulla superficie delle rispettive geometrie. È in sostanza lo stesso principio della trasmissione ad ingranaggi con denti dritti od elicoidali in cui la ruota conduttrice di minore diametro trasmette il moto alla ruota condotta, soltanto che, essendo le due ruote costantemente sempre sotto lavoro, l'assenza di denti evita i punti morti e così il sistema non è affetto da periodismo.

È evidente che per ottenere un'efficiente trasmissione del moto bisogna assolutamente evitare che le due ruote slittino, assicurare cioè che abbiano una completa aderenza ed il massimo dell'attrito che si ottiene in questo caso applicando sui rulli tutta la spinta gravitazionale che lo strumento possiede, non essendo possibile ricorrere per le montature alla soluzione generalmente adottata per le piccole trasmissioni, di avvolgere il rullo con gomma per agevolarne l'aderenza. Si applica il rapporto di riduzione espresso dall'equazione 2 nel riquadro 230, ma mentre nella trasmissione a cinghia il moto della puleggia condotta è nello stesso senso della puleggia motrice, in questo caso, come per gli ingranaggi, il senso di moto s'inverte. Per evitare lo slittamento si aumenta il numero dei rulli di trascinamento in modo che la forza motrice sia distribuita su due o magari tre punti della ruota condotta. In questo caso la sincronizzazione delle velocità potrebbe costituire un problema. Questa costruzione, di cui è mostrata una variante amatoriale nella figura in basso nella pagina precedente, per quanto le tecniche (e le possibilità) lo permettano è di gran lunga da preferire, essa comunque ha senso solo su strumenti di una certa grandezza, da 600 mm di apertura in su.

Gli svantaggi risiedono nella realizzazione di un tale disco che deve essere di grosso diametro e – soprattutto – deve essere cementato e rettificato a regola d'arte facendo lievitare notevolmente la spesa e rendendola antieconomica rispetto ad una corona dentata di dimensioni minori. Tuttavia la rettifica può essere agevolmente aggirata con un artificio tanto banale quanto efficace, ponendo sotto la ruota condotta una striscia di acciaio di 1 mm di spessore, facilmente reperibile in commercio, che assicuri la sfericità della ruota condotta. La soluzione a rulli frizionati è stata adottata da molti telescopi come il **Mayall** che l'ha utilizzata per l'asse orario nella sua montatura a ferro di cavallo e il **LBT** che l'ha adottata per gli assi di declinazione.

- *Sistema misto.* Un sistema efficiente che unisce i vantaggi del trascinamento a rulli e a cinghia è stato ideato e realizzato da D. Britz, : [54, *The Spectrogram*].

Il sistema denominato *tractor drive*, si compone di un sistema totale di quattro pulegge: una (la più grande) solidale con l'asse orario, e le altre tre collocate su una piastra assieme al motore e

cinghia tenuta in tensione da due rulli in prossimità della ruota conduttrice. Dato l'altissimo rapporto di riduzione, l'autore ha potuto fare uso di un piccolo motore passo-passo, ed il tutto dà l'idea dell'affidabilità e della funzionalità.

A livello amatoriale per strumenti medio-piccoli si sono svilup-

suscettibili di traslazione orizzontale per la migliore aderenza della cinghia alla puleggia condotta.

In questo caso, come si nota dall'immagine, la diversità rispetto al tradizionale sistema di trasferimento del moto, sta nel fatto che la cinghia aderisce soltanto ad un modesto arco di circonferenza, ed il lavoro è trasferito dalla parte interna della cinghia a quella esterna. Si ottiene il vantaggio che in questa modalità il moto non è trasferito soltanto dalla puleggia, ma attraverso di essa che opera come se i rulli primario e secondario fossero coperti di gomma, quindi l'attrito risulta maggiore che nel trascinarsi a rulli frizionati. Di questi rulli soltanto uno, quello in rosso nell'immagine, trasmette il moto: quello in grigio è un rullo servente che assicura la posizione della puleggia sull'arco di circonferenza, e l'altro in nero è il tendicinghia.

In questo caso il rapporto di riduzione immaginando la cinghia come uno strato di gomma interposto fra il rullo conduttore e il rullo condotto, e non come un elemento di trasmissione, non è più quello dell'equazione (2) espressa nel riquadro a fronte, in quanto nel calcolo bisogna considerare anche lo spessore della cinghia interposta le cui dimensioni possono essere di qualche millimetro, quindi non ininfluenti, e considerare ancora che la stessa cinghia per metà opera sul rullo conduttore e per metà sul rullo condotto. La formula proposta da Britz, coerentemente con la meccanica del moto, è

$$\tau = \frac{z_v}{z_n} + (2 \times (T - 2 \times E)) \quad (5)$$

dove  $z_v$  e  $z_n$  rappresentano rispettivamente il diametro esterno della ruota condotta e della ruota conduttrice,  $T$  rappresenta lo spessore della cinghia, ed  $E$  il fattore di compressione della cinghia che in questo caso è determinante.

Per i parametri d'impostazione della velocità del moto orario si rinvia all'articolo di J. B. Tatun *et al.* [309], specie per le velocità per oggetti bassi sull'orizzonte che subiscono l'effetto della rifrazione atmosferica.

Per l'approfondimento delle tecniche di costruzione, oltre i siti citati, si segnalano – fra i tanti – quello di B. Lombardi [178], di B. Lula [182], di C. Wicks [336], dell'ARI [24], e specie quello dell'osservatorio **Harpoint**, in Austria, [251].

### Moon illusion

**Moore Patrick Alfred Caldwell** (1923 - 2012) astronomo non professionista inglese che ha svolto un'intensa ed attiva opera di diffusione dell'astronomia specie nelle terre a lingua e cultura anglosassone.

Presidente della **British Astronomical Association**, fondatore della *Society for Popular Astronomy*, membro di società astro-



▲ Trascinamento a cinghia *tractor drive* di D. Britz

nomiche professionistiche britanniche, nel corso della sua lunga carriera Moore ha pubblicato circa 70 libri, scritto numerosissimi articoli per riviste d'astronomia e scienza, organizzato e diretto trasmissioni radio e televisive che lo hanno reso popolarissimo nella sua terra. Moore è anche autore anche di un catalogo di oggetti dell'emisfero australe finalizzato ad integrare quelli (dell'emisfero boreale) non compresi nel catalogo di **Messier**: per distinguerlo da questo ha usato l'altra parte del suo cognome, Caldwell. Il catalogo è riportato a pagina 324.

**MOP** Acronimo di *Microwave Observing Project*, →**SETI**.

**Mopra, telescopio** →**ATFN**.

**Moureaux Pierre Louis de Maupertuis**

**Moreton, onde**

**Morgan William Wilson**

**Morgan-Keenan, classificazione**

**Morley Edward Williams** (1838 - 1923)

**Moroncelli Silvestro Amanzio** cartografo, globi

**moto diretto**

**moto diurno**

**moto, leggi del**

**moto planetario**

**moto diretto**

**moto lunare**

**moto proprio**

**moto retrogrado**

**motori passo-passo**

**motorizzazione del telescopio** → **montatura**.

**Moulton Forest Ray** (1872 - 1952)

**moving cluster**

**moving group**

**MPC** →**Minor Planet Center**.

**MRAO** Acronimo di →**Mullard Radio Astronomy Observatory**.

**Mrkos, cometa**

**Mu Cephei** →**Garnet, stella**.

**Mullard Radio Astronomy Observatory**

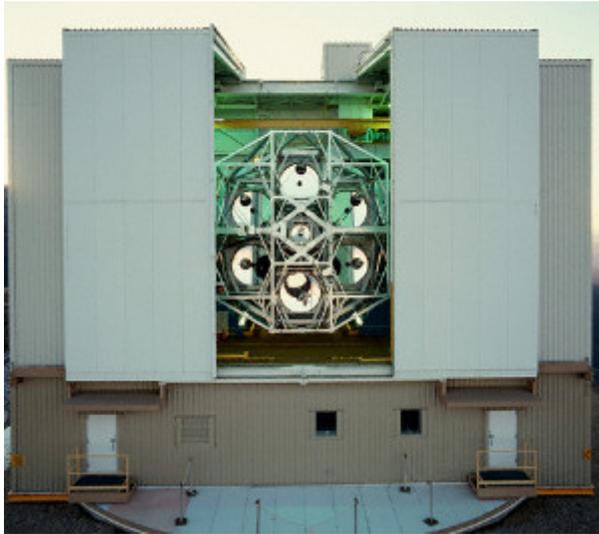
**MSW, effetto**

**Gustav Müller**

**Müller Johannes** →**Regiomontano**.

**Multi-Element Radio-Linked Interferometer Network**

▼ In alto il MMT in una foto degli anni settanta con il complesso degli specchi; in basso con il nuovo specchio monolitico



▼ Il principale frammento di Mundrabilla-1 del peso di 11,5 t



**Musca australis**

**MUSES** . Acronimo di *MU Space Engineering Space-craft-3*, →**Hayabusa** Ricorda la serie B e C

**MV** satellite giapponese

**Multiple Mirror Telescope** Telescopio degli anni settanta originariamente composto di sei specchi di un diametro di 1800 mm ciascuno, per una superficie equivalente di 4500 mm posizionato sul Monte Hopkins in Arizona.

La via di costruire telescopi a specchi multipli fu abbandonata quasi subito quando si scoprì la possibilità di realizzare specchi di grandi dimensioni e sottili posizionati non più su sostegni esclusivamente meccanici a leve, ma su attuatori che mantenevano costante il paraboloide a qualsiasi altezza il telescopio fosse puntato.

Assieme al telescopio dell'osservatorio di **Zelunčukskaja** fu il primo dell'era moderna a riprendere la montatura altazimutale.

**multiple, stelle**

**Mundrabilla-1** Meteorite ferroso conservato al *Western Australian Museum* di Perth scoperto nel 1968.

Accanto ad esso fu trovato un frammento di cinque tonnellate oltre altri numerosi frammenti di dimensioni e peso minori per un raggio di circa 50 km.

**muone** ??Inserire??

**Murchison, meteorite**

# N

**Nabonassar, era di** Era inventata dall'astronomo alessandrino **Tolomeo**: → **calendario** *sub* «Ere sacrali».

**Naburimannu** Astronomo caldeo. Di lui si hanno notizie da **Censorino** nell'opera *De die natali*, che citando **Cleostrato** lo riporta quale ideatore del ciclo di otto anni l'*octaeteris*, diffusosi poi in Grecia.  
→ **calendario** *sub* «Calendario greco».

**nadir**

**nana bianca**

**nana nera**

**nana rossa**

**Nançay, radiotelescopio di**

**Napoli, osservatorio**

**NASA**

**Nasmyth .. (-)**

**nasmyth, configurazione**

**Natale** Festività religiosa presente nei calendari civili cristiani, e che come l'→ **Epifania** si collega ad antichi riti e culti pagani, ed in particolare al culto solare.

Sul finire del II secolo il culto di provenienza orientale del *Sol invictus* collegato al dio Mitra aveva conquistato strati sempre più vasti di consenso giungendo alla figura stessa dell'imperatore (Commodo) che si fece iniziare ai suoi misteri. Il dio Mitra era considerato non solo all'origine di ogni creazione, ma anche diretto mediatore fra cielo e terra, ed agli imperatori, che tali si ritenevano, quest'identificazione appariva come naturale.

Al *Sole invitto* l'imperatore Aureliano assegnò un collegio sacerdotale, e il culto iniziò a festeggiarsi con dei giochi dedicati che si svolgevano nel giorno *Natalis Invicti*.

Il culto mitreo attorno al III secolo si trasformò in una vera e propria religione ufficiale, esercitando sul giovane cristianesimo una profonda influenza, tanto da giungere (eresia manichea) all'identificazione del Cristo col Sole.

Il cristianesimo tuttavia non sempre rigettò le festività pagane, ma piuttosto cercò, indubbiamente con l'obiettivo di una maggiore diffusione fra ogni strato della popolazione, di *piegare* queste festività alle proprie esigenze ed ai propri riti. I passi evangelici in cui il Cristo viene presentato come *luce del mondo* e *luce degli uomini* furono tutt'altro che estranei a questo processo, tanto che successivi scrittori come Lattanzio descrivono il moto del Sole come segno della maestà divina [171][II, 9-12]. Accanto a questa influenza non va sottovalutata quella dei culti pagani che cadevano nello stesso periodo in cui cadrà poi la nuova festività cristiana.

La data del 25 dicembre, posta pochi giorni dopo il solstizio invernale, non stabilisce soltanto ufficialmente e dogmaticamente per ogni credente la nascita del Cristo, ma in quanto *Dies Natalis Domini* (giorno natale del Signore) intende contrapporsi, assorbendolo, proprio a quel *Natalis Solis Invicti* (giorno natale del sole vittorioso) proprio del culto mitreo.

Prima del IV secolo non esiste alcun documento ufficiale che attesti la celebrazione come festività dedicata alla nascita del Salvatore del 25 dicembre; il primo accenno si trova in **Filocalo**, autore del più antico calendario cristiano pervenuto, e che data la nascita del Signore al giorno ottavo delle calende di gennaio. Questa data nasce però non da un'effettiva esegesi storiografica, quanto piuttosto da un simbolismo: la concezione sarebbe avvenuta il 25 marzo e 9 mesi dopo, il 25 dicembre, si sarebbe verificata la nascita. Su questo punto molti scrittori antichi come Sant'Agostino e Tertulliano concordano, ma si tratta ovviamente di disquisizioni prive di qualsiasi valore storico.

Celebrato in occidente già nel 336, la festività del Natale penetrò nel resto del mondo nei secoli V e VI, e nel 729 Arcadio ed Onorio dichiararono il Natale giorno in cui erano proibiti i giochi del circo.

In Palestina e nel medio oriente in genere la diffusione della festività seguì un ritmo più blando, confondendosi spesso con un avvenimento che poi riceverà una propria autonoma festività: l'Epifania.

**navicella veneziana**

**navigazione astronomica** I lunghi viaggi per mare richiedevano speciali ausili, sotto forma di informazioni scritte, di disegni, o sequenze di segni convenzionali. Abbiamo visto che una specie di cartografia nautica esisteva perfino tra popoli che non possedevano una scrittura: ricordiamo i blocchi di legno lavorati dei Groenlandesi e le mappe di fibre dei Polinesiani delle isole Marshall. Le carte nautiche più antiche occidentali datano dall'inizio del 1300, ma la loro relativa maturità suggerisce che una cartografia mediterranea si sia sviluppata ben prima di quell'epoca.

La guida tipica per la navigazione dei tempi classici era stato il periplus, il portolano dell'antichità greco-romana. Alcuni testi di peripli ci sono pervenuti. Il più antico periplo che ci sia pervenuto, composto dall'ammiraglio cartaginese Annone all'incirca nel 450 a.C. descrive il viaggio lungo la costa dell'Africa occidentale fino alla latitudine di circa 7° sud. Si conosce il periplo di Scilace di Carianda (IV - V secolo a.C.) per le coste del Mediterraneo. Quello di Patroclo, del 300 a.C., lungo le coste del Caspio. Quello di un anonimo autore (circa 89 a.C.) lungo le coste dell'Oceano Indiano occidentale (allora detto Mar Eritreo). Quello di Arriano Nicomediense, del secolo II per il Mar Nero. Quello di Marciano di Eraclea, del secolo V, per le coste del Nord Europa, fino alla foce della Vistola. Questi peripli sono classificati come *Itineraria scripta*, cioè come resoconti di viaggi eseguiti effettivamente, e non si sa di eventuali mappe accompagnatorie.

E' stato suggerito che Bisanzio sia stata la culla delle carte nautiche, probabilmente perché possediamo alcune guide a rotte di mare e a percorsi di terra di era bizantina, ma non c'è niente in quei testi che indichi che erano accompagnati da carte geografiche. Sembra probabile che le carte nautiche siano apparse in un periodo posteriore, sviluppandosi gradualmente a partire da portolani. Dell'origine della bussola magnetica abbiamo detto nella sezione dedicata alla navigazione. Qui è importante che quelle notizie riguardanti la bussola magnetica vengano richiamate perché vedremo che il modo con cui furono costruite le prime carte nautiche teneva conto di quell'importantissimo sviluppo associato alla bussola magnetica (apparso più o meno contemporaneamente ad essa) che fu la rosa dei venti: il sistema di direzioni dell'orizzonte divenne l'elemento più appariscente delle primitive carte nautiche al punto che le direzioni stesse venivano rappresentate sulle carte in maniera ossessiva (e del tutto superflua rispetto alle esigenze).

Sappiamo che i due bacini nei quali si sviluppò la navigazione furono (1) quello dell'Oceano Indiano dominato dagli Arabi, dagli Indiani e dai Cinesi e (2) il Mediterraneo. Sappiamo che il primo si prestava per la sua vastità all'applicazione della pratica astronomica (per quanto primitiva) della navigazione per latitudine, in cui gli Arabi eccellevano da lunga data, essendo stati i primi ad introdurre l'uso dell'astrolabio (appreso dai Greci) nella navigazione (e avendolo fatto precedere da quell'astrolabio molto primitivo, il kamal, di cui si è detto nel capitolo dedicato alla storia della navigazione). Il Mediterraneo si prestava invece a una navigazione non di tipo astronomico, ma a vista. Naturalmente, la navigazione strettamente a vista non poteva essere sempre praticata ed ecco allora che per i naviganti del Mediterraneo riusciva estremamente utile acquisire familiarità con il sistema delle direzioni dell'orizzonte. Questo spiega come mai sulle prime carte nautiche apparissero così tante rose dei venti, tutte intersecanti l'una con l'altra

Nel Mediterraneo nacque dunque la cartografia nautica. E occorre dire anche che la navigazione dell'Occidente all'inizio fu una faccenda veneziana e genovese. Fin dal secolo VII Veneziani e Genovesi avevano incominciato a correre in lungo e in largo il Mediterraneo. E' probabile che fino alla fine del millennio le carte nautiche non siano apparse, o per lo meno, abbiano avuto un aspetto molto primitivo

La costruzione delle carte nautiche medioevali non era fondata su principi matematici. Finchè si trattava di realizzare carte di zone conosciute, si può senz'altro ritenere che la pratica corrente sia stata quella della semplice copiatura di carte precedenti ritenute affidabili (con opportuni accorgimenti per le dimensioni). La parte di lavoro notevolmente impegnativa doveva essere la realizzazione dello schema del complesso di linee delle rose dei venti. Secondo l'opinione di alcuni, questo reticolo di rose doveva servire a un duplice scopo: anzitutto le varie linee servivano di riferimento nel segnare le posizioni di un certo numero di punti notevoli della costa, di modo che, dopo aver marcato questi punti, l'intero profilo della costa poteva essere tracciato.

**NEA** Acronimo di *Near Earth Asteroids*

**NEAR, sonda**

**NEAR, Mathilde**

**Nemesis**

**nebulosa**

**nebulosa planetaria** → **accrezione**.

**nebulosa extragalattica**

**NED** Acronimo di *Nasa Extragalactic Database*. → **catalogo astronomico** sub «Data-Base».

**NEO** Acronimo di *Near Earth Objects*, asteroidi e comete che transitando all'interno dell'orbita di Marte, possono intersecare l'orbita terrestre precipitando sulla Terra.

Tali oggetti sono sorvegliati da appositi programmi di studio come lo **Spaceguard**, e secondi alcuni sarebbero all'origine di fondamentali rivolgimenti evolutivi nella fauna del nostro pianeta, come l'estinzione dei dinosauri.

**neomenia** Dal greco *νοσηνια*: novilunio. Il termine indicava nel calendario babilonese l'inizio di un nuovo mese in corrispondenza della prima apparizione della falce lunare.

▼ Replica del telescopio riflettore di Newton



Poichè la Luna veniva osservata al tramonto, per varie avverse condizioni atmosferiche, la neomenia poteva essere determinata con difficoltà, e di conseguenza poteva accadere che l'inizio del mese slittasse anche di qualche giorno, e che il calendario lunare nominale si trovasse così indietro rispetto a quello reale con necessità di correzioni: → **calendario** sub «Calendari dell'area mesopotamica».

**Nepero**

**Nepero, bastoncini di**

**Neptune François, Le** Atlante nautico stampato a Parigi nel 1683 composto di 30 carte a colori compilato da una serie di ingegneri coordinati da **Cassini**.

L'Atlante contiene carte con linee batimetriche, indicazioni sulle maree, e altri dati relativi ai mari su cui si affaccia la Francia, la Gran Bretagna e l'Olanda, nonché al Mediterraneo.

**Neucrate**

**neutroni, stella di**

**New General Catalogue**

**Newgrange**

**Newton Isaac**

**newtoniana, configurazione** **newtoniano**.

**newtoniano, telescopio**

**NGC** → **New General Catalogue**.

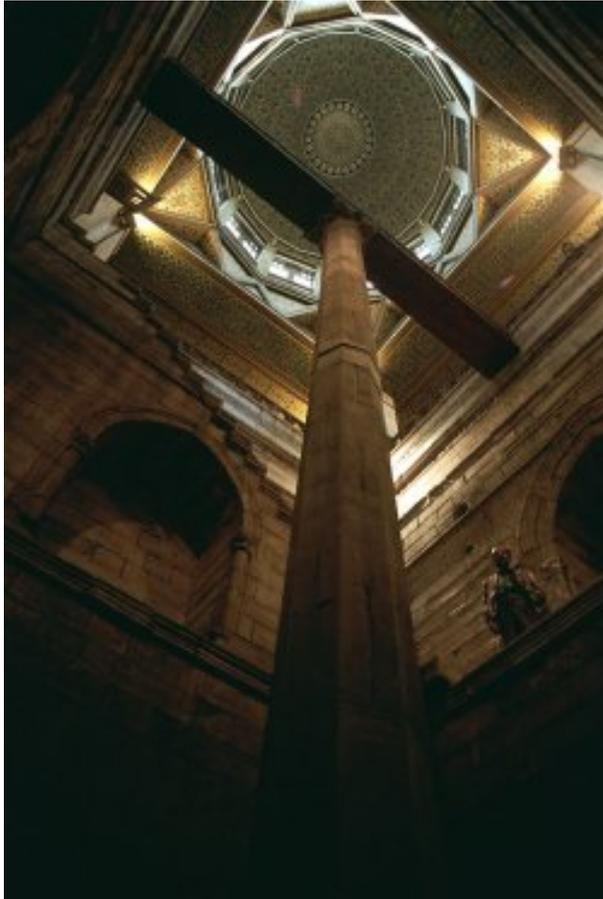
**NGC 221**

**NGC 224**

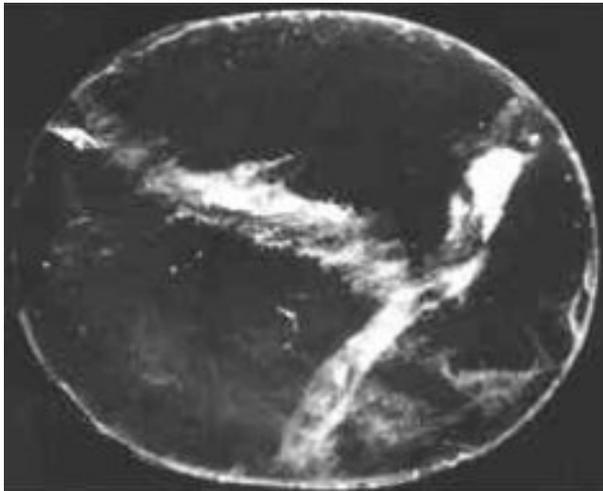
**Nigidio Figulo** scrisse sfera barbarica e graecanica

**nilometro**

## ▼ Nilometro



## ▼ Il cristallo di roccia rinvenuto a Nimrud dall'archeologo A. H. Layard. Londra, British Museum



**Nimrud, lente** La cosiddetta *lente di Nimrud*, è un cristallo di roccia di forma circolare trovato dall'archeologo inglese Austen H. Layard presso l'omonima città assira (l'antica Kalakh) nella campagna di scavi 1848 - 1851.

L'oggetto, attualmente al British Museum, ha sollevato la curiosità degli archeologi. Giovanni Pettinato dell'Università di Roma, ha prospettato l'ipotesi, ma si tratta di una tesi isolata, che possa trattarsi di un componente di un primitivo telescopio, considerata la versatilità e la competenza degli Assiri in astronomia.

Pettinato ritiene che la sua ipotesi possa essere avvalorata dalla circostanza che gli Assiri ritenevano che Saturno fosse circondato da un anello di draghi. La suggestiva ipotesi sembra però scontrarsi con l'obiezione che il serpente ricorre frequentemente nella mitologia assira, ma soprattutto va osservato che la qualità ottica dell'oggetto è talmente scadente che è molto difficile che con essa si potesse distinguere qualcosa, specie un oggetto lontano, mentre ne è probabile un uso per ingrandimenti di oggetti ravvicinati. Malgrado l'autorità del parere, l'oggetto non poteva assolutamente assolvere ad usi astronomici.

Per approfondimenti sul probabile uso di lenti nell'antichità → [ottica](#).

**nodi, linea dei****nodo ascendente**

**Nonae** → [calendario sub](#) «Calendario romano».

Giorni a cadenza fissa nel calendario romano introdotti da [Numa Pompilio](#).

Le Nonae cadevano nel primo quarto di Luna, propriamente il nono giorno prima delle **Idi**. Il termine indicava quindi i *noni giorni* prima delle **Idi** conteggiati secondo il sistema inclusivo romano che contava l'ultimo giorno di una serie anche come il primo della serie successiva.

**Norton's Star Atlas****notturlabio****novae, stelle**

**Novara Domenico Maria da** (-) Maestro di Copernico a Bologna

**Novio Facondo** (I sec. a.C. - I sec. d.C.) Secondo quanto riporta [Plinio](#) nell'*Historia naturalis*, Facondo Novio fu l'architetto romano che realizzò la meridiana di Augusto al campo di Marte in Roma.

Lo gnomone era costituito da un obelisco che sorgeva ad Eliopolis ove fu fatto realizzare dal faraone Psammetico II (594 - 588 a.C.), e venne fatto trasportare a Roma nel 10 a.C. dallo stesso Augusto: → [romana astronomia](#).



## ▲ Notturlabio

**nuclei galattici attivi** → AGN.

**nucleo galattico**

**nucleosintesi stellare**

**Numa Pompilio** (754 - 674 a.C.) Secondo re di Roma. È ricordato per essere stato il primo ad aver promosso in Roma il calendario, essendo incerta la reale sistenza di un calendario romuleo. Il suo calendario fu vigente sino al 46 a.C.: → **romana astronomia, calendario**.

Di lui abbiamo notizie da Tito Livio e Plutarco:

**numero d'oro** Numero usato per alcuni calcoli dei calendari ecclesiastici, come la data della Pasqua. Il ciclo fu ideato da **Metone** e diffuso ad Atene ai tempi di Pericle, per cui è detto anche «ateniese». Il ciclo comprende 19 anni solari con 235 lunazioni distribuiti 125 mesi abbondanti e 110 mesi difettivi (→ **calendario**). Il numero ha questo nome perché, secondo quanto riporta la tradizione, gli Ateniesi lo incidavano, in luoghi pubblici ed a fini calendariali, in lettere d'oro su una lamina d'argento.

Per trovare il numero d'oro relativo ad un qualsiasi anno, si somma 1 all'anno e si divide poi per 19. Il resto della divisione è il numero d'oro, e se questo resto è eguale a 0 il numero d'oro è eguale a 19.

**numero di Wolf** → Wolf.

**nundinum** → **calendario** *sub* *Calendario numiano*.

Periodo di otto giorni con cui veniva designata la settimana di otto giorni nell'antica Roma. Secondo questa procedura venivano considerati nel computo tanto il giorno iniziale quanto quello finale.

Nell'antica Roma le *nundinae* erano i giorni del mercato che si svolgeva ogni 9 giorni nominali ma 8 giorni effettivi, perché presso i Romani era costume contare i giorni secondo il sistema cosiddetto *inclusivo*: l'ultima unità di una serie era anche la prima unità della serie successiva.

**Núñez Pedro** (1522 - 1600) Noto soprattutto per il suo autore del *De arte atque ratione navigandi*, dove descrive la curva da lui ideata chiamata *rumbus*, ed in seguito **lossodromia** dallo **W. Snellius** che taglia tutti i meridiani sotto un angolo costante.

Tale curva spiraliforme è usata in navigazione: → riquadro a pagina **66** *sub* **atlante**.

**nutazione**



# O

## O-B associazioni

### obiettivo

**Ockham William de** (-)

**Occhialini Giuseppe** (1907 - 1933)

### occultazione

**octaeteris** Ciclo di 8 anni introdotto nel calendario greco dall'astronomo **Cleostrato**: → **calendario sub** «*Calendario greco*».

### oculare

**Odierna Giovan Battista** (1597 - 1660) Religioso, architetto e astronomo di scuola galileiana, oggi completamente dimenticato, fu tra le personalità più importanti della sua epoca. Versatile mente, si dedicò anche agli studi di botanica e matematica, e lavorò alla progettazione e costruzione della città di Palma di Montechiaro (1635) dove si spese.

La vastità degli interessi lo portò a pubblicare nel 1654 gli *Opuscola*, un'opera dedicata a quattro distinti rami della scienza: astronomia, ottica, meteorologia e scienze naturali, dove offrì un mirabile esempio d'indagine condotta al microscopio studiando fra l'altro l'occhio della mosca.

La notorietà nella sua epoca gli venne dalla scrupolosità delle osservazioni, in specie dalle effemeridi dei satelliti di Giove e dalla pubblicazione, ancora nel 1654 a Palermo, del *De Admirandis Coeli Characteribus*.

Quest'opera che come la sua figura non fu affatto conosciuta come doveva esserlo in Europa, rappresenta la prima catalogazione di oggetti non stellari. Come **C. Messier**, Odierna era appassionato di comete e cercava di scoprirne, e cercandole s'imbatté anch'egli in questi oggetti non stellari allora del tutto sconosciuti. Dei tanti che si trovano catalogati nell'opera (più di 40) quasi la metà sono nebulose, e tanto per citarne uno, l'oggetto poi chiamato come M47 fu scoperto da lui e non da Messier.

I motivi della scarsa conoscenza della sua figura nel mondo scientifico sono inspiegabili.

Certo influì la sua forte adesione alla filosofia atomistica da una parte ed il rifiuto del copernicanesimo dall'altro, così che la sua figura venne liquidata dalla storia troppo sbrigativamente come quella di un contraddittorio ed eclettico personaggio, ma non è da escludere, come pure da qualcuno avanzato, che – questo a parte – le sue ricerche che andavano ben al di là del sistema planetario del cui solo tutti allora si occupavano, fossero troppo avanti coi tempi per essere comprese.

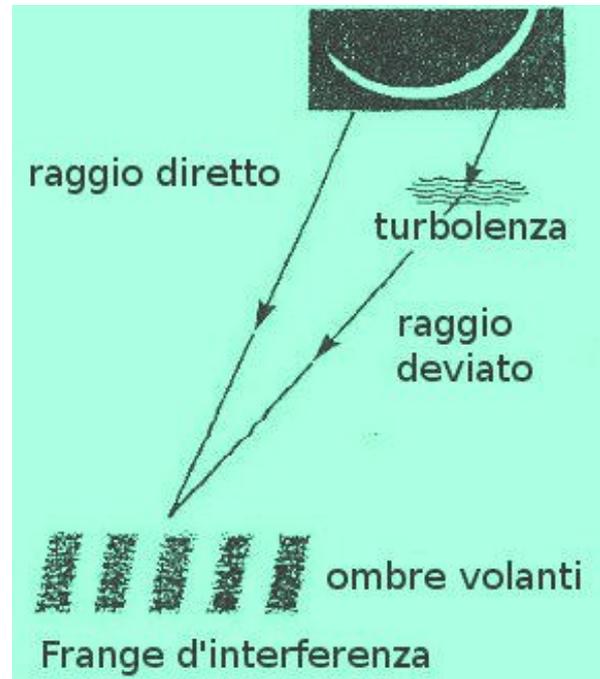
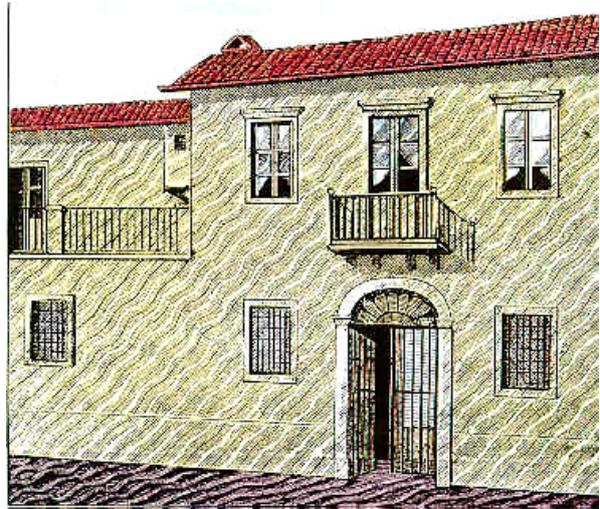
Ad Odierna è stato dedicato l'asteroide 1990 ES5, chiamato in suo onore Hodierna 1990 ES5, altra grafia sotto cui lo scienziato si trova citato.

**Olbers Heinrich Wilhelm**

**Olbers, paradosso di -**

**Olcott William Tyler** → AAVSO.

▼ In alto disegno ottocentesco delle ombre volanti su una casa in Sicilia durante l'eclisse solare del 1970, in basso rappresenta schematica dell'ipotesi di Codona



**Olimpiade** Metodo di misura epocale del tempo in uso ad Atene dal 776 a.C. sino al 391 d.C. quando ne fu decretata la chiusura da parte di Teodosio in quanto pagane e quindi contrarie al culto cristiano. → **calendario sub** «*Calendario greco*» e *sub* «*Ere sacrali*».

**ombre volanti** Fenomeno elusivo, di difficile visibilità, che si verifica prima della fase di totalità dell'eclisse, di cui non esiste un'esauriente trattazione né certezza scientifica intorno alla sua dinamica.

L'esperienza osservativa sembra suggerire che il fenomeno originarsi dall'interferenza degli ultimi raggi del Sole con strati non omogenei dell'atmosfera di differente densità, illuminati da una sorgente luminosa poco estesa, quale l'ultima falce solare, e mossi da venti e correnti di diversa velocità.

Il percorso leggermente diverso compiuto dalla luce prima di giungere a terra attraverso strati di diversa composizione e compattezza, genererebbe il fenomeno, che si presenta più accentuato quando maggiore è la **turbolenza** atmosferica e minore

- ▼ Montatura Stützmontierung; riflettore da 2 m dell'osservatorio Ondřejov (Praga) in Cecoslovacchia



l'altezza del Sole eclissato, la cui luce giungerebbe così quasi radente.

In questo caso, se i raggi luminosi giungono leggermente sfasati in frequenza, si possono formare bande d'interferenza di colore chiaro e scuro, e poiché un'eclisse è un processo in continuo evolvere di gradazione luminosa le bande d'interferenza si mostrano continue.

Dato il basso contrasto che presenta, il fenomeno si evidenzia in genere su superfici bianche come le pareti di una casa.

Finora l'unica trattazione esaustiva del fenomeno è stata fornita da L. Codona, [72]. Dal momento che il fenomeno si verifica (almeno in prevalenza) quando maggiore era la turbolenza atmosferica e minore l'altezza del Sole in eclisse, Codona ha ipotizzato che la falce di luce che giunge a terra compia, proprio a causa della turbolenza, una doppia traiettoria, con la conseguenza che i raggi luminosi arrivano leggermente sfasati in frequenza formando proprio come avviene bande di interferenza chiare e scure.

Il movimento delle bande (delle ombre volanti) dipenderebbe di conseguenza dalla dinamicità del fenomeno: turbolenza continua e moto apparente del Sole e della Luna.

**omeomerie** Semi all'origine di tutte le cose secondo la concezione cosmologica di **Anassagora**.

**onde gravitazionali** → onde **gravitazionali**.

**Ondřejov, osservatorio** Osservatorio dell'Accademia delle Scienze della Repubblica ceca, uno dei più antichi della regione e diretto successore di un primo osservatorio fondato dai Gesuiti nel 1722 a Praga.

La sede attuale a circa 30 km da Praga fu scelta sul finire degli anni venti del secolo scorso ed è stata implementata nel tempo con una ricca dotazione strumentale dedicata anche allo studio del Sole ed alla radioastronomia. Lo strumento principale nell'ottico è un telescopio da 2 m di apertura ospitato su un'inusuale montatura la «Stützmontierung» visibile in questa pagina.

**Oort Jan** (1900 - 1992)

**Oort, nube**

**Ophioclus**

**Öpik Ernst Julius** (1893 - 1985) Astronomo estone, insegnò all'università di Tartu sino al 1944, quando all'avvicinarsi dell'armata rossa si trasferì prima ad Amburgo e quindi nel 1948 ad **Armagh** dove rimase sino alla morte.

Fra gli astrofisici della sua generazione fu uno dei più grandi per i notevoli contributi apportati in varie branche dell'astronomia e dell'astrofisica, ma anche uno dei più incompresi forse proprio per la vastità degli interessi che non furono mai settoriali, anche se, come raccontano le fonti, per una certa eccentricità del carattere.

Öpik condusse studi sulle nane bianche, sulle ere glaciali, determinò la distanza di oggetti extragalattici come la nebulosa di Andromeda, ipotizzò l'esistenza di un ammasso cometario come bacino di provenienza delle comete che più tardi divenne noto come nube di **Oort**, compì studi fondamentali sulle meteore e sui piccoli corpi in genere del sistema solare. In quest'ultimo campo i suoi studi statistici furono fondamentali nel progresso di questo settore: Öpik fu il primo a determinare la velocità delle meteore con un apparecchio da lui stesso ideato la *Rocking camera*, predisse i crateri marziani la cui esistenza fu confermata dalle prime sonde spaziali.

Ad Öpik fu dedicato un asteroide (2009) scoperto nel 1977 in occasione del ottantacinquesimo compleanno, e successivamente un cratere su Marte.

**Opkins, osservatorio di monte -**

**opposizione, effetto d'** Fenomeno relativo a corpi del sistema solare privi di atmosfera quando presentano (relativamente all'intero corpo ovvero ad una parte di esso) una rapida non lineare curva di crescita della luminosità cui segue una più lineare decrescita. Il primo caso si verifica quando l'angolo di fase ha valori  $\alpha > 7^\circ$ , il secondo quando detto angolo assume valori maggiori [120, 296].

Il fenomeno è particolarmente accentuato sulle regoliti, particelle di dimensioni maggiori della lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica incidente.

Queste particelle sparpagliate e di scarsa compattezza, costituiscono una superficie porosa nella quale la radioazione solare può facilmente penetrare, di modo che un immaginario osservatore che guardi in direzione parallela a quella del raggio incidente (angolo di fase  $\alpha = 0$ ), vedrà una superficie completamente illuminata, ma solo parzialmente illuminata se la guarderà sotto un altro angolo di fase, essendo la restante parte in ombra.

I primi studi in materia risalgono alle ricerche del XIX secolo condotte da Hugo von Seeliger, in uno studio sulla luminosità degli anelli di Saturno, che studiò il fenomeno dandogli il nome di *effetto ombra*. Nel 1963 Bruce Hapke suggerì che l'effetto ombra fosse l'origine dell'effetto d'opposizione della Luna.

**OPT (optical path length)** → **riflessione della luce**.

**ora italiana** → meridiana.

**orbita**

**orbita risonanza** ??? QUI ?? sta sotto risonanza orbitale

**ore temporarie** → **quadranti solari**. Sistema di misura del tempo in uso presso Greci e Romani, detto anche *temporale*, *giudaico* ed *ad ore disuguali*.

Secondo tale sistema, il giorno, inteso così non l'arco delle 24 ore bensì soltanto la parte del giorno illuminata dal Sole, era diviso, a prescindere dalla data in 12 ore.

Conseguentemente, a seconda della diversa altezza (declinazione) del Sole, l'ora aveva una diversa durata a seconda della



- ▼ Lo Schmidt Oschin prima dei lavori di riaménagemento per la predisposizione ai sensori CCD



stagione e del mese di pertinenza, risultando ovviamente di maggior durata in estate e minore in inverno.

Le ore erano numerate da 0 a 12, dove 0 rappresentava il momento del sorgere del Sole, e 12 il suo tramonto. Il mezzogiorno era rappresentato dall'ora sesta. La differenza è notevole. Alla latitudine media di 40° al solstizio d'estate l'ora temporaria dura 1 ora e 15 minuti, al solstizio invernale 45 minuti: SCRITTO MALE

**Oresme Nicola** (1323 - 1382)

**Orion Correlation Theory** → Piramide di **Cheope**.

**Orione**

**Orionis, α**

**orizzonte**

**orizzonte degli eventi**

**oro, numero d'** → **numero d'oro, calendario** sub «*Calendario greco*».

**orologio**

**Ortelius Abramo** (1528 - 1598) Cartografo olandese fra i fondatori della moderna cartografia.

Viaggiò molto e si stabilì ad Anversa dove nel 1564 pubblicò una carta del mondo in otto fogli. Nel 1570 dette alle stampe il *Theatrum Orbis Terrarum*, il primo atlante moderno che conobbe ben 36 edizioni. La sua produzione cartografica fu però soppiantata quasi subito dalla nuova impostazione scientifica data alle carte da → **Mercatore, atlante**.

**ortoscopico, oculare -**

**ortropica, sorgente -**

**Oschin Samuel**

## Oschin, telescopio

**Osiander Andreas** (1498 - 1552) Nome «umanistico» con cui è conosciuto il teologo e astronomo luterano A. Hosemann, noto per la prefazione *anonima* al *De revolutionibus* di → **Copernico**.

Nato a Gunzenhausen, in Germania, ordinato sacerdote nel 1520, si convertì dopo due anni al luteranesimo. Nel 1548, a seguito di contrasti col Senato cittadino, si trasferì a Bratislavia, e quindi a Königsberg, dove concluse la sua vita. Convinto diffusore del protestantesimo, pubblicò una Bibbia annotata ed una versione dei Vangeli (1522 e 1537).

Amante delle matematiche, oltre che con Copernico fu in corrispondenza **G. Cardano** che gli dedicò l'*Artis magna sive de regulis algebraicis liber*, è ricordato soltanto perché, del tutto casualmente, il suo nome fu associato *ex post* alla prefazione anteposta al *de revolutionibus*. Avendo il **Rheticus** demandato all'Osiander la prima pubblicazione dell'opera di Copernico, questi chiese all'astronomo di presentare il proprio lavoro soltanto come un'ipotesi matematica, ma Copernico, ovviamente, si rifiutò. Ciò nonostante l'Osiander, approfittando forse delle ormai precarie condizioni di salute di Copernico, inserì di propria iniziativa la tanto contestata prefazione che qui appresso si riporta.

*Al lettore sulle ipotesi di quest'opera*

*Non dubito che alcuni studiosi, diffusa ormai la fama della novità di questa opera, che pone la terra mobile e il sole immobile in mezzo all'universo, si siano fortemente risentiti, e ritengano che non c'era alcun bisogno di rendere incerte le discipline liberali, una volta sapientemente stabilite. Se essi vorranno però riflettere saggiamente sulla cosa, troveranno che l'autore di questa opera non ha commesso nulla che meriti rimprovero. È infatti proprio dell'astronomo prima registrare la storia dei moti celesti mediante osservazioni abili e accurate; quindi, escogitare e supporre le loro cause, ossia certe ipotesi, in un modo qualsiasi, non potendole dimostrare in alcun modo come vere. Partendo da tali ipotesi, si possono calcolare correttamente i moti celesti, in base ai principi della geometria, tanto nel futuro che nel passato. (...) Permettiamo dunque anche a queste nuove ipotesi, fra le antiche, il diritto di farsi conoscere, ma non come più verosimili, tanto più che sono ammirevoli e semplici, e recano con sé un grande tesoro di osservazioni dottissime.*

Successivamente **Keplero** rese manifesto il nome dell'Osiander come vero autore della prefazione, ridando così al lavoro di Copernico tutta la dignità.

## OSSE

### Ossequiente Giulio

**osservatorio astronomico** Edificio che ospita strumentazione ottica, elettronica o radio-elettronica destinata all'osservazione e allo studio dei corpi celesti. In Italia la sede di un osservatorio astronomico, con riferimento ad una cupola, ad un tetto apribile od anche ad una finestra che consentisse osservazione astronomica, è stata a lungo indicata come → **specola**. Dalla seconda metà dell'Ottocento il nome è d'uso comune anche per edifici destinati ad osservazioni e studi non astronomici, come gli osservatori sismologici, geodetici, meteorologici, ecc.

L'osservatorio astronomico, tranne che si tratti di strumenti privati, dipende sempre da un organismo di ricerca scientifica (professionale o amatoriale), ed è composto di vari caseggiati spesso distinti: edificio con la cupola, uffici, laboratori, locali per l'elaborazione dei dati, . . . Gli osservatori destinati all'indagine delle radiosorgenti (radiotelescopi), date le dimensioni dell'antenna, sono privi in genere di copertura. Diversa struttura ancora, in relazione alla funzione chiamata a svolgere, presentano gli edifici che ospitano particolari strumenti come quelli dei **passaggi** ove la classica cupola emisferica tipica degli osservatori operanti in ottico è sostituita da una *casetta* in postazione fissa che presenta un solo lato apribile in direzione Sud, per determinare il momento del passaggio dell'oggetto; e gli osservatori solari nei quali l'**eliostato** e lo specchio sferico (non parabolico) sono racchiusi in una piccola cupola a diverse decine di metri d'altezza dal suolo e che operando durante il giorno non presentano i problemi tipici degli osservatori operativi di notte; in questi inoltre il fascio luminoso è condotto attraverso una tubatura verso il piano focale.

Le singole specifiche componenti di un osservatorio astronomico, secondo la particolare finalità, sono discusse ai relativi lemmi: → **telescopio, montatura, radiotelescopio, eliostato, . . .**

- *La nascita dell'osservatorio moderno*
- *Parametri di struttura di un osservatorio*
  - ▶ *Sostentamento del telescopio*
  - ▶ *Comfort e ambiente climatico*
  - ▶ *La cupola*

■ *La nascita dell'osservatorio moderno.* Gli unici strumenti d'osservazione adottati prima dell'invenzione del telescopio furono quelli di cui è descrizione ai lemmi relativi, derivanti tutti da un medesimo capostipite, di cui non abbiamo il nome, costituito nella versione più semplice da due assicelle di legno incernierate ad una delle estremità, apribili della misura richiesta, che permettevano di misurare il valore dell'angolo al vertice; in sostanza un compasso con goniometro incorporato. Lo strumento usato orizzontalmente permetteva di misurare la distanza angolare fra due punti nel cielo, verticalmente, con un lato parallelo all'orizzonte, dava l'altezza dell'astro. Lo strumento originario conobbe numerose varianti come la → **balestriglia**, il **bastone di Giacobbe**, il **radio latino**, . . . sino a raggiungere nel **quadrante murale** uno delle più notevoli evoluzioni fra gli strumenti di misura.

Dopo l'invenzione del cannocchiale le osservazioni astronomiche sino alla fine del Seicento si svolsero all'aperto, ed un primo riparo si ebbe soltanto quando vennero costruiti quadranti murali di notevoli dimensioni che esigevano uno stazionamento fisso; anche in questo caso tuttavia non si trattava mai di edifici costruiti *ad hoc* (ad eccezione dell'**Uranienborg** di Thyco), bensì di strutture preesistenti, torri o ultimi piani di università adattati al bisogno. **Copernico** stesso svolse le sue osservazioni all'aperto all'ultimo piano della sua abitazione e dal suo studio, e soltanto negli ultimi anni di vita **G. Galilei** osservò da una terrazza coperta. Quello che per quasi cent'anni dall'invenzione del telescopio mancò fu la consapevolezza dell'indispensabilità di affiancare al nuovo strumento i progressi che si erano ottenuti nel campo della meccanica di precisione, la cui necessità applicativa all'astronomia **Tycho** aveva documentato sia con l'*Astronomiae instauratae mechanica* del 1598 sia con la costruzione dei suoi strumenti, e ci si limitò ancora, forse per tradizione, all'osservazione visuale e al disegno planetario, senza prendere nota delle distanze angolari. Quando le componenti ottiche raggiunsero un notevole (per i tempi) diametro d'apertura e gli strumenti che permettevano osservazioni dettagliate crebbero di conseguenza

in dimensioni ed in peso, a motivo della conseguente intrasportabilità la costruzione di un riparo stabile divenne un rilevante fattore per l'osservazione. Abbandonata la montatura altazimutale in favore di quella equatoriale, s'iniziarono a costruire attorno all'asse orario e di declinazione i relativi cerchi, si applicò a questi un nonio e le prime misure ebbero inizio.

Il primo osservatorio stabilmente costruito secondo criteri scientifici fu quello di → **Dorpat**, dotato di una cupola girevole secondo una soluzione poi adottata con modifiche da tutti gli osservatori astronomici: le aperture erano però ancora a finestra. L'osservatorio fu pioniere nello sfruttare due principi che vennero applicati in seguito: a) la sopraelevazione dello strumento rispetto al suolo per eliminare il più possibile dense masse d'aria oltreché per una maggiore visibilità all'orizzonte; b) l'irrigidimento con strutture portanti del piano sui cui poggia lo strumento per una maggiore stabilità e per attutire le vibrazioni durante l'osservazione: immagini al lemma citato.

■ *Parametri di struttura di un osservatorio.* Le codifiche da rispettare nell'impostazione di un osservatorio astronomico sono varie, ed attengono tanto all'equazione personale standardizzata di chi deve operare in cupola muovendosi liberamente, sia a dati scientifici e tecnici di varia natura.

Esistono però parametri generali da rispettare quali la qualità del cielo, che riguarda tanto il **seeing** quanto la distanza da sorgenti di inquinamento luminoso, quanto ancora le notti serene a disposizione; se si sceglie di dedicarsi eventualmente alla sola osservazione planetaria la presenza di sorgenti luminose anche estese non costituisce un problema rilevante, mentre diventa un elemento ostativo nel caso di fotometria di oggetti deboli.

S'intende che queste condizioni ottimali possono essere rispettate *in toto* soltanto dagli osservatori professionali che hanno possibilità di trasferire le sedi in luoghi eccellenti come le Canarie o l'altopiano de La Silla; a livello amatoriale, essendo l'attività astronomica un ritaglio di tempo fra gli affari quotidiani, l'osservatorio è naturalmente costruito, compatibilmente con i parametri citati come essenziali, il più vicino a casa perché deve essere facilmente controllabile: pochi luoghi come questo sono oggetto di atti vandalici. Non è raro del resto il caso di associazioni amatoriali che in condizioni sfavorevoli svolgano con un 400 mm attività che strumenti di assai maggior diametro di organismi professionali non compiono affatto, per non nominare quelli che sono deprecabilmente inoperativi.

▶ *Sostentamento del telescopio.* Il piano su cui il telescopio, o direttamente o tramite un sostegno di una certa altezza, è posizionato, esige una solida struttura in cemento armato, meglio se costruita applicando la tecnica del cemento vibrato; deve essere di una maggiore superficie rispetto alla base della montatura, progettato in relazione al peso da sostenere, e – soprattutto – isolato dal piano di calpestio che deve trovarsi rialzato rispetto a questo almeno di una ventina di centimetri e possibilmente realizzato in legno. I movimenti di uno o più eventuali operatori in cupola si traducono infatti in vibrazioni trasmesse allo strumento, e se questo è impegnato in riprese a lunga posa le immagini sono degradate.

È questo il supporto di cui si è discusso *sub* → **montatura**.

▶ *Comfort e ambiente climatico.* La capacità di accogliere quanti debbono operare è forse il primo parametro da rispettare: una cupola di 3 m di diametro interno che ospiti un newtoniano con obiettivo da 300 mm a lunga focale su montatura tedesca è già inabitabile, e se per lo stesso diametro dell'obiettivo si ha un rifrattore, le dimensioni della cupola raddoppiano istantaneamente. Il comfort non si risolve infatti nella sola gestione dello spazio, ma nel considerare questo in funzione della strumentazione, della focale del telescopio, della sua montatura, dell'ap-



### Sulle modalità di trasmissione del calore

La trasmissione del calore fra due corpi è studiata dalla termocinetica, una branca della fisica che si occupa dei fenomeni termici con riguardo alla velocità con cui viene scambiato il calore. In ossequio a due principi della termodinamica si verifica che: a) il corpo a maggiore temperatura cede calore a quello a minore temperatura; b) il calore ceduto dal corpo a maggiore temperatura è assorbito per intero da quello a minore temperatura.

Lo scambio di calore può verificarsi secondo tre modalità:

- *Per conduzione.* Quando due corpi entrano in contatto le loro molecole, come suggerisce il nome, iniziano a condurre, e quelle del corpo a maggiore energia termica iniziano a trasferire calore verso quelle del corpo a minore temperatura ed energia finché non viene raggiunto un equilibrio termico. Il trasferimento di calore è *zonale*, non è cioè necessario che i corpi siano in contatto fisico fra di loro, potendosi anche trovarsi l'uno nei pressi dell'altro. Se si considera una spessa barra di metallo di una data lunghezza, ad una delle cui estremità sia applicata con una fiamma una notevole sorgente di calore mentre l'altra estremità sia tenuta a temperatura ambientale, trascorso un tempo  $t$ , a ragione dello scambio di calore non si presenteranno più variazioni di temperatura nel tempo, e lo stato sarà stazionario. Tuttavia, poiché continua il disequilibrio termico, non cesserà il flusso di calore direttamente proporzionale alla differenza di temperatura fra i due estremi della barra e la sua sezione, e chiamando  $T_1$  la parte più calda,  $T_2$  quella a temperatura ambiente,  $\Delta Q$  la quantità di calore trasferita nel tempo  $\Delta t$  inversamente proporzionale alla lunghezza  $l$  della barra, si avrà:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \frac{T_1 - T_2}{l}$$

dove  $k$  è un fattore di proporzionalità in funzione delle caratteristiche del materiale chiamato *conducibilità termica*.  $\frac{T_1 - T_2}{l}$  rappresenta il gradiente medio di temperatura, ossia la caduta media di temperatura fra le due estremità della barra.

- *Per convezione.* Processo tipico di fluidi liquidi, gas, aria e acqua. Se il fluido entra in contatto con un corpo a temperatura elevata, in prossimità del corpo si verifica che il fluido freddo scende instaurando il processo; il calore si sposta quindi dal basso verso l'alto.
- *Per irraggiamento.* Il corpo caldo sprigiona radiazioni (calore) assorbite dal corpo più freddo, come avviene fra il Sole e la Terra.

parecchiatura meccanica ed elettronica usata; se lo strumento è dedicato esclusivamente all'osservazione visuale il comfort deve essere del massimo grado, ed anche in caso di un telescopio completamente automatizzato e controllato in remoto, la possibilità della presenza di un operatore va considerata per evitare che errori di programmazione o malfunzionamenti temporanei si traducano in danni gravi, come l'apertura della cupola quando piove o nevicata.

Un minimo di due locali contigui, uno dedicato allo strumento, l'altro all'elaborazione dei dati, costituisce il requisito minimo, considerando che quest'ultimo locale deve essere altrettanto confortevole, accogliere apparati elettronici ed anche – quantomeno – un angolo per l'elaborazione dei dati, una piccola biblioteca e un archivio.

Poiché il telescopio opera all'interno di un riparo, le condizioni climatiche di questo devono essere il più possibile simili a quelle esterne; escursioni termiche di qualche grado possono già produrre effetti negativi nella ripresa di immagini; in sostanza il mutare delle condizioni climatiche incide profondamente

sulle caratteristiche ottiche e meccaniche del telescopio e della strumentazione ausiliaria: sui non più in uso fotomoltiplicatori erano addirittura nocive. Le conseguenze di questi effetti sono ben conosciute, ma data la loro estrema tecnicità, si rinvia per approfondimenti ai testi che ne trattano.

Alcune precauzioni sono basilari. L'interno della cupola deve essere adeguatamente coibentato per evitare che in estate l'osservatorio, specie se di piccole dimensioni e costruito in lamiera, tenda ad assumere le caratteristiche di una fornace: il caldo è più dannoso del freddo. Bocche di aerazione, meglio se dotate di ventole, dovrebbero essere previste in numero sufficiente per evitare il surriscaldamento e una dilatazione eccessiva dei materiali; una batteria da 40 A/h ricaricata periodicamente da due piccoli pannelli solari assolve egregiamente al compito energetico. La situazione ideale sarebbe di poter disporre di termometri elettronici che regolino la potenza delle ventole diaframmando le aperture a seconda del calore creatosi all'interno della cupola; kit elettronici del genere si trovano a basso prezzo e la loro realizzazione è alla portata di chiunque.

Se questi sono gli effetti del caldo, altri sono gli effetti che un alto tasso di umidità può produrre. Spesso la tendenza è a sigillare ogni fessura per evitare, oltre l'acqua, l'ingresso di piccoli animali, ma ad impedire visite indesiderate sono sufficienti reti metalliche a maglia fitta poste adiacenti alle bocche d'aerazione. Può capitare (a chi scrive è successo) di recarsi in osservatorio in una di queste serate ad alto tasso d'umidità e veder letteralmente tutto bagnato, muri, porte, finestre, telescopio, come se piovesse da dentro mentre fuori era sereno perché l'osservatorio era stato reso privo di correnti d'aria appunto per sigillare tutti gli ingressi. La presenza di ventilatori riduce il problema, annullandolo se sono presenti deumidificatori di qualità, attivi anche solo per qualche ora al giorno.

Come ultima precauzione è buona cosa prendere periodicamente nota, nei vari mesi dell'anno a intervalli periodici, delle temperature interne, esterne e del tasso di umidità dell'aria, e volendo anche della velocità del vento. Queste tabelle, come si vedrà, sono utilissime per una pronta messa in stazione del telescopio in relazione ai suoi compiti.

- *La temperatura.* La temperatura muta di diversi gradi celsius ogni notte secondo parametri che variano dalla stagione a particolari condizioni ambientali, e il mutamento dal tramonto all'alba può raggiungere e superare i 12 °C in funzione della latitudine di operatività.

Tale escursione non produce effetti sulla collimazione dell'ottica, ma incide profondamente sulla focale: un tubo ottico in alluminio della lunghezza di 1 m, per escursione termica muta le sue dimensioni lineari di  $\approx 240 \mu\text{m}$  ogni circa 10 °C di decrescita della temperatura. Per questo motivo è necessario predisporre tabelle di temperatura in modo che l'operatore in funzione di esse possa procedere agli aggiustamenti di focale (già registrati) che l'influenza sull'escursione termica richiede. Il problema riguarda specialmente i telescopi che presentano un tubo ottico a struttura metallica, in quanto in un tubo ottico realizzato in materiale plastico o addirittura in struttura al carbonio, il problema è quasi assente.

La necessità di disporre almeno di due stanze contigue cui si accennava, una per lo strumento ed una per l'operatore, sta tutta qui. L'operatore è una sorgente di calore che emana onde attorno a sé, e se il locale è piccolo e se l'operatore si serve di apparati elettronici fonti anch'essi di calore la dissipazione è più lenta, ed aumenta la turbolenza interna causata dalle ventole di raffreddamento degli strumenti. Queste onde di calore si traducono in una scintillazione continua delle immagini che si somma a

▼ Ingombro in una cupola di una montatura tedesca a lunga focale



quella propria presente attorno alla sorgente d'osservazione se l'aria è ancora calda.

L'effetto è particolarmente presente negli osservatori a cupola di piccole dimensioni che non in quelli a tetto scorrevole, ove è quasi del tutto assente; in questo caso però, se parte del tubo ottico fuoriesce notevolmente dall'alloggiamento, questo sarà attraversato, se si tratta di una struttura del tipo Serrurier (→ **montatura**), da correnti d'aria che producono turbolenze. Il fenomeno, nelle medesime condizioni (fuoriuscita del tubo ottico dalla cupola), sarà presente anche nel caso del tubo chiuso, catadiottrico o rifrattore, perché l'aria in circolazione davanti all'obiettivo o alla lastra correttrice produrrà turbolenza con conseguente deterioramento della qualità delle immagini. Il motivo per cui i telescopi vengono ospitati in cupole obbedienti a determinati requisiti risiede in sostanza nella necessità di evitare turbolenze e fonti di calore, rendendo le condizioni ambientali-climatiche della cupola il più possibile simili a quelle esterne, attivando le dovute procedure di climatizzazione qualche ora prima che l'osservazione abbia inizio. Senza ricorrere a sofisticati meccanismi ed elaborate procedure, un timer che attivi un'ora prima del tramonto alcuni ventilatori aerando la cupola pone già il telescopio in condizioni favorevoli di lavoro.

- **La rugiada.** La formazione di rugiada avviene quando il vapor acqueo contenuto nell'aria entra in contatto con superfici che perdono calore; se non si dispone di adeguati sensori collocati all'esterno che avvisino della formazione (all'interno della cupola, se il telescopio è ben riparato, il fenomeno si presenta con qualche ritardo) quando ce ne si accorge ormai è tardi: in brevi istanti l'obiettivo del rifrattore o lo lastra correttrice o lo specchio del riflettore si troveranno letteralmente bagnati. Anche in questo caso esistono kit elettronici disponibili a basso costo in cui il sensore è composto da piastre argentate parallele fra loro: la presenza di vapor acqueo (rugiada) lungo le piste chiude il circuito e ne segnala la presenza; può essere utilmente utilizzato anche un sensore di pioggia.

Le modalità del fenomeno sono riconducibili a meccanismi della termocinetica che si trovano sinteticamente descritti nel riquadro

nella pagina precedente. Rinviando a quelli, ed integrando per la parte di competenza, nel caso di un telescopio in cupola, rispetto all'ambiente esterno, si ha: a) *trasferimento di calore per conduzione* ad opera soprattutto della strumentazione elettronica collegata al telescopio, della motorizzazione e della strumentazione ausiliaria connessa, come computer, stampanti, monitor, ... b) *trasferimento di calore per convezione* quando telescopio ed ambiente circostante si trovano a temperature sfasate fra loro di diversi gradi celsius; c) *trasferimento di calore per irraggiamento* in funzione dalla radiazione emessa dal telescopio verso l'atmosfera circostante: un telescopio operante ad una temperatura ambientale di 10°C guarda un cielo la cui temperatura media è circa -73°C, irraggiando più calore di quanto possa riceverne e raggiungendo presto il punto di formazione della rugiada. Il fenomeno si verifica qualsiasi sia il materiale di cui il tubo ottico è costituito.

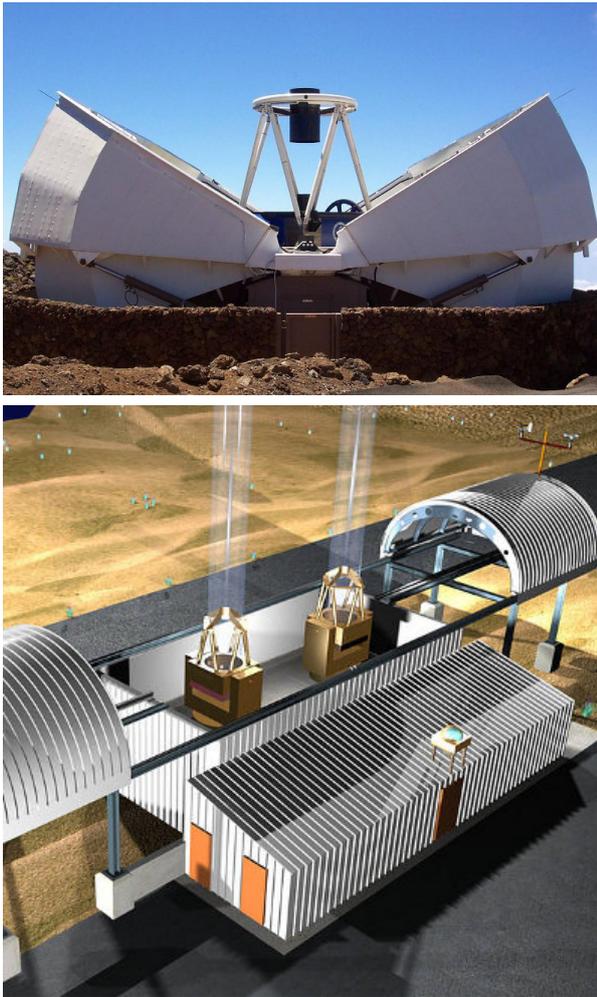
Il *punto di rugiada* è un fenomeno fisico il cui verificarsi è in diretta dipendenza del «kappa termico», cioè della caratteristica propria dei materiali di accumulare e cedere inerzie termiche calde o fredde. Il fenomeno è influenzato anche dall'umidità relativa dell'aria, dalla temperatura di questa, dalla temperatura superficiale dello strumento, dalla sua umidità intrinseca (residua ed eventuale).

Rimedi a queste situazioni, oltre a dotare l'osservatorio di adeguati sensori, non esistono. La formazione di rugiada, in diretta connessione con il tasso di umidità presente, può essere ritardata dotando il telescopio di un appropriato paralucente che in questo caso più che a proteggere dalle luci parassite serve a creare in prossimità dell'obiettivo un ambiente climatico più caldo che ritarda la formazione del fenomeno. La soluzione è comunque applicabile solo ai rifrattori ed alle camere Schmidt, non agli specchi dei riflettori. A livello amatoriale alcuni pongono tutt'intorno all'obiettivo una teoria di resistenze elettriche alimentate a basso voltaggio della potenza da 1/4 watt sino a 2 watt collegate in serie fra loro; altri ancora addirittura una cintura termoelettrica (*dew zapper* in inglese): secondo questi principi il calore generato paralizza la formazione della rugiada; si tratta naturalmente di soluzioni che alimentano istantaneamente, anche se in minima parte, proprio quelle onde termiche che si diceva sono assolutamente da evitare, e come tale adatte a telescopi trasportabili, non a quelli che hanno ambizione di ricerca scientifica. Questa tecnica è stata da taluni utilizzata anche sull'oculare per evitarne appannamento a ragione del calore prodotto dall'occhio.

- **La cupola.** Il parametro più rilevanti nella costruzione di una cupola è costituito dalle dimensioni del telescopio e della relativa montatura. Qualunque sia la configurazione geometrica spaziale della cupola, è chiaro che questa deve assolvere anzitutto alla condizione di porre lo strumento che ospita e protegge nelle condizioni di massima operatività, e quindi non solo le sue dimensioni ma altri parametri devono essere a questa funzionali. Rifrattori a lunga focale come quelli di **Yerkes** e di **Meudon** alloggiati su montature alla tedesca, le uniche idonee a gestirli, avevano necessità di cupole gigantesche con conseguente lievitazione del prezzo nella costruzione: l'immagine mostrata in questa pagina è esauriente circa l'ingombro imposto. Il centro dell'edificio che sostiene la cupola deve infatti coincidere con il centro dell'asse di declinazione strumentale della montatura, e quindi la struttura portante occupa gran parte del lato Sud dell'edificio; nel caso di una montatura equatoriale alla tedesca o inglese fuori-asse occorre poi lasciare libertà di movimento non solo al telescopio ma anche ai contrappesi collocati all'estremità opposta del tubo ottico. Date le dimensioni di questi strumenti molti osservatori iniziarono a dotarsi di una piattaforma



- ▼ In alto cupola del telescopio Liverpool; in basso grafica 3D della sede dei telescopi Stella I e II, entrambi gli strumenti sono alle Canarie; dai siti ufficiali



ma rialzabile di diametro di poco inferiore a quello dell'edificio di sostentamento della cupola in modo che durante lo spostamento del moto orario si potesse seguire l'oggetto senza stare su scale altissime. Fu questo, ad esempio, il caso dell'osservatorio di **Vienna** e tanti altri; del resto l'osservazione all'oculare era tutt'altro che tramontata.

Quanto alla geometria spaziale della cupola emisferica, iniziata con l'osservatorio di Parigi, essa è proseguita sino a quasi la fine del secolo scorso, e tutte le grandi cupole, compresa quella del telescopio russo di **Zelunčukskaja** da 6 m di diametro hanno seguito questa costruzione. Una diversa geometria costruttiva iniziò ad essere applicata sul finire degli anni settanta con il **MMT**, e da allora la nuova soluzione è stata applicata a tutti i telescopi dell'era moderna, come il **TNG**, il **VLT**, il **LBT**...

La nuova generazione di cupole non presenta più l'edificio come un elemento distinto dallo strumento, ma in molti casi è solidale con esso, cioè ruota assieme ad esso applicando una configurazione costruttiva essenziale che salvaguarda comunque quella che è la caratteristica principale di una cupola, assicurare che la circolazione d'aria all'interno sia il più possibile simile a quella esterna: in questo senso il telescopio di Zelunčukskaja è stato un precursore negli studi in materia, perché date le dimensioni della cupola si rischiavano sbalzi termici notevoli con pregiudizio delle immagini. La costruzione a cupola emisferica non è stata tuttavia abbandonata: grandi telescopi come il **GranTeCan**

alle Canarie l'hanno recentemente adottata; essa è stata oggetto di studi all'inizio degli novanta ponendo nelle gallerie del vento modellini che hanno evidenziato le problematiche cui le cupole emisferiche vanno incontro quando vengono investite da correnti d'aria di varia angolazione ed intensità [108].

Esistono tuttavia diverse costruzioni recenti in configurazione cilindrica, poligonale, a tetto scorrevole,... adottate per il notevole risparmio che offrono nei materiali, nella maggiore facilità costruttiva, nel tempo richiesto.

Notevole diffusione hanno avuto le cupole dette geodetiche, sviluppate negli ultimi decenni del secolo trascorso specie a livello amatoriale per la loro semplicità costruttiva ed in seguito adottate anche da osservatori professionali [121]. Questo tipo di cupola, adottato fra l'altro anche dal radiotelescopio submillimetrico del → **CalTech** a **Mauna Kea**, presenta anch'essa una simmetria emisferica, ma non richiede, anche se di notevoli dimensioni, operazioni meccaniche particolarmente complesse. Al posto dei singoli spicchi che compongono la cupola emisferica di classica tradizione e che vanno lavorati secondo una geometria a triangolo sferico, tanto più laboriosa quanto più crescono le dimensioni, in questo caso si ha a che fare con una serie di figure appartenenti alla geometria del piano (i triangoli) che vengono poi assemblati fra loro secondo rapporti variabili in funzione del tipo di costruzione che si desidera ottenere. Un software di calcolo è disponibile in linea al sito di T. Landry [168] e consente di progettare le dimensioni dei singoli triangoli in relazione al diametro della struttura richiesto; sono presenti anche formule di calcolo. Le modalità di giunzione dei singoli triangoli possono essere le più varie, dall'imbullonatura, alla chiodatura, alla saldatura, al semplice incollaggio se il materiale di base è il legno ed è studiato solo per essere di supporto a strati di vetroresina interni ed esterni che irrigidiscano la struttura tenendola unita. In quest'ultimo caso si costruisce prima una cupola chiusa, quindi in prossimità dei punti dove va posizionato il portellone apribile (*infra*) si posizionano dei rinforzi strutturali e quindi si taglia la cupola nella parte interna di questi dalla base sino alla sommità per lasciare l'accesso strumentale dall'orizzonte allo zenith.

Uno dei requisiti della cupola è la sua solidità, cioè la resistenza al vento. Questo riguarda la cupola vera e propria, che dovendo ruotare deve essere solidamente ancorata al binario che si svolge lungo la circonferenza superiore del cilindro-edificio, problema tanto più rilevante quanto aumentano le dimensioni della cupola e conseguentemente il suo peso. I venti inoltre, specie nel caso di una cupola emisferica, tendono ad assumere attorno ad essa una distribuzione a semi-isofote provocando turbolenze residuali interne che vanno assolutamente evitate: oltre una certa velocità



▲ Cupola geodetica amatoriale (M. Vos)

dei venti non si svolgono comunque osservazioni.

Parte essenziale è il *portellone* apribile, che nelle cupole emisferiche è realizzato, di norma, sovrapponendo parzialmente alla struttura mobile due spicchi di emisfera che si aprono allontanandosi l'uno dall'altro dando visibilità allo strumento. Nelle moderne cupole rotanti assieme al telescopio, il risultato è raggiunto posizionando dinanzi allo strumento una sorta di saracinesca.

Quanto alle forme della costruzione, la pratica ed economica costruzione a tetto scorrevole su binari è stata recentemente sempre più adottata dagli osservatori professionali come si vede nell'immagine nella pagina precedente; essa è tuttavia adatta a climi secchi, ove sia presente un bassissimo tasso di umidità.

Riguardo invece alle dimensioni, sino a misure di 5-6 m di diametro, se trattasi di cupola emisferica o geodetica, può essere realizzata a livello amatoriale come pure è stato spesso fatto. In questo caso le organizzazioni amatoriali, quando applicano il *faida-te*, ricorrono ad una struttura mista composta di multistrato e vetroresina irrobustita con nervature in legno massello affogate anch'esse nella resina. I singoli spicchi della cupola preparati a parte vengono poi cuciti fra loro ed impermeabilizzati con vetroresina e coibentati. Ovviamente facendo ricorso al multistrato è necessario adoperare quello marino caratterizzato da un tipo di colla fra i vari strati particolarmente resistente all'umido, altrimenti, anche se impermeabilizzata, nel giro di due anni la cupola si *accascia* su se stessa.

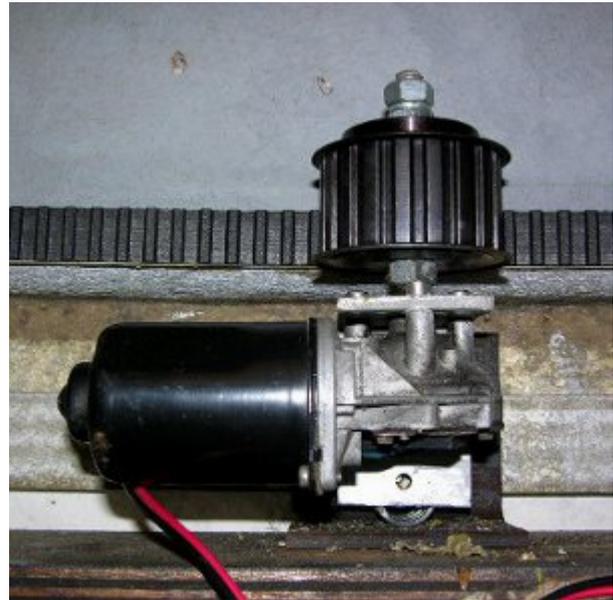
Per assicurare al telescopio condizioni climatiche ambientali il più possibile simili a quelle esterne e per proteggere lo strumento dagli sbalzi termici, un ruolo fondamentale svolge la coibentazione che serve ad impedire che un calore eccessivo si trasmetta durante il giorno all'interno dell'osservatorio, ed a conservare durante l'osservazione le condizioni climatiche programmate secondo i parametri stabiliti.

La coibentazione viene ottenuta costruendo all'interno della cupola una parete distanziata dalla prima di diversi centimetri (decine nel caso delle grandi cupole), e ponendo fra queste due pareti materiali assorbenti, cioè scarsamente conducenti calore. Una cupola non coibentata non assolve le funzioni cui è in teoria destinata, ed è soggetta alle problematiche di calore, di umidità, cui sopra si è fatto cenno.

Un'ottima documentazione specifica è reperibile al sito dell'osservatorio di Brayebrook [327], e l'osservatorio di Tradate ha al proprio sito [81] una documentazione fotografica delle fasi di costruzione della cupola di quell'osservatorio; infine un riepilogo delle principali tematiche in materia è a questo sito [326].

- *La rotazione della cupola.* Il moto di una cupola, sferica o geodetica che sia, o dello scorrimento di un eventuale tetto a spiovente, è uno dei passaggi più difficili da risolvere dal punto di vista meccanico per gli ancoraggi richiesti nell'ottenere mobilità in relazione ad una stabilità di base. Alle pagine web citate esistono soluzioni che vanno esaminate in relazione alla manualità posseduta ed alla disponibilità finanziaria. Tralasciando i problemi connessi agli edifici che ruotano assieme allo strumento, ci si occuperà qui della rotazione della sola cupola. La soluzione del ruotismo a cremagliera può essere – generalmente – seguita soltanto dagli osservatori professionali per via della spesa che comporta. La soluzione più confacente, specie se l'osservatorio inizia ad avere un certo diametro, è quella di seguire nella costruzione dell'anello di sostentamento della cupola la via della calandratura usando profilati in ferro della lunghezza necessaria a generare l'anello di base, curvati secondo la geometria studiata, sui quali vengono posizionati nella parte inferiore e superiore cuscinetti a sfera uniti a due a due (uno sopra e l'altro sotto) che assicurino stabilmente la cupola al

- ▼ Diverse modalità di movimentazione della cupola: in alto trascinamento a cinghia, da M. Harrison; in basso trascinamento a frizione, da J. Patterson: la lettura della posizione della cupola è effettuata tramite codici a barre disposti lungo tutto l'anello di base [232]



cerchio di sostegno. La calandratura può essere evitata usando lamiera piatta di un millimetro di spessore che si adatta facilmente alla posizione di lavoro, e ponendone strati sovrapposti imbullonati fra loro e sfalsati di metà delle rispettive lunghezze sino ad ottenere un anello solido tanto come base di ancoraggio al cilindro superiore dell'edificio, quanto alla parte inferiore della cupola. Il tutto può essere rinforzato tramite punti di saldatura ottenendo l'identico risultato come se si calandrassero più segmenti di adeguato profilo e dello stesso spessore. In questo caso occorre fare attenzioni che la saldatura *non tiri* come si dice in gergo, facendo perdere al cerchio la sua geometria.

A parte dunque il sistema d'ingranaggio a cremagliera scartato *a priori* per i motivi appena detti, per il moto si può ricorrere alternativamente al sistema di rulli a frizione, ponendo una ruota a contatto con il cerchio di sostentamento secondo la configurazione scelta, avendo sempre cura che le vibrazioni del moto non si trasmettano allo strumento. Un efficace esempio di questa



modalità di trasmissione del moto è mostrata nell'immagine in basso nella pagina precedente. Alla stessa pagina (immagine in alto) è mostrato il sistema *simil-cremagliera* ideato da M. Harrison. L'autore ha svolto la parte interna di una cinghia dentata lungo la circonferenza della cupola facendo ingranare su questa una ruota dentata, ottenendo così, dato l'alto rapporto di riduzione, la possibilità di ruotare la cupola con un piccolo motore [135]: chiaramente il sistema è adatto a cupole di piccolo diametro e leggere. I rapporti di riduzione sono notevoli in entrambi i casi dato il minor diametro della ruota di trascinamento (conduttrice) rispetto a quello della cupola che funge da ruota condotta: su questi principi e sul valore dei rapporti di riduzione vedi l'**equazione 2** sub lemma **montatura**.

La trasmissione del moto può essere realizzata anche ponendo attorno alla circonferenza interna della cupola una catena e facendo ingranare su di questa una ruota dentata. La difficoltà di reperire una catena di adeguata lunghezza si supera agevolmente ricorrendo a spezzoni di catene uniti fra loro da false maglie: bisognerà comunque avere cura che i denti della ruota conduttrice restino sempre all'interno della maglia.

In qualsiasi modalità avvenga la trasmissione del moto, è necessario sempre evitare di far utilizzo di motori in corrente alternata per le scintillazioni prodotte che possono negativamente influire sugli strumenti accessori come i CCD. Anche i motori in corrente continua è bene siano evitati; l'ideale sarebbe poter ricorrere a motori brushless (senza spazzole: → **montatura sub «La motorizzazione»**), ma motori passo-passo di adeguata potenza per una cupola di 3-4 m di diametro vanno bene dato l'alto rapporto di riduzione.

Quanto alla rotazione della cupola la naturale tendenza è a pensare istantaneamente che sia sufficiente sincronizzarla con il moto orario del telescopio per avere assicurata tramite il portellone apribile la visibilità della zona del cielo. Questa sincronizzazione può valere per le montature altazimutali, ma non per tutte le equatoriali, in specie per quella tedesca o inglese fuori asse (vedi lemma citato). In questi due tipi di montatura il tubo ottico non solo non coincide col centro di gravità strumentale come in altri tipi di montatura, ma è posizionato anche ad una certa distanza dall'asse orario, e questo fa sì che si determini uno sfasamento delle posizioni (cupola e strumento) che va di continuo aggiustato. In sostanza, variando di continuo col moto orario la posizione strumentale, varia con essa l'inclinazione del telescopio che guarda l'apertura della cupola in una posizione obliqua, facendo sì che le due posizioni talvolta non risultano sincronizzate. Entrano in gioco anche diversi parametri come la distanza polare del telescopio, le dimensioni della cupola, la lunghezza del tubo ottico,...

Queste tematiche sono ampiamente discusse in due articoli di C. Lord dal titolo *Synchronised Dome Rotation* [180] e *Dome Slit Synchronization* [179] e data la completezza della trattazione a quelle si rinvia.

Gli algoritmi presenti nei due articoli citati hanno permesso lo sviluppo di software dedicato come *DomeSync* di J. Oliver [224], ma soluzioni ancora più semplici possono essere adottate, ad esempio effettuando uno spostamento della cupola secondo avanzamenti temporizzati servendosi di un fotocellula o di un qualsiasi altro sensore solidale al telescopio che faccia progredire la rotazione della cupola di una decina di gradi ogni volta che la cella ricevente perde il segnale.

- **La turbolenza.** Per la discussione dei fenomeni legati alla **turbolenza** si fa rinvio al relativo lemma ed agli articoli citati in bibliografia: [170], [133].

- **L'apertura.** L'apertura è un altro elemento che in una cupola emisferica o geodetica presenta difficoltà meccaniche di realiz-

▼ Sistemi di apertura della cupola in realizzazioni amatoriali



zazione; in un osservatorio a tetto scorrevole o con entrambi i lati apribili come nell'immagine in alto a pagina 243 le difficoltà sono molto ridotte e si spostano comunque al sistema meccanico o idraulico che deve aprire i portelloni.

Senza ricorrere alle aperture con portelloni scorrevoli meccanicamente complesse in uso presso gli osservatori sino alla seconda metà del secolo scorso, del tipo di quella adottata nel telescopio Hale di monte Palomar (immagine a pagina 249), si possono con eguale efficienza applicare soluzioni del tipo di quelle mostrate nelle immagini in questa pagina.

La prima soluzione consiste nel dotare la cupola di un'apertura a saracinesca, simile a quella adottata per il più volte citato osservatorio di Zelunčukskaja, la seconda più semplicemente si risolve nello scomporre uno specchio dell'emisfera in due parti: una di dimensioni maggiori con apertura verso il basso, e l'altra più piccola con apertura verso l'alto.

Il sistema meccanico per l'apertura del portellone a saracinesca è realizzato a catena con l'eventuale uso di contrappesi che ne agevolano l'apertura, mentre nel caso del portellone apribile verso il basso una semplice fune di 10 mm di diametro, eventualmente anch'essa con contrappeso terminale, è più che sufficiente. Sino a cupole di 6-7 m di diametro l'apertura può essere manuale non richiedendo sforzi eccessivi; oltre queste misure occorre pensare ad un sistema azionato da motori elettrici.

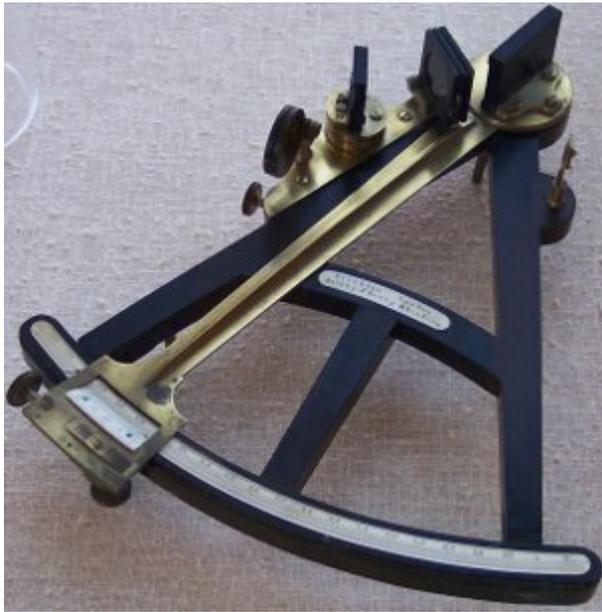
**ostruzione, fattore di -** → **Schiefspiegler** sub «Ostruzione nei riflettori».

**ottante, costellazione**

**ottante, strumento** Strumento di misura usato per la navigazione marittima sino a tutto il XVIII secolo. Deriva il proprio nome dal latino *octans*, in quanto l'arco usato per le stime nello strumento è pari all'ottava parte di un angolo giro.

Evoluzione tecnologicamente avanzata della **balestriglia**, primogenitore di quasi tutti gli strumenti idonei a misurare distanze angolari, l'ottante compare nel XVIII secolo quando i progressi negli studi dell'ottica permettono di formulare leggi precise e ricavare dai vari angoli di riflessioni delle letture accurate. Sino a tutto il settecento infatti, la navigazione è ancora condotta a

▼ Ottante da marina; fonte wikipedia



stima approssimata, e solo il calcolo della latitudine, in presenza però di mare calmo, era l'unica misura consentita ai naviganti con una certa accuratezza.

L'astrolabio, il quadrante, la balestriglia, ... tutti strumenti a visione (e misura) diretta regnavano ancora incontrastati, ma il loro margine d'errore era notevole, non inferiore ad un terzo di grado.

**ottica** Scienza che studia i fenomeni di emissione, propagazione e assorbimento della → [luce](#).

#### ■ Introduzione

- ▶ [Il mondo greco](#)
- ▶ [Tracce di strumenti ottici antichi](#)
- ▶ [Dalla caduta di Roma a Galileo](#)

#### ■ Ottica geometrica

■ **Introduzione.** Lo studio dell'ottica si fa generalmente risalire al Seicento, ai decenni immediatamente seguenti all'utilizzo astronomico di lenti per ingrandire da parte di Galileo Galilei. Da lì iniziano a comparire i primi completi trattati di ottica, da lì si fanno iniziare gli studi sulla rifrazione, sulla riflessione e sulle aberrazioni.

Ma queste proprietà dell'ottica erano già note da secoli. Dall'antichità, dal mondo greco soprattutto, e da quello assiro-babilonese, non ci è giunto nulla che riguardi l'ottica ad eccezione dei trattati di [Euclide](#) e [Tolomeo](#) separati da quasi cinque secoli, e il secondo poco innova all'opera del primo.

Per quanto non sia dato conoscere che frammentariamente l'uso che di lenti veniva fatto nel mondo greco e romano (a tacere del ritrovamento della cosiddetta lente di → [Nimrud](#) precedente di decine di secoli), è pure tuttavia certo che le lenti venivano usate nell'antichità per varie finalità.

▶ **Il mondo greco.** Il mondo greco conosceva la → [diottra](#), un'asta simile all'→ [alidada](#), che veniva usata per traguardare oggetti lontani, null'altro che un [forellino](#) di mira simile alla protuberanza verticale che si trova in cima alla canna dei fucili: [διόπτρα](#) vuol dire mira, traguardo, alidada, ... ma il termine sembra avere qualche attinenza in più con i fenomeni legati alla propagazione della luce.

Erone di Alessandria parla del [διαστολεύς](#), una sorta di pietra laminare usata come il vetro; ed in alcuni frammenti parla della diottra, ma dopo poche pagine la descrizione s'interrompe.

Paolo d'Egina, un medico del VII secolo d.C., chiama [διόπτριον](#) un piccolo specchio; e facendo un salto indietro (VII secolo a.C.) Alceo di Mitilene già chiamava lo specchio [διόπτρον](#).

Questi vocaboli così tradotti hanno anch'essi per parte loro contribuito ad ingenerare la credenza che nel mondo antico greco e romano fossero presenti sì specchi ma non lenti.

A confutazione filologica di questa credenza, si noti che tutte le parole greche sin qui citate esigono il suffisso [διά](#), che vuol dire *attraverso, per mezzo di, ...*

Altre scarse informazioni sono comunque rinvenibili.

Tolomeo nell'[Almagesto](#) [318, V] riferisce che Ipparco di Nicea usava apparecchiature ottiche. La circostanza è confermata da Plinio [243, II, 95] che nella *Naturalis historia* fa cenno del contributo di Ipparco nel perfezionamento degli strumenti ottici per osservazioni astronomiche.

Teofrasto (372 - 287 a.C.), successore di Aristotele nella scuola di Atene ed esperto in botanica, in un frammento dell'opera *De igne* parla della possibilità di accendere il fuoco sfruttando la convergenza dei raggi solari in un punto, ed il richiamo alle proprietà delle lenti o degli specchi è sin troppo evidente; e San Girolamo (347 - 420) in numerosi dipinti, anche se di secoli successivi, è spesso rappresentato con delle lenti, tanto che è considerato il santo protettore degli occhiali

Diversi scrittori accennano alla scomposizione dei colori, ma rilevante è un passo di Seneca nelle *Naturalis quaestiones* [282, I, VII], ove parla della *virgula vitrea*, trattando subito dopo dell'arcobaleno. È possibile allora che il filosofo naturalista intendesse riferirsi al fenomeno della scomposizione della luce studiata 1600 e più anni dopo da Newton.

**Strabone** nella *Geographia* [302, III, I, 5] accenna a *tubi* con cui si può ottenere l'ingrandimento delle immagini sfruttando il principio della rifrazione, ed analoga testimonianza ci rende Gemino, riportando che per le misure terrestri si usavano strumenti che si basavano anch'essi su quel fenomeno.

▶ **Tracce di strumenti ottici antichi.** È risaputo che Nerone usasse un monocolo, prova evidente che almeno in certi strati della società tali strumenti fossero accessibili a chi se li poteva permettere; e, a testimonianza indiretta dell'esistenza nel mondo greco-romano di lenti idonee (quantomeno) ad ingrandire, dovrebbe bastare la pratica considerazione sull'impossibilità da parte degli artigiani a lavorare pietre preziose, a sfaccettare e molare solidi piccolissimi senza l'ausilio di un mezzo d'ingrandimento.

Tornando agli specchi, si pensi al faro di Alessandria, una costruzione alta più di 90 metri costruita per segnalare il porto alle navi soprattutto in caso di approdo notturno.

Questo non poteva ospitare alla sua sommità soltanto un braciere perché quell'imponente costruzione non avrebbe assolto che limitatamente alla sua funzione.

È più che probabile allora che la sorgente luminosa, di qualsiasi tipo essa fosse, sfruttasse, per essere vista ad una distanza di poco meno di 50 km, una superficie riflettente, magari composta, costituita cioè di più superfici riflettenti convergenti in un sol punto, in modo da costituire qualcosa di molto simile alla parabola degli attuali riflettori. E questo a prescindere da altre soluzioni tecnologiche pure forse adottate, come un'eventuale rotazione della parabola, ascensori per il sollevamento del materiale incendiario, ... → [araba astronomia](#).

Ed identico principio dovrebbe aver applicato Archimede per i suoi specchi ustori di cui purtroppo non ci sono giunte che vaghe e imprecise notizie.



Sin qui quanto è possibile ricavare da alcuni passi.

Ma queste descrizioni trovano anche suffragio e riscontro in reperti archeologici, che se pure non numerosi sono tuttavia significativi.

Purtroppo il ritrovamento di *superfici circolari vetrose* presso antiche città e luoghi dell'epoca romana e greca, è stato finora, erroneamente e superficialmente, interpretato dagli archeologi in senso riduttivo, più precisamente, si sono considerati quegli oggetti soltanto come dei monili.

Lenti sono state ritrovate a Pompei, Tiro, e Cnosso; al museo di Creta sono esposte una ventina di lenti che mostrano evidenti tracce di molatura, ed una addirittura è piano-convessa.

► *Dalla caduta di Roma a Galileo*. Dalla fine dell'impero romano non si hanno più notizie di alcun progresso in questa disciplina come in quelle scientifiche che non fossero ortodosse. Non so quanto su questo atteggiamento d'indifferenza verso la ricerca influì la Chiesa, ma è probabile che per la loro capacità di far apparire gli oggetti diversi dal reale, questi oggetti e lo loro specifiche proprietà non fossero tenute, nel migliore dei casi, in gran conto.

Per trovare qualche cenno non generico di ottica dobbiamo fare un balzo avanti sino al XIII secolo.

Ruggero Bacone nell'*Opus majus*, non citando purtroppo la fonte, parla della capacità degli antichi di ingrandire ed avvicinare gli oggetti usando debite combinazioni di lenti; ed ancora più singolare è la testimonianza che giunge (intorno al 1230) da Roberto Grossatesta, che nel *De iride* così scrive: . . . *questa parte dell'ottica ci mostra il modo in cui possiamo far apparire vicinissime le cose lontane e grandi le piccole vicine*. . . a dimostrazione che tali applicazioni dell'ottica, anche senza mai essere sperimentate, erano tuttavia conosciute. Ma non si sapeva da che parte cominciare. . .

Lenti per ingrandire ed aiutare nella lettura erano comunque diffuse, come si vede dalla figura riportata nella pagina successiva, dove il lettore tiene chiaramente in mano uno strumento per ingrandire.

Nel XV secolo, col crescere dei Comuni, con la loro vocazione a divenire stati, con il conseguente intensificarsi dei traffici marittimi, rinacque l'interesse scientifico, ma l'ottica restò ancora in disparte.

Ancora una volta, come era stato per la biblioteca d'Alessandria, la scienza venne dall'oriente.

Da Costantinopoli giunsero intere casse di libri e su di essi gli Italiani si gettarono avidamente, spesso con infantile curiosità, perché molte delle proposizioni li illustravano suonavano del tutto nuove.

Qui qualcosa di ottica ci doveva essere, perché Leonardo che, senza nulla togliere al suo genio deve molto ad Erone, ha lasciato il disegno di una macchina per molare le lenti, ed allora o questi principi erano conosciuti o erano contenuti in quegli scritti, molti dei quali, ancora una volta, sono andati smarriti.

È singolare che l'ottica rinasca assieme all'astronomia in un'epoca storica in cui questo binomio non era neanche pensabile.

È in questo periodo che appaiono infatti gli scritti di Fracastoro ed Amici, prodromici del postumo *De revolutionibus* di Koperniko, che lo studio sulla dispersione della luce riprese vigore.

Tre secoli prima c'era stato Piero della Francesca che nella sua opera *De prospectiva pingendi* aveva dichiarato essere sua intenzione (re)introdurre nella pittura la prospettiva recuperandola dagli antichi com'era sua intenzione. Quest'affermazione è senz'altro vera perché è sufficiente recarsi a Pompei per verificare che la prospettiva esisteva già in epoca romana, anzi la paro-

la (*perspectiva*) indica proprio in lingua latina la scienza della visione.

E gli studi sulla prospettiva, sui raggi visuali (come allora ancora si diceva), sull'arcobaleno e sulla dispersione operata dal mezzo atmosferico, sulla diffrazione della luce dovettero riprendere, ma di queste ricerche non è rimasta alcuna traccia.

È singolare, tornando a Leonardo, che il suo interesse, a quanto possiamo vedere, fu soprattutto rivolto allo studio fisiologico della vista ed alla prospettiva. In ottica, oltre al disegno di una macchina per molare le lenti di cui s'è detto, ha lasciato il disegno sul percorso dei raggi in uno specchio sferico, disegni sulla camera oscura e poco altro. Forse i suoi studi sono nella moltitudine delle opere andate perdute.

Quasi *misteriosamente*, da un giorno all'altro si parla non più di lenti ma di cannocchiali.

Nel 1589 **G. B. della Porta** pubblica la seconda edizione della *Magia naturalis* ove sono presenti precisi riferimenti alla teoria del cannocchiale.

Nel 1590 l'Arcivescovo di Spalato **A. de Dominis** pubblicò nel 1590 *De radiis visus et luci*, ove, oltre ad una spiegazione (peraltro già nota dagli Arabi) dell'arcobaleno, è finalmente esposta la teoria e la spiegazione della tecnica di funzionamento e di costruzione del cannocchiale. Se i lavori del de Dominis sono universalmente poco noti per un motivo abietto d'intolleranza (*vedi* biografia), la rilevanza di questi è notevole perché Newton nell'*Opticks* quando spiega la rifrazione riconosce il suo debito per l'esposizione verso il lavoro del . . . *famoso Antonius de Dominis arcivescovo di Spalato*. . . con riferimento al *De radiis* pubblicato vent'anni prima.

Diciotto anni più tardi un olandese, H. Lipperhey, chiederà, non ottenendolo, un brevetto per la sua invenzione del cannocchiale. Lo strumento cominciò comunque a girare per l'Europa e **P. Sarpi** dovette comunicare il fatto a **G. Galilei**. Era finalmente risorta l'ottica, potevano iniziare gli studi per perfezionare le lenti e gli strumenti, i corpi celesti iniziavano a svelare parti del loro volto.

■ *Ottica geometrica.*

## ottica adattiva

## ottica attiva

**ottici, effetti** → **effetti ottici**.

**ottici, fenomeni** → **fenomeni ottici**.

**Ovidio Publio Nasone** (43 a.C. - 17/18 d.C.) Poeta romano. Esiliato da Augusto per ragioni rimaste sconosciute (nei suoi confronti fu certamente pronunciata la *damnatio memoriae* almeno relativamente ai fatti per cui fu allontanato da Roma) ma sicuramente legate a scandali di corte facili da immaginare considerando la scarsa virtù della figlia di Augusto, si occupò di astronomia nei *Fasti*, un poema elegiaco, in cui trattò in forma calendariale dell'origine dei culti e delle festività religiose.

Il titolo dell'opera origina dal vocabolo *fas* (lecito), e *fasti* erano i giorni in cui al pretore era lecito pronunciare i tre solenni verbi *do, dico, addico* (assegno un giudice, dichiaro un diritto, riconosco la volontà delle parti).

Il poema si doveva articolare su dodici canti, tanti quanti i mesi, ma Ovidio fu esiliato da Roma prima di poterlo portare a compimento, ed è probabile che i rimanenti (non pervenuti) sei canti non siano mai stati scritti.

Trattandosi di un lavoro calendariale, nel poema non trovano posto i moti dei pianeti, le eclissi, le comete. . . ma soltanto quelli delle stelle. L'esposizione poetica dei fenomeni astronomici non

è quindi sistematica, si *cantano* piuttosto il sorgere e tramontare delle costellazioni, il percorso del Sole lungo lo Zodiaco, . . . e grande rilevanza è attribuita a quelle che allora si chiamavano *fasi stellari*; è un lavoro insomma nella pura tradizione descrittiva astronomica romana riconducibile a → **Arato, Igino, Plinio e Cicerone**.

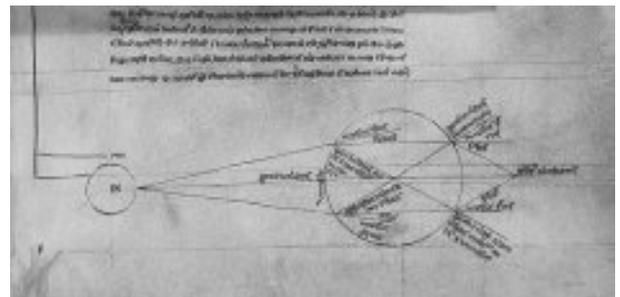
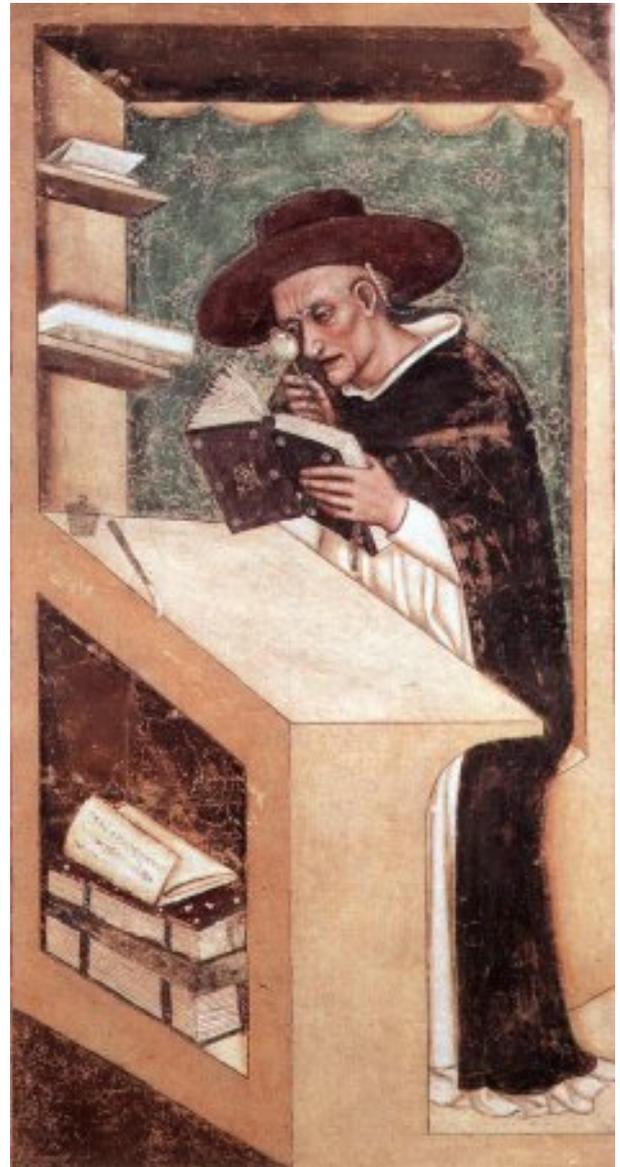
L'idea dei fasti nasce dal desiderio di intrecciare in forma poetica elementi mitologici e date rituali, ed in quest'ottica le date degli eventi non sono espone in forma precisa, in quanto l'elemento prevalente è quello allegorico.

L'opera di Ovidio fornisce indicazioni preziose sulla religione, sulle festività, e sul sistema calendariale romano [239].

**Ovidius, asteroide** - Asteroide noto con il numero di serie 2800 dedicato all'omonimo poeta elegiaco romano.

**OVLA**

- ▼ Tommaso da Modena, *Ritratti di cardinali: il cardinale di Rouen* 1352, Treviso, ex Convento di San Niccolò, sala del capitolo. Nei testi si riporta spesso che il cardinale ha in mano uno specchio. Lo strumento essendo posto sulla direttrice occhio-testo è una lente, altrimenti sarebbe stato impossibile vedere. Il medesimo autore raffigurando Ugo di Provenza pone gli occhiali dinanzi agli occhi, e Leone X (ritratto di Raffaello alla *Galleria palatina*, 1518) ha in mano gli occhiali.



- ▲ Studi sulla rifrazione di Leonardo.

# P

**Pacini Franco** (1939 - 2012)

## Padova, osservatorio

**PAH** Acronimo di *Polycyclic Aromatic Hydrogenated* (molecole policicliche aromatiche idrogenate) presenti in nebulose e galassie alle lunghezze d'onda dei 3,3 6,2, 7,7 8,6 e 11,3 micrometri rivelate in radio sul finire degli anni ottanta del secolo scorso. Le PAH, dette anche molecole aromatiche presentano una struttura esagonale e sono composti del carbonio. Esse costituiscono uno dei mezzi fondamentali d'indagine per lo studio delle → [abbondanze](#).

**paleoastronomia** → [archeoastronomia](#).

**Palermo, osservatorio** L'osservatorio fu fondato nel 1790 da Ferdinando I di Borbone che nominò come primo direttore **G. Piazzi** il quale provvide all'acquisto di numerosi strumenti che portarono l'osservatorio a dimensioni europee. Qui avvenne da parte del Piazzi la scoperta dell'asteroide Cerere.

**Pallas** Asteroide della [fascia principale](#) degli asteroidi scoperto da **H. W. Olbers** che malgrado posizionato alla stessa distanza dal Sole di molti altri asteroidi, presenta valori inusuali di inclinazione ed eccentricità.

La sua inclinazione è infatti intorno ai 60°, e non si è riusciti ad accertare se sia retrograda o meno. Quanto a dimensioni, Pallas è il terzo asteroide del sistema solare, simile a **Vesta**, ma con una massa molto inferiore. Non è stato finora esaminato da vicino da alcuna sonda spaziale.

**Palomar Sky Survey** Atlante fotografico dell'emisfero boreale eseguito fra il 1949 ed il 1951 dal telescopio Schmidt dell'osservatorio di monte Palomar.

L'atlante copre il cielo boreale sino alla declinazione -33°, con una doppia serie di lastre fotografiche una nel blu ed una nel rosso. Le lastre riprodotte su carta fotografica in formato 36 cm x 43 cm, riportano stelle sino alla 21<sup>a</sup> magnitudine. L'atlante è disponibile in rete. Per consultarlo digitare sotto un qualsiasi motore di ricerca *Digitized Sky Survey*.

**Palomar, osservatorio** VEDI ANCHE: S & T aprile 1986, 349

### APPUNTI QUI

Sotto questo nome si raggruppano diversi telesopi fra i quali spiccano per dimensioni e caratteristiche lo strumento da 5 m, telescopio Hale, che per quasi tre decenni è stato il telescopio più grande del mondo, e specie il telescopio Schmidt, **Oschin**.

L'osservatorio, sorto per iniziativa dell'astronomo statunitense **G. H. Hale** cui è dedicato, nel 1970 è stato unito a quello di Monte **Wilson** in un'unica organizzazione: entrambi automatizzati operano sotto la supervisione e gestione del → **CalTech**. Il telescopio Hale e quello Oschin da 122 cm quasi contemporaneamente costruito, consentirono per la prima volta di ottenere immagini delle galassie della via lattea.

La storia dell'osservatorio, fortemente voluto da Hale non contento dei suoi già notevoli successi, iniziò nel dicembre del 1934 con la fusione del blank in pyrex da 5008 mm per la cui costruzione fu adottata la struttura cellulare (vedi immagine nella

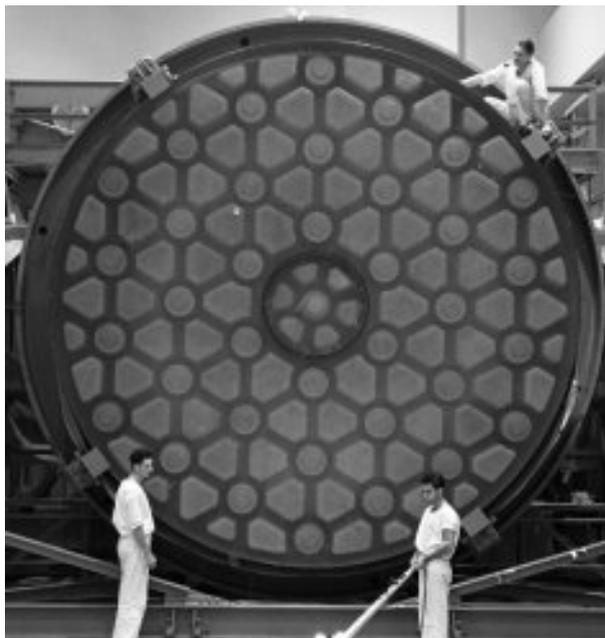
▼ Il telescopio Hale a monte Palomar e la sua cupola; fonte CalTech



pagina seguente) cui aveva dedicato i suoi studi l'ottico statunitense **G. Ritchey**. Per gestire una tale massa vetrosa dal peso notevole e sottoposta per le dimensioni a stress fisici e meccanici e a non indifferenti problemi d'escursione termica, furono adottate soluzioni – all'epoca – di avanguardia procurandosi quasi 40 tonnellate di massa vetrosa di cui alla fine ne furono utilizzate soltanto 20: la fusione durò 10 h, il primo raffreddamento 10 giorni portando lentamente la temperatura da 1550°C a 600°C, e quindi lentamente a temperatura ambiente.

Il blank in pyrex fu fornito dalla **Corning Glass** di New York, le lavorazioni ottiche furono portate a termine dall'Istituto tecnologico della California, e la configurazione ottica fu disegnata per un fuoco primario  $f/D:3$ , un rapporto elevatissimo per l'epoca che consentiva immagini ad alta risoluzione, superiori a quelle dei telescopi dell'epoca. Quanto al tipo di configurazione, oltre la newtoniana al fuoco primario, fu adottata (purtroppo!) la classica cassegrain, ritenendo rischiosa e ancora non affidabile la **Ritchey-Chrétien** rispetto alle dimensioni della superficie ottica. Una sfida innovativa rappresentò la costruzione della montatura per uno specchio di tali dimensioni. Scartate le montature equatoriali tedesca, inglese e a forcella (→ [montatura](#)) che generavano masse troppo elevate fuori dal centro di gravità strumentale, ricorrendo al genio di **R. Porter**, un astronomo non professionista che da anni aveva proposto geniali innovative soluzioni per i telescopi, fu ideata una montatura rivoluzionaria che da lì in poi

▼ Il menisco del telescopio da 5 m dell'osservatorio: si nota la struttura cellulare; fonte CalTech



venne chiamata a *ferro di cavallo* (*horseshoe* in inglese).

Con tale montatura, un perfezionamento della montatura inglese, si evita il posizionamento fuori del centro di gravità delle masse prevedendo l'alloggiamento del tubo ottico in una struttura a traliccio che da una parte poggia su una forcella ad "U" (il ferro di cavallo) che ruota su rulli, dall'altra su un asse che presiede, tramite ruota dentata che innesta su vite senza fine, al moto orario: *vedi* immagine nella pagina precedente. In questo modo il tubo ottico si trova esattamente al centro gravitazionale, fra il perno del moto orario (Sud) e la forcella (Nord), e la massa scarica il suo peso fra i due punti al centro del traliccio: un disegno originale di Porter è presente a pagina 260.

La geniale idea di Porter, che disegnò anche la cupola e successivamente anche la montatura per lo Schmidt-Oschin nella classica configurazione a forcella, è stata poi applicata sino alla fine del secolo scorso per telescopi della classe 3/4 m, finché non si tornò ad usare la montatura altazimutale che grazie ai risultati raggiunti nella meccanica, nell'elettronica e nell'informatica permetteva di annullare il vizio tipico delle montature altazimutali: la **rotazione di campo** [295].

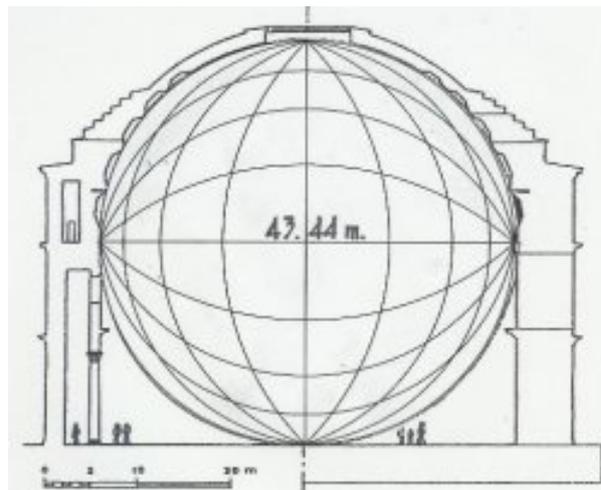
**Panckoucke, Encyclopédie** → **Encyclopédie méthodique**.

**Panguite** Elemento composto prevalentemente di ossido di titanio individuato nel 2012 da ricercatori del **CalTech** nel meteorite di **Allende**. Il nome all'elemento è stato dato in onore dell'antica divinità cinese Pan Gu che avrebbe separato il cielo dalla terra.

Il nuovo materiale scoperto, incapsulato nel meteorite durante il periodo di formazione, rimane stabile anche a temperature molto elevate e presenta una struttura cristallina del tutto sconosciuta precedentemente.

**Pantheon** Dal greco  $\pi\alpha\nu$  e  $\theta\epsilon\acute{o}\nu$  (tutti gli Dèi), edificio costruito sotto l'impero di Adriano destinato ad accogliere le divinità dei popoli dell'impero romano. La costruzione ebbe inizio nel 118, e l'edificio a noi giunto è in realtà il quarto tempio che i Romani costruirono a tale fine, essendo gli altri andati distrutti per incendio e calamità naturali.

▼ In alto la *sfera mundi* del Pantheon ed inclusione geometrica nell'edificio, in basso il foro che assolve anche a funzione gnomica; da A. La Rocca e S. Natalizia [260]



Il Pantheon è opera del genio costruttivo di Apollodoro da Damasco che realizzò in Roma opere rilevanti come le Terme di Traiano, il Foro traiano, il porto di Ostia... e nell'impero il ponte sul Danubio. L'imponente struttura ha subito nel tempo profonde modifiche e spoliazioni che se ne hanno, in parte, mutato la destinazione finale riducendo la pluralità di culti ad uno solo (attualmente il Pantheon è una chiesa) non sono riuscite a scalfire l'imponenza della costruzione e la sua simbolicità. Volendo accogliere tutti gli Dèi, all'architetto ed al committente non dovette venire in mente idea migliore che quella del cosmo, raffigurando l'universo in una sfera e ponendo al centro di questa il visitatore, in modo che circondato dalle divinità, ed immerso in uno spazio che simula in modo straordinario l'idea dell'infinito, avvertisse un religioso stato di mistica impotenza. L'elemento che caratterizza il Pantheon, è infatti la sfera cava di cui è costituito, di cui il visitatore può scorgere ovviamente solo la parte superiore interna, ma la visione e soprattutto l'effetto che ne ricava sono sufficienti a dargli l'idea dell'immensità dello spazio cosmico che la costruzione sottintende.

La sfera inoltre (*vedi* disegno in alto nella figura in questa pagina) è inscritta nel cilindro dello stesso diametro ed altezza pari al suo diametro, e sembra difficile non scorgere un richiamo agli studi archimedei, alle figure che il siracusano volle fossero riportate sulla sua tomba. Se l'elemento essenziale di questa costruzione è dunque il vuoto tradotto nel simbolismo cosmologico dell'universo, l'idea geniale di Apollodoro fu di interrompere e spezzare questo vuoto con il foro di quasi 9 m di diametro che si apre alla sommità della sfera.

Questo foro che ha fatto sorgere diverse interpretazioni, spesso

superficiali e riduttive perché miranti a trasformare l'edificio *sic et simpliciter* in una gigantesca meridiana, presenta una indubbia quanto ovvia duplice valenza.

Dal punto di vista scenografico-simbolico il foro rappresenta la congiunzione metafisica fra l'essere umano e la divinità permettendogli, dal basso, di scorgere la luce della potenza divina senza tuttavia potersi avvicinare ad essa perché la luce scorre lontano dall'osservatore, in alto, lungo diverse sezioni della cupola a seconda delle stagioni. Questo al di là della pratica funzione che doveva assolvere il foro nel favorire la fuoriuscita degli incensi bruciati dinanzi ai vari altari. L'effetto scenografico è poi amplificato dal portico d'ingresso, varcando il quale il credente d'allora (e il visitatore di oggi) non riesce ad immaginare cosa lo aspetti al di là.

Dal punto di vista astronomico, pur assomigliando ad una meridiana, e possedendone alcuni requisiti fondamentali, non può essere assimilata a questa perché è sempre mancato qualsiasi riferimento orario.

Tuttavia, e il fatto non è certo casuale, nei giorni dell'equinozio la luce del Sole segue un percorso obbligato lungo il cornicione interno, e questo a testimonianza che l'abile ed ingegnoso Apollodoro non concepì il foro centrale soltanto come uno strumento meccanico per la distribuzione delle forze, come alcuni i libri ancora insegnano, ma anche in questa prospettiva, per permettere cioè alla luce del Sole di *pennellare* in un determinato periodo dell'anno punti determinati della sfera.

Questo foro per le sue dimensioni è il contrario dei classici fori gnomonici usati nelle grandi cattedrali e basiliche, tutti del tipo → **stenoipeico**, è un foro generoso perché non deve assolvere alla funzione di una meridiana appunto, ma deve accompagnare comunque sull'interno dell'edificio il percorso della luce solare raggiungendo un giusto equilibrio fra emisfera (il cosmo) e la luce della divinità che penetra dal foro raggiungendo gli astanti in preghiera. Questa miscela rappresenta la magia dell'edificio cui ovviamente, a questo punto non sono estranei principi di astronomia basilare.

**Pappo di Alessandria** (290 - 350 circa)

**Parabiago, patera** Piatto d'argento di circa 40 cm di diametro e 5 cm di spessore, ritrovato a Milano nel 1907 nell'omonima località da cui trae il nome.

Il disco, del peso di circa 3,5 kg, raffigura il mito di *Cibeles*, la divinità della fertilità, il cui culto sorto in Anatolia si espanse poi nel mondo greco e romano. Accanto a Cibeles si trovano raffigurate la dea della terra *Tellus* con allegorie delle quattro stagioni e la volta celeste. La mitologia e cosmologica riportata nella patera è da ricollegarsi al ciclo della vita rappresentato dall'alternarsi stagionale, ed offre una conferma indiretta dell'esistenza di un calendario agricolo → **parapegma** accanto al → **calendario** civile giuliano, come testimoniano appunto le figure mitologiche rappresentate e lo sfondo della volta celeste. Il disco che presenta tracce di doratura si fa risalire al IV secolo, in concomitanza col pieno fiorire del culto di Mitra, e testimonia la resistenza pagana all'invasione cristiana negli strati sociali.

**parallasse**

**parallasse annua**

**parallelo**

**paranatellonta** Costellazioni extra-zodiacali.

**parapegma** Dal greco *παράπηγμα* (tabella cronologica). Calendario astronomico e meteorologico in uso sino a circa il X secolo che faceva riferimento a singoli periodi dell'anno descrivendo fenomeni celesti rilevabili e senza numerare i giorni. Questo primitivo calendario riportava gli equinozi, i solstizi, il sorgere e il tramonto delle stelle più luminose, nonché i fenomeni meteorologici stagionali più frequenti, indicando anche le opere agricole da compiere in quei momenti.

I primi parapegmi si fanno risalire a **Conone di Samo**, anche se **Metone** ed **Euctemone** sono tradizionalmente considerati gli ideatori di questo proto-sistema calendariale. Riferimenti ai parapegma si trovano nell'*Iliade* (scudo di Achille), Esiodo li riporta ne *Le opere e i giorni*, diversi parapegma sono stati reperiti nelle aree di influenza greca e romana, ed un parapegma fu redatto anche da **Tolomeo** che per le 30 più splendidi stelle del suo catalogo indicò per cinque diverse latitudini le date del sorgere e del tramonto. Nell'alto medioevo i parapegma furono sostituiti dagli **almanacchi** di cui sono precursori.

I parapegma vanno considerati dei primitivi almanacchi rustici, nel senso che essi dovevano fornire indicazione soprattutto per le opere agricole, e come tali contenevano informazioni astronomiche e meteorologiche elementari. Dal punto di vista storico-scientifico l'importanza dei parapegma risiede non tanto nell'essere i progenitori lontani del → **calendario**, quanto soprattutto in due considerazioni di fondo, tanto indimostrabili quanto altrettanto certe: a) da una parte la compilazione di un parapegma presuppone l'uso abbastanza diffuso dello **gnomone**, delle sue tecniche d'uso e di misura, o comunque di un qualsiasi altro sistema, anche orografico, idoneo all'individuazione dei momenti solstiziali ed equinoziali; b) dall'altro i parapegma segnano il passaggio da un'astronomia orale ad una scritta, con evidente salto generazionale delle conoscenze che vengono tramandate e quindi immediatamente sottoposte ad evoluzione.

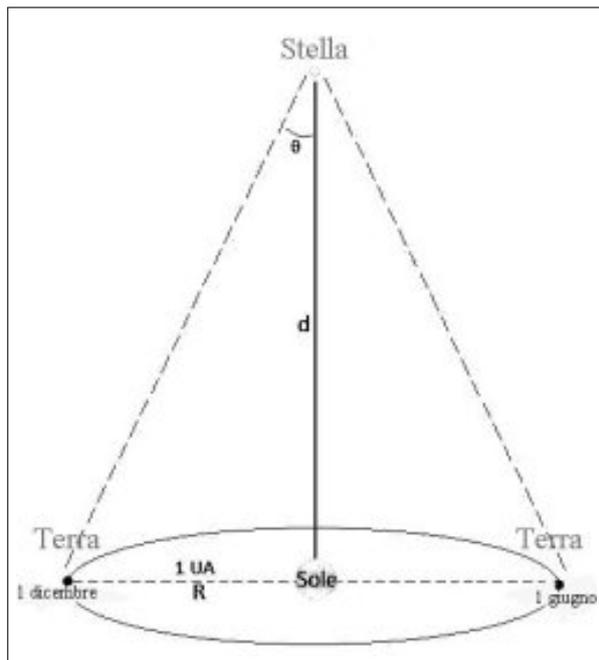
I parapegma cioè non sottendono uno studio geometrico della volta celeste con approfondimento delle altezze dei singoli corpi o dei loro maggiori (in declinazione) transiti nel corso dell'anno, ma si limitano a modularsi, in genere, su due corpi: il Sole e la Luna, prendendo dal primo le diverse altezze nel corso degli anni e dalla seconda lo scansione temporale: lunazione.

Tale riduttiva interpretazione della volta celeste non doveva però certamente impedire che alcune costellazioni venissero



▲ La Patera di Parabiago. Milano, Museo archeologico.

## ▼ Parallasse annua di una stella.



prese in considerazione, quali, ad esempio, le Pleiadi od Orione, o stelle brillanti come Arturo, Regolo, o Spica, che più che marcare un determinato periodo, sottolineavano il principio o la fine di opere agricole. Le Pleiadi, che alcune popolazioni agricole dell'Italia centrale nominano ancora oggi *Le gallinelle*, risultano tuttora utilizzate come indicatori temporari; ed il citato calendario d'Esiodo, databile fra l'VIII ed il VII secolo a.C., reca riferimenti appunto ai corpi celesti ricordati descrivendo le opere da compere.

Le indicazioni fornite nei parapegma non possiedono in conclusione la connotazione di certe indicazioni agricole essendo legati, oltre che a certi fenomeni astronomici, a fenomeni meteorologici caratterizzati per propria natura dall'incertezza non potendo essere metodicamente previsti in datazione e durata. Tuttavia queste incertezze che mancano di puntuali riferimenti astronomici, propri invece di un calendario, non devono condurre ad un'assimilazione astrologica. Per quanto elementi astrologici fossero talvolta presenti, gli elementi allegorici e mitologici facevano sempre riferimento a certi fenomeni ricorrenti, per lo più stagionali.

Per le opere agricole e per quelle marittime le semplici indicazioni del levare o tramontare di alcuni corpi doveva essere un'indicazione più che sufficiente, e se *influsso astrale* vi fu nella composizione parapegmatica, questo fu comunque successivo, e tale comunque da non influenzare significativamente il valore della descrizione. La sopravvivenza di proverbi collegati a giorni e a periodi stagionali in molti calendari agricoli ancora oggi a larga diffusione, è tuttora segno della sopravvivenza di questa mistura fra scienza e tradizioni che origina da lontano. Sotto il profilo della storia della scienza e dell'evoluzione delle tecniche di misura dei fenomeni a lungo periodi, i parapegma rivestono un altro ruolo fondamentale, quello di aver generato con il conseguente affinarsi delle misure i vari cicli pluriennali, come il ciclo *metonico* o l'*octaeteris*, e quindi i primi calendari lunari e solari con l'esatta individuazione della durata dell'anno *tropico*: per gli approfondimenti si rinvia alle singole voci ed al lemma → *calendario*.

Parapegma furono composti, oltre dai nomi già ricordati, dai più noti geometri e matematici dell'antichità, da → *Eudosso*,

▼ In alto paraselenio con alone, e le due *immagini fantasma*, D. Cartier, Yukon, Canada, dicembre 2007; in basso parelio con alone ed i due *sol* laterali, E. Axdahl, Minnesota, gennaio 2005: nella prima immagine è più accentuata la colonna centrale in corrispondenza della sorgente che origina il fenomeno

da *Metodoro*, da *Ipparco*, da *Critone*, sino al già citato Tolomeo e da tanti altri. In ambito strettamente romano, cioè nella sfera della cultura italica, i parapegma assunsero una spiccata connotazione *rustica*, cioè strettamente agricola. Tracce se ne ritrovano nei *Fasti* di *Ovidio*, e calendari rustici composero Varrone, *Columella*, e molto probabilmente *G. Cesare*.

**paraselenio** Dal greco παρά σελήνη (vicino alla Luna), fenomeno atmosferico identico per il meccanismo di formazione al → *parelio*, da cui diverge solo per la tipologia della sorgente luminosa che genera l'effetto: la Luna. Essendo questa più debole (rispetto al Sole), il paraselenio è più raro da osservare.

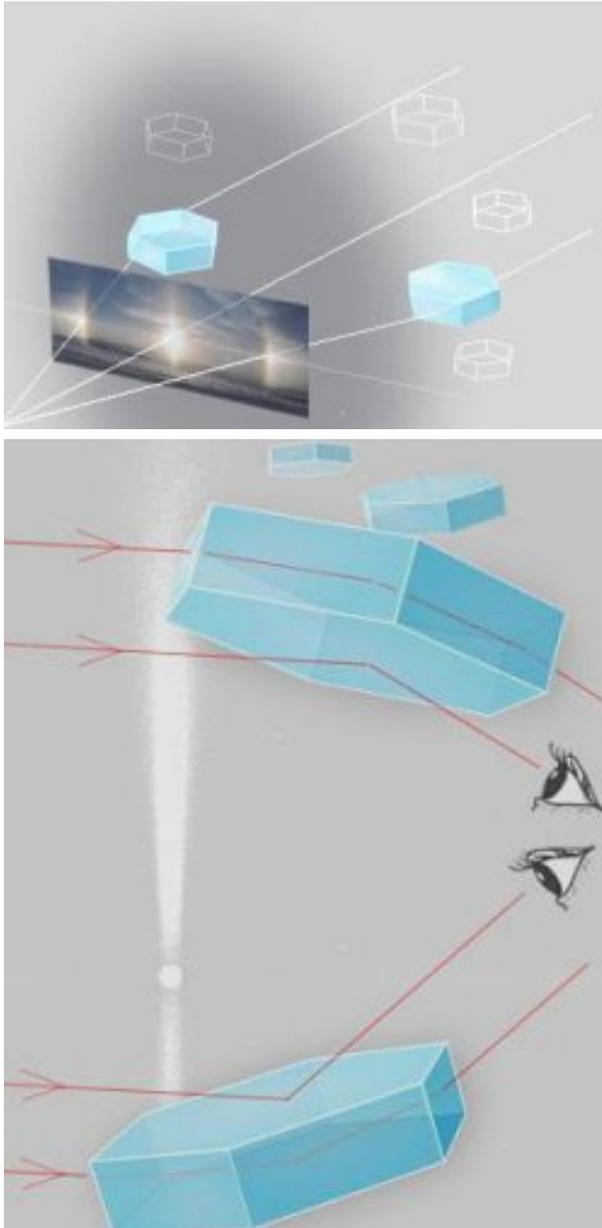
**parelio** Dal greco παρά ἥλιος (vicino al Sole), fenomeno atmosferico, detto anche *falso Sole* e comunemente chiamato in inglese *sundogs*, letteralmente «cani di Sole».

Il fenomeno, noto dall'antichità,<sup>1</sup> è legato all'→ *alone* (*halo* in inglese), e consiste nella proiezione di due immagini replicanti il Sole, a destra e sinistra dello stesso, secondo il cromatismo dello spettro solare.

Il parelio ha durata generalmente contenuta, variabile da pochi secondi a qualche decina di minuti, anche 30 min e più, e si manifesta prevalentemente nelle stagioni fredde e nelle zone polari; quand'è particolarmente brillante assume colori spettacolari come quelli nelle immagini mostrate. Essendo un prodotto

1. Tracce d'investigazione si trovano nella *Meteorologia* di Aristotele [16, III, 2], nei *Phainomena* di Arato [11, III, 880], nel *De re publica* di Cicerone [69, I, 10]; nelle *Naturales Quaestiones* di Seneca [282, I, 11], nella *Historia naturalis* di Plinio [243, II, 31] che riporta molte osservazioni di autori antichi e del passato guardandosi bene – come di consueto – dall'indagare minimamente il fenomeno.

▼ Formazione del parelio e della colonna solare (vedi testo); da *Atmospheric Optics*



dell'immagine solare, il parelio si manifesta alla stessa altezza del Sole, e le immagini *fantasma* risultano distanziate di una misura oscillante intorno ai 22°, piccolo alone, per una distanza angolare totale mai superiore ai 46°, grande alone.

Come fenomeno ottico il parelio si produce quando il Sole è basso sull'orizzonte, per la riflessione e la rifrazione della luce solare ad opera di finissimi cristalli di ghiaccio presenti in sospensione negli strati alti dell'atmosfera (cirri). Questi cristalli si compongono spontaneamente in simmetria esagonale assumendo una forma prismatica conforme alla loro natura di cristallizzazione.

Il meccanismo è illustrato nei disegni presenti in questa pagina. Quando a basse temperature il vapor acqueo presente nell'atmosfera si cristallizza divenendo ghiaccio, si originano delle formazioni a struttura prismatica esagonale estese che galleggiano nell'aria disponendosi parallelamente e mostrando rivolte verso l'alto e il basso le superfici più estese. Queste condizioni non sono frequenti, e questo è il motivo per cui il fenomeno si

presenta con una certa rarità. Attraversando queste superfici la luce del Sole subisce il principio della rifrazione.

Quando un raggio colpisce una superficie prismatica le cui facce sono opposte l'una all'altra di 60°, questo subisce in funzione della struttura geometrica incontrata due mutamenti di percorso, uscendo infine deviato di 22° tenendo anche conto dell'indice di rifrazione della sostanza attraversata, per il ghiaccio  $n = 1,31$ , e producendo le due immagini fantasma lungo una linea chiamata *cerchio parelico* che non sempre si manifesta.

La formazione, quand'è completa, si compone di tre immagini: una naturale deformata, il Sole, che origina la colonna solare, e due ai lati di questi, alla distanza detta, le immagini *fantasma* che coprono lo spettro della luce dal rosso al violetto. Talvolta può presentarsi una sola immagine solare se alla parte opposta non sono presenti formazioni cristalline.

Il meccanismo di formazione della colonna solare è intuitivo guardando il disegno in basso in questa pagina: esso avviene per riflessione della luce sulle superfici prismatiche piatte che riflettono e amplificano la luce solare. Questa diversa disposizione dei cristalli di ghiaccio è anche all'origine del formarsi di un alone o un parelio.

Le strutture cristalline possono essere anche di struttura diversa pur mantenendo sempre la forma esagonale, e può soprattutto mutare e la loro disposizione rispetto alla sorgente originando diverse figure: [79].

Per altri fenomeni atmosferici → [alone](#), [arcobaleno](#), [colonna solare](#), [corone](#), [gloria](#), [miraggio](#), ecc.

### Parigi, osservatorio

**Parmenide di Elea** (515 - 460/450 a.C. circa) Filosofo naturalista greco appartenente alla corrente dei presocratici.

Nativo di Elea dove assieme a [Zenone](#) fondò poi la scuola eleatica, fu discepolo di [Senofane](#). Della sua vita si hanno scarse notizie: [Platone](#), nel dialogo omonimo, riferisce di un viaggio che Parmenide avrebbe compiuto in tarda età ad Atene, assieme a Zenone, ove si sarebbe confrontato con Socrate; [Aristotele](#) nella *Metafisica* accenna alla sua concezione dell'universo e dell'Uno immobile [17]; [Teofrasto](#) nella *Fisica* accenna anch'egli alla sua concezione dell'Uno come *ingenerato e sferico*. Gli è accreditata una sola opera in versi, il *Poema sulla natura*, di cui si conoscono alcuni frammenti dal *De coelo* di [Simplicio](#) nei commenti alla *Fisica aristotelica*, da [Sesto Empirico](#) e da altre poche fonti.

La filosofia naturale di Parmenide nella concezione del mondo prospetta un ente di natura fisica-cosmologica che estrinseca l'esistenza del cosmo stesso, ma la natura metafisica è ancora presente come una sorta di sostanza invisibile che si pone alla base delle cose come vengono percepite. L'*Essere* parmenideo, non direttamente riconducibile alla divinità, è rappresentato come una sfera perfetta, sempre uguale a se stessa spazialmente e temporalmente, secondo la formula  $\eta, \mu\epsilon\nu \omega\pi\omega\varsigma \epsilon\sigma\tau\iota\nu \tau\epsilon \kappa\alpha\iota \omega\varsigma \omicron\upsilon\kappa \epsilon\sigma\tau\iota \mu\eta \epsilon\acute{\iota}\nu\alpha\iota$  (è, e non è possibile che non sia), qualificato come immutabile, ingenerato, immobile, eterno, unico ed omogeneo.

Il concetto parmenideo, tutto incentrato sul piano dell'indagine filosofico-speculativa volta alla disgiunzione fra *ciò che è* e *ciò che non è*, assume rilevanza dal punto di vista scientifico per l'introduzione implicita del principio di deduzione che tanta parte avrà nella scienza greca divenendo una caratteristica costante diversificatoria dall'empiria: partendo da proposizioni ammesse e condivise si giunge a logiche ed accettabili conclusioni, passo questo che condurrà alle deduzioni e dimostrazioni *ex absurdo* proprie del suo seguace Zenone.

▼ La *pascalina* di B. Pascal



L'aspetto rilevante della sua filosofia naturale consiste nel liberarsi della teologia di Senofane opponendogli un'ontologia, una concezione astratta, ma pragmatica, della divinità e del concetto dell'essere: l'indagine filosofica non muove più i passi dall'empiria, ma dalle definizioni (cosa è l'essere?) giungendo deduttivamente a conclusioni, ed è irrilevante per l'Eleate se queste – infile – si manifestano in contrasto con quanto percepito attraverso i sensi; è la ragione che prevale.

Il pitagorismo è rivissuto in termini fisici, in quanto se tutti gli enti sono tra loro diversi, risultano tuttavia uniti dal fatto stesso di essere, cioè di esistere. Di fatto Parmenide pone l'equazione che nulla si crea dal nulla e, parimenti, nulla può essere distrutto nel nulla, portando a compimento, secondo la sua teoria, l'orientamento dei primi pensatori greci che avevano ricercato l' $\alpha\rho\chi\eta$  (il principio).

Purtroppo non ci sono pervenuti i frammenti in cui Parmenide riportava opinioni con riferimento alle esperienze fatte nell'indagine del mondo naturale, ossia le conclusioni cui era giunto intorno alla natura del Sole, della Luna, degli astri, della volta celeste... Queste nel poema *Sulla natura* dovevano porsi probabilmente come le basilari esperienze ed indagini condotte nella natura, relegate in seguito nella categorie delle «opinioni».

**parsec**

**Parsons William de Rosse** (1800 - 1867)

**Pasadena, montatura** → **montatura** sub «*Montature equatoriali sperimentali*».

**Pascal Blaise** (1623 - 1662)

**pascalina** Dopo la macchina di **W. Schickard** che però non ebbe seguito perché l'invenzione rimase in pratica circoscritta al suo ideatore, la *pascalina* costituisce il primo riuscito tentativo di realizzare un efficace strumento di calcolo meccanico.

Ideata da **B. Pascal** all'età di soli 19 anni, il matematico e filosofo francese riuscì a costruirne il primo modello nel 1645 presentando l'invenzione al cancelliere di Richelieu. Nel 1649 a Pascal fu riconosciuto da parte di Luigi XIV il diritto di essere l'unico produttore dello strumento, con facoltà di commercializzarlo. Pascal scelse invece un'altra via, quella di liberalizzare la sua invenzione costruendone, con l'aiuto di un orologiaio di Rouen, diversi esemplari ed inviandoli in Europa sia a scienziati come a principi e regnanti, ottenendone come controvalore una immensa pubblicità e l'unanime paternità dell'invenzione.

Tecnicamente, la componente più innovativa di questa macchina consiste nel *meccanismo di riporto* che permette affidabilità anche quando su somme semplici, ma meccanicamente complesse (: sommare qualche unità a numeri composti di più cifre e prossimi alla decina) il moto si deve trasmettere su più ruotismi.

Nonostante qualche decennio dopo facesse la sua comparsa la macchina calcolatrice di **G. W. Leibniz**, a tacere di quella di **G. Poleni** che non ebbe seguito per quanto genialmente innovativa, la macchina di Pascal nelle varie varianti e nei successivi perfezionamenti costruttivi avviò una nuova scuola tecnologica che arrivò sino a **C. Babbage**.

**Pasqua, data** → **calendario** sub «*Calendario giuliano riformato: gregoriano*», **torre dei venti** in **Vaticano**.

La Pasqua cristiana deriva direttamente dall'omonima festa ebraica della *Pesach* perché secondo il racconto di Giovanni, in quella data, il 14 del mese di Nissan, si faceva cadere la morte di Gesù Cristo.

Alcuni secoli dopo, preferendosi dare risalto alla resurrezione anziché alla morte, mutò la tendenza celebrativa, e seguendo un passo di san Paolo si convenne (primo concilio di Nicea del 325) che la solenne festività cadesse la domenica successiva alla prima luna piena che a sua volta seguisse l'equinozio di primavera. Nel mondo cristiano lo stabilire la data della Pasqua è importante non solo per la ricorrenza celebrativa dell'evento in sé, ma anche per due altre solenni festività che ad essa risultano collegate, la Pentecoste e le Ceneri: tutte queste festività per la loro variabilità datale prendono il nome di «mobili».

È allora fondamentale per stabilire in quale giorno cada ogni anno la Pasqua, conoscere con esattezza la data dell'equinozio. Nel corso del concilio di Nicea, avendo già il calendario giuliano accumulato qualche giorno di ritardo, si convenne di porre «ufficialmente» la data dell'equinozio al 21 marzo.

Fra il V ed il VII secolo, grazie soprattutto all'opera di **Dionigi il piccolo**, la data della Pasqua era calcolata secondo un modulo che prendeva in considerazione il ciclo **metonico**, il **numero d'oro** e il **ciclo solare**. Fondamentale in questo calcolo era la conoscenza dell'**epatta**, ossia dell'età della Luna, intesa come numero di giorni trascorsi dall'ultima luna nuova. Con la riforma gregoriana del 1582 questo calcolo fu reso più preciso correggendo il ciclo di Metone ed utilizzando tutti i valori dell'epatta. la riforma comportò un nuovo ciclo delle date della pasqua non più calendarizzabile in 532 anni, bensì in 5 700 000 anni ottenuti dal prodotto della durata in anni del ciclo di Metone e del ciclo solare secondo il calendario gregoriano moltiplicati ancora per 30 (numero delle possibili epatte) e e per 25 (numero che corregge ancora il ciclo di Metone).

Il calcolo della data della Pasqua oggi si effettua accedendo ai numerosi algoritmi presenti nella rete. I principali metodi di calcolo per ricavare per i vari anni la data della Pasqua sono presentati nel riquadro a fronte.

**passaggio, strumenti dei**

**passaggio al perielio**

**passo-passo, motori** → **motori passo-passo**.

**Patera di Parabiagio** → **Parabiagio**.

**Peach, scala** Scala per la valutazione del **seeing** ideata dall'astrofotografo D. Peach in sostituzione di quelle dell'**Antoniadi** e del **Pickering** concepite quando l'osservazione era prevalentemente visuale.

Anche se si tratta sempre di scala empirica perché soggetta alla valutazione ed all'errore (eventuale) personale dell'osservatore, quella del Peach presenta il vantaggio di tenere conto del fatto che oggi le immagini vengono riprese con apparati elettronici, non con emulsioni fotografiche e tantomeno si ricorre all'osservazione visuale per la ricerca. Altro vantaggio sta nella

Principali algoritmi di calcolo per la data della Pasqua

- **Metodo dell'epatta.** Si danno le seguenti possibili fattispecie:
  1. Per ottenere la data di marzo che precede la Luna nuova si sottrae da 30 il numero dell'epatta. Quindi si aggiungono 14 giorni e si ottiene la data del plenilunio che sarà pasquale soltanto nel caso in cui cada dal 21 marzo in poi: la domenica successiva al plenilunio (detto anche *termine pasquale*) coinciderà con il giorno di Pasqua. Qualora il calcolo effettuato dia un valore antecedente al 21 Marzo, si considererà il plenilunio seguente ottenuto aggiungendo 30 giorni. Se però l'età dell'epatta fosse di 24 giorni, i giorni da aggiungere sono 29, e pure 29 giorni vanno aggiunti quando l'età dell'epatta è di 25 giorni ed il numero d'oro maggiore di 11.
  2. Se il plenilunio cade di Domenica, allora la Pasqua cade la Domenica successiva.

Esempio: Si calcoli la data della Pasqua per l'anno 2001. Nell'anno 2000 l'ultima Luna nuova cade il 25 dicembre (sei giorni prima del termine dell'anno), quindi per il 2011 l'epatta sarà di  $30 - 6 = 24$ , e il 24 marzo 2001 è il giorno che precede il novilunio. Si aggiungono 14 giorni al 24 marzo e s'ottiene la data del 7 aprile 2001, la prima Luna piena dopo il 21 marzo. Siccome la Pasqua deve cadere dopo la prima Luna piena, la data utile successiva per la ricorrenza sarà quella del 15 aprile 2011. Queste le regole generali. Una trattazione esaustiva di questo algoritmo (come di quelli seguenti) è ai siti di C. Tøndering: [319] e di E. Songia [293].

- **metodo di Gauss.** Indicato con  $Z$  l'anno per cui si desidera conoscere la data della Pasqua, si estraggono dalla tabella seguente i numeri  $x$  ed  $y$  relativi a  $Z$ .

Calendario giuliano			Calendario gregoriano		
Anni	$x$	$y$	Anni	$x$	$y$
Fino al 1582	15	6	1583 - 1699	22	2
			1700 - 1799	23	3
			1800 - 1899	23	4
			1900 - 2099	24	5
			2100 - 2199	24	6

Si effettuano i calcoli per i seguenti valori dove la lettera  $r$  indica il resto della divisione:  
 $a = (r)Z/19$ ;  $b = r(Z/4)$ ;  $c = r(Z/7)$ ;  $d = r(19a + x)/30$ ;  
 $e = r(2b + 4c + 6d + y)/7$ .

- Si esegue  $22 + d + e$ , e se la somma è  $\leq 31$  la data della Pasqua è data da  $(22 + d + e) \times$  marzo. Se invece la somma è  $\leq 31$  la data della Pasqua è data da:
- a)  $(22 + d + e - 31) \times$  textaprile se  $22 + d + e - 31 \neq 25$  o  $\neq 26$ ;
  - b) 19 aprile se  $(22 + d + e - 31) = 26$ ;
  - c) 18 aprile se  $(22 + d + e - 31) = 25$  ed inoltre  $d = 28$  e  $a > 10$ ;
  - d) 25 aprile se  $(22 + d + e - 31) = 25$  ma  $d \neq$  da  $28$  ed  $a \geq 10$ ;

- **Metodo di Oudin-Tøndering** L'algoritmo di C. F. Gauss fu parzialmente modificato nel 1940 da J. M. Oudin ed è possibile reperirlo sul sito di C. Tøndering: *supra*.

Chiamato sempre  $Z$  l'anno per cui si vuole conoscere la data della Pasqua, per il calendario gregoriano, e posto  $H = 23 -$  epatta ed aggiungendo 30 se il numero è negativo:  $I =$  giorni dal 21 marzo al plenilunio;  $J =$  giorno della settimana del plenilunio (posto 0 = domenica, 1 = lunedì, ecc.);  $L =$  giorni dal 21 marzo alla domenica del plenilunio o a

si opera ponendo:  
 $C = Z/100$ ;  $H = (r)([C - C/4 - (8 \times C + 13)/25 + 19 \times G + 15]/30)$   
 $I = H - (H/28) \times (1 - (29/(H + 1))) \times ((21 - G)/11)$   
 $J = (r)((Z + Z/4 + I + 2 - C + C/4)/7)$ .

Il mese della Pasqua è dato da  $3 + (L + 40)/44$ , posto 3 = marzo e 4 = aprile; il giorno della Pasqua è dato da  $L + 28 - 31 \times$  (*mesedellaPasqua*/4).

- **Metodo del numero d'oro.** L'astronomo ateniese **Metone** nel V secolo a.C. si accorse che 235 mesi lunari, cioè 235 lunazioni, componevano un ciclo di 19 anni al termine del quale le fasi lunari ritorneranno allo stesso giorno del primo anno del ciclo: tale ciclo è detto appunto *metonico*.

A partire dall'anno 1 a.C. sono state determinate delle serie temporali diciannovenali, in cui ad ogni anno è assegnato appunto un numero da 1 a 19.

Effettuato il calcolo del  $\rightarrow$  **numero d'oro** si risale alla data pasquale per l'anno desiderato usando la tabella qui sotto indicata.

Numero d'oro dal 1900 al 2199																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
45	34	23	42	31	49	39	28	47	36	25	44	33	22	41	30	48	38	27

Per i calcoli riportati in questo riquadro ci si è serviti degli algoritmi di cui ai siti citati.

circostanza che la scala è divisa in cinque gradini come quella dell'Antoniadi, e non in dieci come quella del Pickering, e soprattutto vengono eliminati i peggiori gradi estremi presenti nelle due classi perché come definiti rendono le osservazioni impossibili, e quindi non essendovi osservazione non può essere dichiarata la scala del seeing. I due estremi erano stati introdotti dagli autori, anche se teorici, per fornire un riferimento con gli altri gradini delle loro scale.

Nella scala proposta il seeing non è più definito soltanto come l'effetto diretto della  $\rightarrow$  **turbolenza**, ma al fine della definizione dello stato del seeing zonale anche in funzione del contrasto o microcontrasto che un'immagine, pure in presenza di turbolenza, può ancora offrire in alcuni particolari.

La scala proposta presenta anche un altro vantaggio di pratico uso che potrebbe portare ad un'uniformazione alla stessa: i gradini di seeing sono accompagnati da immagini che individuano immediatamente la rispondenza fra stato del cielo e immagine relativa che se ne ottiene. La scala è comunque illustrata e

definita per riprese planetarie.

I gradini definiscono i seguenti stati del cielo:<sup>1</sup>

1. pessimo (*extremely poor*): Persistenti ondulazioni e irregolarità nella formazione dell'immagine; contrasto molto scarso; si distingue a fatica qualche dettaglio.
2. scarso (*poor - very poor seeing*): Persistono ondulazioni e irregolarità nella formazione dell'immagine; il contrasto è scarso ed il dettaglio poco definito; i dettagli più piccoli sono invisibili.
3. discreto (*fair*): le ondulazioni sono di moderata entità, il contrasto accettabile; occasionalmente si distinguono alcuni dettagli.

1. La traduzione degli stati del seeing è stata eseguita conformemente ai termini italiani: a questo proposito segnalo che l'unica divergenza d'opinione potrebbe essere attorno a *fair* da me tradotto con «discreto» sembrandomi l'aggettivo più coerente fra le graduazioni precedenti e seguenti; ma altre aggettivazioni, come «accettabile» ad esempio, potevano essere proposte. Per ogni consultazione e verifica le definizioni originali sono al sito di D. Peach: [233].

▼ Strumento dei passaggi dell'osservatorio di Kuffner, Austria; fonte wikicommons



4. buono (*good*): L'immagine diventa stabile ed offre un buon contrasto; s'intravedono dettagli particolareggiati in momenti transienti.
5. eccellente (*excellent*): non si presenta un'ondulazione significativa, l'immagine del disco appare stabile ed offre un buon contrasto; piccoli dettagli planetari si vedono per lunghi periodi.

**PEC** Acronimo di *Periodic Error Corrector* → **montatura** sub «La motorizzazione»..

**Pechino, osservatorio**

**Peisino Giovanni** (-)

**pelasgica, bussola** → **bussola pelasgica**.

**pelignum** Orologio solare citato da Vitruvio di cui si hanno scarse notizie,

Secondo alcune raffigurazioni presenti a Pompei doveva essere composto da due tavolette di marmo unite alle estremità secondo una data angolazione, allo cui sommità era posizionato lo stilo chiamato *verunculum*.

Si tratta molto probabilmente di uno strumento di derivazione greca, ma ne è ignota la particolare finalità costruttiva.

**pendolo di Foucault**

**Pergamo**

**periastro** Dal greco περι e GRDastron,????? intorno all'astro. Punto di minima distanza orbitale di un corpo di natura stellare (sistema doppio o multiplo) intorno ad un altro: → **apostro**, **afelio**.

**perielio** → **afelio**.

**perigeo** Dal greco περι ηε ;;;, intorno alla Terra; punto di minima distanza dal nostro pianeta per un corpo orbitante intorno ad essa, come la Luna, ad esempio, la cui distanza al perigeo vale 357 000 km. Il punto opposto più lontano prende il nome di apogeo.

**periodismo della vite senza fine** → **montatura**.

**periodo-luminosità**

**periodo orbitale**

**periodo siderale**

**periselenio** La minima distanza orbitale per un corpo in orbita intorno alla Luna: termine usato per calcoli relativi a satelliti artificiali in orbita attorno al nostro satellite. Il punto opposto (punto dell'orbita più lontana) è detto *aposenio* o *apolunio* od anche *apocinzio*.

**perpetuo, calendario** Con «calendario perpetuo» s'intende tanto un algoritmo di calcolo per i giorni di un dato mese degli anni passati e futuri, quanto un calendario riformato in cui i giorni dei mesi, numericamente intesi, cadano sempre lo stesso giorno della settimana.

I moduli di calcolo di calendari perpetui sono reperibili in rete. Per il calendario perpetuo prospettato da personalità ed organismi come necessità → **calendario** sub «Riforma del calendario».

**Persei GK**

**Perseidi**

**Perth, osservatorio**

**perturbazioni**

**Perugia, osservatorio astronomico**

**petroglifi** → **archeoastronomia**.

**Petronio, San - meridiana**

**Peurbach Georg von** (1423 - 1461)L'immagine dei Theorica è sotto Copernico.

**Phukluk** Uno dei due tipi di calendario esistenti in Tibet: → **calendario** sub «Calendari dell'area orientale».

**pianeta**

**pianeta nano**

**pianeta tellurico**

**pianeta X**

**pianetini**

**pianetoide**

**piano orbitale**

**Piazzì Giuseppe** (1746 - 1826) Piazzì operò per quasi quarant'anni in Sicilia senza mai dimenticare la nativa Valtellina dove ritornò per l'ultima volta nel 1789.

Nel 1770 Piazzì fu chiamato alla cattedra di matematica presso l'Università di Malta, tre anni dopo si trasferì a Ravenna come prefetto degli studenti e lettore di filosofia e matematica presso il Collegio dei Nobili ove rimase fino al 1779. Dopo un breve soggiorno a Cremona ed a Roma, nel marzo del 1781 fu chiamato a Palermo come lettore di Matematica presso l'*Accademia de' Regj Studi*, cinque anni dopo direttore della cattedra di Astronomia e professore di Astronomia con l'incarico di recarsi per due anni a Parigi e a Londra per migliorarsi nella pratica delle osservazioni, prima di iniziare l'esercizio della sua cattedra.

Il suo nome nella Storia dell'Astronomia è legato soprattutto alla scoperta di Cerere, il *pianeta mancante*, di cui si prospettava

l'esistenza fra le orbite di Marte e Giove e scoperto nel 1801. Piazzì fu anche autore di due cataloghi di stelle, pubblicati nel 1803 e nel 1814, che gli valse, per entrambi, il premio annuale dell'*Académie des Sciences* di Parigi per il miglior lavoro di astronomia pubblicato in quegli anni, oltre alla stima della comunità astronomica internazionale.

Piazzì non era per vocazione un astronomo, ma fu la persona giusta per fare di Palermo uno dei centri di ricerca astronomica migliori di Europa. Rientrato a Palermo individuò la Torre di S. Ninfa del Palazzo Reale quale sede ideale per l'osservatorio perché solida e posta ad una elevazione ideale per l'osservatorio ma soprattutto dava la possibilità di portare a termine i lavori di ristrutturazione in tempi brevi. La pianta dell'osservatorio era formata da due sale, una per il Cerchio e l'altra per lo Strumento dei Passaggi, collegate tra loro da una galleria per gli strumenti mobili.

L'osservatorio era all'insegna dell'essenziale una caratteristica della personalità di Piazzì, infatti, quando nel 1817 dovette prendere in mano la costruzione della Specola di **Capodimonte**, egli cercò subito di razionalizzarne e semplificarne la pianta.

A Piazzì si deve un interessante catalogo di stelle nel quale descrive le osservazioni certe perché ripetute diverse volte ed in giorni diversi. Da tale programma nacquero, tra le altre, le sue ricerche sui moti propri delle stelle fisse e sulla loro parallasse. In particolare, per quel che riguarda il problema della determinazione della parallasse, Piazzì riuscì, per primo, ad individuare ed indicare alla comunità astronomica l'oggetto giusto su cui concentrare le ricerche, cioè 61 Cygni. Questa stellina, animata da un moto proprio eccezionalmente elevato fu soprannominata stella volante, sarà la stella alla quale, dopo tre secoli di tentativi infruttuosi, con un magnifico eliometro di Fraunhofer di 16 cm di apertura, riuscirà, per la prima volta, nel 1838, a misurare la parallasse e quindi la distanza.

Purtroppo il lavoro astronomico di Piazzì ebbe due limiti, la vetustà degli strumenti di cui disponeva, ormai superati dai prodotti della nascente tecnologia tedesca, e l'età avanzata che non gli permise le osservazioni se non per un numero limitato di anni.

Divenuto famosissimo in vita, riuscì a pubblicare praticamente tutte le sue ricerche ma non la sua *Storia Celeste*, cioè l'intero corpus delle osservazioni originali effettuate, pubblicate poi postume negli Annali dell'Osservatorio di Vienna. Riuscì invece a portare a compimento il secondo Osservatorio del Regno delle Due Sicilie, quello di Capodimonte, ma purtroppo non riuscì in quello che sarebbe stato il suo più importante e duraturo successo e cioè a formare una scuola. Dei suoi allievi, D. Muzio, F. Rapisarda, A. Martina, G. Pilati, G. Valguarnera, F. Buongiordina, solo l'ultimo perseguirà la carriera astronomica succedendogli nella direzione dell'Osservatorio.

A Piazzì è stato dedicato un asteroide scoperto nel 1923.

### Pic du Midi, osservatorio

**Picard Jean-Felix** (1620 - 1682) Astronomo e geodeta francese, il primo dei moderni dopo **Eratostene** a misurare il raggio terrestre con un complesso sistema di triangolazioni basato su tredici triangoli, ottenendo una stima di 6369 km, assai vicina al valore attuale di 6378 km per il raggio equatoriale. L'esperienza fu descritta dallo stesso delle misurazioni nel 1878 nel *Traité du Nivellement* (Trattato di livellamento), in cui descrive le esperienze che lo condussero alle misure terrestri ed il procedimento trigonometrico seguito.

Per effettuare la misura Picard si servì, oltre che del quarto di cerchio, anche, secondo quanto gli attribuisce il **Lalande**

▼ *Notturmo all'osservatorio di Pic du Midi; da NASA, Picture of the day del 25 gennaio 2008*



– l'estensore della voce astronomia nell'*Encyclopédie méthodique* – anche di un → **micrometro**.

In astronomia è ricordato ancora per le sue osservazioni metodiche del satellite Io di Giove, in base alle quali Rømer effettuò la prima stima della velocità della → **luce**, e nel corso di queste osservazioni il Picard deve essersi servito sicuramente del micrometro già usato per la misura del raggio terrestre. Effettuò anche osservazioni planetarie, in specie su Saturno, pianeta del quale scoprì alcuni satelliti.

**Piccolomini Alessandro** → **atlante** sub «I primi atlanti».

**Pickering Edward C.** ( - ) Explorer-1

**Pickering William**

**Pickering, scala** Scala per la valutazione del → **seeing** ideata da **E. C. Pickering**, simile a quella dell'**Antoniadi**, e come quella valida per le osservazioni in visuale, quindi assolutamente inadatta anch'essa con le moderne tecniche elettroniche di ripresa; per di più la scala fu redatta avendo a disposizione uno strumento da cinque pollici.

La scala, graduata su fattori di stato del cielo da 1 a 10, è mostrata nella tabella nella pagina successiva.

L'inglese D. Peach ha recentemente riformulato la scala di Pickering su fattori da 1 a 5 riformulandola secondo i moderni sensori elettronici. La scala sta avendo ampia diffusione nel mondo amatoriale, ma non è stata recepita ancora dalla comunità scientifica: → **Peach**.

**Pickering, fotometro**

**Pietrabbondante**

**pilastrò del telescopio**

**pillar** freccia **colonna solare**.

**pinace** → **bussola**, sub «*Bussola pelasgica*».

**pinhole** → **foro gnomonico**.

**Pioneer**

Scala del <i>seeing</i> secondo Pickering		
<i>seeing</i>	osservazione	effetti della turbolenza
1	molto scarsa (cattiva)	Il diametro stellare è il doppio del terzo anello di diffrazione
2	molto scarsa (cattiva)	Il diametro stellare raggiunge difficilmente il terzo anello di diffrazione
3	molto scarsa (cattiva)	Il diametro stellare non supera il terzo anello di diffrazione; inizia a vedersi una stella al centro
4	scarsa	S'intravede il disco di Airy e compaiono gli anelli di diffrazione come archi spezzati
5	sufficiente	Il disco di Airy è presente e negli anelli di Airy gli archi spezzati si ricompongono
6	da sufficiente a buono	Il disco di Airy è presente e pienamente visibile, gli archi sono anelli
7	buono	Il disco di Airy è visibile e contrastato, gli anelli di diffrazione divengono cerchi che a volte si presentano spezzati
8	da buono a eccellente	Il disco di Airy è netto, gli anelli di diffrazione sono composti e in minimo movimento
9	eccellente	L'anello di diffrazione interno è stabile, quelli esterni si muovono appena
10	perfetto	L'immagine di diffrazione è immobile

**pisside nautica** Antico strumento per navigazione noto anche con il nome di *pixidis*: → **bussola**.

**Pitagora di Samo** (575 - 495 a.C.) legislatore, matematico, musico,.....

**Pitea di Marsiglia** (380 - 310 a.C.) Esploratore e navigatore greco vissuto a Marsiglia, l'antica Massalia, la propaggine più occidentale della colonizzazione ellenica.

Astronomo fra i migliori della sua epoca, applicò le sue conoscenze alla navigazione compiendo viaggi nel Nord dell'Europa che descrisse in due libri *L'Oceano* e *Viaggio attorno alla Terra*, di cui purtroppo si conoscono solo i titoli.

I suoi testi dovevano essere comunque presenti nella biblioteca di Alessandria, ed ad essi devono aver attinto → **Eratostene**, **Seleuco** ed **Ipparco** per la formulazione della teoria sulle → **maree**.

In specie Ipparco proprio sui suoi dati si deve essere fondato per evidenziare l'anomalia mareale fra il mare eritreo (oceano indiano) e l'oceano atlantico; resta altrimenti incomprensibile da quale altra fonte avrebbe potuto attingere tale diversità mareale. Pitea infatti era un attento osservatore e studioso delle maree, in specie di quelle equinoziali, e a quanto si sa fu il primo a riconoscere il flusso e riflusso mareale, nonché l'influenza della Luna su di queste.

Delle sue opere restano testimonianze nelle citazioni riportate da **Gemino**, Marciano, Apollonio, **Strabone** (che lo deride e tratta da bugiardo), Diododoro siculo e Plinio il vecchio che dice di avere appreso da lui la morfologia del Nord della Germania.

Ancora Ipparco, nel commento ad Arato, nel confrontare le cognizioni astronomiche di Pitea con quelle di Eudosso, riconosce solo a questi sapienza astronomica.

Pitea utilizzando lo **gnomone** misurò la latitudine di Marsiglia, e redasse a — quanto sembra — un calendario basato sulle proprie osservazioni giornaliere, fece costruire nella città un osservatorio astronomico, ricalcolò osservando il percorso del Sole nel corso dell'anno, l'obliquità dell'eclittica trasformando in gradi la differenza fra la lunghezza dell'ombra al solstizio d'estate e quella agli equinozi, trovando il valore di 23° 51'.

Ciò che ha tramandato il nome di Pitea è comunque legato alla spedizione geografica nell'emisfero boreale, un viaggio che non si configura comunque come un episodio isolato.

**Posidonio**, secondo quanto riporta Strabone [302, II, III, 4], riferisce di un viaggio compiuto da Eudosso di Cizico fra Egitto ed India seguendo una rotta non costiera dal golfo di Aden, e da Diodoro Siculo *Bibliotheca historica* [V, XIX - XX] e Plutarco *Vita Sertorii* [VIII] e forse un certo Bione di cui parla Diogene Laerzio in *Vita philosophorum* [IV, 58].

Tracce di un viaggio in Atlantico sono presenti ancora in Antonio Diogene in un'opera perduta che però ci riportano per citazioni Fozio, e Luciano.

Altri viaggi fuori dal Mediterraneo sono attribuiti ad Eufemio di Caria secondo un passo di Pausania, Carone di Lampsaco autore di un *Periplo delle regioni fuori delle colonne d'Ercole* menzionato in un passo del → **Suda**, ad Euctemone, un ateniese nominato da Avieno, un poeta del IV secolo. Rilevante il passo di quest'ultimo perché dimostrando sufficiente competenza nella descrizione, parla delle colonne d'Ercole non come di due promontori rocciosi, ma come due isolotti posti sul lato dello stretto, riferendo della pericolosità ad avvicinarsi ad essi per via del carattere inospitale della popolazioni, raccomandando di sbarcare solo per sacrificare agli dei e ripartire subito.

La navigazione e spedizione più rilevante fra queste resta quella di Eutimene, anch'egli di Marsiglia, svolta navigando verso a Sud. Proprio questa diversità di meta rispetto a quella di Pitea potrebbe far pensare ad un determinato e congiunto piano di esplorazione nei due emisferi finalizzato alla scoperta di nuove terre e risorse. Di questa navigazione è cenno in un'epitome di Marciano di Eraclea e in Seneca [282, 4, 2, 22].

Pitea dovette essere mosso a quest'impresa, a quanto si deduce, dalla necessità di cercare stagno ed ambra nelle terre del Nord, e di sperimentare forse una nuova rotta che consentisse, partendo dalla sponda atlantica, di raggiungere le zone nordiche senza essere costretti ad attraversare le colonne d'Ercole allora sotto stretto controllo dei Cartaginesi.

Non è dato conoscere di quante navi disponesse per la sua spedizione, ma è ragionevole pensare che non partisse con una flotta di una certa consistenza, e si doveva trattare di naviglio con almeno una cinquantina di rematori per unità, velatura a parte.

Se l'ipotesi fosse vera, altrettanto veritiera sarebbe la stima che gli si accredita di una media di circa 70 miglia nautiche al giorno: a quei tempi la durata della navigazione era stimata in giorni-nave compresa in questi la notte.

Secondo i frammenti, sembra che Pitea sia partito da Marsiglia fra il 330 e il 320, e che abbia navigato orientandosi di giorno con il Sole, ma è presumibile tuttavia credere che oltrepassate le colonne d'Ercole, si sia limitato a costeggiare la penisola iberica e la Francia, abbandonando la costa solo per dirigersi alle estreme regioni nordiche.

Dalle descrizioni del suo viaggio dovrebbe aver toccato l'odierna Helgoland, e sembra accertato che giunse in Islanda (che chiama Thule) con sei giorni di navigazione dall'Inghilterra, che abbia descritto isole di ghiaccio galleggianti, ed altri fenomeni allora ignoti, quali il Sole di mezzanotte (che si verifica a partire dalla latitudine di 66° 5') e la banchisa polare, perché descrive fenomeni visibili solo a quelle latitudini.

Proprio queste descrizioni alimentarono la credenza che fosse un millantatore, e la straordinarietà dei racconti che fece al suo ritorno accrebbero la diffidenza intorno a quelle vicende, in quanto si trattava di fenomeni sconosciuti perché mai osservati nel Mediterraneo.

L'opera in cui Ipparco parla delle sue imprese è andata purtroppo anch'essa perduta, ma ci restano alcuni passi di Strabone nella *Geographia* che, pur non credendogli, riporta: ... a 6300 stadi da Marsiglia, durante le giornate invernali, il Sole non si leva che di sei cubiti, e a 9100 stadi soltanto 4 cubiti, a meno di tre cubiti nelle regioni al di là...

Pitea è anche il nome di una città situata nelle regioni nordiche della Svezia, un segno significato ed univoco dell'eco delle imprese del navigatore ed esploratore greco.

**pixidis nautica** → **bussola**.

**Plana Giovanni** (1781 - 1864) Astronomo e matematico italiano. Oltre che dedito all'astronomia, effettuò studi in fisica, matematica e in meccanica celeste, dedicandosi alla propagazione ondosa, alla densità atmosferica, al sistema del pendolo, alla variazione della temperatura in funzione dell'altezza, alla rifrazione astronomica, al moto dei corpi, delle comete e dei pianeti, indagando le relative perturbazioni, e la formazione degli asteroidi.

Ammesso nel 1797 all'École Centrale di Grenoble, al termine degli studi frequentò l'École Polytechnique di Parigi seguendo gli insegnamenti di G. L. Lagrange e di P. S. Laplace. Nel 1805 tornò in Piemonte come insegnante di matematica alla Scuola Imperiale di artiglieria di Torino. Risalgono a questo periodo le prime relazioni con eminenti ricercatori del tempo che lo portarono ad interessarsi sempre più all'astronomia, come quella con B. Oriani allora direttore dell'osservatorio di Milano, ed in seguito (1811) su segnalazione del Lagrange fu nominato professore di astronomia all'Università di Torino, e nel 1813 ebbe anche l'incarico di direttore dell'osservatorio posto nel padiglione dell'Accademia delle Scienze.

Le sue idee politiche in odore di giacobonismo lo costrinsero ad abbandonare le posizioni che s'era conquistato, ma venendo quasi sempre riconfermato poco tempo appresso in incarichi comunque di prestigio. Così, dopo la revoca delle cariche «napoleoniche» già nel 1814 insegnava calcolo infinitesimale e nel 1816 meccanica razionale all'accademia militare. Nel 1819 grazie all'intercessione del re Vittorio Emanuele I riuscì ad ottenere i fondi per costruire su una delle torri di Palazzo Madama un primo osservatorio a Torino dotato però ancora di un cerchio meridiano anche se fornito di obiettivo di 10,9 cm e di 1,67 m di focale.

A seguito dei moti del 1821 Plana, anche se del tutto estraneo ad essi, fu di nuovo estromesso dalle sue cariche, sottoposto ad inchiesta ed esonerato dall'insegnamento; ma proprio in quest'anno che iniziò uno dei suoi periodi più fecondi.

In collaborazione con un astronomo di Breia, F. Carlini, intraprese misure di geodesie volte a misurare il cosiddetto «*gradus taurinensis*», la lunghezza di un grado di meridiano compreso tra Mondovì e Andrate, per validare i calcoli effettuati su tale arco da G. B. Beccaria nel periodo 1760 - 1770. I risultati del Plana valutarono l'arco in 1° 8' 14, valore che, a seguito di ulteriori verifiche, si mostrò inferiore di soli 13 a quello stimato dal Beccaria.

Nell'ultima parte della sua vita Plana si dedicò al problema dei tre corpi; le perturbazioni planetarie erano allora un problema molto discusso, tanto che l'Accademia di Francia indisse un concorso per la formulazione di tavole lunari matematiche, cioè costruite con l'ausilio del solo calcolo, che mostrassero corrispondenza con le osservazioni. Il premi andò, in parti eguali, fra C. M. Damoiseau e Plana e Carlini. Il lavoro fu in seguito ripreso dal Plana e pubblicato nell'opera in tre volumi *Théorie de mouvement de la Lune*; sulla questione tornerà in seguito in una memoria del 1864,

**Plancius Petrus** (1552 - 1622) Teologo e cartografo olandese il cui vero nome era Pieter Platevoet.

Ancora giovane si trasferì ad Amsterdam per timore delle persecuzioni dell'Inquisizione (Plancius era di religione anglicana), interessandosi di navigazione e cartografia di cui divenne presto un esperto grazie anche alla possibilità avuta di entrare in possesso di carte di navigazione portoghesi.

La vocazione religiosa non gli impedì di essere particolarmente dotato negli affari, fu infatti tra i fondatori della *Compagnia Olandese delle Indie Orientali* per la quale redasse molte carte nautiche.

Nel campo della cartografia ha lasciato la *Nova et exacta Terrarum Tabula geographica et hydrographica*, una mappa del mondo fra le più precise della sua epoca ed introdusse la proiezione di Mercatore nelle carte nautiche: → *vedi* box a pagina 66.

Si interessò con successo anche alla cartografia celeste pubblicando nel 1589 un mappamondo che mostrava costellazioni e particolarità dell'emisfero australe allora poco conosciute.

Successivamente, nel 1597, costruì un nuovo globo celeste che riportava dodici nuovi costellazioni costruite su una mappa di 135 del cielo australe. Di queste solo due (**Giraffa** e **Unicorno**) sono sopravvissute nell'attuale cartografia.

**planetario**

**Planetary Science Institute**

**Plank Ernst**

**Plank, costante**

**planimetro** Strumento per misurazioni astronomiche e terrestri usato principalmente per la realizzazione di carte topografiche, ideato Martin Waldseemüller precursore del moderno **teodolite**.

**Planisfero** Opera di Claudio Tolomeo.....

**Plaskett, stella**

**Platone** (427 - 347 a.C)

**Plinio il vecchio** (23 - 79) Gaio Plinio Secondo

**Pleasant, Mount - Radio Observatory**

**Pleiadi**

**PLOP** Acronimo di *Plate Optimizer* software sviluppato da F. Lewis su un nucleo originario di T. Taki [308].

Il software studia e plotta la deformazione della parabola di uno specchio in relazione ai punti d'appoggio: [174] e [175]: → **montatura sub** «*La cella*».

**Poleni Giovanni** (1685 - 1761)

**popolazioni stellari**

**portolano**

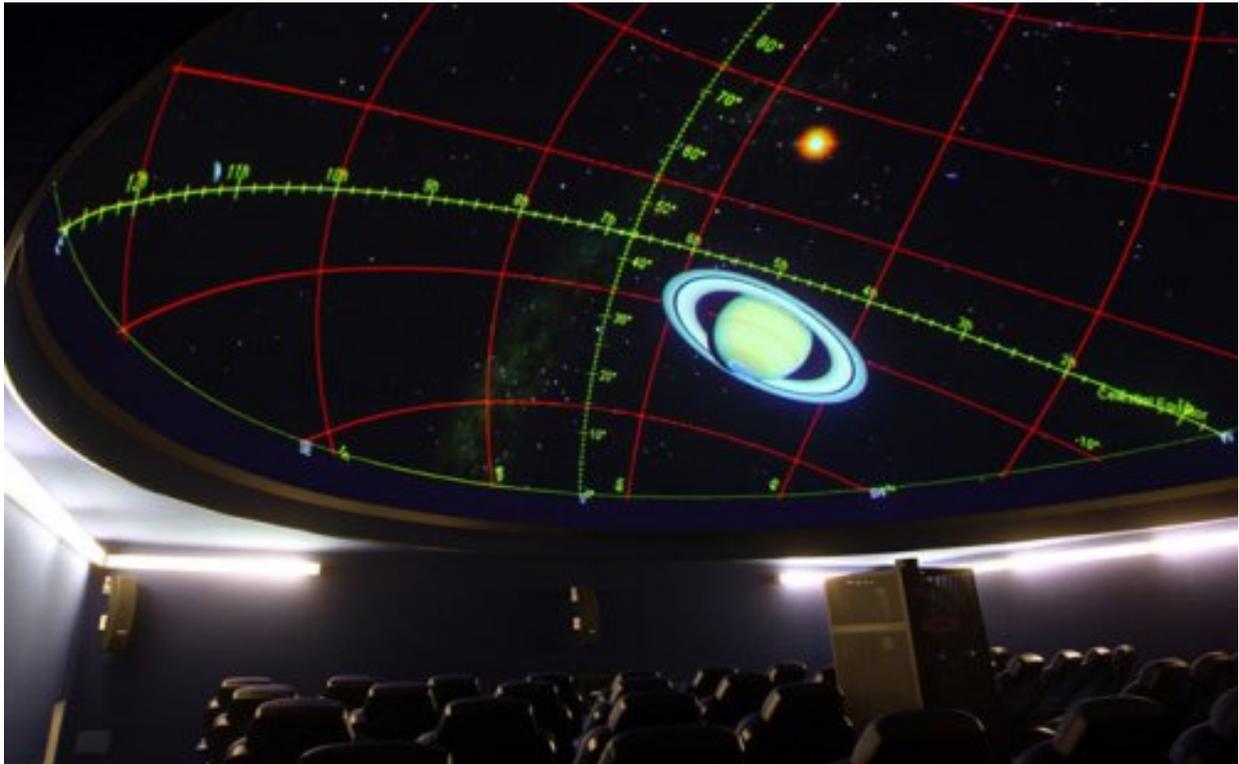
**POSS** Acronimo di *Palomar Observatory Sky Survey*: → **Palomar Sky Survey**.

**Potsdam, osservatorio**

**Plutarco di Cheronea**

**Plutone**

▼ Planetario dell'osservatorio amatoriale di Brembate di sopra, provincia di Bergamo



**polare, stella**

**polarizzazione**

**Polemarcho di Cizico** (-) maestro di **Callippo** ed allievo di **Eudosso**.

**Polemio Silvio** (-)

**poli** generale

**poli celesti**

**poli terrestri** da *πολειν*, girare

**polos**

**polvere interstellare**

**Pomponio Mela** (I sec. d.C.) Scrittore latino di origine iberica, è considerato il primo (ed unico) cartografo romano.

La sua opera principale è il *De chorographia*, una descrizione in tre libri delle terre del Mediterraneo, del Nord-Europa e dell'Asia e dell'Africa.

Le sue conoscenze, com'è caratteristica del mondo romano, si rifanno al mondo greco ed al periodo ellenistico in specie, fondandosi essenzialmente su **Eratostene** e **Strabone**.

Le sue conoscenze su zone del Nord dell'Europa si mostrano comunque superiori e più dettagliate di quelle delle fonti cui in genere attinge, segno che o le aveva visitate o aveva attinto a materiale di prima mano.

Anche se presumibile, non si ha alcuna certezza che l'opera fosse corredata di carte.

**Porrina** Oggetto gamma della Vergine....

**Porro ...** (-)

▼ Disegno di Porter per osservazione al fuoco primario del telescopio Hale



**Porro, prisma**

**Porter Russel Williams** (1871 - 1949)

**Posidonio di Apamea** (135 - 51 a.C. circa) Citato spesso anche come Poseidonio, fu un filosofo greco appartenente allo stoicismo, nato ad Apamea, città a Nord della Siria, e morto probabilmente a Roma.

Discepolo del filosofo Panezio di Rodi, ebbe fra i suoi allievi Gneo Pompeo e **Cicerone**: quest'ultimo nel *Somnium Scipionis* e nel *De re publica* mostra chiaramente di risentire nei sistemi cosmologici descritti l'influenza del maestro.

Posidonio prese anche parte attivamente alla vita pubblica rivestendo importanti cariche politiche a Rodi e servendo la città come ambasciatore a Roma negli anni 87 ed 86.

Viaggiò a lungo, spostandosi dal Nord-Africa, alla Gallia, alla Britannia, alle regioni celtiche, alla Dalmazia, . . . e soggiornando ovviamente a lungo in Italia.

I viaggi gli permisero di acquisire vaste conoscenze specie nel campo delle scienze, e di distinguersi come uno dei più valenti matematici e pensatori della sua epoca.

Scrisse, e con competenza, quasi su tutto: sulla fisica, sulla meteorologia, sull'astronomia, sulla divinazione (nessuno è perfetto), sulla sismologia, sulla botanica, sulla mineralogia, sulla storia, sulla matematica, sulla tattica, sull'etica, sulla logica, . . . animato da uno spirito enciclopedico votato a costruire un sistema universale attraverso il quale gli fosse dato comprendere tanto l'intelletto umano quanto l'universo.

Purtroppo di tanta vasta produzione non è rimasto nulla: delle sue opere in campo scientifico come di quelle in campo storico e filosofico non ci è stato tramandato niente, e la sua attività di ricercatore e studioso è ricostruibile unicamente attraverso le numerose citazioni di suoi passi presenti in lavori di altri che lo citano come autorevole fonte, come è nelle *Naturales quaestiones* di **Seneca**, nella *Geographia* di **Strabone**, e nel *De motu circulari corporum celestium* di **Cleomede**, un astronomo di second'ordine, che attinge a lui piene mani.

In virtù della vastità degli interessi e della copiosità delle sue opere, Posidonio assume rilevanza soprattutto per l'influenza avuta su scrittori come Plutarco, Strabone, Seneca, Diodoro siculo, Livio, Cicerone, . . . e tantissimi altri che si ispirarono alla sua opera e al suo pensiero.

#### ■ Scritti storici-filosofici

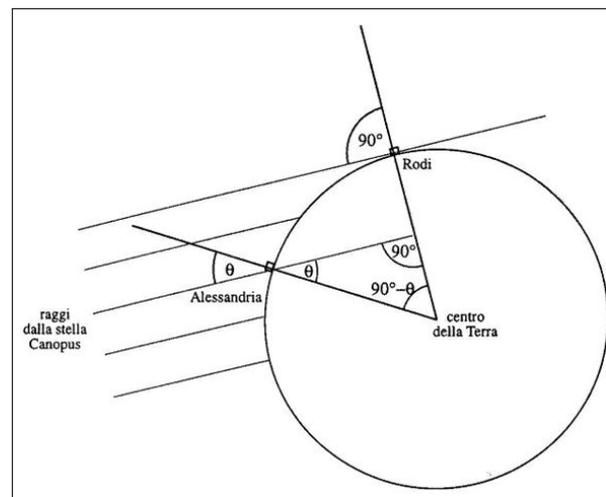
#### ■ Scritti scientifici

■ *Scritti storici-filosofici*. Riconoscendo e accettando la distinzione dello stoicismo in scienze fisiche, logiche e dialettiche, interpretò sempre queste categorie come strettamente interconnesse e riunificantesi in un unico principio (o disegno), sostenendo comunque il predominio della filosofia sulle altre discipline.

Le teorie platoniche ed aristoteliche che riconosceva, assieme alla dottrina stoica, i fondamenti del suo modo d'essere e di pensare, prendevano il sopravvento soltanto quando si trattava di concepire modelli cosmologici che riconosceva fondati sulla  $\sigma\upsilon\mu\pi\acute{\alpha}\tau\epsilon\iota\alpha$ , cioè su un'interazione reciproca dei vari mondi (corpi) che vedeva sempre come componenti di un più grande modello e di un disegno superiore.

In quest'ottica quando scriveva, ad esempio, di storia non si soffermava tanto a discutere singoli fatti od episodi anche se rilevanti nelle loro conseguenze, ma cercava sempre di porre in evidenza come momenti storici di notevole importanza fossero da ricondurre in un quadro di più grandi fattori: il clima, la cultura, la storia, le consuetudini, . . . che avevano concorso a determinare quegli eventi: il clima dell'Arabia è considerato fondamentale per descrivere i caratteri nazionali di quel popolo. Nelle sue *Storie* in 52 volumi che si estendevano dal 146 all'88, Posidonio continuava di fatto la storia di Polibio, soffermandosi (ancora una volta) non sui singoli eventi ma sulla psicologia

▼ Misura della circonferenza terrestre basata sull'osservazione della stella Canopo



umana, sulla necessità di comprendere (e spiegare) la storia come un elemento trascendente tanto la terra quanto il cielo, considerando l'umanità una parte del cosmo.

■ *Scritti scientifici*. Strabone nella *Geographia* [302][III, 2, 5] riporta i passi in cui Posidonio descrive la propria traversata dalla Spagna all'Italia attingendo alle informazioni di Posidonio circa la rotta da seguire, il tempo migliore per navigare, . . . informazioni fra le pochissime tecniche di navigazione d'altura a noi giunte dall'antichità.

Nella stessa opera Strabone cita più volte l'opera *Sull'Oceano* riportandone un interessantissimo e significativo passo, quello in cui Posidonio scriveva: . . . *chi partisse dall'estremo occidentale del nostro mondo e navigasse con l'Euro, per ponente, con un pari percorso arriverebbe alle Indie* [ibidem, II, 3, 6]. Quest'affermazione, unitamente a quella di Seneca che riportava . . . *quanto c'è fra le estreme coste dell'Iberia e l'India? Pochissimi giorni di navigazione con vento favorevole* [282, I, 13] dovette influenzare molto C. Colombo nella stimolarlo ad intraprendere la sua navigazione sottostimando la distanza delle Indie e non supponendo l'esistenza di terre fra i due estremi.

Durante il soggiorno in Spagna a Gades, l'odierna Cadice, studiò le **maree** particolarmente significative sulla costa atlantica, ponendole in relazione come **Pitea** con l'influenza lunare, riuscendo ad evidenziare le maree giornaliere e quelle mensili, ed ipotizzando anomalie mareali agli equinozi ed ai solstizi.

In astronomia si occupò soprattutto di misure.

Celebre è la sua misura della circonferenza terrestre per la quale seguì un metodo del tutto diverso da quello di → **Eratostene**.

Posidonio si servì per le sue osservazioni della stella *Canopo* ( $\alpha$  Carinae) di magnitudine - 0.72 e - 52° di declinazione, pienamente visibile quindi solo nell'emisfero australe. Nell'emisfero boreale la stella è visibile soltanto sulla costa africana e sul mar Mediterraneo, è invisibile in Grecia, e visibile appena a Rodi.

Nell'intento di perfezionare il metodo di Eratostene, Posidonio osservò che mentre Canopo a Rodi lambiva l'orizzonte, ad Alessandria misurava in altezza 7° 30': angolo  $\theta$  nel disegno in questa pagina.

La misura angolare ottenuta (1/48 del cerchio) gli permise moltiplicando questo valore per 5000 (la distanza fra Rodi ed Alessandria) di ottenere di 240 000 stadi, cioè 28 000 km circa, quella che lui credeva essere la circonferenza terrestre, restando comunque i dubbi sul valore esatto da attribuire allo **stadio**.

Questa stima che seguì di 150 anni circa l'altra compiuta da Eratostene, fu accettata e riportata da **Tolomeo** nell'Almagesto, e trasmessa per tutto il medioevo giunse sino a C. Colombo che l'accettò (forse per comodo) quale minore distanza da compiere dalla Spagna alle Indie, unitamente ad una supervalutazione dell'estensione dell'**ecumene**.

L'erroneità della misura dipende dal valore di  $\theta$  che è in realtà di  $5^\circ 15'$  e non  $7^\circ 30'$ . Conseguentemente anche la valutazione fatta della distanza Terra - Sole e della distanza Terra - Luna risultarono erronee perché basate sul valore del diametro terrestre ottenuto con questo risultato.

Gli storici della scienza attribuiscono l'origine dell'errore (differenza di  $2^\circ 15'$ ) al fatto che Posidonio non tenne conto nella misura della rifrazione atmosferica che amplificò la misura angolare, adducendo che l'errore è ampiamente scusabile in quanto gli effetti della rifrazione non potevano essere conosciuti a Posidonio.

Tuttavia va notato che il già citato Cleomede, a cui dobbiamo se una parte del lavoro di Posidonio è giunta sino a noi, nel libro II, cap. 1 del *De motu circulari corporum celestium* per quanto riconduca il fenomeno della rifrazione nell'ambito delle teorie filosofiche, riconosce tuttavia che le diverse dimensioni (angolari) del Sole al sorgere ed al tramonto sono originate dalla rifrazione atmosferica e dalla distanza apparente del corpo.

Ora Cleomede, che scrive due o tre secoli dopo Posidonio, è, in un certo senso, un dilettante astronomo, e quindi non può non riportare che fatti e conoscenze già noti e studiati. Una breve disamina delle fonti rivela particolari interessanti.

Già **Aristotele** nella [Meteorologica, 3.4] aveva dedotto che una maggiore densità d'aria produce un maggiore diametro dei corpi celesti; Strabone [302, 3, 1] che scrive quasi un secolo dopo afferma che le maggiori misure angolari sono dovute al vapore contenuto nell'aria che sale dal mare, e **Euclide** nell'[Optica, teorema V] scrive *Grandezze eguali poste a distanze diverse appaiono diverse, e più grande sempre quella che sta più vicino all'occhio*, usando un linguaggio d'apparenza.

Per quando le prime due deduzioni siano errate (→ **Moon illusion**) e la terza non possenga valore di assoluta, considerando che Alessandria sta sul mare e che Rodi è un'isola, pare davvero strano credere a questo punto che il fenomeno della rifrazione, comunque conosciuto, sia stato ignorato o sottostimato proprio da Posidonio. L'errore potrebbe allora risiedere altrove.

Innanzitutto nella imprecisa misura dovuta a non accuratezza strumentale per ottenere il valore angolare di una stella così bassa sull'orizzonte; secondariamente (forse!) proprio nella necessità di correggere l'errore introdotto dalla rifrazione, aggiungendo, anziché sottraendo, l'indice di rifrazione dal valore ottenuto.

Se queste deduzioni fossero vere, il fatto ci racconterebbe ancora un'altra cosa, che il fenomeno della rifrazione era sì conosciuto, ma non perfettamente compreso, e tale incompienza (protrattasi sino a **Tolomeo** che ne parla nell'*Optica*) è forse la causa prima dell'inesatta misura.

Posidonio compì ancora osservazioni sismologiche sulle isole Eolie e scrisse di meteorologia, ma in quest'ultimo campo non portò innovazioni significative, limitandosi per lo più a replicare il pensiero di Aristotele.

In matematica egualmente non apportò contributi innovativi, limitandosi invece, conformemente alla sua impostazione filosofica, a definire termini tecnici come *teoremi, problemi,...*

Posidonio è anche accreditato come costruttore di un planetario, forse quello stesso ritrovato nelle acque di **Antikythera** all'inizio del secolo scorso, e forse ha disegnato anche una carta geografica. Il gesuita P. Bertius nel 1630 eseguì una rappresentazione della presunta carta di Posidonio.

**Posidonius crater**

**POSS**

**potere risolutivo**

**Potsdam, osservatorio**

**Potsdammer Durchmusterung** Catalogo-atlante redato da **G. Müller** in collaborazione con **P. Kempf**. → **catalogo astronomico sub** «*Cataloghi di posizione*».

Nella stesura del catalogo fu fatto uso continuo e intenso del fotometro **Zöllner**, e furono impiegati rifrattori di apertura compresa fra i 67 mm e i 135 mm, e furono individuate per un'accurata stima delle magnitudini 144 stelle campione da usare come riferimento.

Ogni stella del catalogo fu misurata indipendentemente da Müller e Kempf ed i dati comparati per ridurre al minimo l'errore personale.

Nella stima delle magnitudini si ebbe cura di ridurle allo zenith tenendo in considerazione il fattore dell'estinzione atmosferica, e s'introdusse una stima dei colori stellari su una scala di sette categorie (bianco, biancastro-giallo, giallo-bianco... rosso) con aggiunta dei suffissi + e - per le posizioni intermedie.

**precessione degli equinozi**

**precessione, costante**

**Presepe, ammasso**

**Pritchard Charles** (1808 - 1893) Reverendo[??] Usando il *wedge-photometer* misurò le magnitudini di 2784 stelle comprese fra il polo Nord celeste e  $-10^\circ$  in declinazione.

Il lavoro fu pubblicato nel 1885 con il nome *Uranometria Nova Oxionniensis*.

**Progine Ilya** (-)

**prisma**

**Proclo di..** (-)

**profondo cielo** → **deep sky**.

**prograda** Aggettivazione usato per indicare il contrario della rotazione → retrograda.

**Progress** Modulo da carico russo

**prolettico, calendario** Attributo dei calendari come quello giuliano e gregoriano (*vedi* titoli relativi **sub** **calendario**) che dopo la riforma considerano gli eventi passati come se fossero temporalmente accaduti secondo il nuovo sistema temporale di calendarizzazione introdotto. Le riforme calendariali per rimettere in fase i calendari infatti, o sopprimono dalla data della riforma alcuni giorni (come fu per la riforma gregoriana), oppure protraggono la durata dell'anno in maniera significativa (riforma giuliana).

Tale sistema calendariale di considerare gli eventi accaduti prima della riforma secondo il conteggio degli anni modificato, è spesso detto anche **analettico**, ma nulla muta nella sostanza, in quanto la «prolessi» è una figura retorica che consiste nell'anticipazione di un periodo, e l'«analessi», anch'essa figura retorica, consiste nell'evocazione al presente di un evento antecedente.

▼ Globo di Prosymna. Nafplion, Museo archeologico nazionale



**Prosymna, globo** → **quadranti solari**.

Meridiana a forma di globo databile al II secolo a.C., conservata al Museo archeologico di Nafplion, in Grecia, rinvenuta nel 1936 nell'Argolide fra le rovine dell'antica città di Prosymna, l'attuale Berbati, da C. W. Blegen

Il globo è uno dei due orologi solari dell'antichità a forma sferica giunti sino a noi; l'altro è il globo di **Matelica**, e come quello funziona secondo il principio del terminatore d'ombra. Per la discussione del principio si rinvia a quella voce, *sub* «Le meridiane a forma di globo», dove è discussa questa categoria di orologi solari.

Di questo globo non sono riuscito a reperire immagini affidabili oltre quella presentata che consentissero una discussione critica, e mi limito quindi a poche notizie sintetiche rinviando alla descrizione che ne ha fatto **G. Fantoni** in [103].

Il globo non è coerente con la latitudine del luogo del ritrovamento  $\varphi = 35^\circ - 36^\circ$ , mostrando una differenza di circa  $1^\circ$  dalla latitudine del ritrovamento.

Nella parte settentrionale della sfera reca un'iscrizione dedicata *Talia sacerdotessa della dea Era mi donò per annunciare giornalmente le ore solari*, e presenta un fitto reticolato e molte lettere incise, nonché una serie di dodici fori che evidenziano i punti orari. Questi fori che servivano di supporto per relative aste o statuine di divinità, assolvono alla medesima funzione dei fori presenti nel globo di Matelica, confinare cioè l'ombra del terminatore entro uno spazio dello sfera in modo che sia più immediato leggere l'ora.

Il globo, come si vede dalla figura, è ricco di iscrizione, e molto più elaborato di quello di Matelica, ma sembra d'intuire che a tanta ricchezza formale non corrisponda abbastanza precisione. Molte linee ed alcuni diagrammi sono incerti e di difficili comprensione, e non se ne comprende la reale funzione.

Da una parte e dall'altra del meridiano si evidenziano le scritte  $\tau\alpha\upsilon\rho\omicron\varsigma$  (*tauros*, toro) e  $\pi\alpha\rho\tau\epsilon\nu$  (*partenos*, Vergine).

**Protagora**

**proteo militare** → radio latino.

**Protheroe William** (1582 - 1624) Ottico inglese di cui si conosce pochissimo. L'unica notizia tramandata attorno alla sua persona è che nel 1609 avrebbe costruito il primo telescopio rifrattore.

**protostella**

**protuberanze**

**Provenza, osservatorio d'Alta** → **Haute Provence**.

**Proxima Centauri**

**pruteniche, tavole** Pubblicate da **E. Reinhold** e dedicate ad Alberto di Prussia a Tubingen nel 1551.

**PSF** Acronimo di *Point Spread Function* (funzione di sparpagliamento dei punti). Negli apparati ricettivi elettronici dei telescopi l'immagine anziché essere nitida si distribuisce su una zona più ampia causando una perdita di dettagli. Il fenomeno si verifica soprattutto con le sorgenti non puntiformi, cioè nebulose, galassie, ecc. ma anche nelle sorgenti puntiformi può generare una notevole perdita di informazioni specie nell'indagine spettroscopica.

L'origine va ricercata nella → **turbolenza** atmosferica che rende instabile la colonna d'aria fra l'osservatore e l'oggetto: *vedi* anche il lemma **seeing**.

**Pulkovo, osservatorio**

**pulsar**

**punto d'Ariete** → Ariete, punto d'Ariete.

**punti cardinali**

**pupilla d'uscita**

**pyrex** → **vetro**.

**PZT** Acronimo di *Photoelectric Zenital Tube*, strumento usato per la misura della latitudine locale e del tempo, appartenente alla famiglia dei telescopi astrometrici come lo strumento dei → **passaggi** e l'astrobio impersonale di **Danjon**.

Lo strumento lavora in posizione fissa puntato verso lo zenith fotografando le stelle che transitano sulla verticale. Precisione entro  $0^s,0040$  per i tempi e  $0'',040$  per la latitudine.

## Q

## quadrante di Davis

**quadrante geometrico** Strumento utilizzato nel medioevo per misure astronomiche e topografiche. Successivamente, in specie nei secoli XV e XVI, lo strumento subì profonde modifiche, venendo utilizzato per la risoluzione di problemi complessi. Studiata dal matematico Nicolò Tartaglia, deve considerarsi il progenitore del → quadrante murale.

Strutturalmente il quadrante geometrico si componeva di un quadrato di legno che misurava due braccia per lato (circa 1,10 m) ed aveva due lati suddivisi in sessanta parti: gli altri due lati non avevano alcuna funzione se si esclude quella di sostegno a tutto il complesso e l'altra, rilevantissima, di avere all'incrocio dei due lati incernierata l'→ alidada che si poteva così allineare con il punto truardato.

## quadrante mobile

**quadrante murale** Strumento che prende il nome dalla sua forma rappresentando un quarto di cerchio. L'aggettivo murale specifica in aggiunta che lo strumento è utilizzato tenendolo infisso solidamente ad una parete.

Lo strumento era usato per determinare con accurata precisione la massima altezza degli astri nel momento del loro passaggio al meridiano. La fascia circolare che esprime il quarto geometrico di cerchio è chiamato *lembo* e su di essa venivano incisi a mano i tratti di divisione. Al fine di ridurre la possibilità d'errore di misura (conseguente ad un'imprecisa realizzazione) i quadranti venivano costruiti di dimensioni generose.

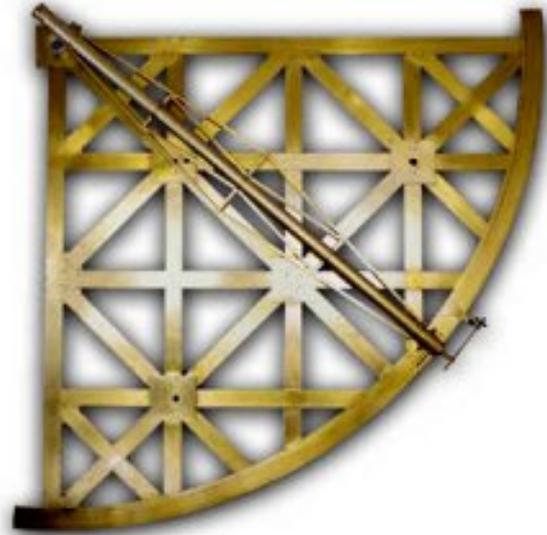
Il quadrante mostrato nella figura presente in questa pagina essendo stato costruito in Inghilterra presenta misure inglesi: raggio di 8 piedi e lembo di 4 pollici. Sul lembo sono presenti due tipi di divisioni: il lembo interno è graduato con *stacchi* di cinque primi secondo la divisione sessagesimale del cerchio, quello esterno è diviso in 96 parti, ciascuna in sedicesimi. L'origine delle due scale è alla base del raggio.

Una volta puntato l'astro, ne veniva letta la misura, la misura veniva letta su entrambe le scale convertendo la misura esterna in gradi tramite tabelle.



▲ Quadrante astrolabio arabo della prima metà del XIII secolo conservato allo Smithsonian Museum.

▼ Quadrante murale della specola di Padova. Rifrattore acromatico: raggio 244 cm, focale rifrattore 87 cm, obiettivo 0,7 cm. Materiale: ottone.



lo strumento rappresentato fu installato nel 1779 ed impiegato per il passaggio del Sole al meridiano, di pianeti e per occultazioni.

**quadranti solari** ■ *A sfera*. A forma di globo → rinvio **globo di Matelica**. terminatore generatori d'ombra e di fascio luminoso

## quadratura

## quark

**quasar** Termine composto dalle iniziali delle parole *quasi-stellar radio source*, corpi celesti ad alta energia che presentano fortissime emissioni in radio e sono caratterizzate da un alto valore di red-shift.



▲ Quadrante solare a Bevagna con iscrizione in lingua umbra

**Quibla** →araba astronomia.

Secondo il precetto religioso, il musulmano, ovunque si trovi, deve volgersi in una determinata direzione, quella della Mecca. Ciò pose agli astronomi arabi il problema di determinare la direzione (angolo) di un luogo determinato conoscendo le coordinate del luogo in cui ci si trova.

Fra gli astronomi arabi che si applicarono alla risoluzione del problema vanno ricordati al-Battani e, soprattutto, al-Biruni che fornì nel suo Canone un metodo rigoroso, anche grafico per cercare agevolmente la direzione della Mecca.

**Qumran, disco di -**

**QSO**

## R

**radiale, velocità** → **velocità radiale**.

**radiazione di fondo**

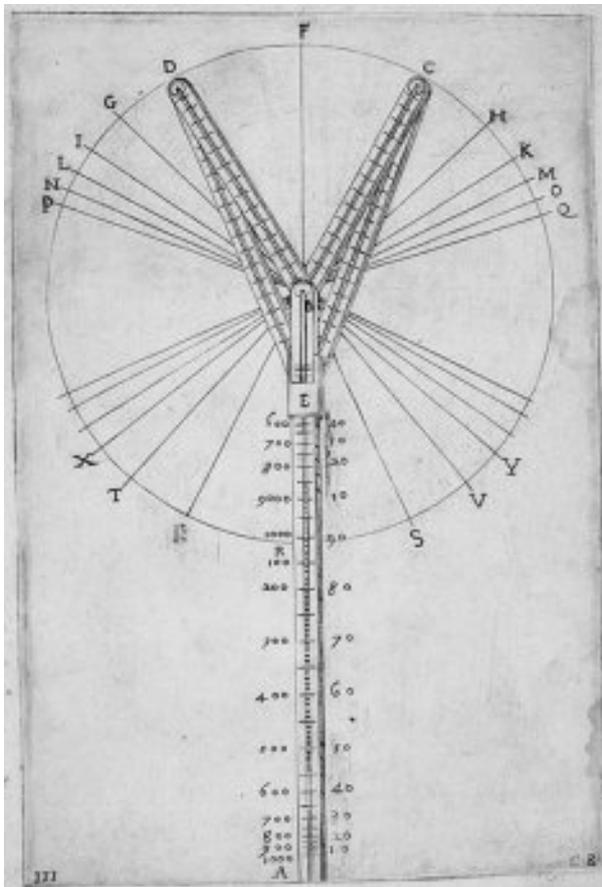
**radiazione elettromagnetica** → **luce**.

**radio latino** Strumento da rilevamento architettonico e topografico inventato e descritto da Latino Orsini, da cui prende il nome, era una variante del **baculus**.

Lo strumento presentava una lunghezza variabile da 2 o 4 cubiti (circa 90 o 180 cm), ed era addirittura diviso in 4200 parti. Il bastone trasversale che scorreva all'interno di una guida era lungo la metà ed era diviso in 2100 parti. Su uno dei lati di ciascun bastone era presente la divisione in gradi che consentiva di misurare gli angoli.

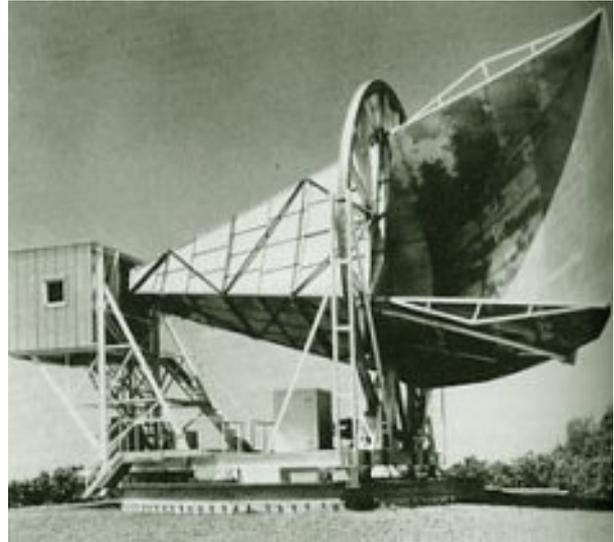
Lo strumento era tenuto in una custodia, come fosse un pugnale, ma una volta sfoderato svolgeva le funzioni di vari strumenti di misura: radio greco, quadrante,... ed era persino munito di bussola. Egnazio Danti nel 1583 pubblicò un trattato sul radio latino spiegandone tutte le possibilità d'uso astronomico, come l'altezza del Sole e delle stelle, la distanza delle stelle, la declinazione del Sole ed altre operazioni.

Simile a questo strumento nell'impostazione di base e nella struttura, era il *proteo militare* ideato da Bartolomeo Romano nel 1585, strumento nato soprattutto per rilievi architettonici e topografici. Come il radio latino veniva custodito in un fodero

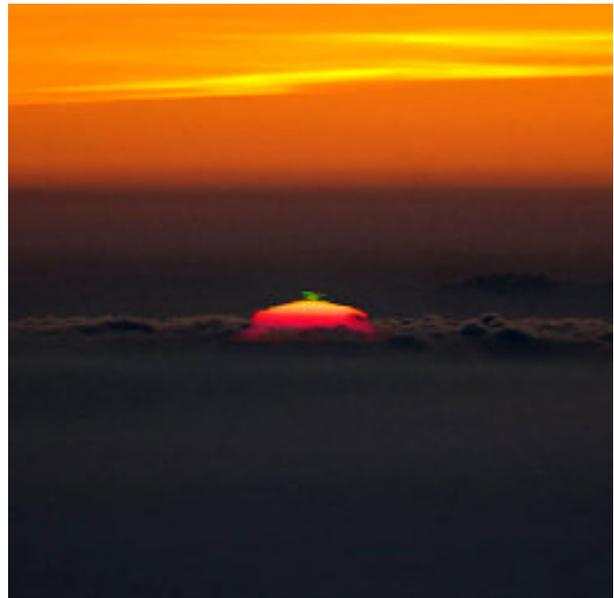


▲ Parti di un radio latino portatile.

▼ L'antenna di Penzias



▼ Raggio verde. Foto di D. Pivato il 10 gennaio 2007, alle ore 17 01, a 2000 m s.l.m., in località Campo Minio, in provincia di Roma



da pugnale, era composto da tre lame graduate sovrapposte, ed una volta aperto si poteva usare come quadrante, gran regola di Tolomeo, archimetro, radio latino, bacolo.

**radioastronomia** Emissione radio nelle galassie

**radiogalassia**

**radiointerferometria** coelum 83, 7-8

**radiometeore** Tratta sotto meteore

**radiometro**

**radiotelescopio**

**raggi cosmici**

**raggio verde**

**Ramsay William** (1852 - 1916) Isolò l'elio nel 1895 dopo la scoperta di Lockyer.

**Ramsden Jesse** (1735 - 1800) Uno dei più importanti e celebri costruttori di strumenti astronomici del secolo XVIII che per la loro affidabilità si diffusero in tutt'Europa.

La fama di Ramsden è legata soprattutto all'invenzione della *macchina a dividere*, una macchina utensile che permette di dividere un cerchio o un arco di cerchio in parti eguali secondo la divisione in gradi segnando i relativi riferimenti.

Per rendere la lettura del valore angolare ancora più precisa, gli strumenti erano dotati, come nel sestante, di una corona dentata (interna o inferiore) su cui si innestava tramite un nonio decimale la barra incernierata cui era solidale il cannocchiale che permetteva le misure.

Ramsden produsse una notevole numero di cerchi altazimutali e quadranti murali, molti dei quali giunsero in Italia, fra cui il quadrante murale per l'osservatorio di Padova ed il cerchio di Piazzi: *vedi* figure a pagina 264 e a pagina 119.

Ramsden fu anche un valente ottico, ed a lui è legato l'oculare che porta il suo nome: → lemma seguente.

**Ramsden, oculare**

**Ramsden, quadrante**

**rasoio di Occam** → **Occam**.

**RATAN 600**

**Rayleigh John William Strutt** (1842- 1919)

**Rayleigh, criterio** Criterio per determinare la qualità di un'ottica secondo il rapporto trovato da **J. W. S. Rayleigh**.

Il criterio di Rayleigh esprime il requisito minimo da soddisfare per la bontà di un'ottica, e –per converso– il massimo difetto tollerabile sul fronte d'onda.

Secondo questo criterio la sorgente luminosa deve essere compresa fra due sfere concentriche separate da uno spazio massimo pari a  $\lambda/4$ , essendo cioè

$$\lambda/4 = 560/4 = 140 \text{ nm}$$



▲ Macchina a dividere Trough Simms di fine Ottocento dell'osservatorio di Napoli-Capodimonte per piccoli strumenti

dove 140 nm rappresenta un quarto della lunghezza d'onda  $\lambda$  alla quale l'occhio umano è più sensibile (560 nm).

Più correttamente questo criterio può essere espresso affermando che lo scarto massimo del fronte d'onda emergente deve essere inferiore a  $\lambda/8$  in rapporto al fronte d'onda medio; di conseguenza alcuni difetti presenteranno uno scarto positivo sino a  $+\lambda/8$ , altri negativo sino a  $-\lambda/8$ , riformulando così il criterio secondo la serie di equivalenza:

$$\lambda/8 = 560/8 = 70 \text{ nm}$$

È questo il motivo per cui i più accurati costruttori cercano di spingersi nelle loro realizzazioni sino a  $+\lambda/8$  ed anche  $+\lambda/16$  per quanto queste realizzazioni siano difficili da ottenere.

Il criterio è comunque carente per un'ottimale qualificazione di un'ottica, dal momento che prende in considerazione un solo elemento. Altri proprietà rilevanti di un'ottica sono: l'aberrazione trasversale residua confrontata con il raggio del disco di diffrazione che deve essere inferiore allo stesso; il numero di difetti presenti nella totalità della superficie riflettente, anche se di dimensioni inferiori a un quarto d'onda, è penalizzante (più sono gli errori maggiori sono le pendenze sulla superficie) così come è notevolmente penalizzante l'astigmatismo.

Al di là dei vari test (→ **Foucault**, **Ronchi** **Hartmann**) che conducono sempre a valutazioni dove è presente l'errore personale, il metodo più oggettivo è quello interferometrico in cui il fronte d'onda in esame è confrontato con un altro sistema di riferimento: le frange d'interferenza ottenute forniscono in questo modo maggiori informazioni sulla qualità dell'ottica.

**redshift**

**redshift non cosmologici**

**Regiomontano** (1436 - 1476) Astronomo e matematico tedesco il cui vero nome era Johannes Müller. Nativo di Königsberg, vicino alla marca di Ermland dove lavorerà Copernico, giocando sul nome composto della città natale (Königsberg, «Königs» = *del re, regio* e «berg» = *monte*), mutò il nome in Regiomontano.

**regola, gran - di Tolomeo** → **Tolomeo regola**.

**regolatore di Watt** → **Watt governor**, **montatura sub** «motorizzazione».

**regoliti**

**Reinhold Erasmus** (1511 - 1553)

**Repsold Johann Georg** (-)

**Repsold eliometro**

**Respighi Lorenzo** (-)

**reticolo di diffrazione**

**retrogradazione**

**reversibilità degli assi** → **montatura sub** «Alla tedesca, o di Fraunhofer».

**Reynolds Osborne**

**Reynolds, numero** → **turbolenza**.

Parametro per determinare la caratteristica dei fluidi ideato da **O. Reynolds**. Il numero è usato nello studio dei flussi viscosi nella turbolenza atmosferica al fine di ricostruire con un'ottica **adattiva** ed **attiva** il fronte d'onda disturbato: *vedi* anche → **seeing**.

**Rheticus Georg Joachim** (1514 - 1574) Vero nome Georg Joachim von Lauchen

**Rhind, papiro**

**Rho Giacomo** (-)

**Ricchenbach Giacomo?**

**Ricci Matteo s. J.** (1730 - 1800) I gesuiti ricevettero dal pontefice il «diritto religioso» su quelle terre iniziarono specie ad opera di, una incisiva diffusione della cultura occidentale cristiana, guadagnando stima e credito in virtù del proprio sapere scientifico. Tradusse gli elementi di Euclide, primo vocabolario cinese-latino, fondatore dell'osservatorio astronomico di Pechino.

**Ricci Ostilio** Insegnò a Galileo

**Riccioli Giovanni Battista s. J.** (1598 - 1671) Astronomo e geografo, raccolse materiale a carattere geografico ed idrografico che pubblicò nella sua opera in dodici libri *Geographiae et hydrographiae reformatae, nuper recognitae, & auctae, libri duodecim* che stampò a Bologna nel 1661.

Particolarmente rilevanti i libri IV e VIII. Nel primo Riccioli si dedica ad elementare i vari strumenti di misura e metodi per il calcolo delle distanze, soffermandosi particolarmente sulle triangolazioni di Eratostene; nel secondo affronta i metodi usati per il calcolo della longitudine tracciando una storia dall'antichità ai suoi tempi delle tecniche e principî usati per la determinazione del meridiano.

*Almagestum novum*

**Richardson Lewis Fry** (-)

**Richardson, numero**

**riflessione, circolo a** Strumento ideato da [J-C. Borda.

**riflessione, coefficiente di** → **albedo**.

**riflessione della luce** → luce.

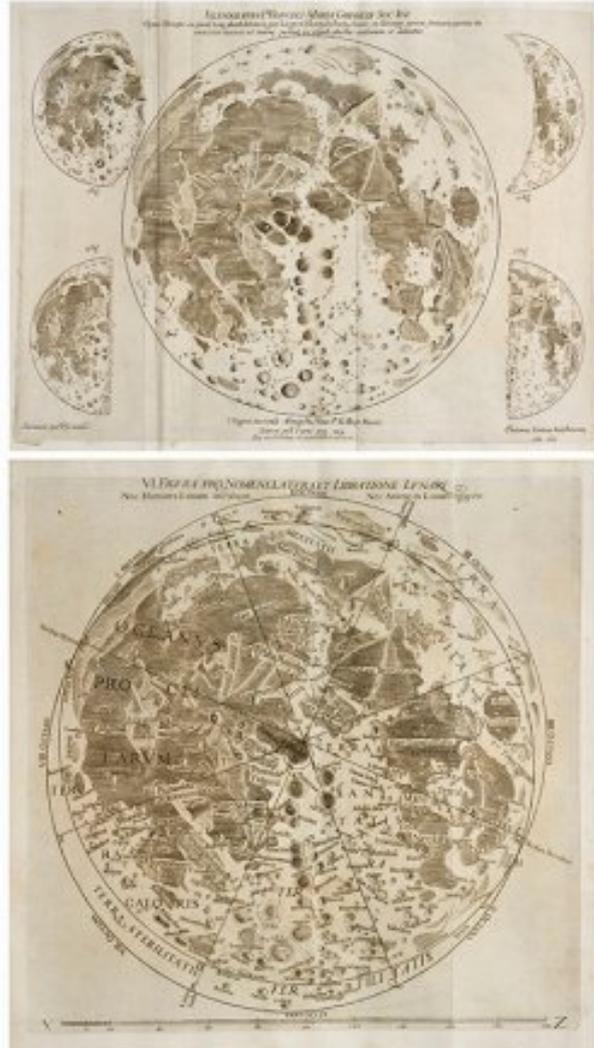
- *Definizione e introduzione*
- *Principî ottici*
- *Riflessione diffusa*
- *Specchi sferici*
- *Specchi concavi*
- *Specchi convessi*

**riflettore**

**rifrattometro** Strumento ideato da **E. Abbe** per misurare l'indice di rifrazione secondo la legge di **Snell** ed usato in svariati campi come la medicina e la gemmologia per misurare gas, liquidi e solidi.

Il rifrattometro determina l'indice di rifrazione di una determinata sostanza permettendo così di risalire alla sua natura se sconosciuta. Il rifrattometro di Abbe è un rifrattometro a prismi che fornisce l'indice di rifrazione di una sostanza alla frequenza

▼ **Riccioli o Grimaldi?**



del sodio. La lettura del valore ottenuto, sempre accompagnato dalla temperatura, è fornito dall'espressione  $n_D^{20} 1,3742$ , dove  $n$  esprime l'indice di rifrazione cercato, il  $n^{\circ} 20$  la temperatura in gradi Celsius, e  $D$  la lunghezza d'onda della luce del sodio a 589 nm.

**rifrattore** Strumento ottico in cui l'esaltazione dell'immagine, in base alle leggi della geometria ottica avviene basandosi sul principio della rifrazione.

L'obiettivo è composto, generalmente, da almeno due lenti (doppio) che interagendo fra loro correggono i principali difetti delle → aberrazioni. → telescopio. L'obiettivo realizzato in vetro della migliore qualità, ma sono stati realizzati a titolo sperimentale, con nessun serio successo in quanto affetti da gravi aberrazioni, anche telescopi rifrattori il cui obiettivo è formato da due facce pian parallele di vetro ottico sigillate fra loro, all'interno delle quali è fatto circolare un gas. L'immagine è a grande scapito della nitidezza, tipica questa del vetro ottico.

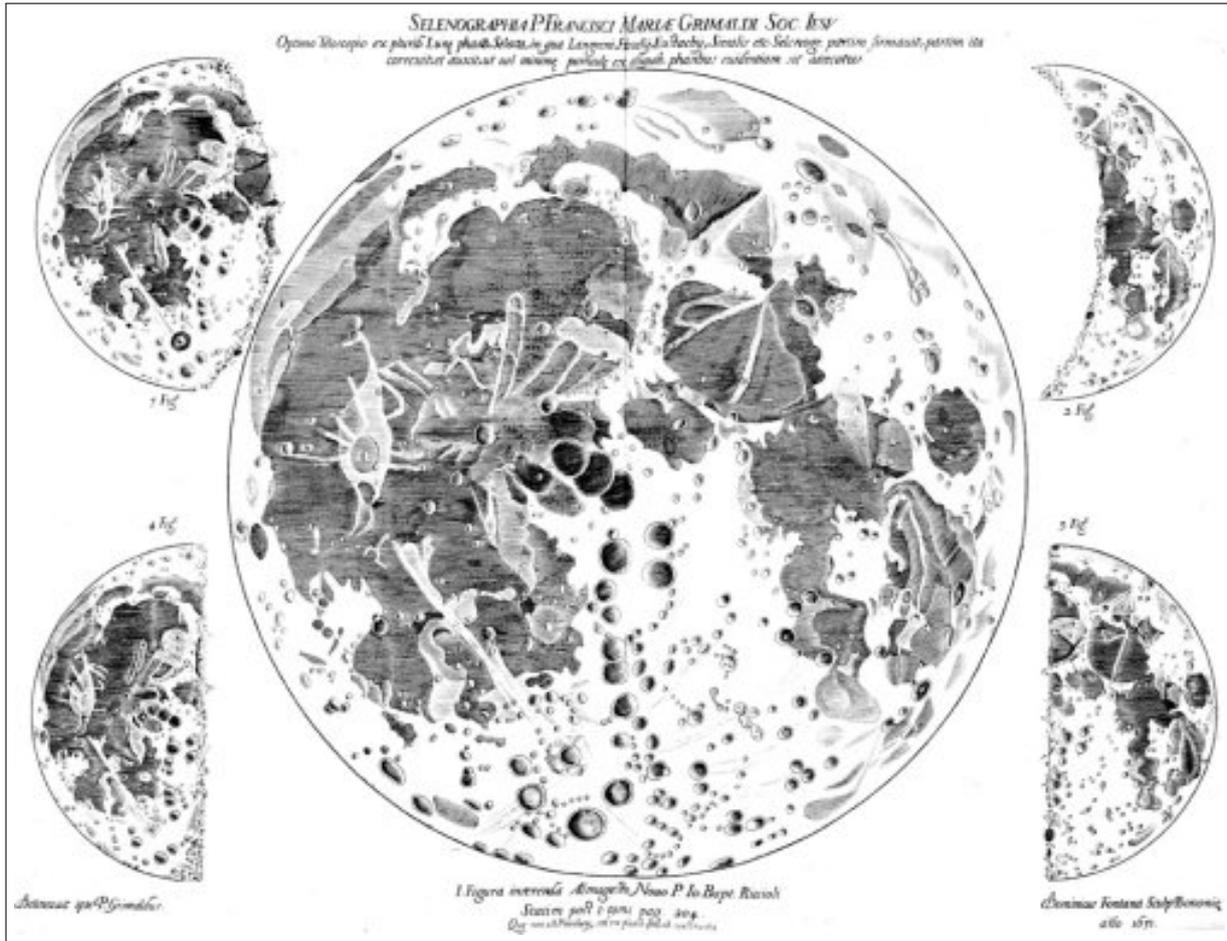
**rifrazione atmosferica**

**rifrazione della luce**

**Righini Guglielmo** (1908 - 1978)

**risonanza orbitale**

▼ Pagina da...



**risonanza, frequenza di** Nei telescopi indica... e rinvio a montatura

**Ritchey George W.....**

**Ritchey-Chrétien, configurazione**

**Roque de los Muchachos, osservatorio di** Complesso di strumenti. Telescopio [Herschel](#).

**Roma, torre dei venti** → [torre dei venti in Vaticano](#).

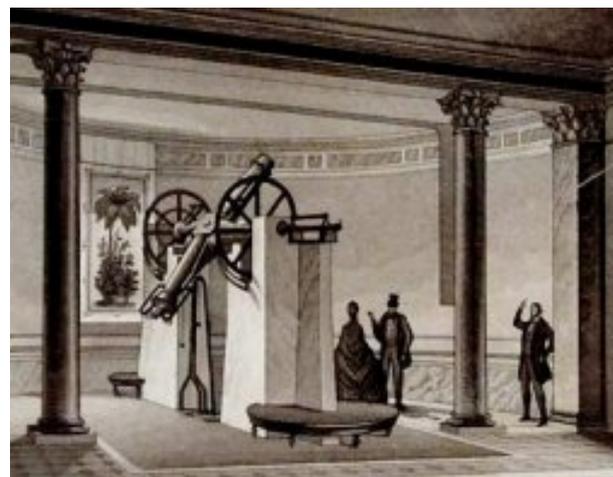
**Roma Campidoglio, osservatorio** Il Campidoglio ebbe il proprio osservatorio nel 1823, istituito da Leone XII con la bolla *Divinae Sapientiae*.....

**romana, astronomia** La civiltà romana svolse un ruolo limitato nel progresso delle scienze: si fondò esclusivamente sulle precedenti e coeve conoscenze greche ed ellenistiche, fra l'altro non sempre correttamente intese.

La sottostima del mondo scientifico presso la civiltà romana costituisce tuttora una delle questioni storiche più dibattute, e per quanto varie interpretazioni siano state offerte, prima fra tutte l'abbondanza a prezzo zero della manovalanza e degli artigiani in genere, cioè la schiavitù, nessuna è singolarmente idonea a giustificare di per sé sola una siffatta apatia scientifica e assenza d'investigazione.

Molto probabilmente, ma l'indagine esula da questo lavoro, si dovette trattare di una serie di concause che tragicamente si fusero: presenza di schiavi altamente specializzati nelle varie

▼ Strumento dei transiti dell'osservatorio astronomico dell'Archiginasio sul Campidoglio; riproduzione da stampa d'epoca



conoscenze (la mano d'opera proveniva in massima parte dalle provincie orientali), scarsa considerazione per la manualità, considerare solo la filosofia speculativa degna di un uomo libero... Queste, mischiate – forse – ad un'indolenza mediterranea, contribuirono a non far sorgere in Roma alcun centro per lo studio delle scienze matematiche e astronomiche. La scarsa propensione verso gli studi in genere, può forse trovare una sponda in quanto scriveva ancora verso la fine del IV secolo d.C. lo storico Ammiano Marcellino circa i costumi degli abitanti di Roma, che

ricalcando sostanzialmente i precedenti giudizi di Giovenale e Cicerone così esprimeva: *tutto il tempo che hanno per vivere lo consumano nel vino, nei dadi, nelle crapule, nei divertimenti e negli spettacoli. Il loro tempio, la loro casa, il centro delle loro assemblee, la sede delle loro speranze è il circo Massimo* [9, XXVIII, 4, 29]; ed anche se Ammiano si riferisce alla *otiosam plebem* si capisce come questa plebe oziosa costituisse la maggioranza dei cittadini.

A questi elementi va aggiunto il notevole grado di superstizione che permeava il mondo romano e che era trasmodato anche nell'amministrazione civile, giungendo a dividere i giorni sostanzialmente in due categorie: quelli *fasti* in cui si poteva amministrare la giustizia, e quelli *nefasti* in cui ci si doveva astenere da questa e qualsiasi altra attività, cui si aggiungevano subcategorie di giorni, come i *dies festi* consacrati agli dèi, i *dies profesti* riservati agli uomini per le loro attività, i *praeliari* giorni in cui si poteva iniziare un'attività bellica sotto buoni auspici, e diversi altri. Quand'anche questo non fosse ancora sufficiente a complicare la vita umana, Ovidio nei *Fasti* ci fa conoscere [228, I, 49 - 50] che esistevano giorni detti *endotercisi* in cui alcune ore erano faste ed altre nefaste. . . : → **calendario**. Con queste premesse, appare naturale che l'osservazione del cielo si esaurisse nella funzione degli aruspici, *tendenza* che favorì il fiorire in età imperiale dell'astrologia anche presso i ceti abbienti, tanto che si dovette intervenire con editti (Claudio, nel 52) in difesa dell'antica arte divinatoria, perché l'astrologia era vista come avulsa dalla religione.

Quale delle due pratiche (aruspicina o astrologica) sia stata più dannosa a Roma è davvero difficile dire, ma l'astrologia e i suoi praticanti, chiamati per assurdo *mathematici*, furono duri a morire, e svolsero anzi un ruolo non indifferente nelle vicende dell'impero e nelle guerre intestine di successione, prospettando anziché un'astrologia divinatoria, un'astrologia politica.

- *Roma e la scienza*
- *Astronomia a Roma*

■ *Roma e la scienza*. Come naturale conclusione ne deriva che in tutta la sua storia Roma non ha prodotto né matematici né geometri né fisici né astronomi, ma soltanto letterati, giuristi, oratori, retori e poeti; singolari ed isolati, ma con le loro limitatezze, restano i casi di **Vitruvio** (*De Architectura*), **Plinio** (*Historia naturalis*) e **Seneca** (*Naturales quaestiones*). Un caso a parte è rappresentato dalle uniche e, per alcuni versi, singolari figure di → **Numa Pompilio** e **G. Cesare** che avendo riformato i precedenti calendari ed essendo anche accreditati (G. Cesare) autori di testi astronomici, competenze maggiori rispetto ai contemporanei e predecessori dovevano averle: questi gli unici che abbiano scritto o compiuto qualcosa di scientifica rilevanza, riportandosi però anche in questo caso (G. Cesare) a conoscenze e fonti greche ed ellenistiche e (N. Pompilio) etrusche.

Il *De Architectura* non è un'opera innovativa, è un compendio delle conoscenze del tempo e poco più, in cui è assente un qualsiasi studio delle forze, un qualsiasi accenno scientifico alla statica o alla meccanica, mentre grande spazio è dedicato all'abbellimento dei monumenti e delle case. Il confronto fra il cap. XI del libro VIII, dove Vitruvio si diffonde a spiegare in forma quasi letteraria la *chiocciola* con una qualsiasi pagina dell'omologo ΠΕΡΙ ΕΛΙΚΩΝ (Sulla spirale) di **Archimede**, fa emergere la differenza fra i due lavori; in Vitruvio è assente una spiegazione scientifica, e quando può sottrarsi a questioni tecniche, lo fa volentieri: si vedano anche le osservazioni svolte nel lemma Archimede *sub «Le opere»*. Il solo dato rilevante, astronomicamente parlando, dell'opera di Vitruvio è il libro IX dedicato agli orologi solari ed all'analemma.

Su un altro versante, l'*Historia naturalis* di **Plinio** è un'opera di asettica copiatura, più che di compilazione, di materiale contenuto in altri testi. Essa riveste tuttavia un grande valore perché Plinio è il primo ad introdurre la bibliografia, e anche se si limita a riportare quasi sempre i nomi dei soli autori e non anche le relative opere, le citazioni forniscono un prezioso quadro dello stato di accessibilità alle conoscenze scientifiche e ai libri relativi disponibili all'epoca. Un singolare elemento descrittore della scarsità delle conoscenze astronomiche romane, si trova in questo autore quando riporta che per 99 anni il popolo romano utilizzò nel foro una meridiana portata da Catania dal console M. V. Messala, costruita quindi per quella latitudine, leggendo per 99 anni ore inesatte. Plinio in sintesi non è uno scienziato, è solo un curioso che sembra voler insegnare e tramandare. . . quello che non conosce e soprattutto non ha compreso (sic!).

Più originali si mostrano le *Naturales quaestiones* di **Seneca** che pur riportando anch'esse considerazioni altrui, e come di consueto senza citarle, lasciano intendere che quelle condivise sono passate attraverso un'assimilazione. E questo è il solo momento in cui il pensiero scientifico seneciano rivesta un qualche interesse.

A parte questi autori, vanno ricordati in epoca repubblicana **L. Taruzio**, un matematico astrologo ossessionato dallo stabilire la data del concepimento e della nascita di Romolo, e **Cicerone**; in epoca augustea Ovidio con le *Metamorfosi* e i *Fasti*, Virgilio con le *Georgiche*, e soprattutto **M. Manilio**, senz'altro il più originale perché cercò di delineare una cosmologia, e forse anche l'imperatore Tiberio definito da Svetonio *addictus mathematicae*, che tanto vuol dire astrologo.

Il quadro così delineato disegna un panorama misero che si traduce soprattutto nella scarsa considerazione verso il lavoro tecnico e manuale considerato in Roma indegno di un uomo libero, e l'assenza di un qualsiasi interesse per la civiltà tecnologica va considerata la ragione prima del disinteresse per la scienza.

Elaborazioni teoriche e tecniche, a fronte di astrazioni di più generale portata e d'impostazione filosofica basate unicamente sul proprio indimostrato convincimento, vengono non solo sottostimate, ma giudicate di nessuna utilità da una civiltà che pure in altri campi: costruzione di città, edifici, terme, navi, porti, legislazione, opere letterarie e poetiche, oratoria, storia, . . . ha offerto uno spettacolo esaltante di sé. Tre esempi per tutti a suffragio di queste affermazioni.

Vitruvio parlando dell'orologio **anaforico** mostra tutta la propria indifferenza per la semplice meccanica di cui quello è composto affermando [332, IX, 7, 5]:

*E quibus quae maxime utilia et necessaria iudicavi selegi. . . in hoc de expressionibus aquae dicendum putavi. Reliqua quae non sunt ad necessitatem sed ad deliciarum voluntatem, qui cupidiores erunt eius subtilitatis, ex ipsius Ctesibii commentariis poterunt invenire.*<sup>1</sup>

Seneca, l'autore della nota frase «*darei più volentieri mia figlia in sposa a un liberto che a un vile meccanico*», in una lettera a Lucilio [281, XIV, XC, 27] parlando di recenti tecnologie introdotte a Roma (vetri alle finestre e condutture per scaldare le terme) si chiede retoricamente con una serie di *quid loquar?* cosa rappresentino queste invenzioni, e si risponde in un modo a dir poco sconcertante:

1. Fra queste invenzioni meccaniche scelsi quelle che sono particolarmente utili e necessarie. . . e di queste parlai. Gli altri congegni, che non mirano ad alcuna utilità, ma solo al divertimento si potranno trovare negli opuscoli di Ctesibio.

*Vilissimorum mancipiorum ista commenta sunt: sapientia altius sedet nec manus edocet: animorum magistra est.*<sup>2</sup>

Seneca, cui va comunque riconosciuto il merito di aver ipotizzato [op. cit., VII] la periodicità delle comete, tratta le questioni connesse all'astronomia sempre con finalità etica, la sua preoccupazione principale è liberare gli uomini dalla superstizione e dall'ignoranza dinanzi ai fenomeni naturali.

Plinio che gode con l'*Historia naturalis* di una fama eccessiva se si considera l'opera nei suoi contenuti specifici, riporta [243][XI, 149]: *gli autori più competenti affermano che gli occhi sono collegati al cervello da vene; ma io credo piuttosto che siano collegati allo stomaco perché non si può cavare a qualcuno un occhio senza che vomiti.*

L'elenco potrebbe continuare con altre numerose perle.

Le frasi riportate, tutt'altro che isolate, individuano la causa prima dello scarso progresso della scienza in una cultura che, se solo l'avesse voluto, avrebbe potuto produrre contributi rilevanti. La cultura classica umanistica sorvolandovi sbrigativamente, non ha mai riflettuto abbastanza su queste e su una moltitudine di consimili affermazioni, non considerandole per quello che rappresentano ed esprimono: il riflesso non solo di un'assoluta incompetenza scientifica, ma anche, e piuttosto, di un'apatia scientifica, di una certa consuetudine d'animo che rifiutava aprioristicamente la teoria e sprezzava le meccaniche: vedi ancora *sub Archimede* «*La meccanica e la questione platonica*»; e così stando le cose non si poteva avere in Roma quel prosperare di scienze che fu proprio di Atene (e della Grecia) e di Alessandria.

Quando a Roma fu portato come bottino di guerra dal sacco di Siracusa il planetario di Archimede, tutti si riunirono meravigliati ad ammirarlo, e tracce di questa ammirazione si ritrovano in letteratura (vedi in proposito → *Antikythera*), ma non vi è traccia di uno che l'abbia studiato, che si sia preoccupato di comprenderne il funzionamento e la teoria. L'atteggiamento di distacco dalla tecnica, dalla scienza e dalla ricerca quando queste non trasmodavano in filosofia, è proseguito per tutto il medioevo, e bisogna attendere il rinascimento per veder sorgere di nuovo, ma non a Roma, l'interesse per le scienze e le meccaniche.

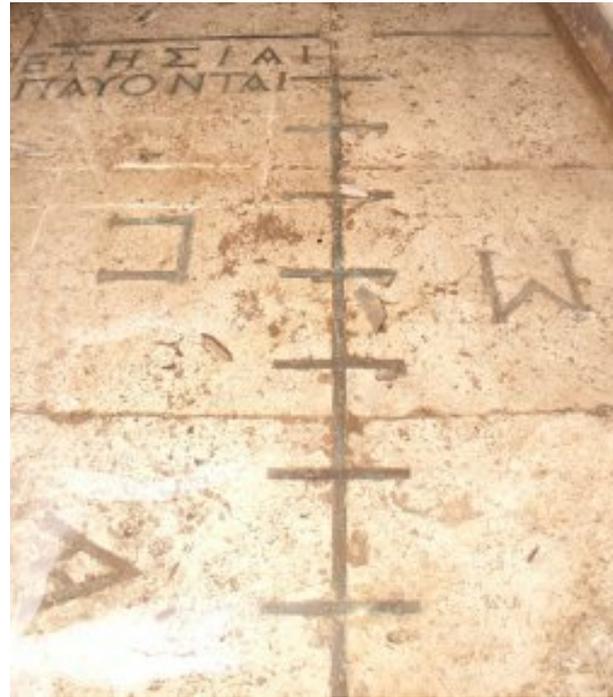
■ *Astronomia a Roma.* Date queste premesse non può stupire, come si diceva, che gli unici astronomi che Roma possa vantare siano un re e un dittatore: Numa Pompilio e G. Cesare, che il testo più diffuso di astronomia fosse un'opera rilevante solo per le testimonianze e le ricerche di terzi riportate, i *Phenomena* di *Arato*, un lavoro che *Ipparco* contestava fortemente per gli errori e le imprecisioni contenute. Il successo del libro dipese dal fatto che per la sua semplicità era un testo classico nell'educazione scolastica dell'epoca. Un posto a parte come si diceva va assegnato a M. Manilio ed ai suoi *Astronomica*, un poeta con la passione dell'astronomia che vede il cielo come un libro aperto in cui rinvenire i miti, la storia e la potenza degli Dei.

Non sarebbe comunque corretto affermare che Roma fosse totalmente insensibile alle vicende astronomiche. Più esatto è sostenere che esse venivano viste in chiave esclusivamente letteraria, quindi ascientifica, e spesso simbolica.

Il fatto che Plauto (III sec. a.C.) nella commedia *Rudens* affidi l'antefatto della storia ad una stella (Arturo) chiamandola *splendens stella candida*, significa d'altra parte che gli spettatori erano in grado di seguire il filo del discorso e che le stelle più luminose, almeno nel nome, erano conosciute. Ennio, quasi contemporaneo di Plauto, negli *Annales* descrisse un'eclisse di Sole, Cicerone traducendo i ricordati *Phenomena* di Arato introdusse nel lessico latino i vocaboli astronomici e nel *Somnium*

2. Queste sono invenzioni di individui inferiori, la sapienza sta su un trono più alto, insegna alle anime non alle mani.

▼ Resti in una cantina romana della meridiana di Augusto. Si legge la scritta in greco ΕΤΗΣΙΑΙ ΠΑΥΟΝΤΑΙ (iniziano a soffiare i venti Etesi), venti tipici del Mar Egeo. Fonte: sito web Roma sotterranea



*Scipionis*, che estese la sua influenza sino a *Keplero*, pur in una fantastica quanto suggestiva personale interpretazione fornì un quadro delle conoscenze scientifiche astronomiche in Roma.

Nel I sec. a.C. *Lucrezio* espose nel *De rerum natura* [lib. V] le ipotesi cosmologiche epicuree, Catullo rese omaggio nei *Carmena docta* [LXVI] a *Callimaco* ed alla sua *Chioma di Berenice*, e *Nigidio Figulo*, un politico che praticava l'arte degli aruspici, scrisse sulla *Sphaera graecanica* e sulla *Sphaera barbarica*, lavori più di astrologia che di astronomia.

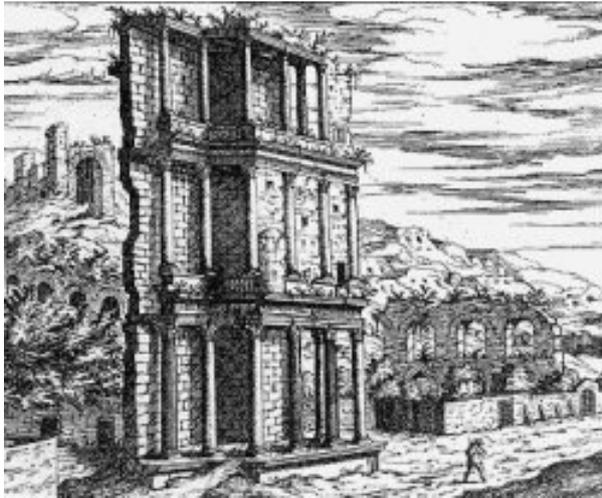
Si può supporre che l'unico periodo in cui l'astronomia ebbe una qualche rilevanza a Roma fu quando nella città era attivo *Posidonio*, a cavallo fra il II e il I secolo a.C., e sicuramente la sua figura ebbe una notevole influenza su Plinio e Seneca. In epoca successiva Varrone del *De re rustica*, un'opera non propriamente scientifica, compose le *Ephemeris navalis*, andate perdute, dedicate a Pompeo in partenza per l'Hispania, un lavoro che doveva contenere tavole di orientamento marittimo per la navigazione d'altura.

In età augustea fu battezzata la costellazione *Thronus Caesaris*; eretta al Campo di Marte una gigantesca meridiana costituita da un obelisco trasportato a Roma da Eliopolis ed alto 22 m; nominata una nuova costellazione, *Antinoo*, in onore del giovane amante di Adriano morto annegato.

Gli autori più rilevanti di questo periodo sono senz'altro i citati Ovidio che nei *Fasti* e nelle *Metamorfosi* si occupa di astronomia con particolari riferimenti (*Fasti*) al *calendario*; Virgilio che nelle *Georgiche* presenta numerosi riferimenti astronomici; e Vitruvio che si occupa d'astronomia a proposito dell'allineamento dei monumenti e degli orologi solari, occasione questa per lui, l'unica, di esprimersi in discorsi d'una qualche complessità.

Nel tardo impero, intorno al IV secolo, G. F. Materno compose un trattato di astrologia, tendenza che doveva essere molto forte e durare a lungo, ed emergere ancora nel VI secolo ad opera di *G. Malalas* con la *Cronografia*, un'opera quest'ultima che costituisce una sorta di *Historia mundi* dalle origini al 575, anno in cui il lavoro s'interrompe, descrivendo fra l'altro come i giocchi

- ▼ Resti del Septizonium di Settimio Severo in una stampa di fine Cinquecento



nel circo fossero carichi di elementi simbolici che rinviavano direttamente a fenomeni celesti. I *Carceres*, ad esempio, le gabbie da cui si lanciavano i carri per percorrere nei circhi i loro giri, erano in numero di dodici perché ricordavano le dodici case dello **Zodiaco**, le due svolte dei carri rappresentavano l'Oriente e l'Occidente, i sette giri compiuti rimandavano al moto dei sette pianeti (Luna e Sole compresi, ma l'obelisco al centro rappresentava ancora il Sole), e l'arena la Terra. Simbologie che il Malala fa risalire addirittura a Romolo e che continuarono anche in età imperiale.

Settimio Severo (193 - 211) fece costruire il *Septizonium* una sorta di *Pantheon personale* con tanto di oroscopo, un edificio a tre piani distrutto da Sisto V, che non solo costituiva un omaggio alle sette divinità planetarie, ma simboleggiava anche un'identificazione con le divinità, e – cosa non trascurabile – indicando anche i giorni dei mesi fungeva da pubblico calendario.

Analoghe finalità astrali-simboliche possedeva la famosa cupola rotante della *domus aurea* neroniana che secondo quanto racconta Svetonio ruotava secondo il moto della Terra.

Insomma, anche se a livello superficiale, i riferimenti astronomici in Roma erano presenti sparsi un po' ovunque, ma al di là di un simbolismo di facciata che mirava, soprattutto in epoca imperiale, a confondere la figura dell'imperatore con la divinità, specie col Sole, a Roma non è mai esistita una scuola astronomica e neanche una tradizione di studi; non è esistita insomma un'osservazione sistematica dei corpi celesti com'era avvenuto in Grecia ed Alessandria, o presso i Babilonesi e gli Assiri, ed anche le eclissi quando erano osservate venivano semplicemente descritte, e nulla sul perché del loro verificarsi di scientifico e tecnico è reperibile come autonomamente scritto e pensato da un cittadino romano che non vada al di là di una semplice descrizione. Non è certo un caso che il più rilevante (fra i sopravvissuti) monumenti di Roma a carattere astronomico, il → **Pantheon**, sia opera di Apollodoro da Damasco, un architetto che durante la costruzione dell'edificio entrò più volte in contrasto con il committente Adriano che voleva interferire nella costruzione, definendolo *disegnatore di zucche*.

Gli ultimi due autori da citare che si sono interessati di astronomia, ma sempre da un punto di vista filosofico e poetico, e mai scientifico, sono **M. Capella** e **Macrobio**. Entrambi non romani ma nord-africani.

La risoluzione dell'astronomia nell'astrologia, la condanna di quest'ultima da parte del cristianesimo che impose l'equazione

*astrologia* = *maligno*, portò la cancellazione definitiva di ogni pur elementare conoscenza fino al Rinascimento. Le conoscenze astronomiche essenziali rimasero circoscritte ad una classe che le doveva inevitabilmente conoscere, i naviganti, ma cessato l'impero, terminate le navigazioni in alto mare, anche queste decadde.

Al di là di quello che raccontano i libri celebrativi dell'epopea romana, questo fu il desolante stato delle conoscenze astronomiche in Roma; in queste condizioni la civiltà romana poteva produrre solo l'essenziale, l'organizzazione del tempo, cioè i calendari (*vedi* lemma dedicato), richiamandosi comunque anche in questo caso ad autori estranei alla tradizione romana.

**rogeriana, tabula** Atlante redatto dal carografo arabo **Idrisi** per incarico del Re Ruggero. → **atlante sub «Sino al Rinascimento»**.

**Ronchi Vasco** (-)

**Ronchi, reticolo**

**rosa dei venti** → **bussola**.

**ROSAT**

**Rosetta**

**Rosino Leonida** (-)

**Rosse, Lord** **W. Parsons**

**rotazione di campo**

**Royer Augustin**

**RXTE**

**rudolfine, tavole**

**Ruggieri Guido** (-) astronomo non professionista italiano, noto divulgatore..

**Rydberg Johannes** (-)

**Rydberg, costante**

## S

**Sabattier, effetto** L'effetto trae il nome dallo scienziato francese A. Sabattier che lo scoprì nel 1862 a seguito di un' accidentale esposizione in sede di sviluppo fotografico, chiamandolo *inversione di pseudosolarizzazione*. L'effetto Sabattier è diverso dalla **solarizzazione** perchè mentre questa si ottiene con una sovraesposizione del negativo durante la ripresa, si ha esponendo di nuovo in fase di sviluppo o il negativo o la carta da stampa. Ai tempi in cui non esistevano i rivelatori elettronici (**CCD**), la tecnica permetteva di ottenere immagini in colori invertiti con l'evidenziazione di particolari dell'oggetto e dei suoi contorni, consentendo, grazie anche all'**equidensitometria**, di ricavarne le **isofote**, [53] e di effettuare anche stime fotometriche [93].

**sacrale, era** Era riferita ad un periodo storico convenzionale che presume di contare le epoche da una data epocale, come, ad esempio, la creazione del mondo.

L'epoca può possedere ovviamente diversa durata secondo le varie religioni o consuetudini, il valore che riveste è comunque esclusivamente culturale e confinato a chi l'adotta: → **calendario sub «Calendario giuliano»**.

**Sacrobosco Giovanni** (circa 1195 - fra il 1234 e il 1256) Conosciuto anche come John of Holywood, è da sempre considerato un inglese, ma nulla di effettivamente preciso si conosce sul luogo di nascita e sulla cittadinanza, potendo altrettanto bene essere anche scozzese o irlandese; e perfino la diffusa opinione che abbia studiato ad Oxford non è per nulla accertata. Con sicurezza si sa solo che fu un canonico agostiniano nel convento di Holywood, e la sua presenza in questa località ha condotto in passato a far convergere in quel posto, ma senza riscontro alcuno, i fondamenti delle sue origini natali. Verso il 1220 si recò comunque a Parigi ove fu professore di matematica e dove morì in un anno imprecisato fra il 1234 e il 1256.

Personalità fra le più brillanti del suo tempo per le conoscenze scientifiche, astronomo e astrologo secondo l'uso, valente matematico, Sacrobosco ebbe il grande merito di diffondere l'astronomia avendo come suoi principali punti di riferimento **Tolomeo** e **al-Farghani**. Il suo *Tractatus de Sphaera mundi*, spesso citato come *De Sphaera* o *Sulla sfera* composto intorno al 1240 fu diffusissimo sino a tutto il XVI secolo, ed ancora nel

primo decennio del 1600 **Clavio** scriveva un commento su quello. Il trattato segnò, anche se rimase un caso pressoché isolato, il primo recupero delle antiche conoscenze greche e alessandrine, filtrate soprattutto attraverso le fonti arabe. Tutte le fondamenta del sistema tolemaico (epicicli, deferenti, le sfere, i loro moti, ...) vennero recuperate, e quell'impostazione cosmologica che con lui riprese di protrasse sino a che **Keplero** non propose con le sue teorie più congruenti modelli matematici.

In campo matematico fu un fautore del sistema di numerazione poi detto **arabo** che espose nell'*Algorismus* poi conosciuto come *De Arte Numerandi*, forse la sua prima opera, che già nell'originario titolo arabeggiante indica chiaramente le fonti cui Sacrobosco attinse per la compilazione.

Il lavoro più importante di Sacrobosco resta comunque il *Computus* databile attorno al 1235; che non solo è il più originale dei suoi lavori, ma anche quello in cui affronta le problematiche connesse al computo temporale esaminando una serie di questioni connesse tanto alla durata del giorno e dell'anno, come alle festività cattoliche. Il *Computus*, che segue di diversi secoli il *De temporum ratione* del venerabile **Beda**, conduce un'analisi dettagliata delle metodologie di calcolo calendariale, sia seguendo ancora una volta Tolomeo, sia mostrando originalità nella ricerca.

Prima di **R. Bacone** (→ **calendario sub «Calendario gregoriano»**) Sacrobosco giunge alla conclusione che il calendario giuliano era affetto da un errore d'origine che non permetteva all'anno civile giuliano di essere in fase con l'anno in tropico, stimando la discrasia fra l'anno giuliano e l'anno solare in 288 s. Senza entrare nei particolari dell'analisi di Sacrobosco che sono esaminati dettagliatamente in un lavoro di O. Pedersen [234], egli stima questa differenza (incrementatasi nel tempo) responsabile del ritardo calendariale, e propone di saltare un giorno ogni 288 anni, l'ultimo giorno di Febbraio; e quell'anno si sarebbe dovuto chiamare *annus jubilationis*; questa è indubbiamente la prima riforma proposta del calendario giuliano. Il *Computus* ebbe una diffusione superiore forse alla *Sfera*: dopo l'invenzione della stampa conobbe infatti ben 35 edizioni fra il 1531 e il 1673, a testimonianza della sua longevità.

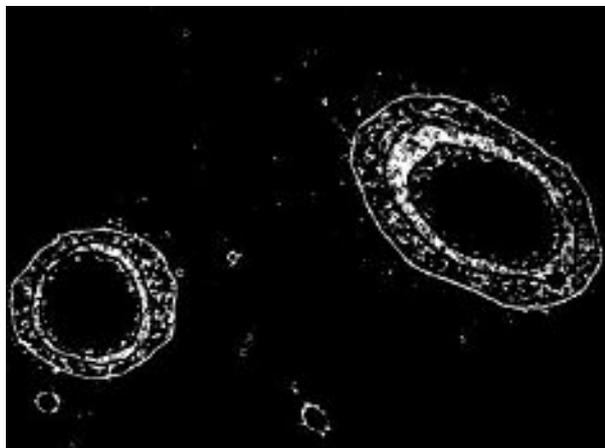
Sacrobosco compose anche il *Theorica planetarum* e un commento al *De coelo* di **Aristotele**; in letteratura esistono comunque diversi riferimenti a quest'autore per opere minori che non ci sono giunte.

A Sacrobosco è intitolato un piccolo cratere lunare di circa 98km di diametro e 2,8km di profondità.

**Sagan Carl** (1934 - 1996) Astronomo e divulgatore scientifico statunitense. Sopecializzato in astrofisica, lavorò presso prestigiosi centri di ricerca come lo **Smithsonian Astrophysical Observatory**, tenne corsi in numerose università americane, fu consulente della NASA per varie missioni spaziali, l'ideatore del progetto **SETI**.

In campo astronomico Sagan ebbe più che altro felici intuizioni che furono poi puntualmente confermate queasi tutte dalle esperienze e dalle esplorazioni successive, come aver compreso che la temperatura di Venere fosse molto più alta di quanto ritenuto, circa 500°C, e che alcuni satelliti dei pianeti giganti possedessero oceani.

La fama di Sagan è legata indubbiamente alla sua attività di divulgatore. In questo campo scrisse un'infinità di articoli per riviste scientifiche, partecipò a numerosi programmi televisivi per diffondere le conoscenze scientifiche e l'astronomia, e scrisse anche un romanzo, *Contact* in cui ci si immagina di ricevere un messaggio dalla stella **Vega**. Le sue qualità di ricercatore, e soprattutto di geniale intuitor di soluzioni non sono comunque



▼ Densità isofotica delle galassie NGC 4374 ed NGC 4406 ottenuta con l'effetto Sabattier; da Dottori, art. cit.

di second'ordine rispetto ai contributi apportati da Sagan nella ricerca e nell'evoluzione dell'esplorazione spaziale in specie. Sua fu ad esempio l'idea di girare le telecamere del Voyager, mentre si stava allontanando dal sistema solare, per fotografare il Sole e tutta la famiglia planetaria, sua fu l'idea, assieme a F. Drake di convincere la NASA ad apporre sulle sonde **Pioneer** una targa che nella remota possibilità di incontro con civiltà aliene testimoniava la presenza di un vita intelligente sulla Terra. Le targhe furono poi apposte, notevolmente modificate anche sulle sonde Voyager, ma occorre dire che al di là delle ottime intenzioni di Sagan, esse sono concepite per non comunicare nulla: solo due figure e il sistema solare sono comprensibili ad un'eventuale intelligenza aliena, anche se assai progredita.

**Sagredo** → **G. Galilei**.

**SAlt** Acronimo di *Società Astronomica Italiana*. L'organismo ufficiale dell'astronomia italiana deriva dalla *Società degli Spettroscopisti Italiani* fondata nel 1871 dal padre **A. Secchi**.

**Salamina, tavola di** Tavoletta in marmo delle dimensioni di 149 cm × 75 cm ritrovata nell'omonima isola nel XIX secolo e risalente al circa 300 a.C. Costituisce il più antico calcolatore pervenutoci dall'antichità: → **abaco**.

**Salisburgo, disco di** → **anaforico, orologio**.

**Salmoiraghi** Fabbrica milanese specializzata nella costruzione di telescopi, montature equatoriali, microscopi, strumenti per geodesia e astronomia. La fabbrica fu attiva all'inizio con il nome *La Filotecnica*. La fabbrica successivamente si specializzò nella costruzione di teodoliti.

**Salmon** costruttore di strumenti astronomici e microscopi attivo a Londra nella metà del XIX secolo.

**Saljut**

**Santini Pietro** (-) Cartografo italiano. Pubblicò a Venezia nel 1778 l'*Atlas universel* in due volumi.

**Santucci Antonio** sfera armillare una a Firenze e una più piccola all'escorial.

**SAO Catalogue** Acronimo di **Smithsonian Astrophysical Observatory**.

**Sardinia Radio Telescope**

**Saros, ciclo** → **exeligma** periodo di 669, ossia 19 756 giorni che vale 3 volte il periodo di 18 anni e 11 giorni noto come ciclo di Saros.

**Sarpi Paolo**

**Saturno** coelum \*83, 5-6

**SAX, satellite**

**Scaligero Giuseppe Giusto** (-) vero nome...di origine italiana, *Opus de emendatione temporum* e Manilo

**Schall von Bell Johan Adam s. J.** (1591 - 1666)

**Scheggia Pascelupo, osservatorio** Osservatorio astronomico composto di due cupole sito in località Trocchi del Tino, nel comune di Scheggia Pascelupo e gestito dall'Associazione Astronomica Umbra.

L'osservatorio svolge, al presente, attività di divulgazione e didattica e dispone di due telescopi, uno da 300 mm in montatura a forcella, ed un Celestron in montatura tedesca.

**Scheiner Christoph s. J.** Matematico ed astronomo tedesco. Dopo aver insegnato matematica ed ebreo ad Ingolstadt dal 1610 al 1616, fu a Roma al **Collegio romano** dal 1624 al 1633, quindi a Vienna ed in seguito al collegio di Nysa in Polonia.

Uno degli ultimi sostenitori del sistema geocentrico tolemaico che difese nel lavoro *Prodromus de Sole mobili et stabili Terra contra Galileum de Galilei*, pubblicò numerosi lavori di astronomia fra cui spicca la *Rosa Ursina* in cui, anche se in netta polemica con **Galileo**, fornì una precisa descrizione della collocazione delle macchie solari lungo le fasce equatoriali, calcolando in 7° 15' l'inclinazione dell'asse di rotazione solare rispetto all'eclittica, rotazione che determinò in un periodo di 27 giorni. Risalgono a lui le descrizioni delle **facole** (faculae) e la differenziazione della zona centrale delle macchie dal loro contorno che chiamò, i termini sono ancora in uso, *umbra* e *penumbra*.

S'interessò anche di ottica pubblicando (1619) l'opera *Oculus sive fundamentum opticum*, realizzò un telescopio a lenti biconvesse che permetteva di ottenere l'immagine solare per proiezione, porando a termine numerosi esperimenti come quello da lui prende il nome che permette di trovare il punto prossimo e il punto remoto della visuale distinta.

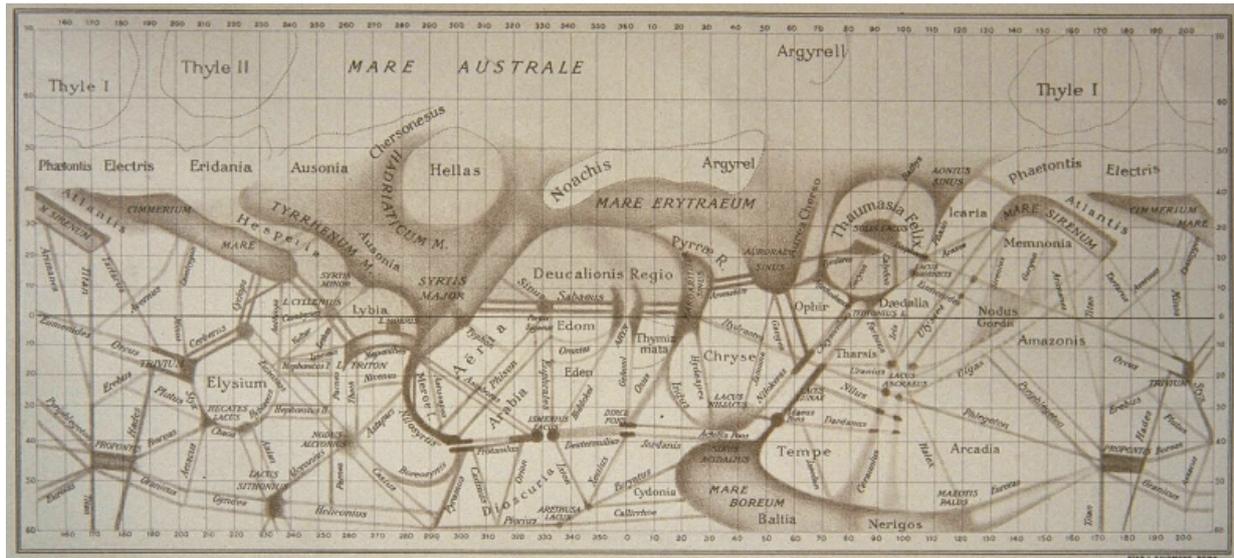
**Schiapparelli Giovanni Virginio** (1835 - 1910) Astronomo, matematico, storico e umanista, cultore delle lingue europee ed orientali noto per gli studi su comete, meteoriti e pianeti: le osservazioni su Marte fecero di lui un'autorità indiscussa a livello mondiale, eclissando il suo maggior contributo all'astronomia: aver trovato l'interconnessione fra comete e meteoriti.

Figlio di umili genitori, gli fu trasmessa da questi sin dalla più tenera età la passione per le cose celesti, tanto che a quattro anni era già in grado di distinguere le principali costellazioni. Intorno al giovane Schiapparelli, a leggerne la storia dell'infanzia e dell'adolescenza, sembra che una serie di circostanze abbiano condotto le cose in modo da farlo divenire quell'astronomo che fu: la madre lo costrinse ad osservare l'eclisse totale di Sole dell'8 luglio 1842, un operaio che lavorava nel forno del padre gli procurò il primo libro di astronomia, ed altri libri gli furono forniti da un parroco assieme a nozioni fondamentali in materia. Allevando questa passione Schiapparelli condusse brillantemente gli studi conseguendo nel 1854, a 19 anni, la laurea quale ingegnere idraulico e civile. Il titolo non gli aprì le porte che sperava, e nel 1856 dovette accontentarsi d'insegnare matematica in un ginnasio di Torino.

La svolta avviene con la cometa apparsa nel 1856. Schiapparelli ritenne in base a calcoli che doveva trattarsi dello stesso oggetto apparso negli anni 975, 1264 e 1556, inviò le memorie al Ministero dell'istruzione, ed ottenne il premezzo di proseguire gli studi presso osservatori astronomici.

Nel 1856 fu in Germania con **J. F. Encke** di cui seguì i corsi, interessandosi anche alla fisica e alla meteorologia, quindi nel 1859 in Russia all'osservatorio di **Pulkovo**, ove operò sotto la guida di **O. Struve**: in questo periodo unì sempre all'interesse scientifico quello storico, coltivando un suo antico progetto di scrivere una *Storia delle matematiche* in 109 libri che non porterà mai a termine. Rientrato in Italia nel 1860, ebbe la

- ▼ Mappa di Marte in proiezione di Mercatore disegnata da V. Schiapparelli nel 1890 col rifrattore Merz-Rapsold da 490 mm. Anche se i dettagli non sono del tutto reali, è notevole la rappresentazione in relazione ai mezzi di disposizione; fonte *astrogeo.va.it*



carica di secondo astronomo all'osservatorio di Brera, in seguito **Brera-Merate**, di cui assunse la direzione nel 1862.

Una prima notorietà internazionale venne a Schiapparelli dalla scoperta del pianetino **Esperia** operata nel periodo 29 aprile - 7 luglio 1861. La pochezza dello strumento, un rifrattore da 120 mm, lo spinse a chiedere una più confacente strumentazione al Ministero che rispose prontamente concedendogli uno strumento da 220 mm, forse perché il ministro era un fisico (C. Matteucci) e il suo segretario (A. Brioschi) un matematico.

La celebrità gli venne infine dal dimostrare la connessione fra le cosiddette *stelle cadenti* (le meteore) e le comete, spazzando così via le residue teorie che volevano che attorno al Sole esistessero degli anelli di materia cosmica che la Terra attirava a sé quando li attraversava. Schiapparelli comunicò le risultanze ad **A. Secchi**, che godeva di notorietà per i suoi studi di spettrometria, fondando le sue deduzioni sulle osservazioni della cometa 1862 III, dimostrando che era la stessa responsabile dello sciame delle **Perseidi**. Schiapparelli comunicò al Secchi anche le stime sulla velocità degli sciami cometari, annotando come questa fosse 1,414 volte il valore della velocità della Terra, in accordo con la velocità delle comete.

La conferma alla teoria venne dalla cometa **Tempel** scoperta a Marsiglia il 19 dicembre 1865: la sua orbita coincideva infatti con lo sciame delle **Leonidi**.

Per il grande pubblico il suo nome è comunque legato ai presunti canali marziani.

Nel 1874 entrò in funzione a Brera il nuovo equatoriale Merz, un rifrattore da 220 mm di apertura, la cui qualità fu subito testata da Schiapparelli nella misura di alcune stelle doppie. La bontà dell'ottica lo spinse, sfruttando la favorevole opposizione del pianeta Marte del 1877, ad usare lo strumento per studiare in dettaglio la superficie del pianeta eseguendo il primo rilievo cartografico.

Schiapparelli disegnò nuove dettagliate mappe del pianeta rosso evidenziando alcune righe scure che sembravano attraversare il pianeta secondo geometrie regolari. Riprendendo gli studi del Secchi su Marte che aveva osservato anch'egli simili striature chiamandole «canali», ripropose lo stesso nome, e questa sola definizione fu sufficiente perché istantaneamente si diffondesse dapprima la possibilità quindi l'evidenza della vita su Marte, e prese il via da lì tutta una letteratura ascientifica, guidata so-

prattutto da **C. Flammarion** che quasi mai faceva del rigore scientifico il proprio faro, che scorse nei disegni geometrici che apparivano al telescopio la tangibile esistenza di una vita extraterrestre. Le successive indagini di **E. M. Antoniadi** e di **M. Maggini** mostrarono chiaramente che si trattava di deformazione psicologica della vista durante l'osservazione. L'eco fu comunque tale che il parlamento decise di installare a Brera un nuovo rifrattore da 490 mm ristrutturando finalmente la specola originaria ideata da **R. Bošković**.

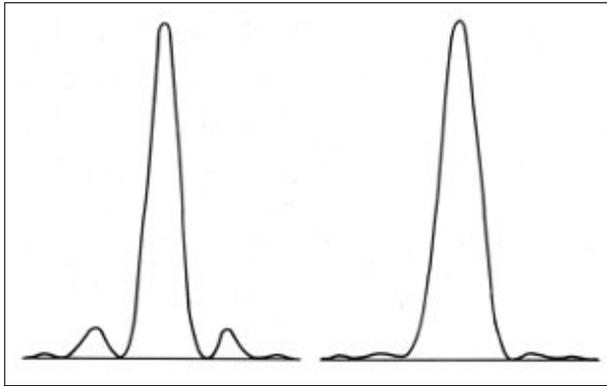
Schiapparelli condusse studi anche sulla rotazione di Mercurio e Venere concludendo che le rotazioni di questi pianeti erano contemporanee alle rispettive rivoluzioni, e sulle stelle doppie, effettuando 3781 misure su 465 sistemi con il 220 mm e 7177 misure su 636 sistemi con il successivo equatoriale da 49 mm.

Versato nella conoscenza di un gran numero di lingue antiche e moderne (oltre il greco e il latino conosceva il sanscrito, l'ebraico e l'assiro), Schiapparelli fu uno studioso della storia dell'astronomia: i tre volumi *Scritti sulla storia dell'astronomia antica* [276] si confermano ancora come un prezioso compendio di scienza antica e come significativo indice d'impostare la divulgazione scientifica conformemente alla sua massima: *i libri si scrivono, non si copiano*.

**Schickard Wilhelm** (1592 - 1635) Dopo gli studi all'università di Tubinga dove conseguì il baccalaureato nel 1609 e la laurea nel 1611, si dedicò allo studio della teologia e delle lingue orientali. Professore di ebraico all'università di Tubinga, Schickard fu uno scienziato che s'interessava di ogni disciplina al punto che nella stessa università in cui s'era laureato riuscì ad insegnare l'aramaico e l'astronomia, essendo versato oltre che nella matematica anche nella topografia producendo mappe molto curate rispetto a quelle del tempo.

Tale predisposizione interdisciplinare lo condusse quasi naturalmente ad inventare molte macchine, e la più celebre è senz'altro quella inventata nel 1623 che anticipa di circa 20 anni la **pascalina** di **B. Pascal**, tuttora spesso ritenuta la prima macchina meccanica moderna. Tracce dell'esistenza di questa macchina si rinvengono nella corrispondenza di Schickard con **Keplero**, nelle quali nell'illustrare il progetto Schickard ne prospetta l'utilità nei calcoli astronomici. La macchina di Schickard era di molto superiore a quella di Pascal del 1642, in quanto molto più

- ▼ Curve di luce sul centro di diffrazione per uno strumento senza ostruzione, a destra, e con ostruzione, a sinistra



agevolmente venivano eseguite le sottrazioni, poteva eseguire addizioni e sottrazioni sino a sei cifre, e il suono di un campanello indicava il superamento della capacità di calcolo. Sopra l'addizionatrice erano collocati dei cilindri ruotanti.

Il prototipo andò distrutto durante un incendio, e fino al XIX secolo si persa ogni traccia dei disegni inviati a Keplero, e quindi le esperienze di Schickard non furono di alcun aiuto nello sviluppo del calcolo meccanico. Nel 1960, riesaminate le lettere a Keplero, si trovarono le indicazioni per la costruzione, e fu di fatto costruita una calcolatrice funzionante secondo il modello di Schickard.

A. W. Schickard G. Riccioli intitolò un cratere nella sua mappa lunare del 1651.

**Schiefspiegler** Telescopio a specchi (*spiegel*) inclinati (*schief*) esente da ostruzione ideato da **A. Kutter**.

In questa classe di riflettori il secondario non è inclinato di 45° come nella configurazione newtoniana, ma di un angolo minimo in rapporto all'angolo d'inclinazione del primario, in modo che il fascio ottico in uscita non incontri ostacoli nel suo cammino, come in un rifrattore.

Attualmente il termine «Schiefspiegler» non indica soltanto questo tipo di telescopio, ma qualsiasi strumento composto da un primario concavo ed un secondario convesso

- *Ostruzione nei riflettori*
- *Lo Schiefspiegler*

■ *Ostruzione nei riflettori.* I riflettori presentano due svantaggi rispetto ai rifrattori: il tubo ottico aperto e il fattore dell'ostruzione rappresentato dallo specchio deviatore (piano, concavo, convesso o ellittico a seconda delle configurazioni) e dai suoi supporti.

Le diversità di materiali di cui è composto il tubo ottico (specchio in vetro e struttura metallica) provocano, in relazione alle differenti condizioni termiche dei materiali, correnti conduttive, e quindi turbolenze all'interno del tubo ottico che non vengono abbattute neanche adottando una configurazione **Schmidt**, perché l'apposizione della lastra di vetro correttiva dinanzi al tubo ottico non fa altro che confinare le turbolenze all'interno.

Il secondo svantaggio è costituito dallo specchio secondario (e relativi supporti) che intercetta la luce riflessa indirizzandola fuori dal tubo ottico per l'osservazione.

In un rifrattore il fascio ottico formato dall'obiettivo è concentrato per circa l'84% nel cosiddetto disco di **Airy** e per il restante 14% negli anelli circostanti, nel riflettore al contrario l'ostruzione generata da un secondo specchio e dai relativi supporti comporta che parte della luce del disco di Airy debordi negli

anelli, con un calo del contrasto e un aumento della sensibilità strumentale alla turbolenza atmosferica: *vedi* disegno in questa pagina.

Il primo problema non è completamente risolvibile, è possibile soltanto adoperarsi con accorgimenti che mantengano il più possibile costanti, e fra loro coerenti, le temperature dei vari elementi che costituiscono il tubo ottico.

Il secondo problema può essere affrontato, e parzialmente risolto conducendo il fascio ottico al di fuori del tubo, rendendo così il suo comportamento il più possibile conforme a quello di un rifrattore, eliminando i problemi creati dalla presenza del secondario e dei suoi supporti. Resta il problema della turbolenza interna al tubo e delle aberrazioni introdotte; inoltre va tenuto conto che il fascio ottico ogniqualvolta incontra una superficie che lo costringe ad un determinato percorso, perde parte della sua efficienza.

L'eliminazione dell'ostruzione fu affrontata per primo nel XVIII secolo da **F. Herschel**, che per risolvere i problemi legati alla cattiva qualità delle sue ottiche effettuava osservazioni con il primario inclinato. La finalità principale di Herschel era di limitare la perdita di luminosità causata dalla scarsa riflettività dei suoi specchi metallici.

La soluzione adottata da Herschel non è l'ideale in quanto porta il campo osservato al di fuori dell'asse ottico ideale di un riflettore, proprio dove questo dà il meglio di sé, e conseguentemente crescono le aberrazioni.

La soluzione herscheliana fu tentata ancora nel secolo XIX introducendo delle lenti di campo correttive prima del fuoco, ma la costruzione di queste si rivelò sempre difficile come il loro corretto posizionamento.

Fattori di quest'innovazione furono due ottici viennesi, Forster e Fritsch, che idearono per l'osservatorio della marina austriaca a Pola uno strumento chiamato *brachiscopio* (telescopio corto) in cui il primario era leggermente inclinato, ma i loro tentativi non condussero a risultati apprezzabili.

Per eliminare l'ostruzione esistono tre soluzioni:

- costruzione di uno specchio parabolico sezionato e dissassato in modo che l'asse ottico cada fuori dal tubo, costruzione difficilissima raramente tentata;
- soluzione *herscheliana*, con paraboloide sferico fuori asse, di notevole difficoltà nell'allineamento degli specchi. Questa soluzione è stata talvolta praticata nei telescopi tipo cassegrain ricorrendo alla diaframmazione del tubo ottico in modo che lavori solo una metà dello specchio;
- strumenti a specchi inclinati. In questo caso i due specchi sono simmetrici, e il telescopio non dispone di un vero e proprio asse ottico.

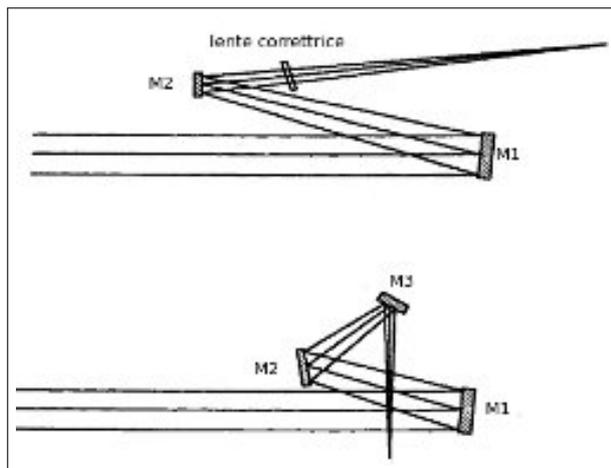
■ *Lo Schiefspiegler.* Lo Schiefspiegler appartiene alla terza categoria di telescopi.

A. Kutter, un brillante ingegnere meccanico con la passione per l'astronomia, affrontò nella prima metà del secolo scorso il problema dell'ostruzione nei telescopi a riflessione, esponendo i risultati delle sue ricerche dapprima nel 1953 nel lavoro *Der Schiefspiegler*, in cui l'autore esaltava le potenzialità astrofotografiche e l'eccellente contrasto di questo tipo di telescopio, e quindi in un articolo dal titolo *Oblique telescope* pubblicato nel 1958 su «Sky & Telescope» [163].

Lo strumento godette subito di larga popolarità negli Stati Uniti dove ogni singolo costruttore si sbizzarì nelle più svariate tecniche del fuori-asse.

Particolarmente apprezzata era la compattezza che ne risultava in relazione alla focale e la relativa facilità di costruzione. Ne fu progettata anche una variante con l'introduzione di un terzo specchio (disegno in basso a fronte) il cui fascio ottico era

- ▼ Le due versioni di telescopio a specchi inclinati ideati da Kutter. Sopra il classico Schiefspiegler con primario concavo, secondario convesso e lente correttiva, sotto il Tri-Schiefspiegler con primario e terziario concavi, e secondario convesso



intercettato ancora da un terzo specchio concavo, in funzione (aggiuntiva) di deviatore.

Lo strumento così concepito prese il nome di *Tri-schiefspiegler*, e fu sviluppato da Kutter negli anni sessanta. Grazie alla presenza di un ulteriore specchio, presenta una maggiore compattezza ma anche una maggiore difficoltà nell'allineamento delle ottiche. Nella sua più essenziale configurazione come mostrata nel disegno in alto in questa pagina, lo *Schiefspiegler* è composto da due superfici sferiche (primario concavo e secondario convesso) con identico raggio di curvatura, in genere molto grande.

L'inclinazione di M1 genera coma e astigmatismo, e per ridurre queste aberrazioni Kutter inclinò anche M2. È quasi impossibile tuttavia trovare un angolo di inclinazione ideale secondo il quale le due aberrazioni risultino corrette, ma entrambe possono essere minimizzate agendo manualmente sui due specchi sino a trovare gli angoli ideali, ed optando, in fase di progettazione, per una generosa lunghezza focale. In questo caso si perde ovviamente in compattezza.

I residui di coma ed astigmatismo possono essere ancora diminuiti facendo intercettare il fascio dei raggi in uscita dal secondario da una lente piano-convessa leggermente inclinata anch'essa, ottenendo così un catadiottrico.

Questa configurazione che era stata sviluppata per ottenere con un riflettore le immagini di un rifrattore esenti dallo spettro secondario che i doppietti del passato presentavano, ha perso ogni importanza e praticità d'uso ma l'eccezionale sviluppo negli anni ottanta dei rifrattori apocromatici.

L'ottico americano A. Leonard ha ideato una variante di questo telescopio, che ha chiamato telescopio → **Yolo** con un inusuale meccanismo di deformazione dello specchio.

**Schiller Julius s.J.** (-) astronomo gesuita pubblicò nel 1627 ad Augusta il *Coelum Stellatum Christianum*, un atlante che rappresentò uno stacco rispetto alla tradizione precedente perché, al progredire del contenuto scientifico, (le tavole sono ancora più grandi di quelle del Bayer, 27x33 cm, e la posizione delle stelle è calcolata sulle osservazioni di Brahe e di **Keplero**), associa una vera rivoluzione per quanto riguarda la denominazione delle costellazioni.

Schiller intendeva spazzare via dal cielo il mondo mitologico greco per sostituirlo con quello cristiano, e così ribattezzò coi nomi dei dodici apostoli tutte e dodici le costellazioni dello zodiaco, e le altre, quelle boreali e australi con personaggi del

vecchio e nuovo testamento: Eridano diventa il *Mar Rosso*, la Via Lattea il *Sentiero di San Giacomo*, ed ovviamente la nave degli Argonauti *l'Arca di Noè* e via dicendo.

Dall'atlante di → Cellarius si evidenzia che Schiller intendesse anche sostituire anche i nomi dei corpi del nostro sistema solare, Sole-Cristo, Mercurio-Elia, Venere-Giovanni Battista, Marte-Giosuè, Giove-Mosè, Saturno-Adamo e la Luna-Beata Maria.

**Schmidt Bernard Voldemar** (1879 - 1935) Ottico estone ideatore dell'omonima camera a grande campo che dette avvio alla costruzione dei telescopi → **catadiottrici**.

Dopo aver frequentato la scuola tecnica a Göteborg senza tuttavia concludere gli studi, si trasferì poco più che ventenne in Sassonia, a Mittweida, dove fondò un piccolo laboratorio di ottica cui lavorò sino al 1927.

Si conquistò presto fama per le sue qualità di ottico rilavorando l'obiettivo da 500 mm del rifrattore dell'Osservatorio di **Potsdam** di cui all'epoca era direttore **K. Schwarzschild**.

A seguito della richiesta formulatagli dall'Osservatorio di Amburgo, dove B. Schmidt lavorava sin dal 1926 come collaboratore volontario, di studiare un sistema ottico con lunghezza focale ridotta ed un'apertura che fosse di un apporto almeno di 1 : 2, Schmidt disegnò un nuovo tipo di telescopio esente da **coma** da allora in poi chiamato camera **Schmidt** o telescopio Schmidt.

Lo strumento si distaccava notevolmente dai telescopi sin allora costruiti in quanto era costituito da uno specchio sferico e da una lastra correttiva di dimensioni più ridotte (piana verso l'esterno e asfericamente deformata all'interno) piano-convessa al centro e piano-concava ai bordi.

**Schmidt, telescopio (camera)** Telescopio a grande campo inventato da **B. Schmidt** caratterizzato da un'elevata luminosità. La notevole conseguenziale riduzione dei tempi di posa per le emulsioni fotografiche, ne favorì l'immediato sviluppo e la rapida diffusione.

La camera Schmidt unisce i vantaggi del rifrattore e del riflettore, essendo posta all'inizio del tubo ottico un'apposita lastra correttiva che abbatte le aberrazioni.

Il fuoco in questi telescopi può essere ottenuto o all'interno del tubo, a ridosso della parte interna della lastra correttiva, ovvero fuori del tubo ottico come in una classica configurazione cassegrain.

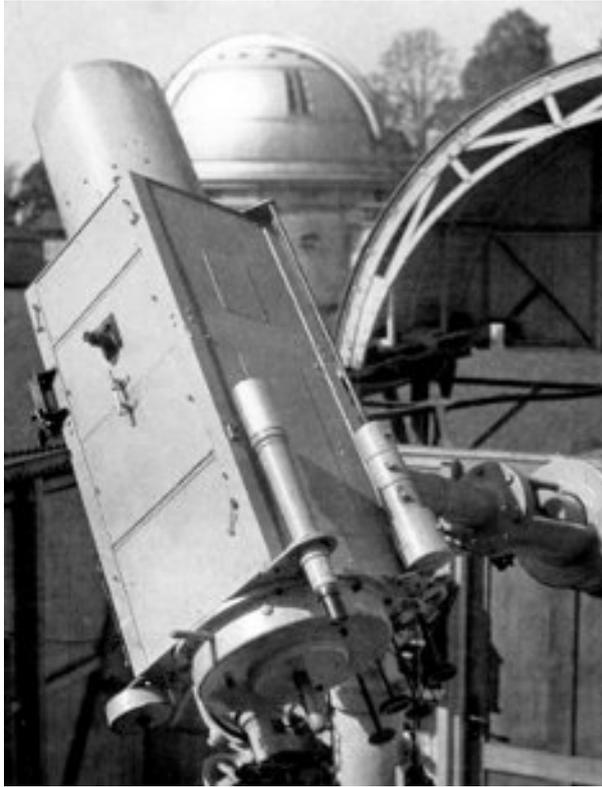
- *Generalità dei telescopi Schmidt*
- *Schema ottico dei telescopi Schmidt*
- *Varianti alla camera Schmidt*

■ *Generalità dei telescopi Schmidt.* Innanzitutto il tubo è chiuso, e questo permette di abbattere notevolmente la turbolenza, secondariamente si tratta di uno strumento assai luminoso, con un notevole campo coperto.

Mentre sino ad allora il campo utile si estendeva appena a 10', la camera Schmidt consentì un campo utile, esente da aberrazioni, sino ad 8° e più dall'asse ottico: lo Schmidt di Palomar, ad esempio, ha un campo utile di ben 42° 3', contro gli 0° 1' del 5 metri dello stesso Palomar.

Lo Schmidt inoltre, a differenza dei classici riflettori parabolici, dà immagini stellari di forma perfettamente circolare sino ai bordi del campo, e per la sua elevata apertura (generalmente 1 : 2, 1 : 3) ha una risposta al colore molto buona, anche se esistono residue aberrazioni prodotte dalla lastra correttiva che rendono lo strumento eccellente nel blu e nel rosso, ma non delle stesse prestazioni in altre lunghezze d'onda.

▼ Il primo Schmidt ad Amburgo (440/360 mm, focale di 615 mm)



Il piano focale di questo strumento è sferico, occorre quindi usare sottili lastre fotografiche in un apposito portalastre di geometria sferico-convessa per adattare alla curvatura del piano focale.

Lo Schmidt ha bisogno di un cielo particolarmente buio, e in queste condizioni può in lunghe esposizioni fotografiche, ora quasi del tutto scomparse, mostrare immagini fantasma causate dalla riflessione di stelle di notevole luminosità.

Il più grande Schmidt esistente è quello dell'osservatorio → **K. Schwarzschild** a Tautenberg, ex Germania Est.

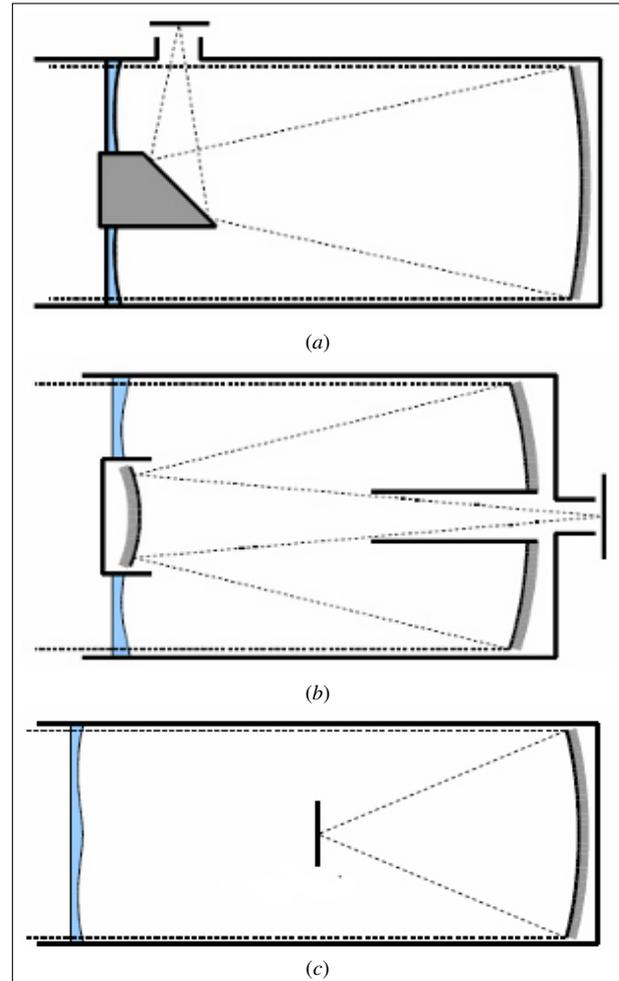
L'applicazione agli Schmidt dei prisma obiettivo ne ha aumentato notevolmente l'ambito di applicazione. L'alta luminosità strumentale consente acquisizione di spettri con tempi relativamente ridotti comparati a quelli dei classici riflettori.

Certamente un telescopio con queste finalità va accuratamente progettato dal momento che la dispersione prodotta dal prisma-obiettivo è non solo in funzione della sua geometria, ma anche della lunghezza focale dello strumento, in considerazione soprattutto della differenza fondamentale che esiste rispetto alla spettrografia tradizionale che richiede l'uso di una fenditura attraverso la quale il sottile fascio di luce raggiunge il prisma o il reticolo di diffrazione.

In questo caso si ha dunque il vantaggio che non si ottiene lo spettro di una singola stella, nebulosa o galassia, ma si ha lo spettro simultaneo di tutti gli oggetti che cadono nel campo, anche se la risoluzione spettrale è minore, e gli spettri della **velocità radiale** degli oggetti si ottengono con maggiore difficoltà.

L'uso di questi telescopi ha subito una battuta d'arresto con l'introduzione delle camere **CCD** che presentano una superficie utile assai più ridotta rispetto alle lastre fotografiche, penalizzando una delle caratteristiche principali di questo telescopio, il grande campo. I successivi progressi dell'elettronica in questo campo stanno lentamente riportando gli Schmidt alla capacità lavorativa d'un tempo.

▼ Le principali configurazioni di telescopi Schmidt



■ *Schema ottico dei telescopi Schmidt.* Nei disegni in questa pagina sono riportate le principali configurazioni Schmidt ammesse: (a) la configurazione newtoniana con lo specchio deviatore sorretto dalla lastra correttiva; (b) la configurazione cassegrain, la più usata nei telescopi commerciali con lo specchio a ridosso della lastra correttiva; (c) la classica configurazione Schmidt con il supporto fotografico per la lastra all'interno del tubo ottico, la configurazione originale per cui il telescopio fu concepito.

■ *Varianti alla camera Schmidt.* **Wright-Schmidt** Maktusov

**Schönfeld Eduard** (1828 - 1891) collaboratore di Argelander

**Schott Otto Friederich** (?? - ??) Ottico tedesco fondatore dell'omonima casa costruttrice di menischi per telescopi. Dalla ditta Schott sono usciti i blank che hanno equipaggiato i più importanti telescopi della seconda metà del XX secolo.

**Schrödinger** ( )

**Schroter, effetto** Controlla scrittura se con umlaut

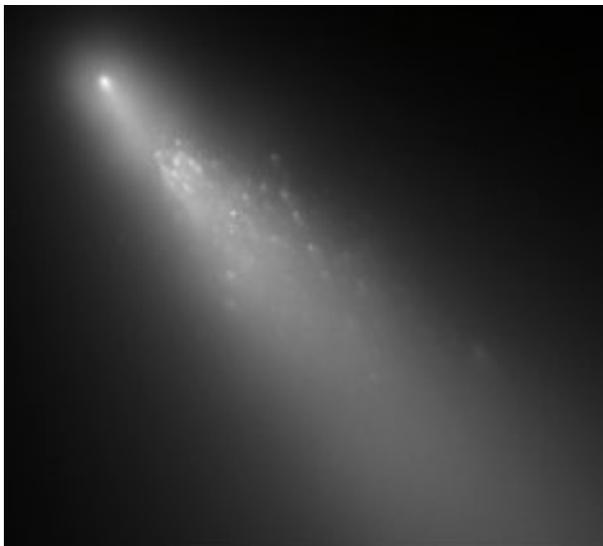
**Schwarzschild Karl** direttore oss. Potsdam

**Schwarzschild, Osservatorio** Osservatorio costituito nei pressi di Tautenberg, nei territori della ex Germania Est, che ospita il più grande telescopio Schmidt attualmente esistente, immagine nella pagina successiva.

▼ Lo Schmidt dell'osservatorio K. Schwarzschild



▼ La cometa Schwassmann-Wachmann in un'immagine dell'HST

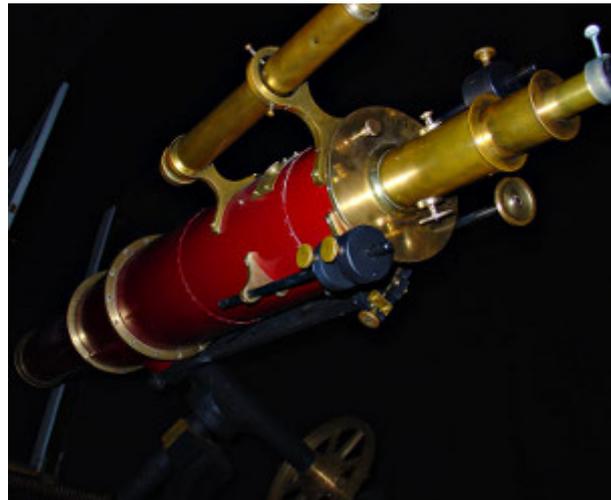


Si tratta di un inconsueto telescopio misto che può lavorare sia come riflettore con 2000 mm di apertura sia come Schmidt con apertura ridotta a 1354 mm. Lo strumento nel blu arriva alla magnitudine 21,5.

**Schwassmann Arnold** (-)

**Schwassmann-Wachmann, cometa** (73P/Schwassmann-Wachmann) scoperta il 2 maggio 1930 da Arnold Schwassmann e Arno Arthur Wachmann dall'Osservatorio di Amburgo, in Germania....

▼ Lo storico telescopio Clark da 8 1/4 pollici all'osservatorio di Seagrave dopo il restauro; fonte Seagrave Observatory



**Schreck Johannes** (-) noto anche col nome latinizzato di Terrentius....

**sciame meteoritico** → **meteoritico sciame**.

**sciografia** Quadranti

**Schall Adam** (-)

**Scopina di Siracusa** ne parla Vitruvio non so in quale libro. TROVARE e vedere cdi che si occupava.

**Sculptor**

**SDSS** → **Sloan Digital Sky Survey**.

**Seagrave, osservatorio**

**Secchi Angelo s. J.** (1828 - 1878) Sacerdote ed astronomo fra i più valenti della sua epoca considerato il fondatore dell'indagine spettroscopica in astronomia.

- *Biografia*
- *L'opera scientifica*
- ▶ *Contributi astronomici*

■ *Biografia*. Di umile famiglia, fu affidato giovanissimo ai Gesuiti perché provvedessero per la sua educazione.

Nella Compagnia restò per tutta la vita, anche quando questa attraversò momenti difficili, iniziando il noviziato a 15 anni, e dedicandosi poco dopo all'insegnamento prima presso il **Collegio romano**, quindi presso una scuola di Loreto.

Ordinato sacerdote nel 1847, l'anno successivo, a seguito delle restrizioni contro la Compagnia seguite ai moti politici di quell'anno che a Roma furono particolarmente accese contro la Compagnia, fu costretto come molti ad emigrare. Si recò prima in Inghilterra, e quindi a Georgetown presso Washington dove divenne aiuto presso l'osservatorio astronomico del collegio locale.

Nel 1849 fece ritorno in Italia, e assunse la direzione del Collegio segnalato dal **F. De Vico** che riconosceva nel giovane assistente le qualità necessarie per assolvere all'incarico.

Secchi si adoperò quanto poté per rinnovare l'osservatorio che versava in stato di abbandono, ma le sue intenzioni sarebbero naufragate se un suo assistente facoltoso non avesse acquistato

a proprie spese un equatoriale Merz da 240 mm che fu installato sopra la chiesa di Sant' Ignazio.

A partire dagli anni cinquanta le sue sistematiche e innovative ricerche che non riguardavano solo l'astronomia, gli guadagnarono la stima di numerosi organismi internazionali di cui divenne membro, qualificandolo come un punto di riferimento indiscusso del panorama scientifico europeo.

Lavorò quasi sempre da solo, tanto che riesce difficile credere che siano state davvero opera di un solo individuo le tante attività svolte, ma quest'atteggiamento non fu comunque conseguenza di un esasperato individualismo o di una qualche forma di orgogliosa solitudine, ma soltanto la conseguenza del fatto che attorno a lui non c'era alcuno in grado di sostenere il suo passo, proporre problemi e trovare anche le soluzioni.

Con la presa di Roma da parte dei Piemontesi la sua vita conobbe altre amare vicissitudini: il collegio romano fu requisito, e padre Secchi nonostante autorevoli prese di posizione da parte di eminenti scienziati nazionali ed esteri in difesa delle sue qualità di ricercatore, dovette lasciare la sede e abdicare alla qualifica di direttore dell'osservatorio, accettando come non onorevole compromesso che gliene venisse affidata solo la cura.

Il governo italiano qualche passo lo fece: offrì al Secchi la cattedra di Astronomia all'Università di Roma che questi in un primo tempo accettò, costretto poi dalla Compagnia a rinunciare per motivi legati alla regola dei Gesuiti sulla libertà d'insegnamento; e fu invitato a partecipare alla spedizione organizzata in Sicilia (1870) in occasione dell'eclisse di Sole in Sicilia.

Ma quando si trattò, dietro medesimo invito, di partecipare (1874) alla spedizione in India in occasione del transito di Venere sul disco solare, Secchi non ottenne il permesso dalle proprie autorità; e nel 1872 la sua partecipazione come delegato pontificio alla conferenza internazionale di Parigi per la definizione del metro campione, suscitò un incidente diplomatico.

Secchi si trovava insomma in una posizione delicata in tempi in cui gli animi erano anco a effervescenti: per i cattolici era considerato un connivente con i laici, per i laici un clericale.

A lui sono intitolati l'asteroide 4705, un cratere sulla Luna ed uno su Marte.

■ *L'opera scientifica.* Per quanto il Secchi sia ricordato principalmente per i suoi studi stellari, egli compì osservazioni a tutto campo e non solo sui corpi celesti: era prima di tutto un fisico, ed anche se ottenne eccelsi risultati in astronomia, all'inizio si prestò a questa scienza, se non controvoglia, quantomeno in spirito d'obbedienza.

S'interessò di magnetismo, di meteorologia, di acquedotti, di sanità, di misure geodetiche misurando fra l'altro la differenza di longitudine fra il suo osservatorio e quello del Collegio romano, eseguì misure trigonometriche sulla Via Appia, determinando ancora la differenza di longitudine fra l'osservatorio di Roma e quello di **Napoli Capodimonte** trovando di conseguenza il meridiano di Roma.

Ideò uno strumento semplicissimo chiamato *disco di Secchi*, che immerso in acqua assicurato ad una corda su cui ad ogni metro e frazione di metro è posto un segno, fonisce con il grado di visibilità il valore di limpidezza delle acque; strumento tuttora usato in limnologia, lo studio appunto della trasparenza delle acque.

Gli studi sulla meteorologia lo portarono ad interessare una rete collegata non solo con le città dello Stato pontificio che si affacciavano sul mare, ma anche con Parigi, e approntando apposite carte gli riuscì di prevedere l'arrivo delle perturbazioni in Italia quando queste si manifestavano nel canale della Manica o in Scozia.

Questi studi furono ampliati in Francia e divennero di lì a poco i famosi «Avvisi ai naviganti».

Secchi evidenziò una relazione fra burrasche e perturbazioni magnetiche, e sempre in meteorologia successo internazionale riscosse il **meteorografo** premiato all'esposizione universale di Parigi del 1867 con la Legion d'onore, uno strumento che raccoglieva e registrava una varietà di dati atmosferici.

Fra i suoi interessi non tralasciò l'archeologia, e pubblicò memorie sugli scavi di Campo Marzio e sul ritrovamento di un sarcofago in San Pietro in Vincoli; e trovò modo che anche la vulcanologia entrasse fra i suoi interessi studiando l'attività nei monti Lepini.

Nel 1862 fu in Spagna per osservare l'eclisse di Sole del 18 luglio portando con sé (fra i primi) la necessaria attrezzatura fotografica. Nello stesso anno iniziò la pubblicazione del *Bullettino dell'osservatorio del Collegio Romano* che riportava i dati della rete meteorologica ideata e studi di fisica.

Nel 1863 dette alle stampe *L'unità delle forze fisiche*, uno dei primi completi testi di fisica che trattava del calore, della luce, dell'elettricità e della materia; ed infine nel 1871 assieme agli astronomi **P. Tacchini** e **L. Respighi** direttore dell'Osservatorio del Campidoglio, fondò la *Società degli Spettroscopisti Italiani* tuttora esistente con il nome di **SAIt** (*Società Astronomica Italiana*) assunto nel 1920 a seguito di trasformazione.

La formazione della Società fu voluta da Secchi per consentire la diffusione dei lavori raccogliendoli in pubblicazioni, un corpus unico che consentisse a tutti di accedere ai dati.

Nel 1875 pubblicò la seconda edizione del primo volume di *Le Soleil*, nel 1877 il secondo volume e il trattato *Le stelle*. Morì mentre stava preparando le *Lezioni di Fisica Terrestre*, uscite postume nel 1879.

Scoprì una cometa, la C/1853 E1 Secchi.

► *Contributi astronomici.* Nonostante i molteplici interessi e la non comune versatilità in quasi tutti i campi della scienza, la sua nomina a direttore dell'osservatorio non fu senza contrasti. L'astronomia all'epoca era soprattutto posizionale, ed un astronomo che pretendeva di interessarsi allo studio dei corpi dal punto di vista fisico non era ben visto.

Questi brevemente i campi delle sue ricerche.

- *Osservazione planetarie.* Secchi osservò per primo delle linee scure su Marte che chiamò «canali», termine adottato poi dallo Schiaparelli, ed interpretò le *macchie* polari come nubi. Su Giove svolse uno studio spettroscopico scoprendo la presenza dei diversi composti e presupponendo la natura non solida del pianeta, e determinando la rotazione e l'albedo dei pianeti medicei.

Svolse osservazioni visuali su Urano e spettroscopiche su Nettuno, deducendone anche per questo la natura non solida dalle intense bande molecolari, fece disegni di Saturno e fotografie (dagherrotipi) della Luna; del nostro satellite studiò in particolare un cratere fra il Mare della Tranquillità e il Mare della Fecondità, che in seguito gli fu dedicato.

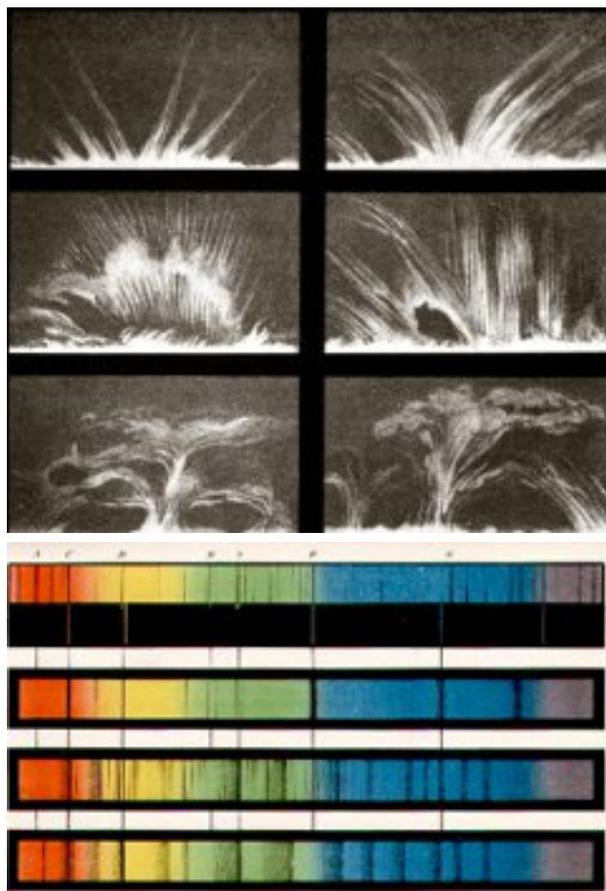
- *Comete.* Nel 1852 osservò la cometa di **Biela** e nel 1853 scoprì un'interessante cometa a nucleo multiplo.

Osservando attraverso il nucleo di uno dei frammenti una debole stella, dedusse che i nuclei cometari debbano essere di bassa densità, e quindi di costituzione non solida.

- *Nebulose.* Anche alle nebulose applicò l'indagine spettrale (*infra*) studiandone forma, struttura e composizione chimica. Eseguì anche di queste diversi disegni, in particolare della nebulosa di Andromeda.

Per questa come di molte altre nebulose dedusse che non si trattava di stelle lontanissime ma di «masse di materia cosmica» e di «mondi in formazione», distinguendole in *planetarie*, *ellitti-*

- ▼ Disegni di eruzioni solari (in alto) e di spettri (in basso) eseguiti da Secchi



che, e irregolari, classificandole secondo la forma e lo spettro, e considerando la loro distribuzione in rapporto alla via lattea cercò di calcolarne la distanza.

- **Cosmologia.** Immaginò un universo senza confini di cui non è possibile individuare un centro, ma per quanto immenso non lo concepì mai quale infinito, anche se poi concludeva le sue indagini come se in realtà lo fosse.

Quindi non considerava infinito neanche il numero delle stelle, altrimenti, concludeva, il cielo notturno sarebbe illuminato, e risolse così a suo modo il paradosso di **Olbers**.

- **Sole.** Il Sole fu assieme alle stelle il principale centro d'interessi del Secchi, e il campo in cui apportò maggiori contributi. Nel 1851 in occasione di un'eclisse totale di Sole, con la tecnica della dagherrotipia, eseguì la foto della totalità, e contemporaneamente misurò l'intensità della radiazione solare applicando all'equatoriale una coppia termoelettrica collegata ad un galvanometro. Riuscì così a provare che il centro del disco solare ha una temperatura superiore al centro rispetto a quella dei bordi. Fallirono invece i tentativi di determinarne la temperatura.

Durante le eclissi studiò il cosiddetto problema delle **ombre volanti**, e la cromosfera che definì in continua agitazione come *l'erba di un prato*, e designando i getti d'idrogeno come una «prateria infuocata».

Sempre con la tecnica della dagherrotipia nel 1860 durante un'eclisse totale di Sole fotografò la fase della totalità agendo per primo con la tecnica della proiezione d'immagine, ponendo la lastra direttamente al fuoco del telescopio secondo una tecnica poi comunemente seguita.

Scoprì la parziale polarizzazione lineare della luce della corona solare; si applicò allo studio delle protuberanze solari eseguendo

disegni quotidiani, studiando le protuberanze e distinguendole in «eruttive» e «quiescenti».

Nello studio delle macchie avanzò l'ipotesi poi rivelatasi esatta, che potevano rappresentare regioni della fotosfera a temperatura più bassa; eseguì su queste misure micrometriche del loro passaggio sul disco confermando il periodo di rotazione del Sole in 25 giorni e la sua rotazione differenziale con un'accelerazione equatoriale del periodo.

Verificando la distribuzione delle protuberanze nelle varie zone mise in evidenza il parallelismo fra la frequenza delle facole e delle macchie con quella delle protuberanze provando la comune origine di queste manifestazioni, ed evidenziando la presenza dell'idrogeno applicando anche al Sole anche l'indagine spettroscopica.

Nello studio del Sole seguì la tecnica messa a punto da **P. Janssen** nel 1868 durante un'eclisse di Sole in India. Questi aveva notato che ponendo la fenditura dello spettroscopio tangente al lembo del disco solare era possibile provocare una sorta di eclisse artificiale per osservare le protuberanze, osservate da allora regolarmente secondo questa tecnica sino all'invenzione del **coronografo**.

- **Stelle.** Secchi iniziò gli studi stellari con l'osservazione delle stelle doppie che già avevano formato oggetto di un primo studio da parte di **Struve** che ne aveva tentato una classificazione. Secchi con un'analisi più approfondita arrivò a dividere le stelle doppie in due categorie: a) quelle che sono costituite da due o più componenti che compongono orbite secondo le leggi di **Keplero**, e b) quelle che sono soltanto doppie prospettive, appaiono vicine ma non presentano un legame fisico.

Successivamente Secchi si dedicò all'indagine spettroscopica delle stelle osservandone oltre 4000.

All'epoca non era stata ancora formulata da parte di **Wien** la legge che porterà poi il suo nome secondo cui il massimo d'intensità dello spettro si sposta verso lunghezze d'onda maggiori al diminuire delle temperatura, era però già nota la legge di **Kirchhoff** che mostrava come dalle righe spettrali si potesse derivare una mappatura del corpo osservato. Secchi, con l'esperienza che gli veniva dall'osservazione solare, intuì che la temperatura doveva essere una delle chiavi di lettura delle stelle, e osservò che questa era massima nelle stelle bianco-azzurre e minima nelle rossastre.

Inoltre, nonostante gli spettri fossero tutti diversi fra loro, poté osservare che esistevano alcune somiglianze che permettevano di raggruppare le stelle in classi (egli le chiamò «tipi») che individuò come segue:

tipo I Stelle di colore bianco-azzurro caratterizzate dallo spettro continuo solcato da poche righe e le più intense sono dovute all'idrogeno, come Sirio, Vega;

tipo II Stelle di colore giallo con spettro continuo ancora di righe d'idrogeno, ma solcate da righe attribuite a metalli, come il Sole;

tipo III Stelle di colore arancio o rosso con spettro continuo caratterizzato da bande d'assorbimento come Betelgeuse e Antares;

tipo IV Stelle di piccole dimensioni di colore rosso-sangue.

Questa classificazione fu inseguita sostituita da quella di Harvard (→ **spettrale, classificazione**), in cui le singole classi spettrali principali sono individuate da una lettera dell'alfabeto latino, ma va osservato che anche la classificazione di Harvard seguì sostanzialmente i lavori di Secchi, in quanto le stelle tipo O B A appartengono alla prima classe, quelle del tipo F G alla seconda; quelle del tipo K M alla terza. Va lasciata fuori la quarta classe perché troppo generica.

**secondario, specchio**

**Seeliger Hugo Ritter von** (1849 - 1824) Astronomo tedesco. Professore di astronomia e direttore dell'Osservatorio astronomico di Monaco di Baviera dal 1882 sino alla morte, e presidente dell'Associazione Astronomica tedesca.

Seeliger fu tra i primi ad applicare le leggi della statistica all'astronomia, formulando modelli matematici che usano le sue fondamentali equazioni. Gli studi in tal senso effettuati sulla distribuzione stellare nella Via lattea gli permisero di affrontare il tema della densità di massa della galassia. Portò contributi anche alle variazioni luminose di diversi pianeti, e allo studio del perielio di Mercurio.

**seeing** → **turbolenza, ottica attiva, ottica adattiva.**

Dall'inglese *to see* (vedere), il termine indica lo stato di bontà astronomica del cielo riferito alla capacità dei telescopi terrestri di ottenere immagini di sufficiente nitidezza.

Il seeing è in funzione principalmente di due fenomeni dell'atmosfera terrestre: la temperatura zonale e la turbolenza atmosferica; al primo fenomeno si può ovviare posizionando gli strumenti in alta montagna, dove la colonna d'aria è più fredda; al secondo ricorrendo a tecniche particolari come l'ottica attiva ed adattiva. Il telescopio, e per esso i rilevatori posizionati al fuoco, funzionano come amplificatori d'immagine, e l'amplificazione riguarda di conseguenza non solo l'oggetto in osservazione, ma anche il materiale in sospensione fra l'oggetto e il rivelatore; la colonna d'osservazione è naturalmente sensibile alle influenze termiche ed ai vortici che si verificano in un fluido gassoso come l'aria, creando un'immagine che risente dello spostamento per turbolenza dei punti di luce catturati dal telescopio; muta cioè l'indice di rifrazione.

Per la valutazione del seeing sono state ideate nel tempo due scale, una dall'**Antoniadi** ed una dal **Pickering**, in sostanza di scarsa utilità perché ideate quando l'osservazione era esclusivamente, se non prevalentemente, visuale, e di nessuna utilità con le moderne tecniche di ripresa elettronica. Una scala che tiene conto dei nuovi sensori è stata recentemente ideata dall'astrofotografo D. Peach (→ **Peach**), ma non è stata recepita dalla comunità scientifica.

**Sekanina Zdenek** (1936 - )

**Seleuco di Seleucia** (??- 190 a.C. circa)

**Selva Domenico** Costruttore di ottiche attivo a Venezia nella seconda metà del XVIII secolo.

**Seneca Lucio Anneo** (3/4 a.C - 65 d.C)

**Senofane di Colofone**

**sensitometria** Analisi delle reazioni che si generano su un materiale fotografico sensibile esposto a radiazione luminosa, ossia del rapporto esistente fra la luminosità massima e minima dell'oggetto ripreso, quindi ancora il contrasto che questo presenta: la cosiddetta *gamma di luminosità*.

In un'emulsione fotografica il contrasto dell'immagine non deriva però soltanto dall'oggetto fotografato (*vedi riquadro a pagina ??*) ma è anche in funzione di vari fattori, come il tipo e la qualità dell'emulsione, il tipo e la durata dello sviluppo... Durante l'esposizione l'emulsione fotografica *E* cattura in un tempo *t* un volume di luce *l* che si esprime secondo la relazione  $E = lt$

**Septizonium** Conosciuto anche come Septizodium; edificio costruito dall'imperatore Settimio Severo nel 203. Il nome deriva molto probabilmente dal fatto che era dedicato alle sette divinità (e quindi ai sette giorni della settimana), e costituiva molto probabilmente un calendario permanente.

I pochi resti rimasti furono abbattuti dall'architetto D. Fontana fra il 1588 e il 1589 su ordine di Sisto V per realizzare varie chiese ed edifici in Roma:→ **romana astronomia.**

**sequenza principale**

**Serrurier Mark U.** (1904 - 1988) Laureatosi al **CalTech**, lavorò alla struttura a traliccio del telescopio da 5 m di apertura a monte **Palomar** adottata poi da tutti i telescopi moderni e che da lui prese il nome: *vedi* lemma seguente.

**Serrurier, struttura** Struttura di supporto aperta per il tubo ottico di un telescopio ideata da **M. Serrurier** per il telescopio da 200 pollici di monte **Palomar** ed adottata in seguito nella costruzione di tutti i telescopi moderni.

La struttura, nota in inglese come *Serrurier Truss*, risolve il problema della flessione della parte superiore del tubo ottico, in quanto la massa più rilevante (lo specchio), è posta a breve distanza lineare dalla cella dello specchio primario (→ **montatura**), e nelle costruzioni effettuate a partire dagli anni ottanta del Novecento ha teso addirittura a confondersi con questa, come, ad esempio, nel caso del telescopio **Mayall**.

La struttura a traliccio tende alla forma a tronco di piramide, e durante le diverse configurazioni vettoriali assunte dal telescopio sotto la spinta gravitazionale nel corso del moto orario, presenta, rispetto ad altre similari costruzioni, una più costante (e minore) flessione del sistema.

Quando l'estremità del tubo ottico inizia a cedere gravitazionalmente riceve una spinta opposta riequilibrante dall'estremità inferiore della struttura, ed in tal modo l'asse ottico del telescopio (specchio primario e secondario) si mantiene entro un margine di deviazione minimo, conservando la struttura operante secondo la configurazione progettuale, permettendo agli elementi ottici di conservare un'ottimale collimazione al di là della posizione strumentale assunta.

Uno studio sulle flessioni del tubo Serrurier per telescopi medio-piccoli è in D. Roy, op. cit. [89].

**sestante** descritto la prima volta nel 994 nel lavoro di Abumahmud al Khujandi *Vedi* per approfondimento→ Danjon, astro-labio impersonale a pisma di

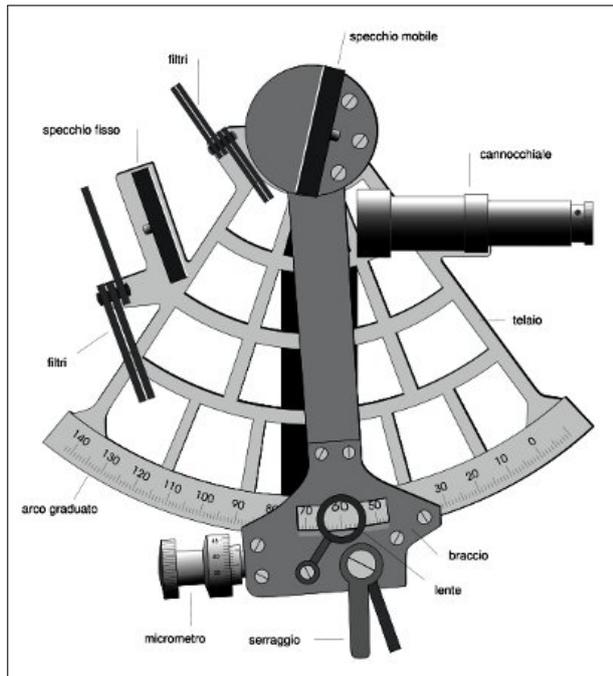
**Sesto Empirico** (II - III sec.) Filosofo e medico greco appartenente allo scetticismo, di cui i suoi scritti filosofici rappresentano la maggiore fonte di informazioni. In materia è ricordato soprattutto per il suo scritto *Adversus mathematicos* di cui ci restano 11 libri.

**SETI**

**Settele Giuseppe** (1810 - 1836) Canonico, ottico e astronomo docente all'Archiginnasio di Roma.

L'opera lasciataci, gli *Elementi di ottica e di astronomia*, più per il contributo in sé, rileva perché la sua pubblicazione segnò da parte delle gerarchie ecclesiastiche – sancendola formalmente – l'acquiescenza al sistema copernicano ed il definitivo accantonamento dell'incompatibilità fra eliocentrismo e fede cattolica. La questione si pose quando il Settele sottopose il secondo volume della sua opera, relativo all'astronomia, alla *Congregazione dell'indice* per l'imprimatur, ricevendone (1820) parere negativo.

## ▼ Sestante marino



Settele rivolse un'accurata supplica al pontefice Pio VII sottolineando, con dovuta prudenza, l'isolamento scientifico in cui gli Stati della Chiesa si venivano di fatto a trovare per restare ancorati a concezioni ormai dimostrate ampiamente infondate, ricevendo un aiuto forse insperato proprio dal consultore della congregazione dell'indice A. M. Grandi, il quale fece presente come ogni ostacolo alla pubblicazione del libro fosse da ritenersi anacronistico dato che fin dal 1757 la congregazione aveva rimosso il *De revolutionibus* copernicano dall'*Index librorum prohibitorum*.

Con decreto emanato in data 16 agosto 1820 Pio VII approvò la pubblicazione dell'opera di Settele; nello stesso atto il pontefice ordinava il silenzio al Cardinale segretario in merito alle precedenti critiche da questi rivolte al lavoro (ed alle idee) del Settele, e suggeriva ancora d'inserire considerazioni evidenzianti che la teoria copernicana come sostenuta *non presenta più alcuna difficoltà*.

Alla questione ha dedicato un lavoro l'astronomo **P. Maffei** resocontando la disputa scientifico-teologica attraverso i diari del Settele: [187].

**settimana** Periodo di 7 giorni del calendario civile:→ **calendario** sub «La settimana».

**Seyfert, galassie di**

**sezione aurea** → rapporto **aureo**.

**sezioni coniche** → coniche.

**sfera armillare** → **armillare, sfera**.

**sfera barbarica e graecanica** → **Sphaera barbarica**.

**sferica, albedo** → **albedo**.

**shadow bands** → **ombre volanti**.

**shatter cones** Note in italiano con il nome di *fratture a cuneo*, le *shatter cones* sono strutture cave a forma conoidale create nella roccia a seguito di violente onde sismiche conseguenti all'impatto da parte di un corpo di origine extraterrestre: cometa, meteorite, asteroide. le dimensioni possono ovviamente variare da strutture relativamente piccole a decine di centimetri a oltre 2 metri.

La disposizione di queste strutture sembra non mostrare uniformità e coerenza rispetto al centro della struttura che le ha originate, evidenziandosi una varietà di direzioni che non consentono di porre in stretta correlazione l'angolo di *striatura* della roccia e la distanza dal centro del cratere [337].

Nell'indagine sulla natura di un **cratere d'impatto** le *shatter cones* assumono una rilevanza fondamentale, essendo un indicatore indiscusso dell'esistenza di un impatto per origine extraterrestre.

**Shapley Harlow** (1885 - 1972)

**Shoemaker Eugene Merle**

**Shoemaker-Levy, cometa**

**Shuttle**

**Sky Atlas 2000** L'atlante curato da W. Trion, un appassionato di astronomia, per le coordinate equinoziali del 2000 e pubblicato nel 1981 dalla Sky Publishing Corporation. L'atlante e stelle sino all'8<sup>a</sup> magnitudine.

**Sky & Telescope**

**SI**

**sidereo, mese**

**Sidereus Nuncius**

**siderostato**

**Siding Spring**

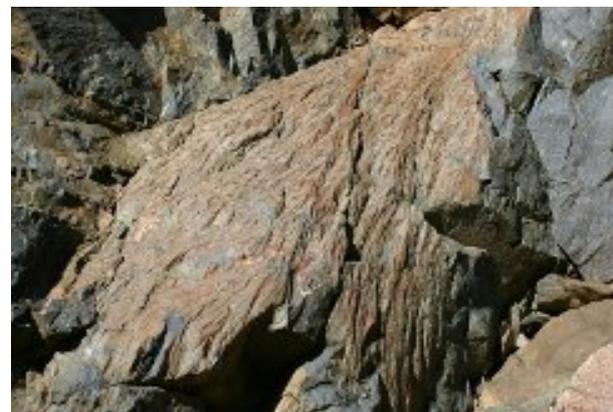
**Sierra Nevada, radiotelescopio**

**sigizia**

**Silva Giovanni** (-)

**simbiotiche, stelle**

**Simeis 147**



▲ Shatter cones nei pressi di Santa Fé, nuovo Messico

La cometa S/L dopo la frammentazione ripresa dalla camera Wide Field Planetary dell'HST



**Simplicio** (490 - 560 a.C.)

**Sinden David** (-) Ottico inglese lavorò con la Grub Parsons

**Sinesio di Cirene** (370 - 413) Allievo di ipazia...

**sinodico, mese**

**sintesi di apertura** → apertura.

**Sirius**

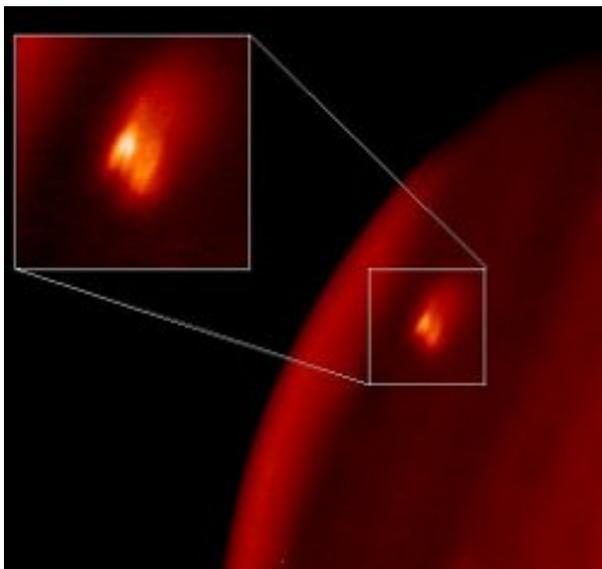
**Skylab**

**Sleuth, telescopio**

**Sloan Digital Sky Survey** Progetto coordinato dall'*Astrophysical Research Consortium for the Participating Institutions* che vede coinvolti una nutrita serie di istituzioni scientifiche e universitarie.

**Smithsonian Astrophysical Observatory** 260 000 stelle...

**SN 1987 A**



▲ L'impatto della cometa S/L in un'immagine all'infrarosso del telescopio Keck

**Snell Willebrod...** (-) mise nome alla lossodromia

**Snell, legge di**

**Snellius Willebrod** (1580 - 1626) Matematico, ottico e astronomo olandese

**Snellius, cratere**

**Socorro, radiotelescopio di**

**Sofia** Acronimo di *Stratospheric Observatory [for] Infrared Astronomy*, telescopio da 2,7 m di apertura, costruito da un consorzio tedesco-statunitense ed installato a bordo di un Boeing 747. Lo specchio primario ha un rapporto focale bassissimo F:1/3 ed è nella classica configurazione cassegrain operante dato lo spazio ristretto in configurazione finale **nasmyth**.

Operando ad alte quote lo strumento è stato concepito in funzione dello studio della radiazione infrarossa.

Problemi di vibrazioni, di inseguimento, di puntamento

**Sojuz** Nome dato ad una serie di navicelle spaziali poste in orbita terrestre dall'Unione Sovietica a partire dal 1967.

Rispetto alle precedenti → **Vostok** e **Voskhod** le Sojuz erano non solo più spaziose in quanto potevano accogliere sino tre uomini a bordo, ma si fondavano su una innovativa tecnologia modulare.

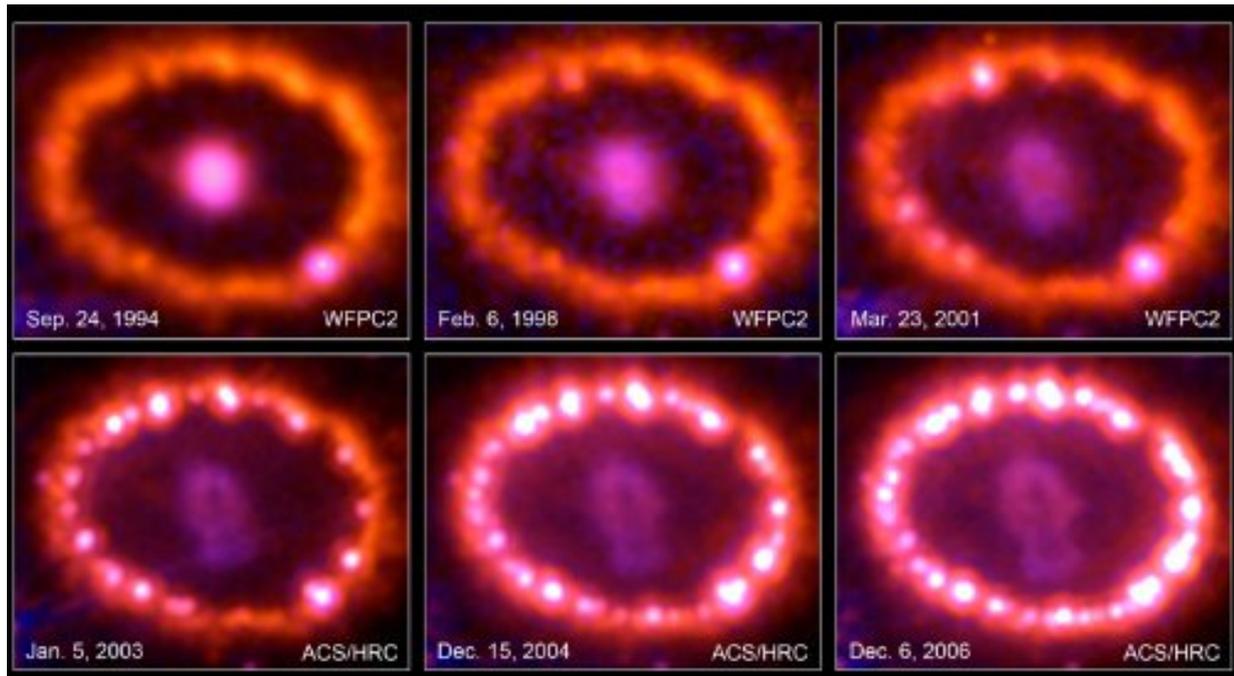
A fronte di un diametro di poco superiore alle Voskhod (2,7 m) il veicolo spaziale misurava 7,5 m in lunghezza, pesava 6,7 t, ed era composto di tre elementi e comprendeva: il *modulo orbitale* nel quale si trovavano i cosmonauti durante il lavoro in orbita e la strumentazione relativa; a) il *modulo di comando* nel quale trovava alloggio l'equipaggio in fase di lancio e di rientro; b) il *modulo di servizio* dove erano collocati i sistemi di propulsione e di servizio.

L'energia era fornita alla navetta da pannelli solari, ed il rientro avveniva con l'accensione di retrorazzi che rallentavano la discesa durante l'attraversamento dell'atmosfera, quindi l'apertura di paracaduti permetteva alla Sojuz di giungere incolume a terra.

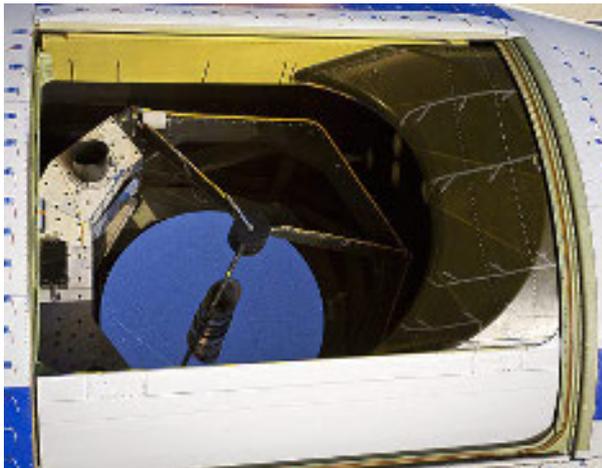
Nel 1975 (17 e 19 luglio), la Sojuz si agganciò con la navicella americana **Apollo** nell'ambito di un progetto denominato *Apollo-Sojuz Test Project*. Questa che fu la prima missione congiunta delle due potenze attuata nel clima di distensione che aveva cominciato ad avviarsi, aveva per scopo di testare la possibilità di salvare equipaggi in difficoltà a seguito di avarie

**solare, ciclo undecennale**

▼ Evoluzione della SN 1987 A dal 1994 al 2006. Fonte HST



▼ In alto il telescopio Sofia in volo



▼ La navicella Sojuz ripresa dall'Apollo



**solare, ciclo ventottennale** Nome assegnato a fini calendariali al ciclo solare di 28 anni al termine del quale i giorni della settimana tornano a corrispondere con i giorni del mese dell'inizio del ciclo. Il ciclo non ha nulla a che vedere con il ciclo undecennale del Sole ma solo con l'anno solare calendariale, ed è sorto dalla necessità di tendere a far coincidere i giorni della settimana con quelli dell'anno, in quanto un giorno qualsiasi dell'anno, ad esempio il 15 agosto, cade ogni anno in un giorno diverso della settimana.

L'inizio del ciclo è posto al 1° Gennaio dell'anno 9 a.C. che si fa convenzionalmente iniziare da Lunedì; per ottenere il numero del ciclo in cui ci si trova, si aggiunge appunto il numero 9 all'anno considerato e si divide il risultato ottenuto per 28. Il quoziente ricavato indica il numero dei cicli solari trascorsi dal 9 a.C., il resto della divisione (non i decimali, il resto) indica il posto occupato dall'anno nel ciclo. Ad esempio, se si vuole trovare il numero del ciclo per l'anno 1990, si opera così:  $(1990+9)/28 = 71,39285714$ . Si tralasciano i decimali e si prende in considerazione il numero 71 che rappresenta il numero dei cicli trascorsi dal 9 a.C., ed il resto della divisione, che è 11, indica il numero del ciclo solare cercato. la controprova è data dalla ovvia moltiplicazione  $71,39285714 \times 28 = 1999$ .

**solarizzazione**

**Sole**

**Solino .....**

**sombrero, galassia**

**Sommerville Boyle** Archeoastronomia ebridi,....

**Somnium Scipionis** Episodio immaginario riportato da **Cicerone** nel V libro del *De re publica*, [69].

Lo scrittore tuscolano immagina che Scipione l'Emiliano, andando a letto dopo una lunga conversazione serale incentrata sul proprio avo, ancora carico di emozioni lo «incontri» in sogno,

una pagina di letteratura che cattura l'interesse per la sapiente miscela fra astronomia e letteratura.

La parte rilevante, astronomicamente parlando, di questo testo, è nella concezione che Cicerone mostra di avere dell'universo, presumibilmente condivisa nella sua epoca, che anche se molto legata alla religione non è aliena dall'intuizione di generici principi geometrici e matematici.

Cicerone sembra seguire le idee di **Eudosso** quando afferma per bocca del protagonista che *... novem tibi orbibus vel potius globis conexas sunt omnia, quorum unus est caelestis, extimus, qui reliquos omnes complectitur, summus ipse deus arcens et continens ceteros,*<sup>1</sup> e quando afferma che su queste sfere giacciono le orbite delle stelle che ruotano in senso contrario alla Terra.

Cicerone stabilisce anche le dimensioni di queste sfere, facendo sostenere all'immaginario protagonista, in accordo con le idee dell'epoca, che la più grande è Saturno, ed a seguire Giove, Marte, il Sole che occupa la regione centrale, Venere e Mercurio, e nell'orbita più bassa la Luna.

Alla trattazione cosmologica, e conforme a questa, segue la teoria dell'*armonia celeste*, introdotta dall'espedito di Scipione che ascolta una musica e ne rimane colpito. L'armonia delle sfere celesti come regolatrice delle opere umane si ritroverà quasi matematicamente descritta due secoli addietro da C. Dione a proposito della sequenza cronologica nominativa dei giorni: → **calendario** sub «*La settimana*».

La risposta del suo interlocutore nel sogno (Scipione l'Africano) è che quello che lui ascolta è un suono

«... che sull'accordo di intervalli regolari, ma distinti da una razionale proporzione, è generato dall'impulso e dal movimento delle orbite e, armonizzando i toni acuti con i gravi, crea accordi uniformemente variati; movimenti così grandiosi non potrebbero svolgersi nel silenzio e la natura richiede che le due estremità risuonino, di toni gravi l'una, acuti l'altra. Ecco perché l'orbita stellare suprema, la cui rotazione è la più rapida, si muove con suono più acuto e concitato, mentre questa sfera lunare, la più bassa, emette un suono estremamente grave; la Terra infatti, nona, poiché resta immobile, rimane sempre fissa in un'unica sede, racchiudendo in sé il centro dell'universo. Le otto orbite, poi, all'interno delle quali due hanno la stessa velocità, producono sette suoni distinti da intervalli, il cui numero è il nodo di tutte le cose; imitandolo, gli uomini esperti di strumenti a corde e di canto si sono aperti la via per ritornare qui, come gli altri che, grazie all'eccellenza dei loro ingegni, durante la loro esistenza terrena hanno coltivato gli studi divini...»

Interessante è la spiegazione che l'Africano dà del perché questo suono non possa essere ascoltato sulla Terra dal momento che esso è tanto forte che le orecchie umane non possono coglierlo. Cicerone sembra così ammettere la possibilità dell'esistenza di suoni non udibili, e per quanto si tratti di un'immagine poetica, tuttavia acquista rilevanza dal punto di vista scientifico l'ammissibilità della possibile esistenza di questa specie di suoni.

Cicerone mostra anche sin dove si estendessero le conoscenze geografiche dell'epoca quando accenna ai monti del Caucaso ed al Gange, e descrive la Terra come

«... incoronata e avvolta da fasce, due opposte che poggiano sui vertici del cielo e che s'irrigidiscono per la brina, mentre la fascia centrale, è la più estesa ed è arsa

1. ... tutto il mondo è costituito di nove orbite, o piuttosto sfere, e di queste una sola, la più esterna, è celeste e comprende tutte le altre; il dio sommo che racchiude e contiene in sé le restanti...

dalla vampa del sole...» e nel suo complesso la terra abitata «... è stretta ai vertici, più larga ai lati, è una piccola isola circondata dal mare che chiamate Atlantico, Mare Magno, Oceano, ma che, a dispetto del nome altisonante, è minuscolo.»

Anche la questione *tempo* è affrontata da Cicerone, e volendo dare un'idea della piccolezza della capacità del pensiero umano afferma che

«... gli uomini misurano ordinariamente l'anno considerando il volgere ciclico del sole, cioè con il ritorno di un'unica stella; ma quando tutti quanti gli astri saranno ritornati nell'identico punto da cui sono partiti e avranno nuovamente tracciato, dopo lunghi intervalli di tempo, il disegno dell'intera volta celeste, solo allora lo si potrà definire, a ragione, il volgere di un anno; a fatica oserei dire quante generazioni di uomini siano in esso contenute. Come un tempo il Sole sembrò agli uomini venir meno e spegnersi, ... così, quando per la seconda volta, dalla stessa parte del cielo e nel medesimo istante, il Sole verrà meno, in quell'istante, una volta che saranno ricondotte al punto di partenza tutte le costellazioni e le stelle, considera compiuto l'anno; sappi, comunque, che non ne è ancora trascorsa la ventesima parte.»

L'episodio del *De Re Publica* al di là della valenza letteraria del lavoro dello scrittore, ed al di là della poetica descrizione in cui l'immaginaria conversazione è raffigurata, conserva un grande valore quale specchio delle teorie dell'epoca, che prospettano un certo relativismo della conoscenza e la possibilità dell'esistenza di mondi fisici non fisicamente riscontrabili ancora.

**Macrobio**, scrittore del V secolo, stese un commento al *Somnium*, ed è ricordato più per questo che per il suo dilettantesco interesse all'astronomia.

### Sosigene di Alessandria

**supporto del telescopio** → **pilastro**.

### Spaceguard

**space mirror** → **znamya**.

**specola** Vocabolo derivante dal verbo latino *spicere* (guardare, osservare) con cui a lungo in Italia è stata indicata la sede di un osservatorio astronomico: → **cupola**.

**specola vaticana** → **Collegio romano**. ??? Oppure trattarla qui a parte??? Forse meglio qui!!!!

**spettrale, classificazione** Secchi Harvard Pickering

### spettrografia

### spettrometro

### spettroscopia

**Sphaera barbarica** Raffigurazione di un elenco di costellazioni in chiave esclusivamente astrologica, compilate nel primo secolo dall'astrologo greco Teucro, detto *il babilonese* per aver arricchito il catalogo stellare di Arato. Il suo sistema zodiacale si fondava su 36 costellazioni, ciascuna delle quali si estendeva per 10°.

Questo catalogo, passando attraverso la Persia, giunse nel mondo arabo, e di qui in Spagna e Sicilia, dove divenne oggetto di studio da parte di Michele Scoto e Pietro d'Abano.

Un esempio delle codificazioni di Teucro si trova nella famosa lastra del *Planisfero Bianchini*, trovato a Roma nel Settecento

- ▼ Lastra del planisfero Bianchini con inclusa *Sphaera barbarica* rinvenuta a Roma. Parigi, Museo del Louvre.



all' Aventino, ed ora al Museo del Louvre.

La lastra, com'è tipico della *Sphaera barbarica*, raffigura le costellazioni greche egizie e mesopotamiche, corrispondenti alla *Sphaera Persica*, alla *Sphaera Indica* e alla *Sphaera Graeca*. Al centro sono rappresentati Il Gran Carro, il Piccolo Carro e la costellazione del Dragone. Sono presenti nei circoli gli zodiaci caldeo e greco, numeri che indicano le influenze planetarie... Sul circolo esterno le figure rappresentano, verosimilmente, le sette divinità planetarie.

Della *Sphaera Barbarica* scrisse **Nigidio Figulo** (98 - 45 a.C.) relativamente alla descrizione delle costellazioni greche, egiziane e babilonesi, essendo questi versato soprattutto in opere di divinazione.

A simili funzioni astrologiche assolveva la *Sphaera Graecanica*, che contemplava però le classiche costellazioni del mondo greco.

**Sphaera graecanica** Sfera raffigurante le costellazioni come individuate e conosciute nel mondo greco.

La *Sphaera graecanica* si distingue dalla *Sphaera barbarica* → **Sphaera barbarica** che riportava le costellazioni egiziane e babilonesi, ed era usata per lo più a fini divinatori.

## Spica

**Spitzer Lyman** (-)

**Spitzer, telescopio** Telescopio spaziale posto in orbita nel 2003 costruito dalla **NASA** e dal **JPL**, denominato all'origine SIRFT, acronimo di *Space Infrared telescope Facility*.

Lo strumento ha uno specchio di 850 mm di diametro, ed è stato progettato per lo studio della radiazione infrarossa, ed è fornito di quattro strumenti: la IRAC (*InfraRed Array Camera*) per immagini e misure e fotometriche nel vicino e medio infrarosso; l'IRIS (*InfraRed Spectrograph*), uno spettrografo a bassa risoluzione; Il MIPS (*Multiband Imaging Photometer for Spitzer*), un fotometro per le misure nel medio e lontano infrarosso.

Lo Spitzer non è stato studiato per una ricerca particolare, ma è piuttosto considerato uno strumento a larga banda per lo

studio sia della planetologia, come dell'evoluzione stellare, delle galassie,...

Recentemente nell'infrarosso ha rivelato la presenza di un gigantesco anello attorno a Saturno che si estende ben oltre le orbite dei suoi satelliti.

**Spörer, minimo di**

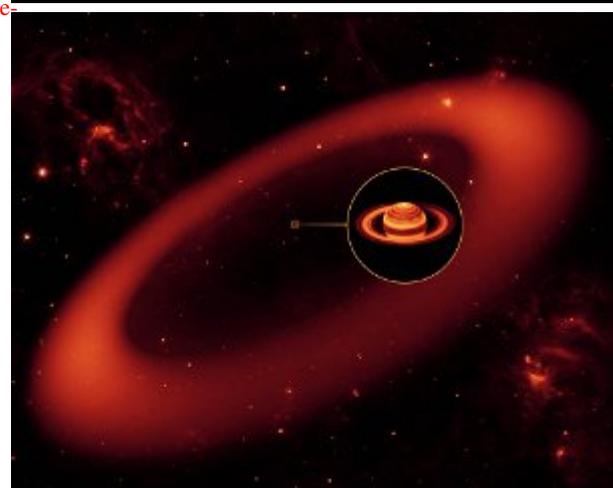
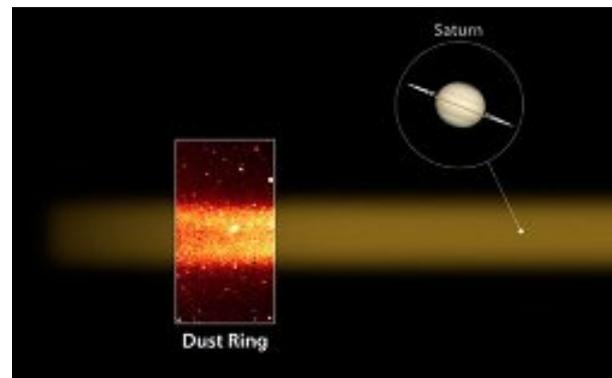
**Spriengfeld, montatura** → **montatura sub** «*Montature equatoriali sperimentali*».

**squadra zoppa** Strumento diffuso nel Cinque-Seicento per la misura di angoli acuti e ottusi. Oltre che per il disegno architettonico era usata talvolta per rilevamenti topografici.

**Sputnik** Nome dato a nove satelliti artificiali posti in orbita dall'Unione Sovietica.

Il primo Sputnik fu posto in orbita il 4 ottobre 1957, e si trattava di una sonda di 58 cm di diametro e 83 kg di peso. All'interno della sonda era ospitata una trasmittente che inviava impulsi ogni 0,3 s, all'unico scopo di essere individuato anche via radio. Il satellite infatti, come specificato nei comunicati ufficiali dell'Agenzia Spaziale Sovietica, era visibile anche con piccoli telescopi presentando una luminosità quasi pari a quella di Giove, e facilmente individuabile sia per il movimento veloce, sia per le repentine variazioni di luminosità conseguenza della sua rapida rotazione.

Pur nella sua povertà strumentale, questo primo satellite fornì informazioni sullo stato della ionosfera dedotte dall'irregolarità



- ▲ In alto, nel rettangolo, immagine all'infrarosso ripresa da Spitzer dell'anello attorno a Saturno e ricostruzione scenica delle dimensioni rispetto al pianeta mostrata nel disegno di sotto. Credito SPT, MIPS, NASA, JPL-Caltech

(variazioni) dei segnali, e consentendo al rientro nell'atmosfera di stilare i primi modelli teorici relativi alla sua densità.

I segnali trasmessi del satellite erano captabili con una semplice ricevente, ma segnarono la fortuna dell'osservatorio radioastronomico di **Jodrell Bank** e del suo direttore **B. Lovell**, in quel periodo in stato di accusa presso il governo inglese per aver costruito il più grande radiotelescopio del mondo senza – si riteneva dagli organi di governo – alcuna utilità.

B. Lovell riuscì non solo a captare il *bip-bip* trasmesso dallo Sputnik, ma anche ad individuare con echi radar i resti del razzo vettore, e questa insignificante attività scientifica fece di lui e del radiotelescopio un orgoglio della ricerca britannica.

Il secondo Sputnik recò a bordo la famosa cagnetta Laika sacrificata nello spazio in assenza di una tecnologia di rientro immune da rischi vitali, ma altri animali, sempre cani, furono posti in orbita con lo Sputnik 9 e lo Sputnik 10, rientrando però questa volta felicemente a Terra.

L'evoluzione missilistica fu di pari passo assai rapida, tanto che in brevissimo volgere di tempo si passò dagli 83 kg dello Sputnik 1 ai 1327 kg dello Sputnik 3 posto in orbita soltanto un anno dopo con a bordo strumentazioni che iniziavano ad essere veramente sofisticate.

La missione dello Sputnik 1, solo un test per il razzo vettore tutto sommato, se non riveste grande interesse dal punto di vista dell'esplorazione spaziale, ne possiede uno enorme dal punto di vista della storia della scienza, perché dette il via alla gara sovietica-americana che culminerà con l'esplorazione lunare.

**SRT** Acronimo di *Sardina Radio Telescope*, → **Sardinia Radio Telescope**.

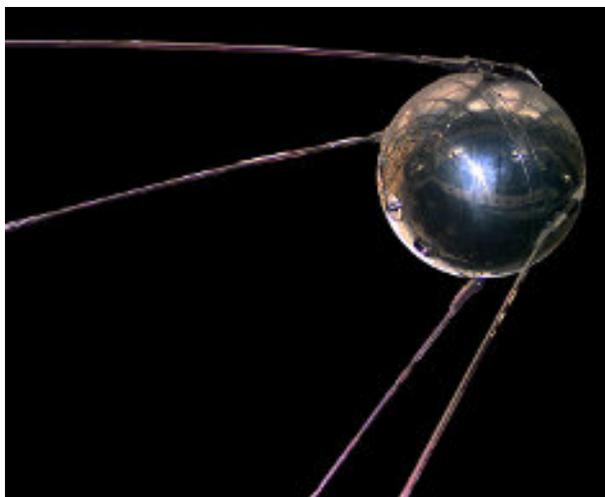
**SS433**

**Stabili Francesco**

**stadio** **Eratostene** E Plinio, slides conferenze mie

**stazionamento di montatura equatoriale** → **allineamento**.

**stazione** Il periodo durante il quale il moto di un pianeta sembra arrestarsi per passare dal moto diretto a quello retrogrado (apparente).



▲ Lo Sputnik 1

**stazione spaziale internazionale** Progetto scientifico internazionale coordinato dagli Stati Uniti di cui fanno parte la Russia, Giappone, Canada, Brasile e i paesi dell'**ESA**.

Il progetto che è l'evoluzione di progetti promossi dai due principali competitori nella corsa e colonizzazione spaziale (**MIR** e **Columbus**) ebbe concretamente avvio il 20 novembre 1998 quando fu posto in orbita il primo modulo fornito dalla Russia e la stazione dovrebbe essere completata entro il 2010 trattandosi di una stazione modulare le cui parti vengono periodicamente portate e montate nello spazio.

Il trasporto dei moduli avviene con moduli da carico russi della serie longpointsto **Progress Sojuz** e **Shuttle**

Le dimensioni finali della struttura sono previste per le dimensioni di 108 meter di lunghezza, 88 meter di larghezza e 44 meter di altezza, per una massa totale di oltre 400 t; ed ospiterà sette laboratori: 3 russi, 2 americani, uno per l'ESA, uno per il Giappone. L'energia per il sostentamento della stazione, prevista in 110 kW, è fornita da pannelli solari.

L'equipaggio della stazione è previsto nel numero di sette persone con un soggiorno di circa sei mesi ciascuno.

Il laboratorio spaziale, la cui vita operativa a struttura ultima è stimata in dieci anni, si dovrebbe occupare di tutta una serie di ricerche ad ampio ventaglio che vanno dallo studio esterno della meteorologia terrestre, alla biologia, alla medicina, allo studio del comportamento in caso di prolungata assenza di gravità, alla geofisica, ed altre branche della scienza **RIVEDERE TUTTO**

**stazioni lunari** → **Luna, calendario**.

Si chiamano stazioni lunari le suddivisioni in 27 parti del percorso della Luna fra le stelle nel periodo di 27,32 giorni che forma il mese sidereo.

Tali suddivisioni non sono sempre eguali in quanto la Luna nel corso della rivoluzione siderea non incontra sempre le stesse stelle, sia per l'inclinazione di 5° sull'eclittica, sia per i nodi. La suddivisione in stazioni potrebbe essere essere all'origine di alcuni calendari come quello inca che conoscevano una settimana di 9 giorni.

**Stebbins Joel**

**Stebbins, fotometro di** misurò la curva di Algol sostituito da 1p21

**Stefan-Boltzmann, costante** Secondo la costante di Stefan-Boltzmann, detta anche legge della radiazione, un qualsiasi corpo con temperatura diversa dallo zero assoluto (273 celsius) emette nell'ambiente

$$E = \sigma T^4 \quad (1)$$

**Steinheil Carl August** (1801 - 1870) Ottico tedesco costruttore di numerosi strumenti. Per i suoi strumenti ideò un obiettivo composto di un tripletto e disegnò anche un nuovo tipo di oculare monocentrico composto da un vetro crown biconvesso e due menischi sferici in flint. Fotometro a comparazione

**stella**

**STELLA, progetto** Acronimo di *STELLar Activity*, complesso di due telescopi di 1,2 m di diametro ciascuno situati all'osservatorio di **Teide**, gestito dall'Istituto Astrofisico di Potsdam in collaborazione con l'Istituto Astrofisico delle Canarie.

**Stellafane**

**Steno Nicolas**

**stenopeico, foro** Il foro stenopeico, antenato diretto della camera oscura, consiste in un foro praticato su una parete di una stanza il più possibile buia all'interno della quale le immagini appaiono capovolte ed invertite.

Di tale particolarità d'era già accorto **Aristotele** che ne trattò nei *Problemata*, ed in epoca relativamente recente le applicazioni e le caratteristiche del foro stenopeico furono affrontate da **Leonardo** che ne trattò nel *Codice atlantico* limitandosi però soltanto a descriverne gli effetti, e quindi da **G. Cardano** che applicò al foro una lente-obiettivo al fine di migliorare luminosità e nitidezza dell'immagine. L'inversione della sorgente luminosa (posta all'interno della camera oscura anziché all'esterno) assieme ad una immagine dipinta su lastra di vetro generò poi la *lanterna magica*.

Una camera oscura in cui non sia presente la lente-obiettivo ma solo un minuscolo forellino che funga, appunto, da obiettivo può essere usata in ambito fotografico praticando il foro con uno spillo. Le ridotte dimensioni del foro fungono anche da diaframma, e le immagini risultano a fuoco in ogni particolare, anche se i tempi di posa aumentano.

Nei paesi di lingua anglosassone il foro stenopeico è chiamato *pinhole*, letteralmente foro di spillo.

In astronomia il foro stenopeico trova applicazione nelle meridiiane a camera oscura: → **foro gnomonico**.

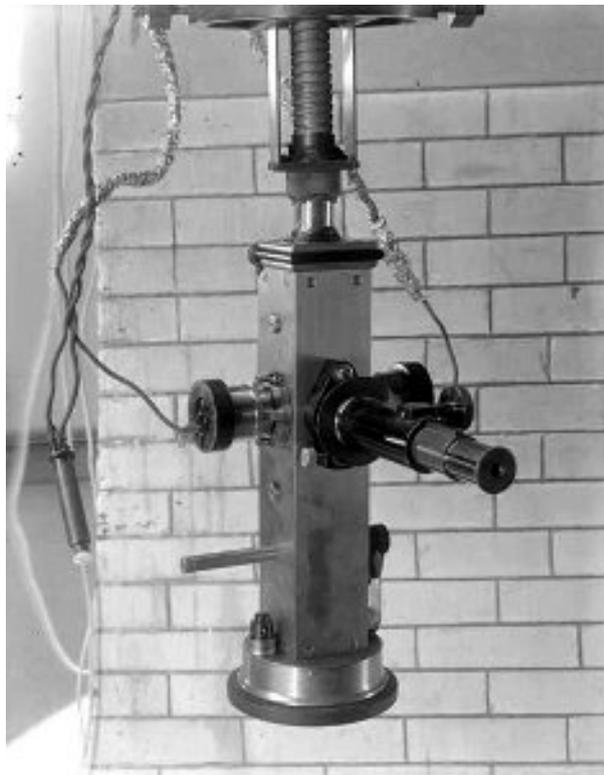
**stepper motor** → **motori passo-passo**.

**steradiante** → trigonometria.

**Stevino Simone** (1548 - 1620)

**stishovite** Minerale del biossido di silicio di notevole intensità e durezza, sintetizzato per la prima volta nel 1961 e scoperto poi l'anno seguente nel cratere meteorico dell'**Arizona**.

Alla base delle conoscenze attuali, la formazione si verifica naturalmente solo in seguito ad impatti meteoritici, quando su rocce



▲ Fotometro al selenio (sicuro?) di Stebbins

▼ immagine notturna della torretta di Stellafane



abbondanti di quarzo, a seguito dell'onda d'urto, si sviluppano altissime pressioni e temperature.

**Steward, osservatorio**

**Stöffler Joannes**

**Stonehenge**

**Strabone di Amasea** (63 a.C. - 24 d.C.) Citare per la geografia

**Strasburgo, osservatorio di**

**Stratone di Lampsaco** (335 - 269 a.C.) teorie sul vuoto lo cita Leopardi precettore di Tolomeo II filadelfo direttore Liceo di Atene du detto Il fisico caduta dei gravi acqua in accelerazione

**stringhe cosmiche**

**stroke**

**Stromlo, osservatorio di monte**

**Stroncone, osservatorio di** Osservatorio sito in località Santa Lucia dell'omonimo comune sorto per iniziativa di A. Vagnozzi, è uno dei più antichi ed attivi osservatori non professionisti dell'Umbria avendo iniziato la propria attività negli anni settanta. L'osservatorio, che dispone di un riflettore da 500 mm di apertura in configurazione Ritchey-Cretien, una camera Baker-Schmidt, un catadiottrico e un rifrattore guida 200 mm ed altra diversa strumentazione accessoria, vanta al proprio attivo diverse scoperte di asteroidi e due supernovae.

Recentemente l'osservatorio di Stroncone ha assunto tramite una nuova associazione il coordinamento anche dell'osservatorio di

Cesi (→ **Sant'Erasmus**) aprendolo al pubblico e ripristinando la strumentazione esistente.

**strumenti dei passaggi** → **passaggio, strumenti dei, cerchio meridiano.**

**Struve** Generazione di astronomi di origine tedesca operativa in Russia. Assieme ai **Cassini** ed agli **Herschel** costituisce una delle tre famiglie che contribuirono significativamente allo sviluppo dell'astronomia, e sicuramente quella più longeva e forse rilevante.

**Struve Otto** (-)

**Struve von Frederick George Wilhelm** (1793 - 1864) Astronomo direttore dell'Osservatorio di **Pulkovo**.

**Stützmontierung** → osservatorio di **Ondřejov, montatura.**

**Subasio, Gruppo astrofili del** L'associazione del subasio dispone di un notevole numero di telescopi (sei) che e di altrettante relative cupole.

Il "gruppo del Subasio", particolarmente versato nell'autocostruzione dove ha sperimentato diverse geniali soluzioni, dedica i vari strumenti ai più svariati campi applicativi, dalla semplice fotografia celeste alla fotometria. Dell'associazione fanno parte due astronomi professionisti ed ha al proprio attivo diverse pubblicazioni.

**Suda** Enciclopedia bizantina del X secolo detta anche *Suida* che nomina voci che trattano svariati campi: storia, letteratura, scienza, diritto, geografia, filosofia,...

La Suda, termine che in greco bizantino si traduce con *fortezza*, è stata a lungo attribuita – sulla base di un'erronea interpretazione fornita da A. Poliziano – ad un non meglio altrimenti identificato *Suidas* che ne sarebbe stato il primo compilatore. È più probabile invece che un erudito bizantino abbia compilato la prima stesura sul finire del IX secolo, e che su questa siano poi intervenuti successivi compilatori. È stato anche supposto che il nome sia un acronimo di una sequenza di lettere iniziali di altrettante parole, ma non esistono riscontri a tale ipotesi.

La data approssimativa della compilazione si può dedurre da alcune voci dell'opera, come la voce *Adamo* [305, α, 425], dove la cronologia mondiale partendo da Adamo termina con l'imperatore Giovanni Tzimiskes deceduto nel 976, mentre alla voce *Costantinopoli* [305, χ, 2287] sono menzionati i successori Basilio II e Costantino VIII. La Suda contiene 32 000 voci ordinate alfabeticamente secondo la pronuncia e non secondo la scrittura, così il dittongo *αι* è posto dopo la lettera *ε*, e la lettera *ω* dopo la lettera *ο*.

Quanto alla struttura la Suda presenta non solo la veste dell'enciclopedia ma anche quella del dizionario esplicitando spesso forme grammaticali complesse. Enciclopedicamente parlando, le fonti della Suda sono i testi classici, scolii, cronache, notizie biografiche diffuse all'epoca, biografie di vari autori cui s'è atinto a piene mani anche nelle epoche successive. Soricamente la Suda si qualifica come una rilevantissima fonte per molte conoscenze che altrimenti sarebbero andate perdute: oltre le fonti classiche già conosciute, la rilevanza dell'enciclopedia sta intorno ad alcuni autori come Esichio di Mileto e a scienziati come **Ipazia** di cui altrimenti non sapremmo nulla o pochissimo al di là del nome [201].

L'enciclopedia conobbe una prima edizione a Milano nel 1499 ed una seconda a Venezia nel 1516. In seguito si sono succedute diverse edizioni sino a quella principe dell'Adler per le edizioni Teubner di Lipsia del 1928 - 1938.

**Südliche Durchmusterung** di **E. Schönfeld** del 1886 che comprendeva poco più di 120 000 stelle dalla declinazione -1° alla -23°.....

**superfici equipollenti**

**supernova**

**Swift-Tuttle, cometa**

**Sycorax** Satellite di Urano scoperto nel 1997 in una lastra fotografica del telescopio da 5m dell'osservatorio di monte Palomar. Ha un diametro di circa 150 km, una debolissima **albedo** (0,04), ed è caratterizzato come l'altro satellite scoperto assieme (**Caliban**) da un'orbita retrograda ed eccentrica.

Come Caliban, si suppone trattarsi di un corpo catturato dall'azione gravitazionale di Urano e non originante dal disco di accrezione della formazione del pianeta.

## T

**Tacchini Piero** (1838 - 1905) Astronomo, matematico e geofisico. Succeduto ad **A. Secchi** nella direzione dell'osservatorio del **Collegio romano**, insieme al quale fondò (1871) la *Società degli spettroscopisti italiani*, ebbe successivamente l'incarico della direzione dell'Ufficio di meteorologia e geodinamica; nel 1895 fondò la *Società sismologica* che diresse fino alla morte. Nel 1864 Tacchini fu nominato assistente all'osservatorio di Palermo, con l'incarico ufficioso quello di rimettere in funzione l'osservatorio vincendo l'inerzia dell'allora direttore ed installò il Merz da 250 mm che giaceva imballato. Posto in funzione lo strumento, Tacchini si occupò del cerchio meridiano e nel periodo 1867 - 1869 determinò con questo le coordinate di un centinaio di stelle. Nel 1870 organizzò la spedizione italiana per l'osservazione dell'eclisse totale di Sole del 22 dicembre, visibile dalla Sicilia: la circostanza gli fu utile per dotare l'Osservatorio di strumenti spettroscopici; sempre in occasione dell'eclisse, determinò la differenza di longitudine tra Palermo e Napoli; nel 1874 fu a capo della spedizione in India per l'osservazione del transito di Venere sul disco del Sole.

Nel 1875 fece parte di una spedizione alle isole Nicobar organizzata dalla Royal Astronomical Society per osservare un'eclisse totale di Sole; nel 1882 fu invitato dal direttore dell'Osservatorio del Cairo ad osservare un'altra eclisse, e con la stessa finalità partecipò a spedizioni francesi, ancora inglesi (1886) recandosi anche in Russia (1887) ed in Algeria (1900). Queste esperienze furono da Tacchini descritte in un libro dedicato alle sue esperienze di viaggio.

**Tagliabue** Famiglia di ottici italiani originari di Como attivi a Londra per quasi tutto il XIX secolo. I Tagliabue si specializzarono soprattutto nella costruzione di barometri e termometri.

**TAI** → **International Atomic Time**.

**Talete di Mileto** (640/624 - 548/545 a.C.)

**Taqi a-Din** (??? - ???) astronomo arabo oss. costantinopolitano orologi meccanici a molla *le stelle più brillanti per la costruzione d'orologi meccanici*

**Taumasia** Nomenclatura data da **G. V. Schiaparelli** nella mappa del 1877 ad una regione marziana e così chiamata (*terra delle meraviglie*) per i fenomeni che vi scorgeva verificarsi, inspiegabili in relazione alle trasformazioni fisiche.

La regione, chiaramente visibile nelle opposizioni perieliche, si trova nell'emisfero Sud del pianeta, appare di colore giallo-arancio, a forma leggermente ovale, con al centro una macchia oscura detta *lago del Sole*. In condizioni di ottimale osservazione la regione sembra sporcarsi ed il lago pare scindersi in due parti; a volte addirittura sparisce frammentandosi in nuclei scuri mentre le linee dei «canali» si dissolvono in macchie.

A conclusione di una serie di osservazioni, **M. Maggini** mostrò che il cosiddetto *lago del Sole* non è altro che un'immagine elaborata dall'occhio che integra il campo d'osservazione con altri particolari sparsi attorno: [189], [190].

**Taurus**

**Taruzio Lucio Firmano** (I sec. a.C.) Filosofo romano matematico e astrologo. Il suo nome è riportato da **Plinio** assieme a quello di **G. Cesare** fra i libri consultati per la stesura del libro XVIII. Stando a Plinio, Taruzio avrebbe composto un'opera un'opera in greco sugli astri.

Amico di **Cicerone** e Varrone, compilò per conto di quest'ultimo l'oroscopo di Romolo stabilendone la nascita al 23 settembre del 771 a.C. in coincidenza con un'eclissi di sole, prendendosi lo scherno di Cicerone nel *De divinatione* [II, 47]) e di Plutarco ne le *Vite parallele* [246][*Vita di Romolo*, 12, 1] che lo definì *un filosofo e un matematico che per curiosità s'occupava di oroscopi avendo pure fama di essere abile*.

A lui è dedicato il cratere *Taruntius* sulla Luna.

**Tauri T**

**Tautenberg, osservatorio** → **Schwarzschild**.

**tavole Zij i Gurgani** Effemeridi...di Ulug Beg

**TCB** Acronimo di *Tunguska Cosmic Body*, → **Tunguska**.

**TDI** → **Terrestrial Dynamical Time**.

**TE** Acronimo di *Tunguska Event*, → **Tunguska**.

**Teide, osservatorio**

**telescopio** → **ottica, montatura, coordinate astronomiche**.

Dal greco .... Strumento ottico destinato alla visione dei corpi celesti in cui l'obiettivo può essere composto da una lente (rifratore) o da uno specchio (riflettore). La funzione del telescopio è quella di ingrandire l'oggetto osservato fornendone la migliore risoluzione possibile al fine di consentirne lo studio.

Questo è il telescopio astronomico in cui le immagini appaiono, a seconda della diversa configurazione ottica, capovolte. Nel telescopio di tipo terrestre, come ad esempio nel **binocolo**, le immagini appaiono come le si vedono ad occhio nudo. Questa particolarità è scartata nei telescopi astronomici sia perché conoscendo il Nord ed il Sud e l'Est e l'Ovest è inutile raddrizzare le immagini, sia perché ad ogni nuova configurazione ottica che si introduce, oltre ad un ingrandimento si ha un inevitabile deturpamento dell'immagine.

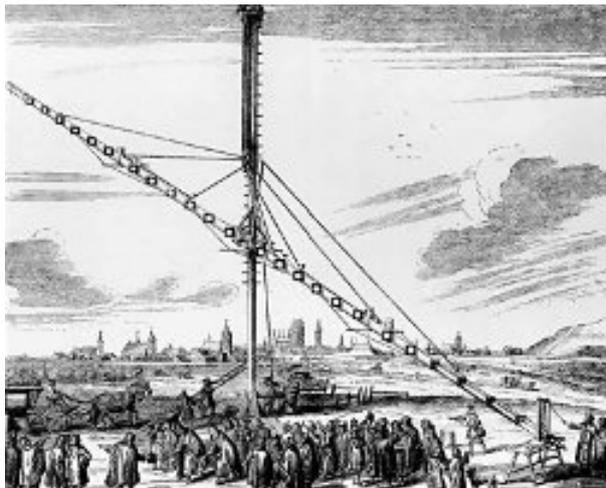
- 
- *Breve storia del telescopio*
  - *Parti di un telescopio*
    - ▶ *Rifrattori*
    - ▶ *Riflettori*
    - ▶ *Lavorazioni superfici ottiche: rinvio*
  - *Telescopi solari*
  - *Telescopi spaziali*

- 
- *Breve storia del telescopio*
  - *Parti di un telescopio*
    - ▶ *Rifrattori*
    - ▶ *Riflettori*
    - ▶ *Lavorazioni superfici ottiche: rinvio* →
  - *Telescopi solari*.

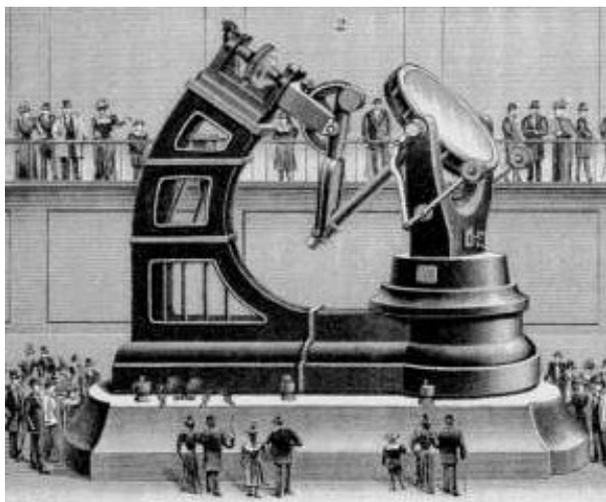
In esse infatti (*vedi* immagine a pagina 159) lo specchio primario che segue il moto del Sole è una componente passiva che assolve alla funzione di rinvio verso lo specchio sferico (non parabolizzato) secondario a lunghissima focale (decine di metri). Tale lunghezza focale ha condotto alla costruzione di questa montatura per l'impossibilità di movimentare altrimenti un tubo ottico di siffatte dimensioni.

Quindi in un telescopio solare la montatura è assieme la parte ottica e meccanica utilizzata per indirizzare la luce del Sole

▼ Telescopio di Hevelius da 45 metri di lunghezza focale



▼ Celostata da 2 m costruito per il telescopio rifrattore da 1,25 m a Parigi in occasione dell'esposizione del 1900 e mai entrato in funzione



in un tubo che può essere o coricato sul terreno (ma questo avviene solo in costruzioni amatoriali), o perpendicolarmente ad esso, ovvero leggermente inclinato, e che può raggiungere la lunghezza anche di qualche centinaio di metri.

Lo specchio piano inclinato equatorialmente e che ruota per inseguire il Sole, non compie la sua completa rotazione in 24 h come in un telescopio, bensì in 48 h (circa), questo a motivo della doppia riflessione; inoltre lo specchio principale durante i diversi periodi dell'anno, a motivo della diversa altezza del Sole sull'orizzonte in inverno, primavera, ed estate, va diversamente posizionato

APPUNTO

—>> Per l'allineamento del telescopio con la polare → **montatura**

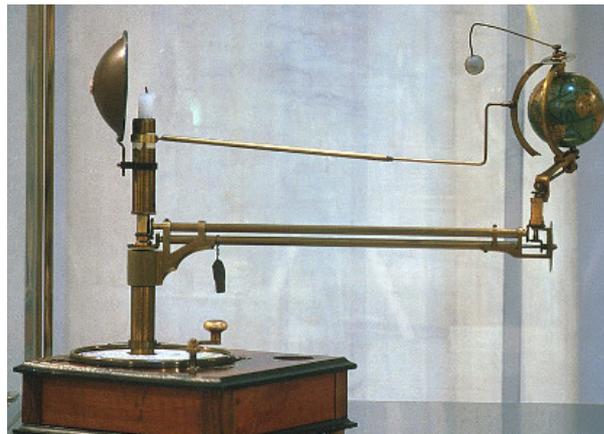
■ **Telescopi spaziali**

**Telesio Bernardino** (1508 -1588)

**tellurio**

**Tempel Ernst Wilhelm Leberecht** (1821 -1889) Lavorò a Marsiglia e quindi allo scoppio della guerra franco-prussiana si trasferì dapprima a Brera dove lavorò con **G. V. Schiaparelli** e quindi ad **Arcetri** nel 1874 dove assunse la direzione dell'osservatorio.

▼ Tellurio francese del sec. XIX; fonte *astrofili-cremona.it*



Tempel scoprì 21 comete fra cui la 55P/Tempel-Tuttle da cui origina lo sciame meteorico delle **Leonidi**, 10P/Tempel e 11P/Tempel-Swift-LINEAR, e la cometa **Tempel 9P** scelta dalla NASA per il progetto *Deep Impact* nel 2005.

**Tempel, cometa** (Tempel I, 9P/Tempel) Cometa scoperta il 3 Aprile 1867, da **W. Tempel** all'osservatorio di **Marsiglia**. Fu riscoperta nel 1960 e denominata 9P/1967 L1 1966 VII dall'astronomo **B. G. Marsden**, nel 1941, e successivamente all'osservatorio **Steward** e rinominata 9P/1972 A1, 1972 V, 1972a).

La cometa fu scelta dalla **NASA** nell'ambito di un progetto denominato *Deep Impact probe* per essere bersagliata da una sonda per studiare la reazione morfologica di un corpo sottoposto a stress per collisione.

L'impatto avvenne il 4 luglio 2005 alle ore 05:52 di UTC, un giorno prima del passaggio al perielio della cometa per osservarne meglio gli effetti. L'impatto ha generato la formazione di un cratere che presenta un diametro di circa 100 m ed una profondità di 30 m, e le particelle liberatesi sono state detectate dagli strumenti di bordo che hanno rilevato la presenza di silicati, carbonati, carbone amorfo e carbonati policiclici aromatici. La NASA non è rimasta soddisfatta della qualità delle immagini ottenute e per questo ha approvato una nuova missione con analoghi obiettivi, la *Stardust Mission*, quando una nuova sonda dovrebbe colpire la cometa il 15 febbraio 2011.

Queste missioni, oltre a studiare la composizione di un nucleo cometario, sono finalizzate a studiare la reale possibilità distruttiva di un asteroide o di una cometa che minacci di entrare in collisione con il pianeta.

**Tempel-Tuttle, cometa** (Tempel-Tuttle 55P) Cometa scoperta indipendentemente da **W. Tempel** all'osservatorio di **Marsiglia** nel dicembre 1865 e indipendentemente da H. Tuttle all'Osservatorio di Harvard nel gennaio 1866.

La cometa fu individuata (Tempel) come generatrice dello sciame delle **Leonidi** che ha la sua massima attività (generalmente) fra il 13 e il 21 novembre

Caratteristica della Tempel-Tuttle è che la sua orbita è retrograda e mostra passaggi ravvicinati con Giove, Saturno ed Urano: durante un i di questi passaggi in prossimità di Saturno nel XVII secolo, è mutata l'inclinazione del piano orbitale.

**tempesta magnetica**

**Tempesti Piero** (1917 - 2011)

**tempo**

**tempo atomico****temporaria, ora** → ore **temporarie**.**teodolite**

**Teofrasto di Ereso** (370/1 - 287 a.C.) Nome con cui è noto Tirtamo, filosofo naturalista greco nato ad Ereso: il soprannome datogli significa *divino parlatore*.

Trasferitosi giovanissimo ad Atene per attendere agli studi di filosofia, vi ebbe come maestro **Platone** e alla sua scuola rimase sino alla morte di questi, attorno al 347 a.C. Successivamente entrò in sodalizio con **Aristotele** che gli affidò la direzione di una scuola quando dovette allontanarsi da Atene per motivi di natura politica-religiosa, accusa di empietà. Alla morte, avvenuta in età tarda almeno per l'epoca, lasciò in eredità ad un suo allievo, Neleo, la biblioteca di Aristotele: aveva sino ad allora composto circa 240 lavori che spaziavano nei più variati campi: metafisica, poetica, logica, musica e retorica, ma anche, e qui sono i suoi più rilevanti contributi, in botanica, zoologia, meteorologia, non tralasciando discipline allora del tutto trascurate come gli odori, la causa del sudore, ecc.

I campi del sapere che formarono oggetto dell'interesse scientifico di Teofrasto, furono in sostanza gli stessi che caratterizzano ed individuano un sapere enciclopedico, già propri del suo maestro Aristotele. Anche se poco ci è di lui pervenuto, almeno rispetto alla produzione, ed anche se – soprattutto – non è age-

vole valutare i reali influssi sulle generazioni seguenti delle sue ricerche, Teofrasto segna rispetto ad Aristotele ed a tutto il mondo della filosofia naturale greca un notevole stacco. I lavori *Ricerche sulle piante* e *Sulla causa delle piante* lo qualificano come il più grande botanico dell'antichità, affetto da una sana mania classificatoria che emerge netta dalla distinzione dei vari tipi di piante e dall'individuazione (libro IX) delle proprietà mediche e terapeutiche di alcune.

Particolarmente originale, secondo la ricerca dei fenomeni naturali, è l'opera *Sui venti* dove Teofrasto non si limita ad una mera esposizione delle idee già proprie del maestro stagirita ma apporta nuovi e notevoli contributi che anche se basati ancora sul metodo induttivo ed empirico, si distanziano notevolmente dalle *Meteorologiche* di Aristotele; ed anche nel trattare del clima Teofrasto è il primo pensatore che introduce variabili locali riconducibili alla continentalità o marittimità dei luoghi discussi. La perdita quasi integrale di un'altra opera che notevole diffusione nell'antichità, le *Opinioni dei fisici* impedisce di stimare a pieno le conclusioni personali cui il filosofo giungeva dopo aver riportato le più note, per l'epoca, dei primi filosofi naturalisti oggi comunemente chiamati *presocratici*.

**Teone di Alessandria** (335 - 405 circa)**Teone di Smirne****Teomedone****Teone****terminatore****Terrain Camera** Nell'ambito della missione **Kaguya**...**Terrentius** → **J. Schreck**.**Terrestrial Dynamical Time**

**Tethered** Nome di due satelliti italiani posti in orbita nel 1992 e nel 1996 per un esperimento di elettrodinamica connesso allo studio della ionosfera terrestre e del campo magnetico.

L'esperimento fu ideato dal prof. **G. Colombo** docente di meccanica celeste all'Università di Padova assieme a un altro ricercatore, M. Grossi.

Se un campo magnetico è attraversato da un conduttore quest'ultimo interagisce con il campo, e se all'estremità del conduttore è collegato un satellite, questo si carica positivamente, e può raccogliere gli elettroni sparati da un apposito cannone nella navetta spaziale.

A questo punto comincia a generarsi una circolazione di elettroni che scendono lungo il filo, ritornano al cannone che li rimanda fuori di continuo, creando così una differenza di potenziale fra la navetta e il satellite lungo il cavo di circa 20 km.

Nel corso del primo esperimento il cavo si ruppe dopo 256 metri e gli strumenti lessero una tensione di appena 40 V per 2,3 mA, nel corso del secondo esperimento il cavo si distese per quasi l'intera lunghezza, e quando mancavano poco più di 1000 m alla totale distensione ed all'entrata regime dell'esperimento vero e proprio, il cavo si ruppe ed il satellite si allontanò dalla navetta. Il parziale esperimento aveva tuttavia dato alcune conferme positive alla teoria, in quanto nei momenti in cui il satellite era collegato con il filo alla navetta, s'è ottenuta una tensione di 250 V per ogni chilometro di filo rilasciato, mentre la corrente era di circa 0,580 A.



▲ In alto: l'istante della collisione del *Deep Impact's impactor* con la cometa; in basso il cratere originatosi. Fonte NASA

▼ Il satellite Tethered all'atto del distacco dalla navetta



**Tetragonimus** Opera stampata nel 1508 da una copia effettuata nel 1508 dal Coner del *codice O* di Archimede *Sui corpi galleggianti*, proveniente a sua volta dal *codice B* scomparso nel 1311. Il testo è noto anche come *codice M*.

Vedi per approfondimenti sui manoscritti di Archimede il lemma relativo.

**Texereau Jean** (-)

**Themis, osseatorio solare** Telescopio solare italo-francese installato alla Canarie.

**Theorica planetarum** → **Campano da Novara**.

**Thom Alexander** archeoastronomia

**Thome John Malcom** (-) condusse la Cordoba Durchmusterung a Cordoba

**Thronus Caesaris** Costellazione romana di età augustea.

**Tico Brahe, Ticone e sistema ticonico** → **Tycho**.

**Timocari di Alessandria** (320 - 260 a.C. circa) Astronomo e filosofo greco della scuola alessandrina → **atlante**, *sub* «Il catalogo di Ipparco».

Di lui si sa che fu alla biblioteca di **Alessandria** dove probabilmente intrattenne frequentazione con **Euclide** essendo suo contemporaneo. è citato da **Tolomeo** nell'Almagesto che riporta i dati di declinazione di 18 stelle da lui misurate.

Dopo il 300, Timocari compilò assieme al suo allievo **Aristilio** il primo catalogo stellare misurandone le latitudini e longitudini dal punto equinoziale.

Fu anche un attento osservatore lunare e planetario dedicandosi lungamente alle occultazioni lunari ed al transito di Venere sulle stelle, ed osservò a lungo anche **Spica** annotandone la posizione a 8° rispetto al punto equinoziale d'autunno.

▼ Il telescopio italo-fancese Themis alle Canarie; dal sito omonimo



Fu proprio partendo da questo dato e dal catalogo stellare redatto assieme ad Aristilio, che poco più di 150 anni dopo **Ipparco** (basandosi sui lavori di Timocari che menziona come fondamentali) poté dedurre come l'apparente spostamento delle *stelle fisse* fosse attribuibile ad un moto terrestre fino ad allora non supposto, la rotazione ellittica della Terra attorno al proprio asse che origina la **precessione degli equinozi**, moto di cui Ipparco riuscì a stimarne il valore angolare e la durata secolare.

Le osservazioni di Timocari, unitamente a quelle di Aristilio, sono le prime osservazioni sistematiche, scientificamente condotte ed affidabili che ci siano giunte dall'antichità, sia pure attraverso altre fonti.

**Timocharis, cratere**

**Tinsley Beatrice** (1941 - 1981)

**Tirgo**

**Titano**

**Titius-Bode, legge**

**Tietz Johann** (1729 - 1796)

**Tirtamo** → **Teofrasto**.

**TLE** → **Transient Luminous Event**.

**TNG** → **Galileo (TNG)**.

**Todeschini Marco** (1899 - 1988)

**Toaldo Giuseppe** (1719 - 1797) Abate, docente di astronomia a Padova, curò la compilazione del corpus galileiano.

Realizzò a Padova il primo osservatorio nel 1779 installando anche un grande quadrante murale di Ramsden, ma i suoi contributi più rilevanti sono da ricercare negli studi sul clima e sulla meteorologia, dove basandosi conservati nelle varie curie e diocesi applicò l'indagine statistica a serie temporali di noteoli lunghezza integrando le osservazioni con quelle di altri corrispondenti.

Toaldo propose anche una connessione fra fasi lunari e cambiamenti climatici, ma senza formulare in proposito alcuna teoria, cercando soltanto piuttosto una conferma ai dati statistici raccolti al fine di raccogliere i dati in un almanacco.

#### Toledo, tavole

**Tolomeo Claudio di Alessandria** RICORDA: si parla del catalogo stellare di Tolomeo sotto atlanti celesti. Quindi evita ripetizioni e fai opportuni rinvii e decidi se trattare qui o lì.

»»»TITOLI PROV. Pro Memoria

- *Sintassi matematica*
- *Sintassi geografica*

anche se fu una mente scientificamente enciclopedica ritengo che fosse poco più che un compilatore di testi antichi,

**Tolomeo, gran regola** Strumento detto anche *triquetro* adatto a misurazioni astronomiche e topografiche la cui invenzione è attribuita a Tolomeo.

Antonio Santucci (? - 1613) ne parla nel *Trattato di diversi strumenti matematici* del 1593, descrivendolo composto di due regoli divisi ciascuno in 100 parti, imperniati fra loro come in un compasso. Sul perno di congiunzione era fissato un goniometro. Un terzo regolo, di lunghezza eguale a quella costruita dalla diagonale del quadrato dei due regoli principali, era incernierato all'estremità di uno di essi, e costituiva la base del triangolo.

Con lo strumento si misurava l'altezza del Sole sull'orizzonte, la distanza fra gli astri, e quelle terrestri.

Può essere considerato come il precursore dell' → [archimetro](#).

#### Tombaugh Clyde William

**Tonalpohualli** Ciclo calendariale divinatorio della civiltà azteca: → [calendario](#) sub «Calendari dell'area americana».

**Töpfer, fotometro** (1906 - 1997)

**Toro, costellazione del** → [Taurus](#).

**torquetum** Strumento in uso nel medioevo e nel primo Rinascimento, noto già a [Tolomeo](#), che trae il nome dal latino *torqueo* (torcere, girare), in conseguenza delle rotazioni che lo strumento era chiamato ad effettuare per il suo uso.

Il torquetum era usato per determinare la posizione di oggetti celesti (Sole, stelle, pianeti e Luna) in coordinate eclitticali, ed assolveva anche alla funzione di calcolatore per le coordinate astronomiche con riferimento al piano orizzontale, equatoriale e eclittico. Grazie all'alidada che ruota sul piano eclitticale lo strumento può essere usato anche come orologio solare.

[E. Danti](#) ne parla in un lavoro del 1571: *Dell'uso e fabbrica dell'astrolabio*.

**torre dei venti di Atene** Costruzione con varie finalità (astronomiche, meteorologiche, nautiche), opera di [Andronico](#), costruita intorno al 50 a.C.

L'edificio, situato nell'*agorà* romana di Atene e noto anche col nome di *Horologion*, è una costruzione a pianta ottagonale di circa 12,80 m d'altezza e 8 m di larghezza in marmo pentelico, un marmo costituito in parte abbondante di calcite che presentando un basso indice di rifrazione permette alla luce di penetrare prima di essere riflessa, conferendo una peculiare luminosità ai marmi bianchi, il che consentiva alla torre di essere avvistata di lontano.

Nel VI secolo fu trasformata in una cappella; successivamente, durante l'occupazione turca divenne un monastero musulmano, ed in seguito nel XVIII secolo ospitò una comunità di dervisci. Restaurata e liberata dalla terra che quasi la sotterrava agli inizi del secolo scorso, fu restaurata nel 1976.

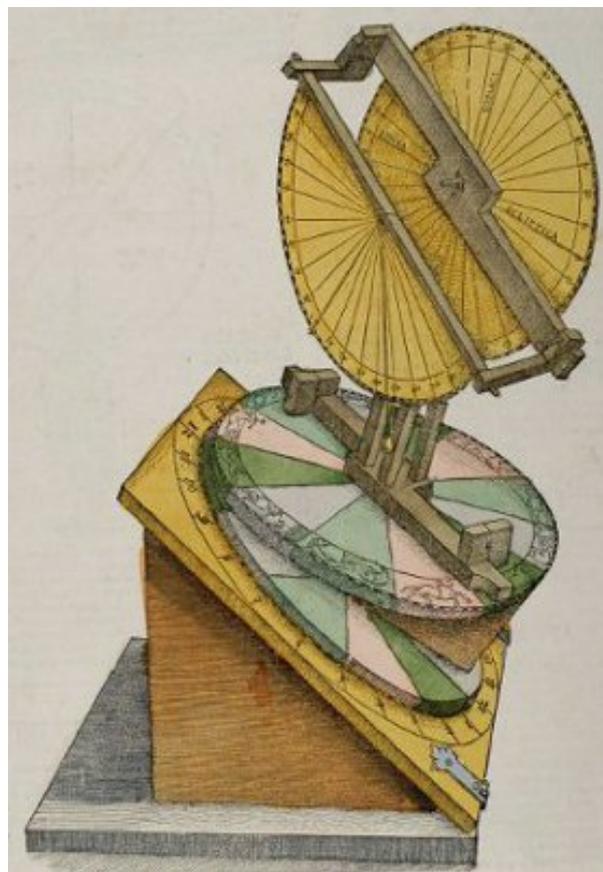
Il nome origina dalle figure alte che si trovano su ciascuno dei lati e che raffigurano mitologicamente ognuna un vento.

L'uso diffusosi nel medioevo della rosa dei venti (Nord: Tramontana; Nord-Est: Grecale; Est: Levante, Sud-Est: Scirocco, Sud: Ostro, Sud-Ovest: Libeccio, Ovest: Ponente, Nord-Ovest: Maestro) deriva da qui con riferimento ai venti che soffiavano lungo le rotte di navigazione più frequentate: fra l'Italia meridionale, la Grecia e il Nord-Africa.

Quattro lati della torre erano infatti orientati verso i principali punti cardinali ed i restanti quattro verso i punti intermedi, di modo che quando il vento soffiava la banderuola del segnamento indicava il punto cardinale corrispondente.

In cima ad essa era posto un [anemoscopio](#) a forma di tritone che indicava ai naviganti la direzione dei venti in relazione ai quattro punti cardinali.

Sui lati dell'ottagono corrispondenti ai quattro punti cardinali erano posizionate quattro meridiane in modo che la lettura dell'ora era assicurata durante il giorno, senza soluzione di con-



▲ Torquetum: dall'*Astronomicum Caesareum* di [Apiano](#), parte II, foglio 117

- ▼ La Torre dei venti ad Atene; sono visibili i resti della torretta circolare che fungeva da serbatoio per alimentare l'orologio ad acqua; da [gogreeceyourway.gr](http://gogreeceyourway.gr)



tinuità, dall'alba al tramonto, durando l'ombra su ciascuna delle meridiane circa tre ore.

Al suo interno si trovava anche una clessidra ad acqua alimentata da una torretta rotonda di cui sono ancora visibili i resti sul lato Sud e che fungeva da serbatoio.

L'acqua defluendo andava a riempire un cavità cilindrica posta all'interno della torre e faceva alzare un galleggiante in cui era inserita un'asta che forniva quindi anche un'indicazione meccanica dell'ora sulle 24 ore giornaliere, ed indicava altresì le stagioni dell'anno e i periodi astrologici.

Il funzionamento di quest'ultima avveniva per riempimento di un recipiente posto sotto il calpestio dell'ingresso della torre in cui fluiva dell'acqua. Il recipiente colmandosi alzava un galleggiante cui era fissata un'asta che con opportuni rinvî mostrava l'ora.

**torre dei venti di Roma, Vaticano** Edificio costruito fra il 1578 e il 1580 da Ottaviano Mascherino per favorire gli studi relativi alla riforma del calendario.

Al termine della costruzione negli anni dal 1580 al 1582 fu affrescata con scene bibliche e paesaggi della Roma dell'epoca portati a termine dai fratelli Paul e Matthis Brill.

La torre sorge su un vecchio loggiato già adibito ad indagini astronomiche e chiuso nel 1627 da Urbano VIII. Successivamente divenne la residenza di Cristina di Svezia che si era da poco convertita al cattolicesimo. Nel 1891 quando Leone XIII istituì la **specola vaticana**, assegnò come sede alla nuova istituzione la torre dei venti, abbattendo il tetto e costruendo un terrazzo per le osservazioni astronomiche.

La parte più rilevante della torre dei venti vaticana è la stanza della meridiana costruita da Egnazio Danti che oltre ad essere un cosmografo dello stato pontificio, era uno dei componenti incaricati della riforma del calendario.

La linea meridiana è costituita da una striscia di marmo bianco che attraversa il pavimento nella direzione Nord-Sud.

Un→ **foro gnomonico** posizionato nella parete a mezzogiorno proietta sulla linea meridiana (*vedi* figura) il disco luminoso del Sole. In prossimità del mezzogiorno vero si trova situato un disco di marmo di più grandi dimensioni che permette di misurare le deviazioni stagionali.

- ▼ La Torre dei venti al Vaticano: meridiana a foro gnomonico



Le osservazioni fatte con questa meridiana furono decisive per la riforma del calendario, in quanto **E. Danti** mostrò al Pontefice Gregorio XIII che l'equinozio non cadeva più il 21 marzo, come stabilito dal Concilio di Nicea, ma l'11 marzo, dal momento che il 21 marzo il Sole lambiva la meridiana in un punto distante 60 cm da quello corrispondente all'equinozio disegnato sul pavimento.

Sul tetto abbattuto poi da Leone XIII era posizionato un **anemoscopio** di costruzione abbastanza complicata che pare non abbia mai funzionato a dovere, e questo agevolò senz'altro l'abbattimento del tetto a favore di un più funzionale terrazzo d'osservazione.

Nonostante le sia stata da sempre attribuita una vocazione astronomica, la torre dei venti vaticana non assunse mai a tale funzione, ma solo, e poche, funzioni meteorologiche.

L'unico vero contributo astronomico lo portò con la meridiana del Danti che mostrò la necessità di provvedere ad una riforma del calendario, ma anche in questo caso occorre precisare che gli studi sulla riforma del calendario erano già da tempo in atto, e che il calendario adottato non altro poi che quello proposto dal medico **L. Giglio** morto prima della creazione pontificia della commissione per la riforma del calendario.

#### torre solare

**Torricelli Evangelista** (1608 - 1647)

**Toscanelli Del Pozzo Paolo**

**Tractatus Astrarii** → astrario.

**Tractatus Horologii Astronomici** → Wallingford Richard.

Tradate, fondazione osservatorio astronomico M13

**Tradade, osservatorio privato** Osservatorio privato gestito da L. Comolli che ospita una camera Schmidt 400/300 con rapporto focale 2,05 già appartenuta ad A. Radrizzani. L'osservatorio si dedica alla fotografia del profondo cielo ed ad altri oggetti.

**Transient Luminous Event** I *Transient Luminous Event* riconducibili alla più vasta categoria degli **LTPA** conosciuti anche come TLE sono eventi che appartengono alla fisica dell'atmosfera di durata brevissima.

Studiati dagli anni ottanta del secolo scorso, i TLE sono fenomeni elettrici originatisi nell'atmosfera durante i temporali: appaiono nella forma di emissioni di colore blu (*blue jets*), e non tutti sono osservabili nella regione del visibile.

**transienti, fenomeni**

**transiti, strumenti dei** Vedi strumento dei → [passaggi](#).

**transito**

**trascinamento**

**Trasimeno, bolide** Bolide che nella notte fra il 6 ed il 7 settembre 1997 attraversò il cielo dell'Italia centrale manifestando nella zona del lago Trasimeno la massima potenza luminosa; l'ora del passaggio è stimata fra le ore 22:15 e le ore 22:30 UT del 6 settembre 1997. Le testimonianze riportano come si sia veduto una sorta di grande fungo luminoso, di un colore fra il verde chiaro ed il giallo, un bagliore talmente forte da illuminare a giorno la spiaggia del Lago, accompagnato da un rumore che sembrava quello di *un gigantesco aspirapolvere in azione*; una frazione di secondo dopo è partita verso l'alto una freccia luminescente ad enorme velocità, descrivendo una traiettoria curvilinea in direzione Sud-Est. [183]

**Trebisonda, Giorgio da** → [Giorgio da Trebisonda](#).

**Trenzano, meteorite** Meteorite caduta il 12 novembre 1856 alle ore 16 circa nel territorio dell'omonimo comune. La caduta del meteorite fu preceduta da un boato che fece pensare allo scoppio provocato dalla caduta di un fulmine. La meteorite penetrò nel suolo per circa un metro, e diverso tempo la sua caduta era ancora calda. I sopralluoghi quasi immediati rivelarono la presenza di tre frammenti in totale, di cui il più grande del peso di circa 3,5 kg.

Il totale dei frammenti della meteorite recuperati oscillano fra i 9 kg e i 10kg, e suddivisi in grammature sono sparpagliati in vari musei nazionali ed esteri. La meteorite si presenta abbastanza fragile, tanto che si sgretola al contatto con le dita, il che fa ritenere che appartenga a quelle terrose; è stata classificata come condrite a contenuto ferroso tipo H5, e non H6 come in precedenza stimata [107] e recentemente vi è stata individuata anche la tetrataeinite [235], un minerale che contiene elementi come il potassio e il rame.

**Triangolo australe, costellazione**

**tricromia**

**triquetro** → regola di Tolomeo. strumento parallattico

**TRIATLAS**

**Trion Wil** (-) appassionato olandese Uranometria 2000

**Tri-schiefspiegler** Telescopio non ostruito ideato da **A. Kutter**, d'impostazione simile allo → **Schiefspiegler**, che con l'introduzione di un terzo specchio elimina la lente correttiva presente nello Schiefspiegler (*vedi* disegno a pagina 277) e presenta una maggiore compattezza, ed ha il fuoco quasi a ridosso dello specchio primario. Questo tipo di riflettore ha goduto come il predecessore di una notevole diffusione, per il buon contrasto che forniva paragonabile ai migliori rifrattori dell'epoca, ma dopo l'avvento degli apocromatici è caduto in disuso.

**troiani, asteroidi**

**tropico, anno**

**troposfera**

**Troughton Edward** (1753 - 1835) Capostipite, assieme al fratello John, di una dinastia che continuò con i due figli John e Joseph specializzata nella costruzione di strumenti ottici.

**Trumpler Robert** (1886 - 1956)

**Tsiolkovskij Konstantin** (1857 - 1935) Ricercatore e studioso russo strenuo, sostenitore della necessità di voli spaziali. Di formazione autodidatta, frequentò a Mosca le scuole tecniche, al termine delle quali tornò nella città d'origine (Izhevsk) dedicandosi all'insegnamento di discipline tecnico-scientifiche. Influenzato dalla lettura di J. Verne, elaborò disegni di macchine mosse secondo il principio di reazione, pubblicando (1903) su una rivista scientifica moscovita l'articolo forse più importante della sua vita: *Investigare lo spazio tramite motori a reazione*.

Il lavoro aprì la strada ad altri scritti della stessa natura che culminarono (1911 - 1912) nel lavoro *Treni di razzi cosmici*, dove viene introdotto per la prima volta il concetto di razzo vettore composto di più stadi illustrandone i vantaggi rispetto al monostadio che non permetterebbe per la grande massa di raggiungere la velocità di fuga necessaria (11,2 km/s).

Tsiolkovskij si limitò sempre a disegni e riflessioni d'ordine generale senza mai costruire un solo esemplare dei mezzi propulsivi propugnati, ma i suoi scritti ebbero qualche conseguenza nel mondo scientifico a partire dagli anni trenta del Novecento quando destarono l'attenzione del di **S. P. Korolev**, responsabile del programma spaziale sovietico, che applicando le idee descritte riuscì a porre in orbita il primo **Sputnik** e pochi anni dopo il cosmonauta **J. A. Gagarin**. Negli anni cinquanta e sessanta, in piena corsa d'inseguimento ai successi spaziali dell'Unione sovietica, i suoi scritti attirarono anche l'attenzione statunitense.

**Tsurluk** Uno dei due tipi di calendario esistenti in Tibet: → **calendario** *sub* «Calendari dell'area orientale».

**TU**

**tubo ottico** → [montatura](#), [telescopio](#), [osservatorio](#).

**Tucano**

**Tunguska** Zona della Siberia centrale nei pressi del fiume Podkamennaja Tunguska. Con il nome «Tunguska» ci si riferisce all'evento accaduto nei pressi del fiume omonimo il mattino (ora locale) del 30 giugno 1908 quando un corpo esplose sulla località scatenando l'energia distruttiva per un'area di 2150±50 km<sup>2</sup>. In letteratura sono usati anche gli acronimi TE (*Tunguska Event*) e TCB (*Tunguska Cosmic Body*).

L'esplosione fu avvertita a 1000 km di distanza, ed ancora a 500 km dal luogo testimoni dichiaravano di avere udito un sordo

scoppio e visto sollevarsi una nube di fumo all'orizzonte. Un testimone a circa 60 km dall'accaduto raccontò che *il cielo si era spaccato in due e che un grande fuoco aveva coperto la foresta* seguito immediatamente da un fragoroso boato.

L'onda d'urto si propagò a 600 km di distanza, l'esplosione fu registrata dai sismografi, deviazioni inusuali dell'ago della bussola furono rilevate dall'Università di Kiel dal pomeriggio del 27 giugno a quello del 30 giugno: si reputò trattarsi di tempeste geomagnetiche associate all'attività solare e la circostanza, in seguito ripresa, fu all'origine dell'individuazione del fenomeno come d'origine cometaria ovvero sismologica, *infra*.

I magnetometri russi segnalavano (temporalmente) un secondo polo nord nella valle di Tunguska; in Inghilterra si registrò una diminuzione della trasparenza e per diverse notti persistette una foschia rossa ed i cieli brillavano al punto che la luce era sufficiente per leggere. I barometri registrarono sensibili variazioni di pressione con punte massime di 0,17 mbar della durata di circa 10 minuti ad Irkutsk, distante 1000 km dall'epicentro, avvertite anche a Pavlovsk (3800 km) e Londra (5700 km). Sempre a Irkutsk i sismografi registrarono un sisma di magnitudine cinque della scala Richter: i dati, in lingua russa, sono riportati da N. V. Vasil' Ev (1976); per una rassegna della letteratura in materia cfr. anche Verma [329].

- Prime investigazioni ed ipotesi
- Campagne di ricerca internazionali
- Teorie sulla natura del fenomeno
  - ▶ L'ipotesi asteroidale

■ *Prime investigazioni ed ipotesi.* Le circostanze storiche in cui si verificò l'evento (fine della guerra russo-nipponica, rivoluzioni, brigantaggio in Siberia, prima guerra mondiale, rivoluzione d'ottobre) fecero sì che l'accaduto passasse in second'ordine e fosse presto dimenticato; bisognò attendere qualche decennio perché un botanico e mineralogista, **L. A. Kulik**, organizzasse fra il 1927 e il 1939 quattro spedizioni nel distretto di Evenkia della Siberia per raccogliere informazioni sull'evento.

Kulik raccolse diverse testimonianze, spesso divergenti e contraddittorie, che concordavano nel ricordo di una *palla di fuoco* presente in cielo e di un *gran vento caldo* di forza dirompente scatenatosi negli istanti successivi a quella che veniva definita dagli abitanti del luogo un'esplosione.

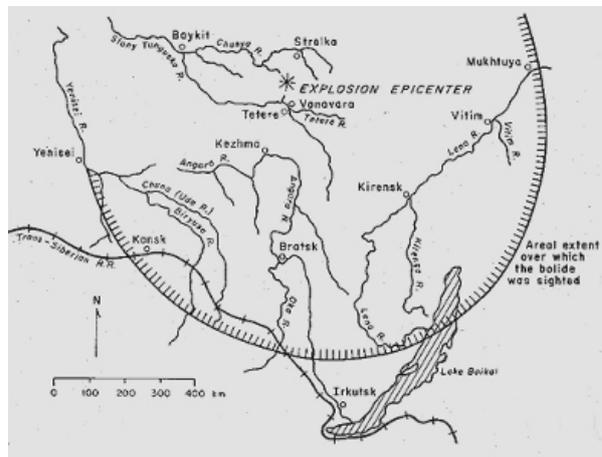
La visione desolante della zona con gli alberi abbattuti a raggiera stimolò in Kulik il convincimento che il *disastro* fosse d'origine cosmica e dovesse imputarsi ad un meteorite di notevoli dimensioni precipitato nei pressi, e finalizzò l'attività alla ricerca di un cratere d'impatto, ma questo non fu mai trovato.

Sopravvenne il secondo conflitto mondiale, l'episodio Tunguska fu ancora una volta dimenticato, e bisognò attendere gli anni cinquanta e sessanta del secolo scorso perché attorno all'evento si ridestasse l'interesse del mondo scientifico.

Questo rinacque occasionalmente nel corso di una conferenza al planetario di Mosca, quando uno scrittore di fantascienza, A. Kazancev, citò l'episodio quale esempio del disinteresse e dell'inerzia della scienza ufficiale dinanzi ad avvenimenti pure così rilevanti e per giunta accaduti in terra russa. Su quell'impulso la comunità scientifica sovietica dette allora il via ad una campagna di studi nella regione producendo una messe di articoli che però circolarono pochissimo, anche all'interno dello stesso mondo scientifico sovietico.

Nella spedizione del 1958 condotta da K. P. Florenskij, nel materiale raccolto fu riscontrata la presenza di globuli di magnetite e di silicato in varie forme, migliaia di piccole sfere brillanti, spesso fuse assieme, furono trovate in terra e conficcate negli alberi; i globuli sono una caratteristica delle particelle prodotte

- ▼ In alto una delle prime foto della zona dell'evento realizzate da L. A. Kulik; in basso cartina dell'area russa con evidenziato l'epicentro; fonte *icr.org*



quando le meteoriti entrano nell'atmosfera. Il materiale fu rinvenuto sparpagliato nel terreno secondo un'ellisse ben definita, con concentrazioni tra 100 km e i 200 km: questo suggerì che la distribuzione si potesse spiegare come conseguenza di un *fallout* molto elevato, il punto in cui avvenne l'esplosione.

Al termine di questa ricerca condotta a più di cinquant'anni dal verificarsi del fenomeno, furono avanzate tre ipotesi per spiegare l'accaduto: a) nucleo cometario, b) asteroide, c) contraccolpo della coda magnetica terrestre: ipotesi quest'ultima poco nota anche oggi al di fuori della Russia [158]. Quest'ultima ipotesi fu scartata quasi subito sulla base del resoconto delle testimonianze, e l'ipotesi asteroidale presto dimenticata in assenza del cratere d'impatto, mentre acquistò credito la supposizione che un nucleo cometario avesse impattato con l'atmosfera terrestre.

L'astronomo cecoslovacco L. Kresak, allora uno dei massimi esperti in orbite cometarie, spinse l'ipotesi talmente avanti da individuare in un frammento della cometa a breve periodo di **Encke**, progenitrice dello sciame meteorico delle **Beta Tauridis**, la prima causa dell'evento: in quel momento lo sciame era al massimo dell'attività; già nel 1930 **H. Shapley** (fra gli altri) si era espresso per l'origine cometaria [134].

La teoria cometaria acquistò consensi. A favore di questa dovevano sostanzialmente quattro elementi: a) l'assenza di tracce di un qualsiasi corpo di notevoli dimensioni; b) lo splendore osservato in cielo nei giorni seguenti l'evento che non appariva compatibile con la natura meteoritica del corpo, mentre s'accordava abbastanza bene con una sua natura cometaria; c) il fatto che le comete viaggiano – generalmente – in senso retrogrado e

quindi secondo un moto opposto a quello terrestre: nello scontro la potenza distruttrice si sarebbe quindi amplificata; la considerazione che data l'energia liberata, la cometa dovesse possedere una non indifferente massa compatta, una notevole densità ed un buon diametro del nucleo, superiore ai 50 m.

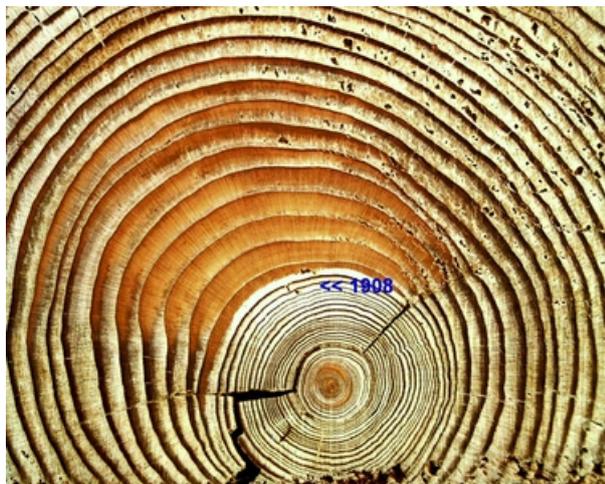
Di conseguenza le argomentazioni mosse da studiosi come Z. Seikanina [279] e A. Chaikin [66] che mostravano come il corpo responsabile dell'evento dovesse essere un meteorite roccioso, restarono inascoltate; anche queste ultime pubblicazioni rimasero circoscritte all'ambito scientifico sovietico, ed intanto l'incerta natura dell'oggetto iniziava ad alimentare speculazioni più esoteriche che fantascientifiche.

■ **Campagne di ricerca internazionali.** Negli anni novanta, sotto la spinta dell'incipiente disgelo che l'Unione sovietica iniziava a manifestare, fu organizzata una prima spedizione internazionale promossa da N. Vasiliev e G. V. Andreev con la partecipazione di francesi, svedesi, bulgari e un croato. L'Italia, pure invitata, non vi poté partecipare non avendo la delegazione italiana ottenuto il visto, ma risultò lo stesso coinvolta, perché un componente della campagna (K. Korlević) inviò al CNR di Bologna una sezione di *Picea obovata*, una qualità di abete rosso che cresce nella zona, prelevata sul monte Vulfing.

Nella sezione era presente un piccolo ramo, secco già cinquant'anni prima del verificarsi dell'evento, che fu sottoposto a scansione del microscopio elettronico ed ad a raggi X. L'esame della resina depositatasi negli anni 1908 - 1910 produsse risultati interessanti: fu rinvenuta una minuscola particella di enstatite (silicato di magnesio) di 25 µm di diametro, di una certa frequenza in nuclei cometari ed asteroidali nonché altre minuscole particelle di natura meteoritica.

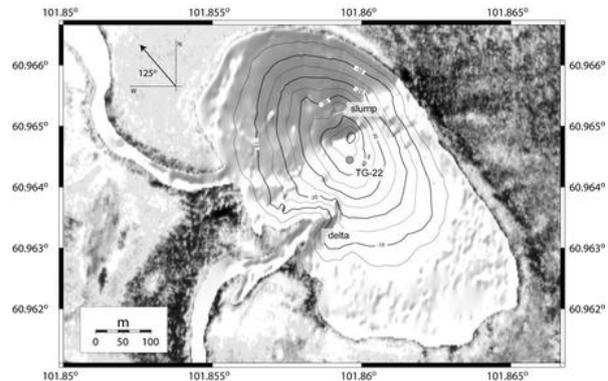
I ricercatori italiani furono invitati a partecipare ad un'ulteriore spedizione, anche per prelevare campioni del genere: scopo della missione era individuare alberi resinosi d'età superiore a 100 anni ricavandone ulteriori sezioni al fine di stabilire se eventuali particelle contenute all'interno avessero qualche correlazione col fenomeno. Furono raccolte alcune migliaia di particelle e se ne ricavò che quelle sferoidali avevano una frequenza maggiore nel periodo a ridosso dell'evento, con un picco attorno al 1908; analoga frequenza non era presente in alberi distanti 1000 km dal luogo dell'esplosione: [63].

Il CNR di Bologna, stimolato dai successi e su invito dei colleghi russi intraprese ulteriori campagne negli anni 1999, 2002



▲ Sezione di abete prelevata durante la campagna del CNR di Bologna del 2008. Gli anelli evidenziano fino alla data dell'evento una crescita conformemente regolare in ogni direzione. Dal 1908 la crescita è accelerata ed asimmetrica e risultano valorizzati gli anelli in direzione dell'inclinazione; fonte [www-th.bo.infn.it](http://www-th.bo.infn.it)

▼ Immagine 3D del lago Cheko; fonte [www-th.bo.infn.it](http://www-th.bo.infn.it)



e 2008. I ricercatori iniziarono a concentrarsi soprattutto su un minuscolo lago, il lago Cheko, a circa 8 km dal luogo della presunta caduta del meteorite, cui anche i ricercatori russi avevano iniziato a prestare attenzione.

Le perforazioni compiute nell'analisi del terreno hanno evidenziato la presenza sul fondo di rocce sedimentarie di natura diversa dal normale, mischiate a frammenti vari non individuabili con certezza e a frammenti di albero. Analizzando i campioni in alcuni di questi sono stati rinvenute tracce di polline di alberi databili a meno di cento anni.

Nella morfologia, il bacino del lago diverge da altri omologhi siberiani che generalmente presentano un fondale piatto; il lago in questione presenta invece un'inconueta accentuata forma concava, quasi a parabola, da far presumere che il bacino sia stato generato da un frammento del meteorite esploso nel cielo di Tunguska. In aggiunta la forma geometrica del lago, immagine in questa pagina, non è circolare ma leggermente asimmetrica, ellissoidale, secondo la direttrice Nord-Ovest - Sud-Est

L'ipotesi, potrebbe trovare credito da un'altra considerazione. In una una mappa della regione dello Yenisei (che accoglie il distretto di Tunguska) redatta nel 1883, il lago non compare, e neppure sono presenti riferimenti ad esso in altre fonti d'archivio: i topografi sono attenti ad ogni morfologia locale e sembra davvero inconsueto che abbiano volutamente ommesso di segnare un lago, sia pure di piccole dimensioni, 500 m di diametro circa. Anche testimonianze locali concordano in tal senso, riportando che il nome (Cheko) è fra gli abitanti del luogo riferito sempre al fiume omonimo piuttosto che al piccolo lago sempre ricordato come un pantano o una palude: l'evidenza documentale è comunque compatibile con la giovane età del lago.

In sostanza, la morfologia del lago, la struttura dei sedimenti potrebbero essere un indizio dell'impatto in quella zona di almeno un frammento meteoritico. I carotaggi effettuati indicano un'anomalia nei depositi sedimentari in buon accordo con la data dell'evento, ed una percentuale di minerali diversa (in abbondanza) da quella rinvenibile nel territorio attorno; osservazioni con un batiscavo hanno evidenziato un cimitero d'alberi.

Attorno all'area non sono stati rinvenuti però reperti che permettano in modo inequivocabile di collegare la formazione del bacino all'azione di un frammento del bolide, di qualsiasi natura questo sia stato. La comunità scientifica internazionale ha accolto con scetticismo l'ipotesi pure prudentemente avanzata dai ricercatori italiani [122], tanto che l'articolo relativo è stato anche definito una *provocation paper* [73]. L'origine del lago potrebbe (forse) anche risiedere in cavità, tutt'altro che infrequenti nella regione, che si formano nel periodo del disgelo. Queste sono conosciute come *fosse termiche*, e negli anni venti e trenta del XX secolo aveano tratto in inganno anche Kulik:

Letture: KORADO KORLEVIĆ, Il Caso Tunguska (lo scenario) - I ‡

**A**nno 1908. Nella parte interna del sistema solare, su un'orbita eccentrica, viaggia un corpo scuro, oblungo, frammentato, ricoperto di crateri e frammenti di varie dimensioni, intorno cui orbitano lentamente frammenti e polveri. Col suo diametro intorno ai 50 m è un membro minore dei corpi della classe Apollo posto in un'orbita che interseca quella terrestre, e si trova al termine del suo viaggio. 29 giugno 1908. Avvicinandosi alla Terra, sull'asteroide aumenta la forza di gravità terrestre; la differenza dell'attrazione terrestre delle particelle anteriori e posteriori in un punto diventa più grande dell'attrazione gravitazionale; tutto l'insieme delle particelle, frammenti e granelli s'inizia a sfasciare. Adesso verso Terra viaggiano innumerevoli particelle di disparate dimensioni formando uno sciame al cui centro si trova il corpo più grande, quasi l'intera massa.



30 giugno 1908. Alle 00h 14 min di TU le prime particelle incontrano lo strato superiore dell'atmosfera, sulla Mongolia. Ognuna entra separatamente nell'atmosfera, e la densità e la massa sono fattori determinanti nella dinamica della traiettoria. Nell'evaporazione e rallentamento che ne segue la maggioranza di queste è distrutta dall'ablazione e diviene pulviscolo meteoritico trasportato dai venti d'alta quota. Le particelle più grandi, anche se erose, perdono velocità e cadono in parabola in un'ellisse di distribuzione balistica molto allungata. Soltanto il più grande dei corpi non rallenta la corsa: l'enorme massa di qualche milione di tonnellate, le sue dimensioni non glielo consentono. Nel volo rettilineo sorpassa quasi tutte le particelle, nell'ablazione evaporano centinaia di tonnellate di materiale della sua superficie, formando dietro la meteora una scia di fumo nero. L'energia luminosa liberata è enorme: i pochi testimoni videro un oggetto la cui luminosità non era inferiore a quella solare e migliaia di scie minori si fondevano nel suo bagliore. A poco a poco che entrava negli strati più bassi dell'atmosfera terrestre la pressione sulla parte anteriore aumentava e l'onda d'urto s'avvicinava sempre più alla superficie della meteora che andava fondendo ed evaporando. Compressa dall'inerzia e dalla pressione aerodinamica, ad un'altezza di  $\approx 8,5$  km la parte frontale cedette sotto la pressione di tonnellate per centimetro quadrato; l'onda attraversò il masso ed il materiale si sbriciolò. In un decimo di secondo il corpo non esisteva più, al suo posto tantissimi frammenti di svariate dimensioni. La pressione negli spazi fra le particelle, e la pressione e per via della differenza di velocità fra la parte frontale frenata e quella posteriore più veloce allargò la parte frontale; la trasformazione dell'energia cinetica in energia termica aumentò per via della maggiore superficie esposta. Alcuni centesimi di secondo dopo nessun corpo solido esisteva più. Fu liberata l'energia; sul posto dove la corsa della meteora era stata fermata adesso c'era una bolla sferica di plasma intorno ai 15 000 °C con un diametro medio di mezzo chilometro in veloce espansione e salita. Accompagnato dal lamento dei suoni elettrofonici e ancora collegato al cielo tramite una coda ombelicale fatta di fiamme e fuoco nero, nacque così questo figlio della distruzione.

‡ Il testo riportato in questa pagina ed alla seguente è stato estratto da un articolo di K. KORLEVIĆ dell'osservatorio astronomico di Višnjan (Visignano) in Istria. L'articolo fu pubblicato nel 1994 per una rivista di divulgazione scientifica italiana [158, pp. 22-27] assieme ai disegni che l'accompagnano, opera anch'essi dello stesso Autore che si ringrazia per la cortese concessione.

→ continua a pagina seguente

## KORADO KORLEVIĆ, Il Caso Tunguska (lo scenario) - II

- ▼ In questa pagina raffigurazione artistica del momento d'ingresso dell'oggetto negli strati bassi dell'atmosfera e del fungo creatosi: vedi testo. Alla pagina precedente raffigurazione artistica del meteorite prima dell'ingresso nell'atmosfera; © K. Korlević 1994



Per via del calore l'azoto atmosferico cominciò a bruciare nella regione d'alta temperatura producendo quantità enormi di ossido d'azoto. Il globo formatosi irradiava quantità enormi di energia; istantaneamente prese fuoco la foresta sottostante nel raggio di 30 km, e solo alcune nubi che sopravvissero riuscirono a salvare pezzetti di foresta. Intanto, l'onda d'urto formatasi durante il volo, combinata con quella dell'esplosione, viaggiava verso la foresta in fiamme.

Nella parte posteriore dell'onda, dove la pressione era più bassa, una foschia di vapor acqueo condensato denunciava la sua esistenza e corsa. L'onda arrivò al suolo in verticale, gli alberi all'epicentro furono in un istante privati dei rami brucianti e restarono solo i tronchi nudi in un toroide che si gonfiava, contorceva, saliva.

L'onda si allargò, velocità e pressione erano di valori talmente alti che alberi prossimi all'epicentro non furono sradicati, bensì spezzati con tale violenza che i tronchi esplosero in schegge.

La regione era in fiamme, la nube toroidale bianca, gialla, arancione, marrone e nera mutava in salita e raggiungeva un'altezza di quasi 20 km. Sotto la nube, nella regione di bassa pressione formatasi per via della salita, un'enorme massa d'aria venne risucchiata. Nella regione di bassa pressione il vapor acqueo si condensava formando un'enorme campana bianca, i venti che soffiavano verso il centro della nube formarono un pilastro al cui centro s'incendivano polvere, foglie, rami e sabbia; nelle regioni ad alta temperatura cenere e sabbie si fondevano e gonfiavano per i gas contenuti e si solidificavano in sferule cave di alcuni micron; cadendo verso il basso si univano alla pioggia di sferule vetrose e si condensavano nella parte posteriore della nube. L'onda d'urto s'allargava e perdeva forza e non tutti gli alberi vennero sradicati o abbattuti. Dietro di sé l'onda combinata aveva lasciato la caratteristica impronta a *farfalla* disegnata con la distruzione di circa 2150 km<sup>2</sup>; dal globo incandescente scaturirono fulmini verso la palude. Il toroide si allargava, raffreddava, saliva formando un fungo alla cui base erano foreste e torbiere in fiamme. Da rami tronchi e radici fuoriusciva resina che catturava la caduta di sferule vetrose. La foresta in alcuni punti bruciò per quattro giorni a lungo abbracciata da una nube tossica.

Fortunatamente Vanavara, l'unico villaggio nelle vicinanze, era a 80 km di distanza: tranne alcuni fumaioli abbattuti e tetti asportati il villaggio non subì gravi danni. Il Khan della regione inviò esploratori per riferire cosa fosse successo alle renne al pascolo. Tornati, gli esploratori raccontarono storie di morte e devastazione, e la zona divenne tabù.

Grazie alla posizione del Sole vicino al solstizio d'estate, la luce riflessa sull'enorme quantità di polvere e vapore eiettò negli strati superiori dell'atmosfera, e il cielo notturno di gran parte d'Asia e d'Europa fu illuminato per giorni. La polvere fece il giro della Terra e provocò processi chimici che fortemente ridussero lo strato d'ozono sulla parte Nord del globo terrestre negli anni a seguire.

Con il tempo gli alberi sopravvissuti crebbero a velocità incredibile. Finalmente essi avevano in abbondanza luce, e il calore che veniva dal terreno lo disgelava e permetteva alle radici di penetrarvi più profondamente. In più, le ceneri prodotte durante l'incendio si rivelavano una fonte preziosa di calcio, fosforo e vari microelementi quasi inesistenti in forme utili per le piante in quella regione di minerali silicatici. Per via delle bruciature del fuoco e della irradiazione, alcuni alberi formarono chiome di forme bizzarre che fornirono alle tribù locali un'altra conferma che la regione era maledetta. ■

▼ Parametri relativi all'evento Tunguska. A fianco del nome degli autori della ricerca, nella colonna centrale sono riportati i dati d'interesse; la colonna di destra indica in sigla la tipologia di dati. Legenda: SM (Rilevamenti sismici), BM (Rilevamenti barometrici), FT (direzione degli alberi), FD (Devastazione forestale), EW (testimonianze oculari). Da [104][p. 2]

Autore	Orario evento stimato	Note
Ben-Menahem	0 h13 min28 s	SM
Pasechnik	0 h14 min30 s	BM
Pasechnik	0 h14 min35 s	SM
Coordinate geografiche dell'epicentro ( $\lambda, \varphi$ )		
Fast	$\lambda$ 60° 53' 09" Nord, $\varphi$ 101° 53' 40" Est	FT
Zolotov	$\lambda$ 60° 53' 11" Nord, $\varphi$ 101° 55' 11" Est	FT
Altezza dell'esplosione		
Fast	h = 10,5 km	FD
Ben-Menahem	h = 8,5 km	SM
Bronshthen-Boyarkina	h = 7,5 km	FD
Krototkov e Kozin	h = 6-10 km	FD
Traiettorie presunte (azimuth)		
Fast	$\alpha = 115^\circ$	FT
Zolotov	$\alpha = 114^\circ$	FT
Fast <i>et al.</i>	$\alpha = 99^\circ$	FT
Andreev	$\alpha = 123^\circ$	EW
Zotkin-Chigorin	$\alpha = 126^\circ$	EW
Koval	$\alpha = 127^\circ$	FT-FD
Bronshhte	$\alpha = 122^\circ$	EW
Bronshthen	$\alpha = 103^\circ$	EW
Traiettorie presunte (inclinazione)		
Sekanina	$<5^\circ$	EW
Zigel	$5^\circ - 14^\circ$	EW
Andrew	$17^\circ$	EW
Zotkin-Chigorin	$15^\circ$	FT-FD
Koval	$15^\circ$	FT-FD
Bronshthen	$15^\circ$	EW-FT

è necessario dunque per dirimere la questione, in un senso o nell'altro, che si proceda ad ulteriori sondaggi e studi.

■ *Teorie sulla natura del fenomeno.* Se la tipologia delle ricerche e gli studi condotti sembrano indirizzare verso l'identificazione del TCB (*Tunguska Cosmic Body*) come oggetto di natura asteroidale, altre ipotesi riemergono costantemente.

Argomenti probanti l'origine asteroidale del corpo si rinvengono nell'articolo di G. Longo dedicato alla memoria di P. Farinella [104] in cui sono riportate in sintesi le ricerche svolte a quella data (2001) da vari studiosi del fenomeno.

Altre supposizioni ritengono che l'esplosione potrebbe essere stata causata da un blocco di antimateria, da reazioni di fusione di alcuni leggeri nuclei cometari, da micro buchi neri [144], da fenomeni di natura esclusivamente sismologica e tettonica [225, 226], ed infine da astronavi aliene.

Le teorie che relegano il fenomeno ad una natura esclusivamente terrestre prendono in considerazione oltre la morfologia del territorio una serie di dati che stazioni a terra, anche geograficamente distanti dall'epicentro, hanno registrato nel corso dell'evento e ancora giorni prima: *supra*. Le indiscusse riscontrate anomalie magnetiche sismologiche e barografiche, sono d'altra parte, almeno alla luce delle conoscenze scientifiche attuali, di per sé sole carenti a spiegare un simile scenario di distruzione come di natura esclusivamente terrestre.

I modelli che ammettono ciascuna di queste teorie (ad eccezione ovvia della teoria sismologica ed aliena) influenzano le dimensioni del TCB esploso. Secondo la teoria dell'antimateria che vede il corpo annichilirsi sul posto, sarebbe ammissibile una massa compresa fra i 300 g e le 5 t con un diametro dai

4 cm ai 100 cm; nel caso di un nucleo cometario si riporta una velocità d'ingresso pari a 50 km/s - 60 km/s. Di queste ipotesi non sono riportati specificatamente i contributi dei vari autori perché ritenute non compatibili con lo stato attuale della ricerca e degli studi.

► *L'ipotesi asteroidale.* Ammettendo la natura del TCB di natura asteroidale, ad oggi la più accreditata e convincente, il fenomeno si può spiegare supponendo l'oggetto del genere appartenente alla categoria dei **NEA** (*Near Earth Asteroids*) che presentano un'orbita assai prossima a quella terrestre, probabilmente della famiglia degli **Apollo**, con un diametro attorno ai 50 m - 100 m, massa attorno ad 1 000 000 t e velocità d'ingresso sui 15 km/s: nella tabella riportata in questa pagina sono riportati i dati riferiti agli studi condotti da vari ricercatori.

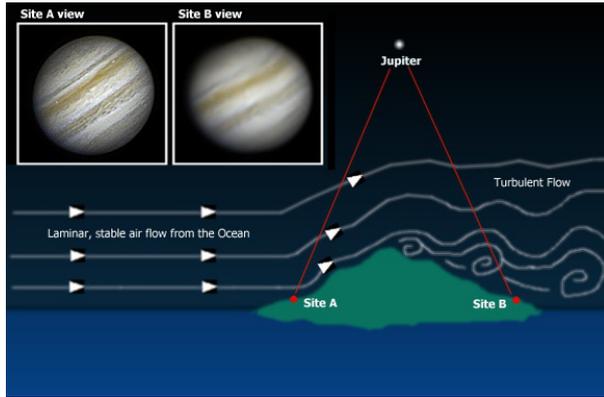
Sulla base dei dati di sismicità e microbarometrici, si stima che l'oggetto, presumibilmente del tipo roccioso, sia penetrato nell'atmosfera con un angolo approssimato ai  $45^\circ$  [21], considerando l'abbattimento degli alberi e confrontando lo scenario con quello analogo ottenuto da esplosioni nucleari in quota; l'oggetto sarebbe esploso (per le stime d'altezza cfr. la tabella citata) liberando un'energia equivalente a quella sviluppata da  $12,5 \text{ Mt} \pm 2,5$  di tritolo. L'esplosione conseguente alla frammentazione verificatasi quando il corpo per la resistenza dell'aria raggiunge la pressione del carico di rottura, generò una temperatura di  $\approx 30\,000^\circ\text{C}$  provocando l'incendio della zona sottostante per l'alto gradiente termico innescatosi; in quest'ottica gli alberi più lontani sarebbero stati piegati per effetto dell'onda distruttiva, mentre quelli rimasti dritti andrebbero individuati con quelli posti sotto la verticale del cono d'esplosione, assumendo la forma descritta da Kulik di *pali telegrafici secchi*.

Nel riquadro prodotto a pagina 300 e seguente, l'ottima descrizione di K. Keorlević, solo formalmente adattata per esigenze tipografiche, offre una rappresentazione realistica e scientificamente corretta dell'evento.

**turbolenza** Comportamento dinamico di un fluido (liquido o gassoso) come conseguenza dello stato caotico dello stesso che origina la formazione di vortici disordinati e dall'andamento imprevedibile. Il fenomeno si manifesta quando l'energia cinetica che pone il fluido in movimento è particolarmente forte rispetto alla viscosità del fluido che oppone resistenza al moto. Lo studio della turbolenza, di competenza della fisica statistica, è proprio di discipline come l'oceanografia e la meteorologia ed è particolarmente studiato in nautica ed aeronautica per la formazione dei flussi attorno alle carene delle navi, alle eliche ed alle varie componenti (fusoliera, ali, ...) di un velivolo aereo.

La turbolenza si manifesta nel primo tratto della **troposfera**, ad un'altezza variabile dal suolo dai 10 km ai 18 km: rispettivamente poli ed equatore. Le sue origini vanno ricercate nei venti, specie in quelli a carattere vorticoso originati dalla rotazione terrestre e dal riscaldamento solare nonché nell'attrito che essi producono a contatto con la superficie terrestre, nella morfologia del territorio, nella disomogeneità della temperatura terra-mare, ed in una notevole ulteriore quantità di dettagli impossibili a prevedere complessivamente a priori; per quanto la teoria sta stata molto sviluppata nel secolo scorso in considerazione delle sue pratiche applicazioni (nautica ed aeronautica) è impossibile uno studio del fenomeno che non di tipo matematico-statistico. Conseguenza della turbolenza è lo svilupparsi di tutta una serie di azioni meccaniche, correnti convettive, gradienti termici che rendono l'atmosfera non stabile, ma continuamente in moto (minore o maggiore) secondo gli impulsi che a ciascuna azione, corrente, ... è stata imposta.

▼ Effetti della turbolenza su un'immagine; fonte *damianpeach.com*



In astronomia lo studio degli effetti prodotti dalla turbolenza rileva per l'influenza negativa che determina sulla qualità delle immagini causando fluttuazioni di temperatura che alterano l'indice di rifrazione dell'atmosfera, perturbando il fronte d'onda dell'oggetto osservato; l'immagine anziché essere nitida si distribuisce su un'ampia regione dando luogo ad una funzione detta di *sparpagliamento dei punti*, in inglese «PSF». A questi problemi si pone rimedio attraverso tecniche meccaniche che consentono microdefomazioni delle superfici ottiche (→ **ottica adattiva ed ottica attiva**) supportate da finalizzati algoritmi software: vedi anche **seeing**.

Nel disegno riprodotto in questa pagina è mostrato come uno stesso oggetto possa produrre immagini di buona o cattiva qualità a seconda che l'osservatore sia localizzato in un sito affetto da turbolenza o meno. Il telescopio posto in A riceve un flusso d'aria laminare, che segue cioè traiettorie ordinate e coerenti, ed avrà pertanto un'immagine planetaria migliore di quello posto in B che vedrà il proprio percorso ottico disturbato da moti vorticosi e caotici.

Di conseguenza il fenomeno prende in considerazione principalmente due flussi: quello laminare e quello turbolento.

Il flusso laminare è caratterizzato da basse velocità, le parti in sospensione presentano un andamento relativamente ordinato: il nome deriva dal fatto che si assume in via teorica che le particelle si muovano come se fossero su lamine parallele interagendo pochissimo fra loro. Il flusso turbolento si manifesta invece quando la velocità delle particelle è elevata e le interazioni sono dovute anche ad urti casuali fra le stesse; le forze viscosive sono maggiori in quanto originate anche dagli scambi di moto.

• **Cenni sulla teoria della turbolenza.** La teoria dei flussi fu elaborata nel 1883 da **O. Reynolds** formulando un numero (1) in grado di distinguere con buona approssimazione le caratteristiche di un fluido distinguendolo nelle sua proprietà fondamentali: laminare o turbolento.

Detta  $\rho$  la densità del fluido (liquido o gassoso),  $V$  il modulo della velocità relativa del fluido rispetto ad un corpo solido,  $L$  la caratteristica dimensionale del sistema, ossia una dimensione lineare come il diametro di un condotto,  $\mu$  la viscosità cinematica del fluido, il numero è espresso da

$$R_e(L_0) = \frac{\rho VL}{\mu} \quad (1)$$

ovvero, data la viscosità cinematica ( $\nu$ ) per

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2)$$

si può anche scrivere

$$R_e(L_0) = \frac{\rho VL}{\nu} \quad (3)$$

cioè:  $(\text{densità} \times \text{velocità} \times \text{lunghezza}) / \text{viscosità cinematica}$ ; quindi ancora: forze d'inerzia in rapporto a forze di viscosità.

I valori si considerano  $\nu \approx 15 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  per l'aria,  $L_0 > 15 \text{ m}$  e  $\nu L_0 > 1 \text{ m/s}$  per l'atmosfera; il regime turbolento si ha quindi in condizione di  $R_e(L_0) > 10^6$ . Il flusso è laminare per valori  $R_e \leq 2000$ ; di transizione per valori  $2000 R_e \leq 4000$ ; turbolento infine per valori  $R_e \geq 4000$ .

Il valore che distingue un regime laminare da uno turbolento (numero di Reynolds critico) è in dipendenza della forma del corpo attraversata dal fluido e dall'orientamento del corpo rispetto al flusso, per cui il numero presenta valori diversi a seconda della superficie esterna attraversata per transizione laminare o turbolenta. Questo deriva dalla circostanza che le esperienze di Reynolds furono relative soprattutto al comportamento dei liquidi osservando i regimi di turbolenza di questi dentro condotti. Il numero di Reynolds è adimensionale essendo stato ideato su leggi di scala, ossia fluidi diversi, a parità di numero, presentano medesimo comportamento dinamico.

Considerando la precipua composizione di un modo turbolento composto di un flusso principale al quale si aggiungono flussi (fluttuazioni) di andamento e complessità talmente irregolare da non poter essere soggetti ad alcun trattamento matematico, il russo **A. N. Kolmogorov** operò un approccio statistico-fisico al fenomeno ideando nuove scale e suggerendo che per valori elevati del numero di Reynolds l'energia dissipata rappresenta una frazione trascurabile rispetto a quella che alimenta le perturbazioni delle velocità ed è pertanto integralmente trasferita alle scale più piccole: la transizione tra scale diverse è imputabile ai processi che regolano il moto di un fluido. L'approccio seguiva di qualche anno gli studi di G. Taylor che aveva proposto un modello di turbolenza ideale (omogenea ed isotropa).

La teoria considera il campo delle velocità fluttuanti come costituito da vortici non omogenei che introducono energia ed alimentano la turbolenza; questi a loro volta generano vortici di dimensioni minori e poi ancora minori e così continuando finché l'energia non è completamente dissipata.

Il fenomeno è noto come *cascata di energia*, significando che l'energia cinetica propria delle scale più grandi alimenta in continuo vortici sempre minori senza trasformarsi subito in energia termica. Infine, quando i vortici avranno raggiunto dimensioni piccolissime, avrà luogo il processo di dissipazione d'energia e la conseguente trasformazione in calore.

Nella sua elaborazione matematica Kolmogorov [155] individuò tre parametri (tre scale). Richiamata la (2) e posto  $\varepsilon$  come tasso di dissipazione d'energia, si ha

$$\lambda_K = \left( \frac{\nu^3}{\varepsilon} \right)^{\frac{1}{4}} \text{ diametro medio del vortice, scala della lunghezza} \quad (4a)$$

$$\nu_K = \left( \nu \varepsilon \right)^{\frac{1}{4}} \text{ velocità tangenziale media, scala della velocità} \quad (4b)$$

$$\tau_K = \left( \frac{\nu}{\varepsilon} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ tempo medio di vita, scala del tempo} \quad (4c)$$

In conseguenza delle equazioni di Kolmogorov al crescere del valore di dissipazione energetica ( $\varepsilon$ ) le dimensioni dell'ultimo vortice della catena decrescono, nel vortice più piccolo aumenta la velocità di rotazione e si riduce di pari passo la sua vita.

Quello che rileva in questo caso, al fine della caratterizzazione del flusso: laminare o turbolento, è l'intensità e la capacità della perturbazione di generare vortici di minuscola entità lontani dal fronte della perturbazione stessa, quindi in sostanza quella che si chiama scala spaziale. Se questa presenta un valore inferiore ad  $\lambda_K$  il vortice non si forma ed il regime del flusso è laminare.

A cavallo degli anni sessanta e settanta del secolo scorso si sono avuti nel campo ulteriori significativi progressi, ottenuti però non con misure quantitative bensì ricorrendo, come aveva fatto un secolo prima Reynolds, ad osservazioni qualitative del comportamento dei fluidi; successivamente con l'avvento di calcolatori di adeguata potenza fu introdotta la DNS (*Direct Numerical Simulation*) finalizzata a risolvere le equazioni di N. Stokes.

L'influenza della turbolenza sulla cupola di un osservatorio è discussa alle voci citate in bibliografia: [170] e [133].

**Tuttle Horace Parnell** (1837 - 1923) Astronomo dilettante americano ricordato soprattutto per la scoperta della cometa **Tempel-Tuttle** individuata poi come generatrice dello sciame delle **Leonidi**.

**(Tycho) Ottesen Brahe Tyge de Knudstrup** (1546 - 1601)

**Tzolkin** Ciclo calendariale divinatorio della civiltà maya:→ **calendarario** *sub* «Calendari dell'area americana».

## U

## UAI

**UAP** Acronimo di *Unidentified Aerial Phenomena*. Eventi luminosi dell'atmosfera ancora rimasti inspiegati e che si cerca di ricondurre ad una natura scientificamente spiegabile. Tipico esempio dell'oggetto di questi studi sono le cosiddette luci di **Hessdalen** in Norvegia.

**Uccle, osservatorio di -** Sta in Belgio .....

**UFO** Acronimo di *Unidentified Flying Objects*. Vengono sovente catalogati sotto questa etichetta indifferentemente tutti gli oggetti che fanno la loro comparsa in cielo e per i quali non è possibile risalire ad una spiegazione scientifica. La sigla non è utilizzata dalla comunità scientifica che preferisce parlare di **UAP** (Unidentified Aerial Phenomena).

**ufologia** Nome improprio che si dà alla particolare «disciplina» di cui si occupano coloro che si interessano agli oggetti volanti non riconducibili ad alcuna delle specie note, convinti spesso che l'oggetto delle loro ricerche sia attinente con la scienza.

Dalla composizione della parola emerge comunque un contro-senso, perché *λογος* in greco vuol dire parlare di qualcosa con competenza, ma siccome oggetto dello studio è proprio ciò che è *unidentified*, non è possibile parlare con competenza di ciò che non si conosce, ma formulare soltanto illazioni che nulla hanno di scientifico. Solo questa elementare considerazione è sufficiente per considerare l'ufologia un esercizio mentale avulso da qualsiasi serio canone di ricerca. Non presupponendo affatto di limitare o circoscrivere l'ambito della ricerca, non si può non convenire che si resta confinati nell'ambito delle supposizioni finché queste non vengono sufficientemente provate con reiterati esperimenti,

## ULF

**Ulrich Helmuth** (-) Uno dei soci fondatori nel 1972 dell'Associazione Astronomica di Cortina cui è dedicato l'osservatorio sociale in località → Cortina - Col Drusciè.

**Ulugh-Begh** (1394 - 1449) Mohamed Turkey, questo il vero nome di Ulugh-Begh, nipote del gran Tamerlano che, contrariamente all'avo paterno, non dimostrò alcun interesse nel il potere e l'espansionismo territoriale.

Appassionato sin dall'adolescenza di scienza e soprattutto di corpi celesti, educato alla matematica e all'astronomia da Qadi Zada, trovò più confacente al suo spirito dedicarsi a queste attività anziché sovrintendere all'amministrazione dei suoi domini, e fondò a Samarcanda un'università dedicata alle lettere, alla poesia, all'architettura, alle scienze, ... ove all'astronomia era riservata una posizione di tutto rilievo.

Tali caratteristiche, di spiccata impronta umanistica, hanno talvolta condotto non del tutto infondatamente, ad assimilare la figura del Signore di Samarcanda a quella dei principi italiani del Rinascimento; egli riuscì infatti a far giungere nella città tutti gli studiosi che poté raggiungere e convincere, e la città divenne presto il polo culturale per eccellenza dell'epoca nella cultura e nelle scienze, che era assai più di un'università, un centro di

incontro per tutti gli studiosi, fra cui spiccavano, ad esempio, Jamshid ben Messaoud, un famoso matematico, e Qadi Zada.

Eccellente matematico ed astronomo, dotato di una eccezionale memoria, si racconta che sapesse a memoria la quasi totalità dei versetti del Corano, applicò anche alla scienza questa sua prodigiosa caratteristica che gli permetteva di svolgere mentalmente anche complessi calcoli.

La principale opera per cui Ulugh-Begh è ricordato è senza dubbio la costruzione dell'osservatorio astronomico che porta il suo nome, e che all'epoca fu il più grande della Terra: *vedi* lemma seguente. Il mondo occidentale per disporre di un osservatorio astronomico che fosse avvicinabile (più che paragonabile) a quello di Ulugh-Begh, dovette attendere oltre un secolo e l'opera di **Tycho**.

In questo osservatorio furono effettuate nuove e più precise misure dei corpi celesti, ed i dati osservativi confluirono in quella che va considerato il maggior contributo di Ulugh-Begh all'astronomia, le *Zij i Gurgani*, tavole astronomiche pubblicate nel 1437 e che andarono a sostituire quelle ormai obsolete e imprecise del periodo ellenico.

In questo lavoro un'importante ruolo fu svolto da uno studioso che da tempo si era unito a lui, Ali Ibn Mohamed Kushchi.

Le *Zij i Gurgani* non sono soltanto delle effemeridi, ma contengono anche dati relativi al calendario, alle osservazioni astronomiche, al movimento dei pianeti, ... e soprattutto il catalogo di posizione di 1018 stelle che è il primo ad essere compilato dopo quello di Ipparco.

Ulugh-Begh ricalcolò inoltre la lunghezza dell'anno in 365 giorni 6 h 10 m e 8 s. Attualmente l'anno è stimato 365 giorni 6 h 9 m e 9,6 s.

Tutto votato alla scienza si disinteressò completamente delle vicende del regno, e non si avvide che contro lui montava insistentemente anche il rancore del clero che non mancava di rimproverargli di applicarsi alla scienza come se questa fosse una disciplina autonoma, piuttosto che come uno strumento al servizio della religione.

Quando suo padre morì nel 1447, la situazione si fece difficile. Governò come meglio poté, cioè male, e finì detronizzato dal figlio come un altro re, Alfonso X di Castiglia, ma a lui toccò sorte peggiore di questi: fu decapitato il 27 ottobre 1449 con il consenso e l'istigazione del figlio che aveva diseredato a favore di un altro cadetto.

Dopo poco tempo l'osservatorio venne distrutto e se ne persero le tracce sino al 1908

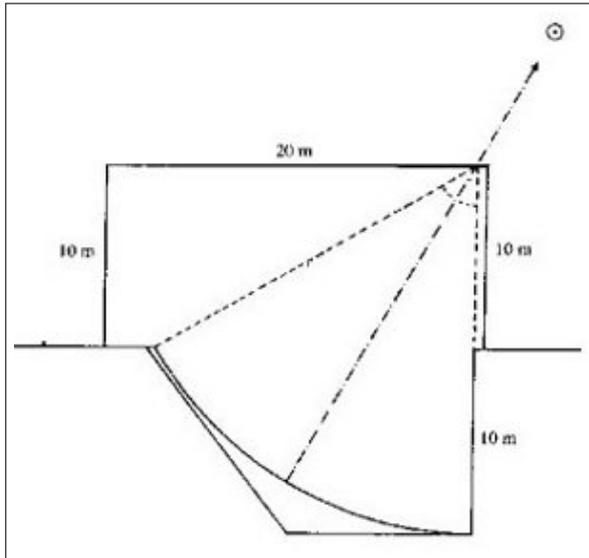
Il suo ex collaboratore Ali Ibn Mohamed Kushchi si rifugiò a Costantinopoli portando con sé alcuni lavori del maestro, fra cui le preziose *Zij i Gurgani*.

**Ulugh-Begh, osservatorio di -** Costruito in brevissimo tempo (dal 1428 al 1429) sul tipo dell'osservatorio fatto erigere a Maragha (odierno Iran) nel XIII da al-Tusi, l'osservatorio di Ulugh-Begh si presentava come una costruzione cilindrica su tre livelli, alta più di 30 m, e di 46,4 m di diametro allineato sul meridiano di Samarcanda, attualmente nell'Uzbekistan..

La parte più rilevante dell'osservatorio era costituita dal gigantesco arco di goniometro interamente in pietra scavato nel sottosuolo ove si estende per di più di 10 m di profondità per una lunghezza di 63 m ed un raggio 40,212 m: *vedi* disegno .

Utilizzato per l'astronomia posizionale, con questo strumento furono effettuati da Ulugh-Begh osservazioni e studi sui corpi più luminosi (stelle e pianeti): la misura ottenuta del movimento annuale di Saturno contiene un errore di soli 10", come pure la durata dell'anno di questo pianeta si avvicina ai reali valori stimati oggi di meno di 1'.

## ▼ Schema dell'Osservatorio astronomico di Ulugh-Begh



Ulugh-Begh ricalcolò ancora l'inclinazione dell'asse terrestre che stimò in  $23^{\circ} 30' 17''$ , contro i  $23^{\circ} 30' 45''$  valore sino allora conosciuto.

Per le altre ricerche effettuate in questo osservatorio vedi la biografia di Ulugh-Begh.

Dopo l'uccisione di Ulugh-Begh da parte del figlio che era stato detronizzato, l'osservatorio fu distrutto e la biblioteca saccheggiata e di questa costruzione si persero le tracce. Bisognò attendere il 1908 per individuare il posto dove sorgeva l'osservatorio. L'opera fu compiuta dall'archeologo Vyatkin, ma questi riuscì a portare alla luce soltanto l'arco di cerchio meridiano scavato nella pietra (immagine in copertina), per il resto, di uno dei più gloriosi osservatori del mondo islamico non restava ormai più nulla.

L'opera di ricostruzione dell'edificio sovrastante il cerchio riprese mezzo secolo dopo, finché nel 1964 venne inaugurato l'*Ulugh-Begh memorial Museum*, che si limita purtroppo ad esibire pochi documenti sulla vita scientifica del tempo e repliche degli strumenti usati dagli astronomi arabi del XV secolo.

**Unicorno, costellazione dell-** → [Monoceros](#).

**unità astronomica** Sulla misura dell'unità astronomica

**Unitron**

**uovo cosmico**

**Uppsala, osservatorio di -**

**Uranienborg**

**Urano**

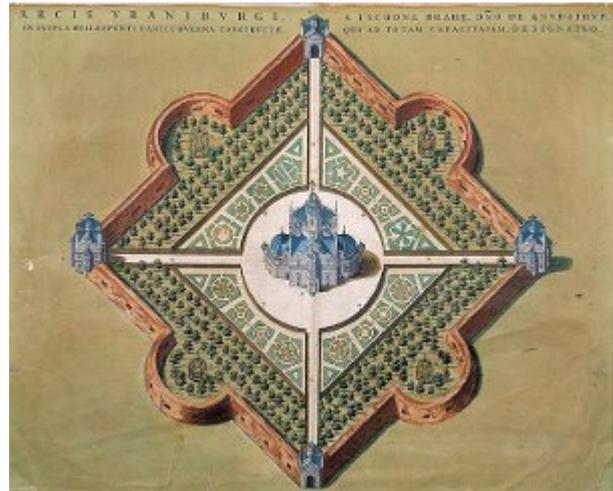
**Uranometria** → [J. Bayer](#) e *atlante sub «atlante celeste»*.

**Uranometria 2000** Sky Publishing Corporation...

**Uranometria Argentina** di Benjamin A. Gould 1824 - 1896 pubblicata nel 18979 composta di 14 carte celesti che raccogliev 50 000 stelle da  $-23^{\circ}$ a  $-90^{\circ}$ sino alla  $7^{\text{a}}$  magnitudine.

**ureiliti** Meteoriti rocciose appartenenti alla famiglia delle → [acondriti](#).

## ▼ Schema dell'Osservatorio astronomico di Uranienborg



**Ussher James** (1581 - 1656) Arcivescovo di Armagh e primate della chiesa anglicana d'Irlanda.

Si occupò di ricostruire la scala del mondo sfruttando tutte le possibili indicazioni cronologiche che si rinvennero nell'Antico Testamento e altre fonti storiche, giungendo alla conclusione che il mondo era stato creato al mezzogiorno del 4 ottobre dell'anno 4004 a.C., acquisendo per questo una notevole celebrità alla sua epoca.

La data della creazione fu fissata nel mese di ottobre perché essendo nella stagione autunnale i frutti maturi, i neoabitanti dell'Eden potevano in tal modo vedere assicurata la loro sopravvivenza. . .

**USNO** → [Washington](#).

Acronimo di *US Naval Observatory*, una survey del cielo di alta precisione iniziata nel 1988, → [catalogo astronomico](#).

Il progetto originario si è trasformato nell'*UCAC (Usno Astrogaphic Catalog)*, una survey astrometrica che comprende oggetti fra la  $7^{\text{a}}$  e la  $16^{\text{a}}$  magnitudine, e raccoglie circa 2000 stelle per grado quadrato.

Nell'agosto del 2009 il catalogo è giunto alla terza versione: UCAC3.

**UTC**

**UTM** Acronimo di *Universal Trasversal Mercator*....

# V

**Valerio Luca** (1552(3?) - 1618)

**Valles Marineris**

**van Allen, fasce** → **Allen, van - fasce**.

**variabili, stelle -**

**variazione**

**Varuna**

**varva** → **clima**.

Dallo svedese *varv*, «a strati»; il vocabolo ha indicato a lungo il singolo strato annuale di un sedimento glaciale, successivamente (1910) il termine è passato ad individuare un qualsiasi strato sedimentario annuale. È usato anche «laminato».

La formazione di varve è caratteristica degli ambienti marini o lacustri in funzione della variazione stagionale ed ai tipici processi sedimentari; la formazione tipica, quella di un lago glaciale, si presenta di un colore chiaro-scuro: la sabbia e l'acqua che si depositano nei periodi in cui maggiore è l'energia solare, si riducono nel periodo invernali, e i minuscoli sedimenti d'argilla vanno a costituire lo strato scuro.

Pioniere negli studi sulle varve fu il geologo svedese G. De Geer che per primo annotò una relazione fra i vari strati dei sedimenti che stava esaminando e la formazione degli anelli di crescita negli alberi. Seguirono altre ricerche che si conclusero con la pubblicazione da parte del De Geer (1940) del saggio *Geochronologia Suecica*, in cui veniva riportata la prima cronologia di varve riferita alla recessione glaciale dello Skånell'Indalsälven.

**Vaticano, osservatorio -** → **VAT**.

**Vaticano, torre dei venti** → torre dei venti di Roma.

**VAT** Acronimo di *Vatican Advanced Technology Telescope*, diametro 1800 mm, rapporto focale  $f/1$  in configurazione gregoriana, e quindi col secondario concavo risoluzione 0,06" nell'infrarosso vicino.

**Vaucanson ...**

**Vega**

**Vega, sonde -**

**Vela, costellazione della -**

**Vela, pulsar della -**

**Vela, resti si supernova nella -**

**velocità radiale**

**Vendelius**

**Venera, sonde -** Nome di 18 sonde dell'ex Unione Sovietica, poste in orbita dal 1962 al 1982, destinate allo studio del pianeta Venere. Le ultime due sonde della serie, ribattezzate Vega furono mandate ad incontrare la cometa di **Halley**.

Le sonde Venera furono fra le prime ad essere fornite di grandi antenne radar per la mappatura del territorio di Venere coperto da un denso strato di nubi.

**Venere**

**venti, torre dei -** → torre dei venti.

**vento solare**

**vento stellare**

**Verbiest Ferdinand** (1623 - 1688)

**Vernier Pierre** (1580 - 1637) Costruttore francese di strumenti di precisione. La sua fama è legata soprattutto alla creazione di uno strumento il *verniero* che consentì di leggere la misura riportata sui quadranti in misura più precisa.

**Le Verrier Urbain**

**verunculum** Asta gnomonica di un particolare quadrante solare, il **pelignum**, di cui si hanno scarse notizie.

**Very Large Telescope**

**Vesconte Pietro** Cartografo genovese operò a Venezia...

**Vesta**

**vetro** Materiale a struttura molecolare che presenta la costituzione di un polimero: la struttura è a catene di atomi di metallioidi (Si, B, P, ...) legati fra loro da atomi di ossigeno e da atomi di elementi metallici (Na, K, Ca, Pb, ...) tramite valenze di natura ionica ??? a tali catene ???.

I costituenti del vetro sono i più vari: fra essi vanno ricompresi: la silice (SiO<sub>2</sub>) che ne è il maggior costituente, l'anidride borica (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), l'anidride fosforosa (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), l'ossido di alluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), l'ossido di sodio (Na<sub>2</sub>O), l'ossido di potassio (K<sub>2</sub>O), l'ossido di calcio (CaO), l'ossido di bario (BaO), l'ossido di piombo (PbO). Dalla loro mescolanza chimica si



▲ Sonda Vega

▼ I quattro telescopi del VLT array al tramonto. Fonte ESO



ottengono i principali tipi di vetro: il sodico calcico (il vetro comune), il piombo-potassico o cristallo, il piombico, il potassico, il borosilicato, il potassico-calcico, l'alluminio calcico.

- *Il vetro nei telescopi*
- *Vetri per ottica*
- *Menischi a struttura composita*
- *Rapporto diametro/spessore*

■ *Il vetro nei telescopi.* → **lavorazione superfici ottiche.**

Il vetro è stato introdotto nella costruzione dei telescopi riflettori da **L. Foucault**, ed è generalmente chiamato «menisco» o «blank».

Le configurazioni ottiche astronomiche, che comprendono le classi dei rifrattori, dei riflettori e dei catadiottrici, ricorrono al vetro sia quando è necessario sfruttare le leggi della rifrazione, sia quando si tratta di strumenti che lavorano secondo le leggi della riflessione. A seconda della classe di appartenenza il vetro è però diversamente lavorato, configurato e preparato. Nei riflettori si lavora una sola faccia a geometria concava, nei rifrattori la lavorazione può essere a geometria concava, convessa, piano-convessa, ... a seconda della costituzione dell'obiettivo: doppietto, tripletto, ...

Nei telescopi riflettori il vetro non è utilizzato per una delle sue caratteristiche e proprietà essenziali: la trasparenza, bensì per la facilità alla lavorazione e soprattutto per il basso coefficiente di espansione termica che presenta, in rapporto alla coesione e alla durezza, rispetto ad altri materiali.

Esso quindi non assolve ad altra funzione che a quella di essere il supporto ideale per lo strato alluminato e quarzato che depositato in seguito gli darà la riflettività.

In passato, sino agli ultimi decenni del secolo scorso, sono stati costruiti anche specchi metallici di notevoli dimensioni, ma la produzione di questi è attualmente quasi del tutto abbandonata, presentando solo il vantaggio della maggiore economicità.

Mentre nella lavorazione di una superficie vetrosa si agisce per asporto di materiale, sino ad ottenere una superficie omogenea sferica prima e parabolica poi, nel caso degli specchi metallici all'asporto si congiunge lo schiacciamento di microparticelle che a seguito di dilatazioni termiche o stress possono notevolmente mutare nel tempo la geometria della parabola.

■ *Vetri per ottica.* A seconda delle composizioni chimiche e delle fusioni, il vetro è poi distinto nelle seguenti principali classi, che sono di largo uso e che comunemente indicano nella prassi, al di là delle sigle chimiche di composizione, i particolari tipi di vetro usati:

*crown* nome dato alle prime lastre di vetro per finestra che erano ottenute con il metodo della centrifugazione di un disco di vetro;

*vetro di Boemia* tipico vetro della vetreria scientifica;

*Schott o vetro di Jena* vetro per usi scientifici;

*Wood* vetro nero, assorbente per tutte le radiazioni nel visibile ma trasparente per  $\lambda = 3650 \text{ \AA}$ , la lunghezza d'onda del mercurio;

*pyrex* vetro dalle eccezionali qualità, a lungo usato nella costruzione di specchi per riflettori sino agli anni cinquanta per le tipiche caratteristiche di cui è dotato: grande resistenza meccanica, bassissimo coefficiente di dilatazione, inalterabilità agli agenti chimici, assenza di igroscopicità, grande resistività elettrica, trasparenza all'ultravioletto. Prima della sua diffusione era molto usato anche lo Iuviol, un vetro molto duro e trasparente all'ultravioletto sino a  $\lambda = 300 \text{ nm}$ ;

*flint* vetro con alto indice di rifrazione;

*neutro* quale il vetro di Turingia ed il pyrex caratterizzati da assenza assoluta di solubilità in acqua, caratteristica presente invece sia pure in minima parte negli altri vetri.

Il vetro per ottica può essere quindi, almeno in teoria, uno qualunque di quelli elencati. L'essenziale è che il vetro presenti caratteristiche di omogeneità, isotropia, trasparenza (specie se dedicato a un rifrattore), inalterabilità e stabilità, cosicché possa essere lavorato almeno a  $\lambda/8$ , il minimo di accuratezza richiesto in ottica perché una superficie possa considerarsi soddisfacente.

Il perfezionarsi della tecnica e la tecnologia dei nuovi forni ha portato via via alla fabbricazione di vetri per ottica che si avvicinano allo standard ideale. Dopo la produzione del pyrex, si è passati alla produzione del duran, un vetro con migliori caratteristiche di stabilità ed omogeneità.

A cominciare dagli anni sessanta si è andata sempre più sviluppando la produzione di vetri ceramici a bassa espansione, ed oggi i più usati, a livello mondiale, sono lo zerodur della tedesca Schott di Magonza, un vetro dal basso coefficiente di espansione, ed il Corning Ule 7971, un silicato al titanio anch'esso con coefficiente d'espansione prossimo allo zero, il Corning 7940 silice fusa sempre della Corning, ed il cervit.

Di pari passo si è andata modificando la tecnica di fusione, di composizione, di costruzione. Oggi si tende, a fianco alla costruzione di monoliti giganteschi (8 - 9 metri di diametro), a frazionare la struttura vetrosa, sia per renderla più resistente ed elastica, sia per alleggerire il tubo ottico.

■ *Menischi a struttura composita.* Il problema della leggerezza è stato affrontato all'inizio attendendo alla costruzione dei dischi di vetro monolitici a struttura cosiddetta cellulare. Per dimensioni superiori ai sei metri, una struttura monolitica sarebbe assai poco elastica, specie per via del peso non indifferente, e si presterebbe facilmente a rotture.

Pioniere in questo campo fu l'ottico americano **G. Ritchey**, il quale descrisse tale metodo per primo sulla rivista francese *l'astronomie*, 1926, pagg. 57/62, in un articolo dal titolo: *Nouveau mode de construction des grands miroirs de télescope*, al tempo in cui lo stesso lavorava al laboratorio **Dina**.

Il frazionamento dei carichi e delle tensioni soccorre appunto a questo pericolo.

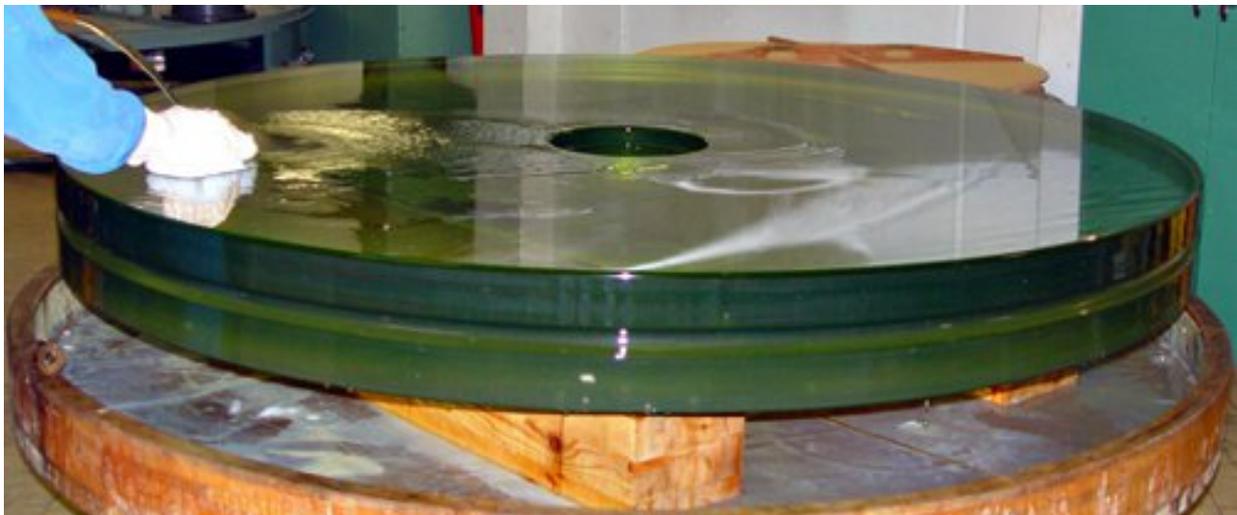
Successivamente si è adottata una tecnica il cui precursore, a lungo incompreso, fu l'astronomo ed ottico **G. Horn-d'Arturo**, che va sotto il nome di specchio a tasselli tasselli multipli, ove questi tasselli sono di forma esagonali.

In questo modo è possibile realizzare superfici riflettenti di dimensioni notevolissime ovviando ai problemi di disomoge-

▼ Carta di Pietro Vesconte databile al 1320. Londra, British Library



▼ Menisco di 193 cm del telescopio dell'osservatorio d'Alta Provenza. Si notano i due dischi di vetro sovrapposti: vedi testo



neità ed instabilità di tensioni in un'unica superficie vetrosa dal diametro generoso, ed anche a problemi di peso.

I due telescopi interferometrici **Keck** delle Hawaii, con i loro dieci metri ciascuno di diametro sono una dimostrazione dell'applicazione di questa recente tecnologia costruttiva di cui ha rappresentato un precedente simile nel passato il telescopio a specchi multipli **MMT** di cui un'efficace variante è costituita dal recente telescopio italo-americano **LBT**, composto secondo un sistema binoculare di due specchi.

■ **Rapporto diametro/spessore.** Per quanto sia indubbiamente assai utile e conveniente lavorare un monolita di qualità con ade-

guati coefficienti di stabilità ed omogeneità, e le cui dimensioni siano ragionevolmente proporzionate allo spessore, eccellenti risultati si possono ottenere anche con un vetro comune, quale può essere un calcio sodico, purché questo sia di adeguato spessore se si supera un certo (ma sempre contenuto) diametro, e ben stabilizzato, esente cioè da tensioni interne.

Il progredire della tecnica con il predominio dell'elettronica sulla fotografia, ha fatto sì che non si debba più far ricorso a pose di ore o addirittura giorni, come avveniva in passato riprendendo lo stesso oggetto più notti.

L'avvento del **CCD** ha ridotto in maniera drastica i tempi di posa:

▼ La via lattea vista dall'osservatorio di Cerro Paranal, in Cile; Fonte ESO



una stellina della 16<sup>a</sup> magnitudine è alla portata di un telescopio da 400 mm di diametro con circa 240 secondi di posa. Per la fotografia il triplo del tempo non è genericamente sufficiente per lo stesso oggetto ed, in rapporto, con uno strumento di maggiore apertura.

Questo comporta che se la superficie riflettente è stata egregiamente lavorata in condizioni di temperatura ideale, se la parabolizzazione è stata effettuata a vetro non stressato ed anche questa a temperatura ideale, anche se si sta usando un calcio sodico e non una lastra di Schott, la deformabilità, per escursione termica nel tempo di posa, a seguito del cambiamento di temperatura durante la notte, è molto bassa.

Si può quindi ritenere che si possano raggiungere eccellenti risultati con lastre di vetro cosiddetto comune ed adeguatamente stabilizzate, senza ricorrere a lastre della Saint Gobin, della Schott o della Corning.

Tuttavia esiste il reale problema della reperibilità di queste lastre, che difficilmente superano i 25 mm di spessore, e con tale misura limite difficilmente si può arrivare a diametri generosi anche frazionando in più punti d'appoggio il peso della lastra sulla cella del telescopio.

In passato una regola più empirica che scientifica ha fissato per decenni in 1/6 il rapporto fra lo spessore della lastra e il suo diametro. Oggi si scende abbondantemente al di sotto di tale rapporto, in quanto si provvede a frazionare la superficie d'appoggio dello specchio su più punti al posto dei soliti tre o nove. Le ottiche adattive e quelle attive hanno fatto il resto.

Allo scarso spessore delle lastre si supplisce talvolta unendone due fra loro, magari distanziate da apposite costole che irrobustiscano la struttura, oppure incollandole, tramite ammolamento del vetro o con la tecnica degli ultravioletti, ed in questo modo si origina un rapporto spessore diametro che può ritenersi accettabile.

### Via Lattea

### Vienna, osservatorio

**vigilia** Parte in cui secondo il sistema civile vigente a Roma era divisa la notte.

La notte comprendeva quattro *vigiliae* con durata naturalmente diversa in inverno ed estate, iniziando il giorno romano dal tramonto del Sole: → **calendario sub** «Calendario numiano».

### vignettatura

### Viking

### Virgo

### Vitellione — (-)

▼ Il telescopio Vista. Fonte ESO



**VISTA** Acronimo di *Visible and Infrared Survey telescope for Astronomy* un telescopio da poco entrato in funzione all'**ESO** dedicato all'infrarosso, finalizzato a realizzare una mappa del cielo in questa lunghezza d'onda.

Ideato da un consorzio di 18 università del Regno Unito, Vista è dotato di uno specchio principale di 4,1 m di apertura la cui realizzazione ha rappresentato una vera e propria sfida tecnologica essendo, in rapporto alle dimensioni, lo specchio con il più alto raggio di curvatura mai realizzato che consentirà allo strumento di osservare vaste aree del cielo.

L'*occhio fotografico* di Vista è costituito da un sistema di rivelatori sensibili all'infrarosso che danno congiunti 67 milioni di pixel. Con questa strumentazione gli osservatori si propongono di redigere una nuova mappa all'infrarosso del cielo australe come obiettivo principale, e di mappare sistematicamente ed in dettaglio altre regioni del cielo.

Una delle prime immagini di Vista è a a pagina 63.

### Vitruvio Marco Pollione

**Viviani ..** (1622 - 1703)

**VLA** Acronimo di *Very Large Array*

**VLB** acronimo di *Very Long Baseline Array*

### VLF

**VLT** Acronimo di **Very Large Telescope**.

**Voigtländer Johan Cristoph** (1732 - 1790) Ottico tedesco

**Voigtländer e Figli** Fabbrica tedesca del XX secolo specializzata soprattutto nella costruzione di obiettivi fotografici e binocoli.

**Vogel Herman Carl** (1841 - 1907) pioniere nella spettroscopia..

### Vogt-Russel, teorema -

### Volans

### volatile

### Voskhod

**Vostok** Serie di sei piccole cosmonavi monoposto usate dall'Unione Sovietica per i primi voli spaziali con a bordo essere umani; a bordo di una di queste il maggiore dell'aeronautica → **J. A. Gagarin** compì il primo volo orbitale fuori dell'atmosfera terrestre.

- ▼ La Vostok 1 di J. Gagarin al Museo dei cosmonauti: in basso lo spartano pannello dei controlli



Le Vostok, il cui nome tradotto è *oriente*, erano delle capsule abbastanza piccole di forma sferica, con un diametro di 2,43 m e del peso di 4730 kg.

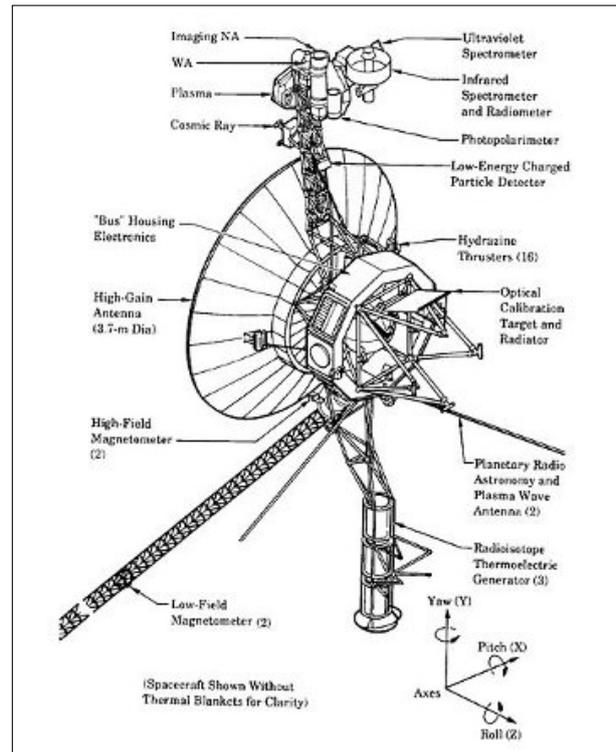
Era previsto un rientro passivo tanto per il cosmonauta quanto per la capsula. Il cosmonauta ad un'altezza dal suolo di circa 7 km veniva espulso e toccava il suolo con un paracadute.

La tecnica di rientro mutò soltanto con la successiva serie di cosmonavi **Voskhod**.

**Voyager** Nome di due sonde, la I e la II, per l'esplorazione del sistema solare.

Si tratta di sonde gemelle equipaggiate con i medesimi strumenti, la cui strumentazione comprendeva una camera televisiva, sensori all'infrarosso e all'ultravioletto, magnetometri, sensori per raggi cosmici e particelle, e detector di plasma

- ▼ La sonda Voyager-II



Le sonde Voyager hanno segnato due fra i più riusciti momenti dell'esplorazione spaziale planetaria, che hanno condotto risultati, specialmente la II, al di là delle aspettative.

Lanciate nell'estate del 1977, dovevano limitare i loro esplorazione, come da progetto, a Giove, Saturno e loro satelliti.

I successi fotografici di Voyager II convinsero la NASA che la sonda era in piena efficienza ed in grado di giungere in prossimità di Urano, pianeta che raggiunse nel gennaio del 1986. La NASA autorizzò successivamente il prolungamento della missione sino a Nettuno, ed il nome della missione divenne *Voyager Interstellar Mission*. Dato che dal lancio erano passati poco meno di vent'anni e che nel frattempo s'erano rese disponibili nuove tecnologie, fu riscritto da Terra tutto il software che rendeva la sonda operativa, che si preparò così all'ultimo dei suoi incontri planetari che avvenne il 25 agosto del 1989 rivelandone particolari del tutto sconosciuti come l'anello.

Dopo Nettuno Voyager II ha continuato, e sta continuando, il suo volo nello spazio. Una delle ultime immagini inviate a terra riguardava una fotografia al completo della famiglia dei pianeti del nostro sistema solare.

## vulcanismo

**Vulcano** Nome dato ad un ipotetico pianeta che secondo alcuni doveva esistere all'interno dell'orbita di Mercurio. Il pianeta, che non esiste, fu di fatto supposto del tutto teoricamente per spiegare alcune anomalie del moto di Mercurio poi chiarite dalla teoria della relatività generale.

Poiché agli inizi del XIX le anomalie del moto di Urano, non accordo con la teoria gravitazionale, erano state spiegate da **U. Le Verrier** supponendo l'esistenza di un nuovo pianeta (Nettuno) che poi l'astronomo J. Galle effettivamente trovò, dal momento che Mercurio presentava anch'esso anomalie di moto, sempre **Le Verrier** lanciò l'ipotesi della probabile esistenza di un pianeta intramercuriale.

- ▼ Il disco d'oro installato all'esterno della Voyager II su cui furono incisi messaggi di saluto e rappresentazioni grafiche destinate ad ipotetiche civiltà



Ci furono, ad opera per lo più di dilettanti, annunci di avvistamenti di un transito sul disco del Sole di un corpo sconosciuto di dimensioni minori di Mercurio, ma nessuna campagna osservativa portò a risultati convincenti.

La spiegazione del moto anomalo di Mercurio venne con la teoria generale di **A. Einstein** che finalmente riuscì a dare una convincente spiegazione dell'avanzamento del perielio di mercurio.

### Vulpecola

vuoti

# W

**Wallingford Richard of** (1292 - 1336) Matematico inglese che si dedicò all'astronomia ed alla matematica.

Particolarmente versato nella meccanica si applicò con notevole successo alla costruzione degli orologi, ed in questo campo immortalò il suo nome in quanto disegnò i piani per un orologio astronomico da installare all'Abbazia di St. Albans.

Lo strumento fu completato circa vent'anni dopo la sua morte da William of Walsham grazie al minuzioso progetto che Wallington aveva lasciato descritto nel *Tractatus Horologii Astronomici* del 1372.

L'orologio andò distrutto durante il regno di Enrico VIII quando imperava la lotta per la riforma. Una replica di quest'orologio si trova attualmente al Wallingford Museum.

Wallingford costruì anche uno strumento chiamato *aequatorium* che sarebbe dovuto servire per calcolare e predire le eclissi le longitudini descritto nella sua opera *Tractatus Albionis*. Scrisse lavori di trigonometria, astrologia ed a carattere religioso.

**Walton Ernst T. S.**

**Wareki** Nome con cui è noto il calendario tradizionale giapponese: → [calendario](#) *sub* «Calendario giapponese».

**warming, global** → [clima](#).

**Washington Double Star Catalog** → [catalogo astronomico](#). Il principale data-base di stelle doppie. Contiene separazioni, magnitudini, tipi spettrali e moti propri. Osserva il numero della BD.

**Washington, osservatorio di** - L'osservatorio astronomico di Washington è parte dell'USNO, acronimo di *United States Observatory*, ed è il più antico centro di ricerca scientifica degli Stati Uniti.

Situato ancora nell'area urbana della città (Washington D.C.) sin dalla sua nascita ha affiancato la ricerca astronomica, ora molto ridotta per via dell'inquinamento luminoso, alla produzione di effemeridi navali ed alla misura del tempo producendo anche cronometri per la marina statunitense, motivo per cui l'osservatorio è noto anche come *Naval Observatory*.

La dotazione strumentale ottica fu rinnovata nel 1934 dotando l'osservatorio di un nuovo telescopio da 400 mm di apertura costruito dal celebre ottico [G. Ritchey](#) che fornì un primario nella configurazione che da lui poi prese il nome. Il telescopio, per via dell'inquinamento luminoso fu spostato in analogo sito della marina statunitense a Flagstaff, in Arizona.

L'osservatorio attualmente si occupa di dati astronomici (misurazione del tempo inclusa) finalizzati alla navigazione, a cataloghi astronomici, almanacchi astronomici e nautici, metodi di calcolo e astrometria. Per la misura del tempo l'osservatorio dispone di un insieme di orologi atomici che forniscono il tempo per Washington ed i vari stati degli Stati Uniti spazati di diversi fusi orari.

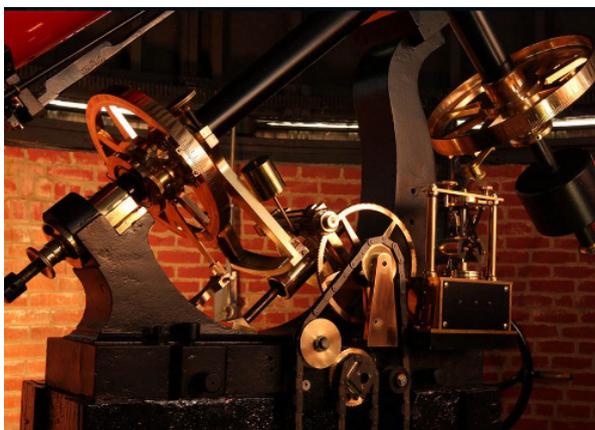
**Watt governor** → [montatura](#) *sub* «motorizzazione».

Dispositivo meccanico usato nel XIX secolo e ancora nei primi decenni del XX secolo per regolare il moto di una macchina azionata per via gravitazionale o con motore a molla.

Nel primo caso lungo la colonna di supporto della montatura si facevano scendere pesi di massa consistente che ponevano

▼ In alto, trasmissione del moto con sistema di pesi e (a destra) regolatore di Watt: telescopio Clark al [Seagrave Memorial Observatory](#); fonte omonima.

In basso, regolatore di Watt azionato da motore a molla in uso negli anni venti del secolo scorso su un piano a cilindro. Oltre i particolari descritti si noti (a sinistra) il freno sul disco in ottone

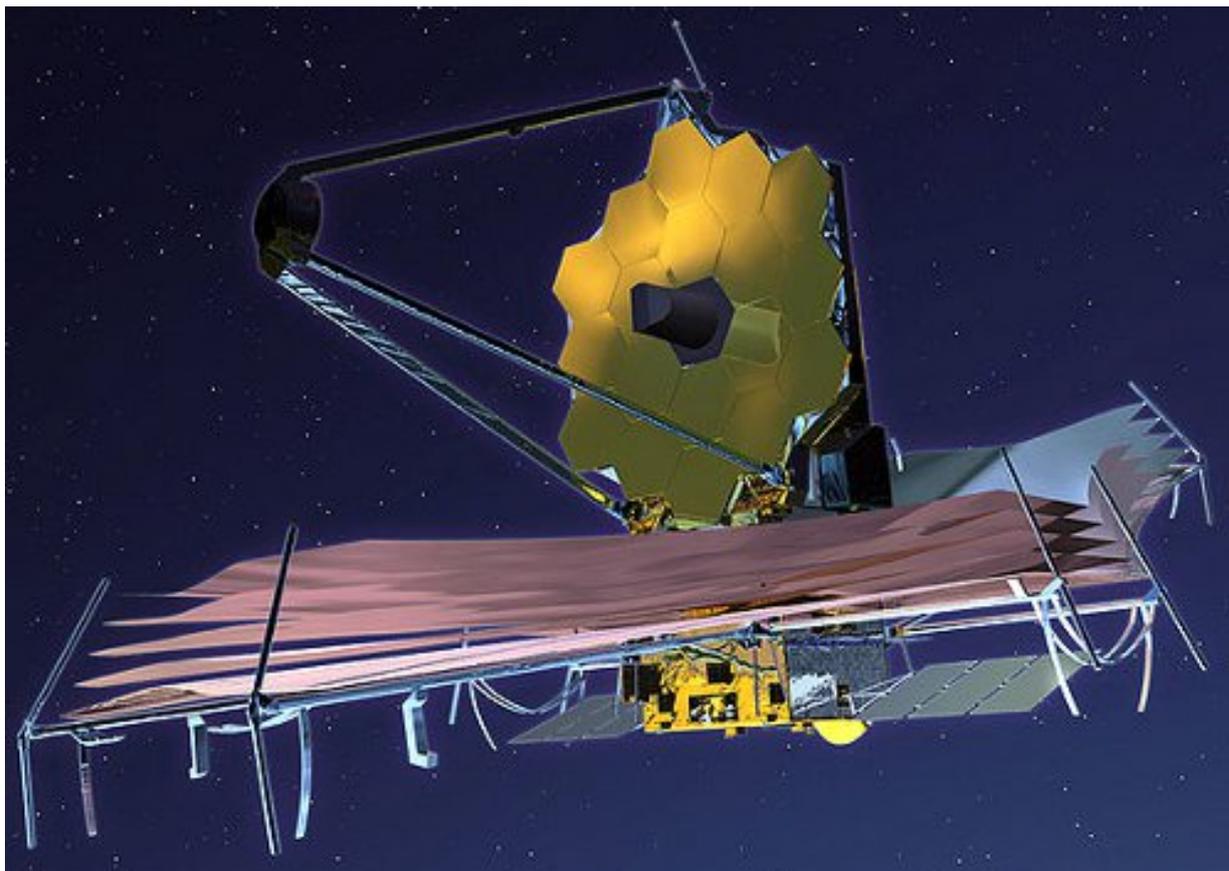


in funzione un sistema ad orologeria che tramite ingranaggi di riduzione, differenziali e alberi di trasmissione cardanicamente giuntati trasmetteva il moto all'asse orario. Eventuali correzioni sull'asse di declinazione erano effettuate rallentando o accelerando di poco il moto. Nel secondo caso si usava una lunga lamina di acciaio armonico che si avvolgeva a spirale su stessa caricandola, quindi l'energia meccanica di torsione accumulata veniva liberata da uno scappamento che poneva in funzione, anche in questo caso, un sistema di orologeria.

In entrambi i casi la regolarità del moto era assicurata oltre che da un volano che provvedeva a uniformare i giri del motore gravitazionale, da una macchina detta appunto «regolatore di Watt» (*Watt governor*), composta da due bracci oscillanti, impernati su un asse posto in moto dal motore, e da due sfere (o cilindri) d'acciaio innestate su questi. Quando l'albero entrava in rotazione per forza centrifuga le sfere tendevano ad alzarsi opponendo tanto meno resistenza quanto più in alto erano collocate.

Regolando la posizione delle sfere sui bracci (immagine in questa pagina in basso) si poteva regolare la velocità del motore. Una molla presente sull'asse principale impediva comunque la salita delle sfere oltre una certa soglia d'altezza. In questo modo quando il regolatore era sotto sforzo chiedeva maggiore

▼ Il telescopio spaziale WEB in una raffigurazione artistica



potenza al motore abbassando i bracci oscillanti, se al contrario la potenza era eccessiva la sua azione centrifuga provvedeva a limitare il numero dei giri.

Tale metodo di regolazione e controllo della velocità restò in funzione anche con l'avvento dell'energia elettrica: il riflettore Zeiss di Merate da un metro di apertura, installato negli anni venti del secolo scorso, era movimentato da un motore a 110 V la cui uniformità era assicurata da un regolatore di Watt.

**Webb Space Telescope** Telescopio spaziale la cui data di probabile lancio è prevista per il 2014 che andrà a sostituire il telescopio spaziale **HST** in orbita dagli anni novanta. Il telescopio noto in sigla come **JWST**, prende il nome da J. Webb, il secondo amministratore della NASA, ed alla sua costruzione collaborano oltre la **NASA**, l'**ESA** e l'Agenzia spaziale Canadese.

Già negli anni 1995-96 si pensava di porre in orbita un telescopio *aperto*, cioè alloggiato fuori della sonda spaziale, con un diametro di 8 m, ritenendosi infatti che per il 2005 il telescopio spaziale Hubble avesse esaurito il suo compito e dovesse essere sostituito con altro di maggiori dimensioni.

La costruzione di un nuovo telescopio spaziale, all'origine prevista nel 2002 come data d'avvio dei lavori, è stata rinviata a ragione della inaspettata longevità dell'HST e delle rimostranze giunte da ricercatori di ogni paese contro la volontà della NASA di dichiararne la fine dell'attività.

I tagli nel Congresso americano ai fondi, la decisione presidenziale (J. Bush) di privilegiare la stazione spaziale hanno imposto un rallentamento notevole nella costruzione rinviandone il lancio. Un ulteriore rinvio è stato originato dalla discussione dei programmi di ricerca che il JWST avrebbe dovuto affrontare, e siccome ogni campo di ricerca esigevo uno strumento fina-

lizzato, le dimensioni strumentali e le relative apparecchiature accessorie mutavano continuamente.

Fra tagli di bilancio, ridimensionamenti di progetti, ... si è cercata prima la collaborazione con altri spaziale trovandola nell'ESA e nell'Agenzia Spaziale Canadese e quindi si sono ridotte le dimensioni dello specchio dai progettati 8 mai 6,5 m, e ripiegando su una struttura aperta, non inserita cioè in un tubo ottico come per l'HST, ma posta fuori del satellite.

Il campo di ricerca del nuovo telescopio spaziale *dovrebbe* – il condizione è d'obbligo – se non interverranno nuovi mutamenti di rotta, essere indirizzato verso la cosmologia e la struttura dell'universo, con particolare riguardo all'origine ed evoluzione delle galassie, della Via Lattea, dei sistemi planetari.

Quanto alla strumentazione sono previste tre strumentazioni: una camera nel vicino infrarosso; uno spettrografo sempre nelle medesime lunghezza d'onda con possibilità di ottenere spettri simultanei; ed infine uno spettrografo destinato a studiare la creazione di elementi pesanti e l'evoluzione delle galassie.

Questi strumenti saranno raccolti in un box del satellite-telescopio che costituisce il nucleo centrale ottico ed elettronico del telescopio chiamato **ISIM** (*Integrated Science Instrument Module*).

Riguardo allo specchio, date le dimensioni non indifferenti, non si è potuto procedere a un menisco come nel caso dell'HST, ma si è ripiegato sulla tecnologia dello specchio a tasselli esagonali multipli già ampiamente sperimentata in molti telescopi fra cui il telescopio keck.

Una volta nello spazio il telescopio si comporrà componendo i tasselli che nella fase della lancio sono composte in quattro unità ripiegate attorno agli esagoni centrali, e sarà pronto per l'osservazione. Essendo un telescopio *a cielo aperto* particolare cura va dedicata alla protezione dello strumento dalla radiazio-

▼ La cometa West in una foto dell'ESO



ne solare che non essendo protetta e temperata dall'atmosfera, raggiunge nello spazio temperature notevolissime.

A questo fine (vedi immagine) una sorta di parasole proteggerà il telescopio, mentre un apposito sistema provvederà al raffreddamento a  $-240\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Il Webb sarà posto in orbita alla distanza di circa un milione e mezzo di chilometri dalla Terra, in un punto noto come L 2. Questa posizione ottimale d'osservazione comporta però che tutto deve da subito funzionare, non sono cioè possibili errori nella sistemazione dell'ottica del tipo di quelli commessi con l'HST, perché non sono possibili missioni di riparazione, in quanto non esiste ancora una navetta spaziale capace di raggiungere quel punto e poi ritornare su un'orbita terrestre.

**Werner Johan** (1468 - 1522) Matematico e cartografo tedesco.

In cartografia sfruttò la proiezione conica, già conosciuta dall'antichità, riprendendo i lavori di J. Stabius, una inconsueta proiezione a forma di cuore che discusse nell'opera *Nova translatio primi libri geographiae C. Ptolomei*, e godette di un certo successo sino al secolo XVII, tanto che fu usata persino da **Mercatore**.

Rilevante il contributo in trigonometria con le formule di prostaferesi e le altre che da lui presero il nome.

Si applicò anche all'astronomia osservando le comete e al problema delle longitudinee cccchrò, ma invano, di risolvere con la ricorrenza delle eclissi e con le orbite delle comete.

**Wernicke ???** Ottico tedesco

**West, cometa -** (1975 n)

**Wien, legge di -**

**Willamette, meteorite -** Meteorite che prende il nome dall'omonimo villaggio in cui è stata ritrovata, ad una decina di chilometri da Portland, nello stato dell'Oregon (USA).

Ritrovato nel 1902, il meteorite fu esposto nel 1904 all'esposizione Universale di Saint-Louis. Proprietà della *Oregon Iron & Steel Company* sui cui terreni era stata ritrovato, il meteorite

▼ Il meteorite Willamete con lo scopritore E. Hughes ed il figlio durante il trasporto. È visibile il lato d'ingresso della meteorite nell'atmosfera.



fu acquistata da una benefattrice americana per 26 000 \$, ed in seguito donata all'*American Museum of Natural History* di New York, ove è attualmente conservata.

Con il suo peso di 12 tonnellate e le sue misure  $1,4 \times 3,15$  meter (altezza e larghezza) Willamette costituisce il più grande meteorite mai ritrovato nel Nord America. È un meteorite ferroso composto al 7,6% di nichel, e contiene ppm (parti per milione) di gallio (18,6), di germanio (37,3) ed iridio (4,7). la caratteristica di questo meteorite è che risulta *orientato*, è cioè ben conservata quella che era la *faccia d'ingresso*, il lato rivolto verso l'atmosfera, come si evidenzia nell'immagine in questa pagina.

Il particolare lascia supporre che si dovesse trattare di un corpo di generose proporzioni se proprio il lato che più poteva essere prossimo al collasso per via delle alte pressioni e temperature raggiunte durante l'attraversamento dell'atmosfera ha resistito assumendo una straordinaria forma a cuneo.

Per il meteorite non esiste cratere d'impatto, e la circostanza ha fatto supporre che essa sia precipitata molto più a Nord del luogo ove è stata ritrovata, magari in Canada, che sia rimasta imprigionata in uno spesso strato di ghiaccio che l'ha poi trasportata verso Sud, perdendo nel trasporto tonnellate di materiale meteoritico

**Widmanstätten, strutture** strutture nelle meteoriti

**Wilson, osservatorio di monte -**

**Wipple, osservatorio -**

**Wittenburg Titius von**

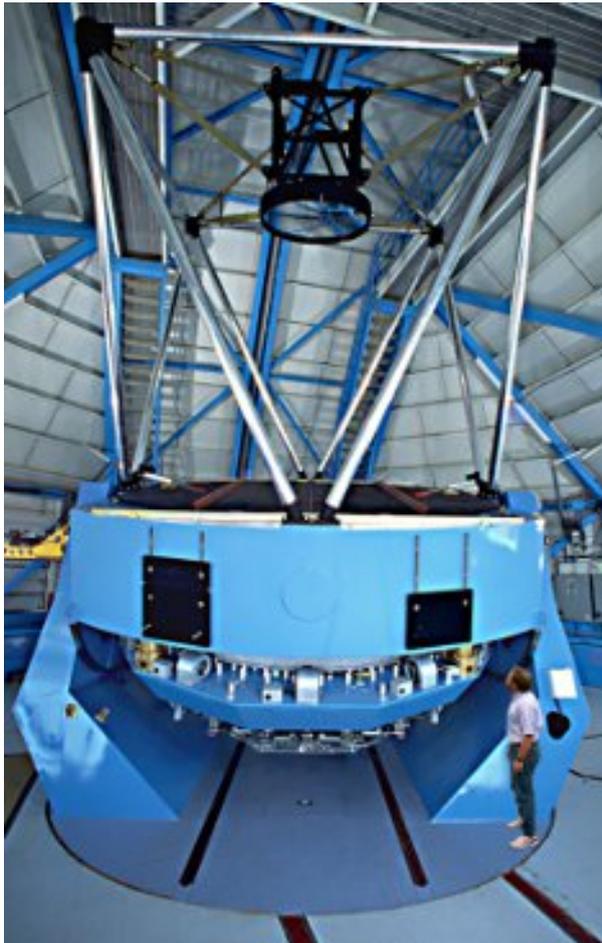
**WIYN, telescopio** Fa parte del complesso di Kitt Peak La sigla rappresenta l'acronimo degli organismi universitari che hanno collaborato alla costruzione: il Wisconsin, l'Indiana, la Yale, e il National Optical Astronomy Observatory. Specchio in borosilicato di 3500 mm dal peso di solo 2 tonnellate

**Wolf Max**

**Wolf, numero di -**

**Wolf Creek Meteor Crater** Cratere d'impatto situato nel Nord dell'Australia.

## ▼ Il II telescopio WIYN



## ▼ Il Wolf Creek Crater



Scoperto casualmente nel 1947 nel corso di una ricognizione aerea, ha un diametro di 800 m, una profondità di 25 m, ed un'età stimata attorno ai 300 000 anni.

Nel territorio australiano esistono altri cinque crateri di sicura origine meteoritica, il gruppo degli **Henbury**, il *Boxhole*, *Veevers* e il *Dalgaranga*, con un diametro oscillante dai 180 ai 25 m.

Oltre a questi, esistono ancora altre sedici strutture d'impatto ricollegabili a meteoriti di grandi dimensioni, fa cui quella del lago **Acraman** che raggiunge un diametro di 160 km, ed il **Gosses Bluff** con un diametro superiore ai 20 km.

**Wolf-Rayet****Wollaston, prisma di -****World Calendar Association**

**Wright F. B.** Ottico modificò la camera Schmidt disegnando un primario ellissoidale con un correttore modificato....

**Wright-Schmidt, camera**

**Wurm Karl** (1899 - 1975) Astronomo tedesco. Iniziò la carriera scientifica all'osservatorio di **Potsdam** trasferendosi poi a quello di **Amburgo**.

Ha svolto ricerche spettroscopiche sui nuclei delle comete, delle nebulose e delle stelle a tipo spettrale avanzato (R,N,S), collaborando nel 1930 con una monografia sugli spettri a bande all'*Handbuk der Astrophysik*. Particolare rilevante è stato il suo contributo sulla composizione molecolare delle stelle di tipo ed S.

Dopo l'ultima guerra è stato astronomo ad Amburgo e professore di Astronomia all'università Humboldt di Berlino, ed ha proseguito gli studi sulle comete e sulle nebulose planetarie, pubblicando nel 1954 *Die Kometen* e nel 1951 *Die Planetarischen Nebel*.

Dal 1956 ha collaborato con l'Osservatorio di Asiago osservando la nebulosa di Orione che portò alla pubblicazione del *Monochromatic Atlas of the orion nebula*.

Col capitolo *the Physics of Comets* collaborò al lavoro di **Kuiper** *The Solar System*

# X

**X, astronomia -**

**X, raggi -**

**X raggi, sorgenti di -**

**X, telescopi -**

**Ximenes Leonardo** GALILEO

**Xiuhmolpilli** Ciclo di 50 anni (grande computo) in uso presso la civiltà azteca: → **calendario** *sub* «Calendari dell'area americana».

**Xiuhpohalli** Ciclo calendariale della civiltà azteca: → **calendario** *sub* «Calendari dell'area americana».

**XLEO**

**XMM-Newton**

**XUV** → **astronomia XUV**

## Y

**Yagi, antenna**

**Yehuda ben Moshek**

**Yerkes Charles Tyson** (-)

**Yerkes, classificazione di -**

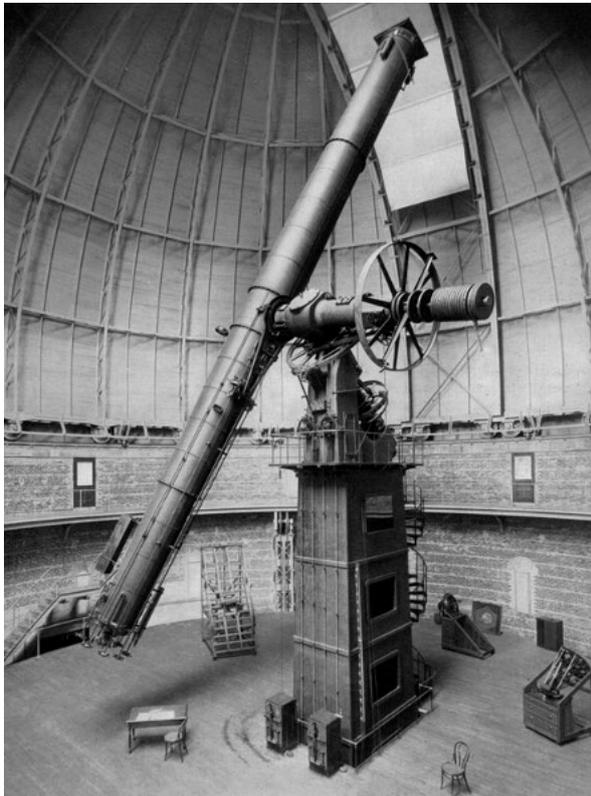
**Yerkes, osservatorio**

**Yohkoh, satellite**

**Yolo, telescopio** - Telescopio d'impostazione simile allo → **Schiefspiegler** progettato dall'ottico americano A. Leonard per abbattere il fattore d'ostruzione nei telescopi a riflessione. La differenza fondamentale rispetto allo Schiefspiegler consiste nel fatto che per eliminare l'astigmatismo residuo il secondario è, secondo una dubbia soluzione, deformato meccanicamente attraverso un'apposito strumento che esercita una spinta sul centro dello specchio. Aumentando o diminuendo la forza esercitata si deforma la sfericità e si limitano le aberrazioni. La configurazione ottica è caratterizzata da un rapporto focale più basso di quello dello Schiefspiegler, ma come quello ha attualmente perduto ogni importanza.

**Young Charles Augustus** (1834 - 1908)

**Young, modulo di -**



▲ Rifrattore dell'osservatorio di Yerkes

## Z

**Zagar Francesco** (1900 - 1976) Nativo di Pola allora territorio dell'Austria-Ungheria, F. Zagar compì gli studi superiori a Vienna e Lubiana, laureandosi poi in matematica a Padova.

Nella città patavina Zagar vide l'inizio della sua carriera, finché nel 1935 fu chiamato a ricoprire la cattedra d'astronomia all'Università di Palermo e quindi, nel 1938, all'Università di Bologna, essendosi reso vacante forzatamente il posto a seguito dell'allontanamento per motivi razziali del Prof. → **G. Horn-d'Arturo**.

Al termine del conflitto rimase a Bologna per qualche anno, quindi fu a Milano, ove assunse la direzione dell'Osservatorio di Brera-Merate. Qui rimase sino alla fine rinnovandone la dotazione.

Zagar era prevalentemente un matematico con la passione dell'astronomia e dell'astrofisica, e molte sue ricerche risentono di questa impostazione, da quella del problema dei tre corpi, al calcolo delle orbite nei sistemi binari, allo studio di un terzo corpo nel sistema di Sirio.

**Zambra Joseph Cesare** Capostipite di una famiglia di costruttori di barometri provenienti da Como attiva a Londra per tutto il XIX secolo.

**Zanotti Eustachio** riparò il meridiano di s. Petronio

**Zeeman ....** (—)

**Zeeman, effetto -**

**Zeiss Carl** (1816 - 1888)

**Zeiss Jena** Fra le sue costruzioni il rifrattore di 32 inch ed il visuale da 20 inch di Potsdam, il riflettore da 28 inch di Heidelberg, il 39,4 inch di Amburgo, il 49 inch di Berlino-Babelsberg e altri tre famosi rifrattori da 25,5 inch di Berlino, Belgrado e Tokyo.

**Zel'dovič Yaakov Borisovič** (1914 - 1987)

**Zelunčuskaja, osservatorio** Ideato nel 1942, il progetto della costruzione di quello che doveva essere il più grande telescopio mai costruito riceve un rapido impulso durante il periodo della guerra fredda, quando l'ex Unione Sovietica gareggiava con gli Stati Uniti nel raggiungimento di obiettivi scientifici. BTA-6 —>> Bolshoi Teleskop Alt-azimutalnyi

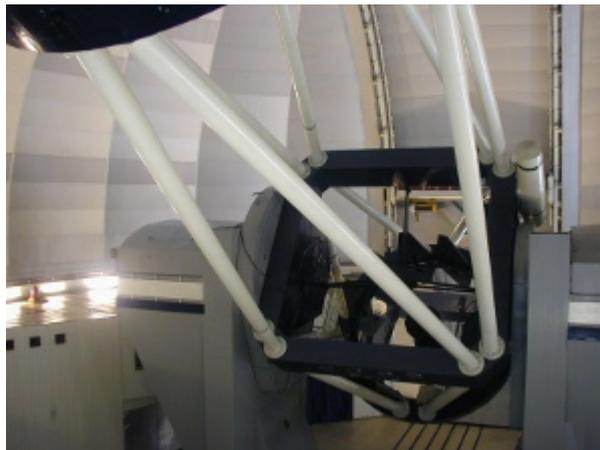
Il telescopio è rimasto infatti per molti anni, sino all'avvento della nuova tecnologia che ha consentito specchi di dimensioni maggiori, come da ultimo il BLT, il più grande strumento in ottico quanto a dimensioni dello specchio, che supera di poco i 6000 mm.

Iniziata nel 1960, la costruzione fu portata a termine non senza difficoltà nel 1975.

Il menisco infatti non lavorava bene, e a strumento ultimato si scoprì che per via dell'escursione termica del materiale vetroso, se il telescopio non era diaframmato riducendo la superficie riflettente a 5 m, le immagini erano pessime.

Ma tanto era forte e sentita la gara con il mondo occidentale e in specie con gli stati Uniti, che a quando piuttosto che perdere il primato con monte Palomar fu immediatamente ordinato un

▼ Montatura del telescopio da 6 m di diametro a Zelunčuskaja



secondo specchio in *Sital*, l'equivalente del *Cervit* e questa volta le cose andarono bene e il primato fu assicurato.

Tanto la meccanica quanto l'ottica sono state costruite dalle officine dell'ex città di Leningrado. I sovietici (d'allora) non vollero sfruttare, forse per motivi politici, la montatura a ferro di cavallo ideata da **R. Porter** per il cinque metri del **Palomar**, e dopo **J. van Fraunhofer**, per la prima volta dal Settecento, si tornò alla montatura altazimutale.

Questo poneva il non indifferente problema della rotazione di campo che non era stato mai affrontato nei grandi telescopi equatoriali, concepiti appunto per eliminare il problema, e le problematiche che gli ingegneri dovettero risolvere furono notevoli e fondamentali per lo sviluppo dell'astronomia nei decenni successivi che per motivi di economicità e compattezza delle cupole si indirizzò sempre più verso le montature altazimutali, e l'esempio di questo telescopio non è stato sicuramente influente.

Lo strumento è dotato di due fuochi. un primario a 24 m, ed un nasmyth a 186 m, dove è posizionato lo spettrometro. Anche se lo specchio è forato per essere utilizzato in configurazione cassegrain, non è mai stata allocata al disponibile fuoco secondario alcuna strumentazione.

Sono naturalmente disponibili anche fotometri, intensificatori d'immagine e varia altra strumentazione ausiliaria.

**Zen** ottica...

**zenith**

**zenitale, distanza -**

**zenitale, tubo**

**Zenone di Elea** (490 - 430 a.C.) [321]

**zero assoluto**

**zerodur**

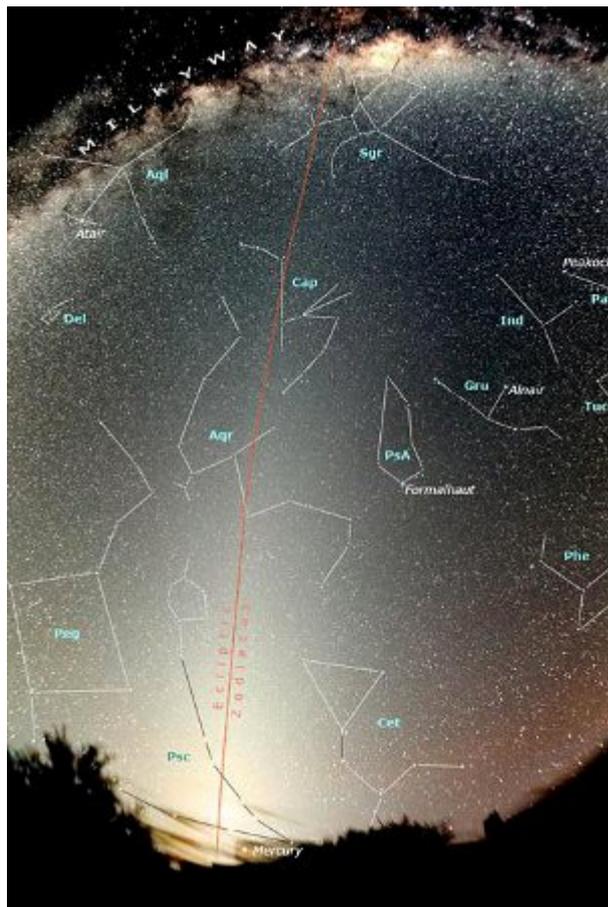
**Zeusippo**

**zhang** Ciclo diciannovenale del calendario cinese simile al ciclo metonico: → **calendario sub** «*Calendari dell'area orientale*».

**Zij i Gurgani** **tavole Zij i Gurgani**.

**ziqqurat**

▼ Luce zodiacale in Namibia, Africa, maggio 2004; fonte S. Seip[278]



## znamya

**zodiacale, luce** Dal greco ζῳδιακόν (segno dello zodiaco), debole emissione luminosa osservabile solo in condizioni estremamente favorevoli prima del sorgere del Sole o subito dopo il tramonto sull'eclittica. La luce zodiacale è un fenomeno astronomico, e non appartiene pertanto alla categoria dei fenomeni atmosferici.

Il fenomeno è originato dall'illuminazione da parte del Sole delle minuscole particelle (gas, polveri) che per azione gravitazionale si dispongono lungo l'eclittica, e si presenta come una sorgente di luce che si estende dall'orizzonte terrestre sino a mezzo cielo. Nelle zone equatoriali, inquinamento luminoso permettendolo, il fenomeno è visibile per tutto l'anno; ad altre latitudini le condizioni ottimali per l'osservazione sono la primavera e l'autunno. Quanto alla natura delle particelle che originano il fenomeno si è a lungo dibattuto se esse fossero di origine asteroidale o cometaria, ma recenti studi tendono ad attribuire esclusivamente a quest'ultima fonte la natura della luce.

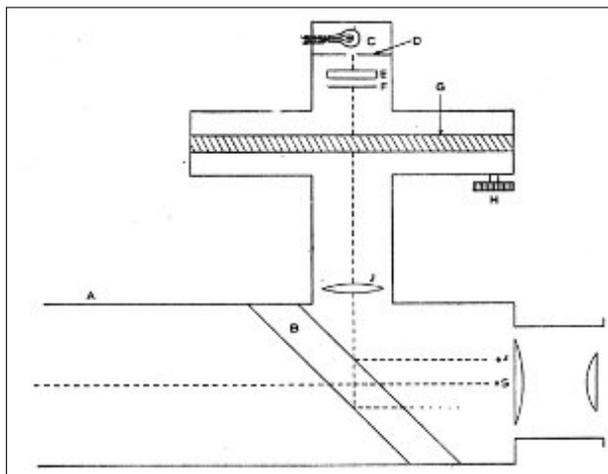
In tempi moderni il primo riferimento scientifico alla natura della luce zodiacale si deve a **G. D. Cassini** che per primo ne individuò correttamente l'origine ed il meccanismo di formazione.

## Zodiaco

**Zöllner Karl Friedrich** (1834 - 1882)

**Zöllner, fotometro** - Fotometro visuale ideato da **K. Zöllner** in cui l'intensità della sorgente è misurata secondo equalizzazione con sorgente artificiale. Nel 1857 l'Accademia Imperiale delle

▼ Schema ottico del fotometro Zöllner



Scienze di Vienna indisse un premio da attribuire a chiunque avesse ideato uno strumento per determinare la brillantezza delle stelle fisse.

Zöllner non vinse il premio, ma lo strumento che conobbe diverse varianti che ne arricchirono le funzionalità, ebbe comunque una larghissima diffusione, e sino all'avvento della fotometria fotoelettrica fu in uso presso quasi tutti gli osservatori astronomici tedeschi. La **Potsdammer Durchmusterung** che contiene misure fotometriche di 14 000 stelle con magnitudine  $> 7,5$  eseguite con questo strumento con un errore residuale di 0,05 magnitudine.

Il fotometro di Zöllner appartiene alla categoria dei fotometri ad equalizzazioni → **fotometro**, e contiene quindi una sorgente luminosa, all'inizio una fiammella alimentata dal gas poi una lampadina tarata, che viene usata come sorgente campione di riferimento per stimare la magnitudine del corpo osservato.

Lo schema di funzionamento è illustrato nel disegno mostrato nella figura in questa pagina tratto da [286, pag. 382].

La sorgente luminosa, che funge da stella artificiale di riferimento, incontra in prossimità dell'oculare la superficie ottica pian-parallela rifrangente B che lascia attraversare l'immagine che giunge in S, cioè all'oculare.

Ma B riflette anche la sorgente luminosa C diaframmata in D che attraversa il vetro opalino E e F, un filtro blu usato per ridurre ulteriormente la colorazione giallognola della sorgente artificiale. Con G infine, tramite la manopola H viene regolata la quantità di luce artificiale prodotta da C che attraverso la lente di campo J raggiunge la lastra pian-parallela rifrangente B e giunge quindi all'oculare.

Agendo sulla ruotina H si fa in modo che le due sorgenti corrispondano in intensità luminosa, e una scala graduata permette di leggere il valore della magnitudine osservata in relazione alla sorgente campione.

Tra i fotometri visuali il fotometro di Zöllner è considerato il più preciso fornendo un'accuratezza di magnitudine  $\pm 0,05$  e nel tempo ne sono state costruite numerose varianti.

**Zond** Serie di sonde planetarie poste in orbita dell'Unione sovietica fra il 1964 e il 1970.

**Zoroastro** (660 - 583 a.C. circa) fa anche riferimento a un calendario sotto area mesopotamica

**Zouraqi** Secondo quanto racconta Al-Biruni, astronomo arabo dell'inizio dell'XI secolo, l'astronomo Abu Sa'id Sijzi avrebbe costruito un astrolabio chiamato appunto *Zouraqi*, ... costruito secondo idee giudicate da alcuni avanzate, in cui i

*movimenti [de corpi] che noi vediamo sarebbero dovuti al moto della Terra e non a quello degli astri. Un problema difficile a risolvere ed a rifiutare. . . Nei due casi la conoscenza astronomica non è in discussione, e soltanto il fisico può dire se è possibile ricusare l'idea.*

Dalla descrizione di Al-Biruni sembra trattarsi piuttosto di un planetario che di un astrolabio. → **araba astronomia**.

Questo astrolabio è il solo conosciuto che contempra un modello planetario eliocentrico.

### Zubenelchemale

### Zubenelgenubi

### Zurigo, macchie solari

**Zucchi Niccolò s. J.** (1586 - 1670) Astronomo e fisico italiano noto soprattutto per i suoi studi di ottica.

Dopo aver studiato retorica a Piacenza e filosofia e teologia a Parma, sua città natale, entrò nel 1602 nella Compagnia di Gesù trasferendosi presto a Roma al **Collegio romano** dove insegnò matematica e teologia divenendone in seguito rettore.

Nel 1632 fu a Praga al seguito del cardinale Alessandro Ursini legato pontificio presso l'imperatore, e qui ebbe l'occasione di incontrare **Keplero** che l'incoraggiò a dedicarsi all'astronomia e con il quale, anche dopo il suo ritorno a Roma, rimase in corrispondenza. A Keplero Zucchi donò un telescopio quando questi si trovava in difficoltà finanziarie. Del dono è traccia nel *Somnium* di Keplero.

Nel 1630 Zucchi riporta la prima osservazione delle bande su Giove, e nell'anno seguente osserva le calotte di Marte.

Nel 1638 fu a Firenze per l'assolvimento dei suoi incarichi religiosi, ma anche nell'assolvimento di questi non tralasciava gli interessi astronomici. In una lettera indirizzata a **G. Galilei** il 18 marzo 1638 tale F. Michelini riferisce dello Zucchi comunicando a Galileo che . . . *il P. Niccolò Zucchi – omissis – ci ha dato nella seconda predica un precetto ammirando in astronomia, per assicurarci sensibilmente che il sole sia da noi più lontano l'estate che l'inverno (cosa che sin hora non vi è dimostrazione, ma solo probabilità), e questo con l'osservare le macchie del sole col telescopio, che per vederle distinte (disse egli) bisogna nell'estate tener o adoperare diversa lunghezza di canna da quello che si adoperava nell'inverno. . . [115].*

Tornato a Roma riprese i suoi studi di fisica, cui comunque non poté dedicarsi con la stessa intensità come nel passato per via dei numerosi incarichi di fiducia che i superiori gli assegnavano. A lui è stato dedicato sulla Luna un cratere in suo onore: *Zuchchius*. Una sua biografia è stata scritta da un confratello della Compagnia, D. Bartoli (1608 - 1685).

L'opera scientifica principale di Zucchi è senz'altro l'*Optica philosophia experimentalis et ratione a fundamentis constituta* composta fra il 1652 e il 1656 che riporta le esperienze condotte in ottica dedicando gran parte della trattazione alla fisiologia ed allo studio del comportamento dell'occhio.

Ma il lato più rilevante di questa singolare figura di astronomo poco conosciuta, è che già nel 1616 (a meno di un decennio dall'invenzione del cannocchiale) egli concepì un telescopio riflettore descrivendo un sistema ottico secondo il quale una superficie speculare concava poteva egregiamente sostituire le lenti. Zucchi usò uno specchio in bronzo, ma non fu affatto soddisfatto dei risultati ottenuti, per la cattiva qualità delle immagini.

La disposizione delle ottiche per favorire la visione era simile a quella che adotterà più tardi **F. Herschel**, ossia un primario concavo leggermente inclinato rispetto all'asse ottico che per

favorire l'osservazione inviava le immagini ad uno degli estremi del tubo ottico ove era posizionato l'oculare.

La sua idea ebbe comunque successo in seguito quando fu ripresa, teoricamente, da **J. Gregory** e **Newton**, ma ad onore del vero Zucchi non fu l'unico a concepire la possibilità di usare un sistema a riflessione per l'osservazione astronomica, in quanto altri prima di lui avevano concepito questa possibilità, ed altri ne discuteranno dopo anche se senza risultati apprezzabili: vedi in proposito il lemma **telescopio**.

**Zwicky Fritz** (1898 - 1974)

**ZZ Ceti**



# Cataloghi

Sono riportati alcuni cataloghi....

Sigla adottata	Descrizione
a	ammasso
a*	asterismo
aa	ammasso aperto
ag	ammasso globulare
ba	butterfly, ammasso -
Cb	crab nebula (nebulosa del granchio)
G-...	la lettera G indica genericamente una galassia. Seguita da un trattino e da lettere dopo indica il nome della galassia o il tipo secondo il quale è classificata: es.: barrata, spirale barrata,...
Dn	Dumbbel nebula
gi	galassia irregolare
GW	galassia a spirale (Whirlpool galaxy)
Ln	Lagoon nebula
na	nebulosa anulare
nb	nebulosa brillante
ng	nebulosa gassosa
no	nebulosa oscura
np	nebulosa planetaria
nr	nebulosa a riflessione
on	Omega nebula
Orn	Orion nebula
OWLn	OWL nebula
Pg	galassia Pinwheel
Plds	Pleiadi
Prsp	Praesepe
RG	radiogalassia
RSN	resti di supernova
Sg	galassia di Seyfert
std	stella doppia
Tn	Trifid nebula
WDC	Wild Duck cluster

Questo indice cataloghi.....

Nome catalogo	Tipologia	Anno di pubblicazione	Note	pagina
Catalogo di Caldwell	profondo cielo	1781	Emisfero australe	pag. <a href="#">324</a>
Catalogo di Messier	profondo cielo	1993	Emisfero boreale	pag. <a href="#">326</a>

C	NGC/IC	Costellazione	Tipo	AR	δ	magnitudine	estensione
1	188	Cepheus	aa	00 h 44,4 min	+85° 20'	8,1	14'
2	40	Cepheus	np	00 h 13,0 min	+72° 32'	10,7	1' × 0,7'
3	4236	Draco	G-Sb	12 h 16,7 min	+69° 27'	9,6	23' × 8'
4	7023	Cepheus	nr	21 h 01,8 min	+68° 10'	–	18' × 18'
5	IC342	Camaleopardalis	G-SBc	03 h 46,8 min	+68° 06'	9,2	18' × 17'
6	6543	Draco	np	17 h 58,6 min	+66° 38'	8,1	22' × 16'
7	2403	Camaleopardalis	G-Sc	07 h 36,9 min	+65° 36'	8,4	18' × 10'
8	559	Cassiopeia	aa	01 h 29,5 min	+63° 18'	9,5	4'
9	Sh2-155	Cepheus	nb	22 h 56,8 min	+62° 37'	–	50' × 10'
10	663	Cassiopeia	aa	01 h 46,0 min	+61° 15'	7,1	16'
11	7635	Cassiopeia	nb	23 h 20,7 min	+61° 12'	8	15' × 8'
12	6946	Cepheus	G-SAB	20 h 34,8 min	+60° 0,9'	8,9	11' × 10'
13	457	Cassiopeia	aa	01 h 19,1 min	+58° 20'	6,4	13'
14	869/884	Perseus	aa	02 h 20,0 min	+57° 08'	5,3 – 6,1	29', 29'
15	6826	Cygnus	np	19 h 44,8 min	+50° 31'	8,8	27' × 24'
16	7243	Lacerta	aa	22 h 15,3 min	+49° 53'	6,4	21'
17	147	Cassiopeia	G-dE4	00 h 33,2 min	+48° 30'	9,3	13' × 8'
18	185	Cassiopeia	G-dE0	00 h 39,0 min	+48° 20'	9,2	12' × 10'
19	IC5146	Cygnus	nb	21 h 53,4 min	+47° 16'	–	10'
20	7000	Cygnus	nb	20 h 58,8 min	+44° 20'	–	120' × 100'
21	4449	Canes Venatici	gi	12 h 28,2 min	+44° 06'	9,4	6' × 5'
22	7662	G-Andromeda	np	23 h 25,9 min	+42° 33'	8,3	17' × 14'
23	891	G-Andromeda	G-Sb	02 h 22,6 min	+42° 21'	9,9	14' × 3'
24	1275	Perseus	Sg	03 h 19,8 min	+41° 31'	11,6	3,5' × 2,5'
25	2419	Lynx	ag	07 h 38,1 min	+38° 53'	10,4	4,1'
26	4244	Canes Venatici	G-Scd	12 h 17,5 min	+37° 49'	10,2	18' × 2'
27	6888	Cygnus	nb	20 h 12,0 min	+38° 20'	–	20' × 10'
28	752	G-Andromeda	aa	01 h 57,8 min	+37° 41'	5,7	50'
29	5005	Canes Venatici	G-Sb	13 h 10,9 min	+37° 03'	9,5	6' × 3'
30	7331	Pegasus	G-Sb	22 h 37,1 min	+34° 25'	9,5	11' × 4'
31	IC405	Auriga	nb	05 h 16,2 min	+34° 16'	–	37' × 19'
32	4631	Canes Venatici	G-Sc	12 h 42,1 min	+32° 32'	9,3	17' × 3'
33	6992/5	Cygnus	RSN	20 h 56,8 min	+31° 28'	–	60' × 8'
34	6960	Cygnus	RSN	20 h 45,7 min	+30° 43'	–	70' × 6'
35	4889	Coma Berenices	G-E4	13 h 00,1 min	+27° 59'	5,9	3' × 2'
36	4559	Coma Berenices	G-Sc	12 h 36,0 min	+27° 58'	9,8	13' × 5'
37	6885	Vulpecola	aa	20 h 12,0 min	+26° 29'	5,9	7'
38	4565	Coma Berenices	G-Sb	12 h 36,3 min	+25° 59'	9,6	16' × 2'
39	2392	Gemini	np	07 h 29,2 min	+20° 55'	9,2	0,25'
40	3626	Leo	G-Sb	11 h 20,1 min	+18° 21'	10,9	3' × 2'
41	Melotte 25	Taurus	aa	04 h 27,0 min	+16° 0,5'	3,30 – ??	3' × 2'
42	7006	Delphinus	ag	21 h 01,5 min	+16° 11'	10,6	2,8'
43	7814	Pegasus	G-Sb	00 h 03,3 min	+16° 09'	10,3	6,3' × 3'
44	7479	Pegasus	G-SBp	23 h 04,9 min	+12° 19'	10,9	4,4' × 3,4'
45	5248	Bootes	G-Sc	13 h 37,5 min	+08° 53'	10,2	7' × 5'
46	2661	Monoceros	nb	06 h 39,2 min	+08° 44'	–	3,5' × 1,5'
47	6934	Delphinus	ag	20 h 34,2 min	+07° 24'	8,7	5,9'
48	2775	Cancer	G-Sa	09 h 10,3 min	+07° 02'	10,1	5' × 4'
49	2237-9	Monoceros	nb	06 h 32,3 min	+05° 03'	–	80' × 60'
50	2244	Monoceros	aa	06 h 32,4 min	+04° 52'	4,8	24'
51	IC1613	Cetus	gi	01 h 04,8 min	+02° 07'	9,2	12' × 11'
52	4697	Virgo	G-E4	12 h 48,6 min	–05° 48'	9,3	6' × 4'
53	3115	Sextans	G-SO	10 h 05,2 min	–07° 43'	8,9	8' × 3'
54	2506	Monoceros	aa	08 h 00,2 min	–10° 47'	7,6	7'
55	7009	Aquarius	np	21 h 04,2 min	–11° 22'	8,0	0,4' × 1,6'
56	246	Cetus	np	00 h 47,0 min	–11° 53'	8,6	4' × 3'
57	6822	Sagittarius	gi	19 h 44,9 min	–14° 48'	8,8	20' × 10'
58	2360	Canis Major	aa	07 h 17,8 min	–15° 37'	7,2	13'
59	3242	Hydra	np	10 h 24,8 min	–18° 38'	7,8	0,27'
60	4038	Corvus	G-Sc	12 h 01,9 min	–18° 52'	10,5	26' × 2'

Continua

Continua dalla pagina precedente

C	NGC/IC	Costellazione	Tipo	AR	$\delta$	magnitudine	estensione
61	4039	Corvus	G-sp	12 h 01,9 min	-18° 53'	10,5	2,6' × 2'
62	247	Cetus	G-SAB	00 h 47,1 min	-20° 46'	9,1	20' × 7'
63	7293	Aquarius	np	22 h 29,6 min	-20° 48'	7,3	13'
64	2362	Canis Major	aa	07 h 18,8 min	-24° 57'	4,1	8'
65	253	Sculptor	G-Scp	00 h 47,6 min	-25° 17'	7,1	25' × 7'
66	5694	Hydra	ag	14 h 39,6 min	-26° 32'	10,2	3,6'
67	1097	Fornax	G-SBp	02 h 46,3 min	-30° 16'	9,2	9' × 7'
68	6728	Corona Australia	nb	19 h 01,9 min	-36° 58'	-	1,0'
69	6302	Scorpius	np	17 h 13,7 min	-37° 06'	9,6	2' × 1'
70	300	Sculptor	G-Sd	00 h 54,9 min	-37° 41'	8,1	20' × 15'
71	2477	Puppis	aa	07 h 52,3 min	-38° 33'	5,8	27'
72	55	Sculptor	G-SB	00 h 15,1 min	-39° 13'	7,9	25' × 4'
73	1851	Columba	ag	05 h 14,1 min	-40° 03'	7,3	11'
74	3132	Vela	np	10 h 07,7 min	-40° 26'	8,2	1,4' × 0,9'
75	6124	Scorpius	aa	16 h 25,6 min	-40° 40'	5,8	29'
76	6231	Scorpius	aa	16 h 54,0 min	-41° 48'	2,6	15'
77	5128	Centaurus	RG	13 h 25,5 min	-43° 01'	6,8	18' × 14'
78	6541	Corona Australia	ag	18 h 8,0 min	-43° 42'	6,6	13'
79	3201	Vela	ag	10 h 17,6 min	-46° 25'	6,7	18'
80	5139	Centaurus	ag	13 h 26,8 min	-47° 29'	3,6	36'
81	6352	Ara	ag	17 h 25,5 min	-48° 25'	8,1	7'
82	6193	Ara	aa	16 h 41,3 min	-48° 46'	5,2	15'
83	4945	Centaurus	G-SBc	13 h 05,4 min	-49° 28'	8,7	20' × 4'
84	5286	Centaurus	ag	13 h 46,4 min	-51° 22'	7,6	9'
85	IC2391	Vela	aa	08 h 40,2 min	-53° 04'	2,5	50'
86	6397	Ara	ag	17 h 40,7 min	-53° 40'	5,7	26'
87	1261	Horologium	ag	03 h 12,3 min	-55° 13'	8,4	7'
88	5823	Circinus	aa	15 h 05,7 min	-55° 36'	7,9	10'
89	6087	Norma	aa	16 h 18,9 min	-57° 54'	5,4	12'
90	2867	Carina	np	09 h 21,4 min	-58° 19'	9,7	12'
91	3532	Carina	aa	11 h 06,4 min	-58° 40'	3,0	55'
92	3372	Carina	nb	10 h 45,0 min	-59° 50'	-	120' × 120'
93	6752	Pavo	ag	19 h 10,9 min	-59° 59'	5,4	20'
94	4655	Crux	aa	12 h 53,6 min	-60° 20'	4,2	10'
95	6025	Triangulum Australis	aa	16 h 03,7 min	-60° 30'	5,1	12'
96	2516	Carina	aa	07 h 58,3 min	-60° 52'	3,8	30'
97	3766	Centaurus	aa	11 h 36,1 min	-61° 37'	5,3	12'
98	4609	Crux	aa	12 h 42,3 min	-62° 58'	6,9	5'
99	-	Crux	no	12 h 53,0 min	-63° 00'	-	420' × 300'
100	IC2944	Centaurus	a	11 h 36,6 min	-63° 02'	4,5	60' × 40'
101	6744	Pavo	G-SBp	19 h 09,8 min	-63° 51'	8,3	16' × 10'
102	IC2602	Carina	aa	10 h 43,2 min	-64° 24'	1,9	50'
103	2070	Dorado	nb	05 h 38,7 min	-69° 06'	-	30' × 20'
104	362	Tucana	ag	01 h 03,2 min	-70° 51'	6,6	13'
105	4833	Musca	ag	12 h 59,6 min	-70° 53'	7,3	14'
106	104	Tucana	ag	00 h 24,1 min	-72° 05'	4,0	31'
107	6101	Apus	ag	16 h 25,8 min	-72° 12'	9,3	11'
108	4372	Musca	ag	12 h 25,8 min	-72° 40'	7,8	19'
109	3195	Chamaeleon	np	10 h 09,5 min	-80° 52'	8,4	40' × 30'

M	NGC/IC	Costellazione	Tipo	AR 2000,0	$\delta$	magn.vis.	estensione
1	1952	Taurus	Cb	05 h 34,5 min	+12° 00'	8,4	6' × 4'
2	5272	Aquarius	ag	21 h 33,5 min	-00° 49'	6,3	12'
3	5272	Canes Venatici	ag	13 h 42,2 min	+28° 23'	6,4	19'
4	6121	Scorpius	ag	16 h 23,6 min	-26° 32'	6,4	23'
5	5904	Serpens	ag	15 h 18,6 min	+02° 05'	6,2	20'
6	6405	Scorpius	bc	17 h 40,1 min	-32° 13'	4,2	33'
7	6475	Scorpius	aa	17 h 53,9 min	-34° 49'	4	50'
8	6523	Sagittarius	Ln	18 h 03,3 min	-24° 23'	6	45' × 30'
9	6333	Ophiucus	ag	17 h 19,2 min	-18° 31'	7,3	6'
10	6524	Ophiucus	ag	16 h 57,1 min	-04° 06'	6,7	12'
11	6705	Scutum	WDC	18 h 51,1 min	-06° 16'	6,3	12'
12	6218	Ophiucus	ag	16 h 47,2 min	-01° 57'	6,6	12'
13	6205	Hercules	ag	16 h 41,7 min	+36° 28'	5,7	23'
14	6402	Ophiucus	ag	17 h 37,6 min	-03° 15'	7,7	7'
15	7078	Pegasus	ag	21 h 30,0 min	+12° 10'	6,0	12'
16	661	Serpens	ng	18 h 18,8 min	-13° 47'	6,4	8'
17	6618	Sagittarius	on	18 h 20,8 min	-16° 11'	6,0	20' × 15'
18	6613	Sagittarius	aa	18 h 19,9 min	-17° 08'	7,5	7'
19	6273	Ophiucus	ag	17 h 02,6 min	-26° 16'	6,6	5'
20	6514	Sagittarius	Tn	18 h 02,3 min	-23° 02'	6,3	20'
21	6531	Sagittarius	aa	18 h 04,6 min	-22° 30'	6,5	12'
22	6556	Sagittarius	ag	18 h 36,4 min	-23° 54'	5,9	17'
23	6494	Sagittarius	ap	17 h 56,8 min	-19° 01'	6,9	27'
24	6603	Sagittarius	aa	18 h 16,9 min	-18° 29'	4,6	4'
25	IC4725	Sagittarius	aa	18 h 00,0 min	-19° 15'	6,5	35'
26	6694	Scutum	aa	18 h 45,2 min	-09° 24'	9,3	9'
27	6853	Vulpecula	Dn	19 h 59,6 min	+22° 43'	7,3	2' × 4'
28	6626	Sagittarius	ag	18 h 24,5 min	-24° 52'	7,3	15'
29	6913	Cygnus	aa	20 h 23,9 min	+38° 32'	7,1	7'
30	7099	Capricornus	ag	21 h 40,4 min	-23° 11'	8,4	9'
31	224	Andromeda	G	00 h 42,7 min	+41° 16'	3,4	180' × 180'
32	221	Andromeda	G	00 h 42,7 min	+40° 52'	8,7	3' × 2'
33	598	triangulum	Pg	01 h 33,9 min	+30° 39'	5,7	67' × 42'
34	1039	perseus	aa	02 h 42,0 min	+42° 47'	5,5	30'
35	2168	Gemini	aa	06 h 08,9 min	+24° 20'	5,3	29'
36	1960	Auriga	aa	05 h 36,1 min	+34° 08'	6,3	16'
37	2099	Auriga	aa	05 h 52,4 min	+32° 33'	6,2	24'
38	1912	Auriga	aa	05 h 28,7 min	+35° 50'	7,4	18'
39	7092	Cygnus	aa	21 h 32,2 min	+48° 26'	5,2	32'
40		Ursa Major	std	12 h 22,4 min	+58° 05'	9,0 - 9,3	-
41	2287	Canis major	aa	06 h 47,0 min	-20° 44'	4,6	32'
42	1976	Orion	Orn	05 h 35,4 min	-05° 27'	4	66' × 60'
43	1982	Orion	Orn	05 h 35,6 min	-05° 16'	9	-
44	2832	Cancer	Prsp	08 h 40,1 min	+19° 59'	3,1	95'
45	-	Taurus	Plds	03 h 47,0 min	+24° 67'	1,6	120'
46	2437	Puppis	aa	07 h 41,8 min	-14° 49'	6,0	27'
47*	2422	Puppis	aa	07 h 36,6 min	-14° 39'	5,2	25'
48*	2548	Hydra	aa	08 h 13,8 min	-05° 48'	5,5	35'
49	4472	Virgo	G	12 h 29,8 min	+08° 00'	8,6	4' × 4'
50	2323	Monoceros	aa	07 h 03,2 min	-08° 20'	6,3	16'
51	6194-5	Canes Venatici	GW	13 h 29,9 min	+47° 12'	8,4	11' × 7'
52	7654	Cassiopeia	aa	23 h 24,2 min	+61° 35'	7,3	13' × 4'
53	5024	Coma Berenices	ag	13 h 12,9 min	+18° 10'	7,6	14'
54	6715	Sagittarius	ag	18 h 55,1 min	-30° 29'	7,3	6'
55	6809	Sagittarius	ag	19 h 40,0 min	-30° 58'	7,6	15'
56	6779	Lyra	ag	19 h 16,6 min	+30° 11'	8,2	5' × 3'
57	6720	Lyra	na	18 h 53,6 min	+33° 02'	8,8	1' × 1'
58	4579	Virgo	G	12 h 37,7 min	+11° 49'	8,2	4' × 3'
59	4621	Virgo	G	12 h 42,0 min	+11° 39'	9,3	3' × 2'
60	4649	Virgo	G	12 h 43,7 min	+11° 33'	9,2	4' × 3'
61	4303	Virgo	G	12 h 21,9 min	+04° 28'	9,6	6'

Continua

Continua

M	NGC/IC	Costellazione	Tipo	AR 2000,00	$\delta$	magn.vis.	estensione
62	6266	Ophiucus	ag	17 h 01,2 min	-30° 07'	8,9	6'
63	5055	Canes Venatici	G	13 h 15,8 min	+42° 02'	8,5	9' × 5'
64	4826	Coma Berenices	G	12 h 56,7 min	+21° 41'	6,6	8' × 4'
65	3623	Leo	G	11 h 18,9 min	+13° 05'	9,5	8' × 2'
66	3627	Leo	G	11 h 20,2 min	+12° 59'	8,8	8' × 2'
67	2682	Cancer	aa	08 h 50,4 min	+11° 49'	6,1	18'
68	4590	Hydra	ag	12 h 39,5 min	-26° 45'	9	9'
69	6637	Sagittarius	ag	18 h 31,4 min	-32° 21'	8,9	4'
70	6681	Sagittarius	aa	18 h 43,2 min	-32° 18'	9,6	4'
71	6838	Sagittarius	ag	19 h 53,8 min	+18° 47'	9	6'
72	6981	Aquarius	ag	20 h 53,5 min	-12° 32'	9,8	5'
73	6994	Aquarius	a*	20 h 58,9 min	-12° 32'	9,0	3'
74	628	Pisces	G	01 h 36,7 min	+15° 47'	10,2	8'
75	6864	Sagittarius	ag	20 h 06,1 min	-21° 55'	8,0	5
76	650 + 651	Perseus	DI	01 h 42,4 min	+51° 34'	10,1	1' × 1'
77	1068	Cetus	G	02 h 42,7 min	-00° 01'	8,9	2'
78	2068	Orion	ng	05 h 46,7 min	+00° 01'	8,3	8' × 6'
79	1904	Lepus	ag	05 h 24,5 min	-24° 33'	7,9	8'
80	6093	Scorpius	ag	16 h 17,0 min	-22° 59'	7,7	5'
81	3031	Ursa Major	G	09 h 55,6 min	+69° 04'	7,9	16' × 10'
82	3034	Ursa Major	G	09 h 55,8 min	+69° 41'	8,8	7' × 2'
83	5236	Hydra	G	13 h 37,0 min	-29° 52'	10,1	10' × 8'
84	434	Virgo	G	12 h 25,1 min	+12° 53'	9,3	3'
85	4382	Coma Berenices	G	12 h 25,4 min	+18° 11'	9,3	4' × 2'
86	4406	Virgo	G	12 h 26,2 min	+12° 57'	9,7	4' × 3'
87	4486	Virgo	G	12 h 30,8 min	+12° 3'	9,2	3'
88	4501	Coma Berenices	G	12 h 32,0 min	+14° 25'	10,2	6' × 3'
89	4552	Virgo	G	12 h 35,7 min	+12° 33'	9,5	2'
90	4569	Virgo	G	12 h 36,8 min	+13° 10'	10,0	6' × 3'
91*	4548	Coma Berenices	G	12 h 35,4 min	+14° 30'	10,2	5' × 4'
92	6341	Hercules	ag	17 h 17,1 min	+43° 08'	6,1	12'
93	2447	Puppis	aa	07 h 44,6 min	-23° 52'	6,0	18'
94	4736	Canes Venatici	G	12 h 50,9 min	+41° 07'	7,9	5' × 4'
95	3351	Leo	G	10 h 44,0 min	+11° 42'	10,4	3'
96	3368	Leo	G	10 h 46,8 min	+11° 49'	9,1	7' × 4'
97	3508	Ursa Major	OWLn	11 h 14,8 min	+55° 01'	9,9	3'
98	4192	Coma Berenices	G	12 h 13,8 min	+14° 54'	10,7	8' × 2'
99	4254	Coma Berenices	G	12 h 01,8 min	+14° 25'	10,1	4'
100	4321	Coma Berenices	G	12 h 22,9 min	+15° 49'	10,6	5'
101	5457	Ursa Major	G	14 h 03,2 min	+54° 21'	9,6	22
102	vedi nota	†					
103	581	Cassiopeia	aa	01 h 33,2 min	+60° 42'	7,4	6'
104	4594	Virgo	G	12 h 40,0 min	-11° 37'	8,0	7' × 4'
105	3379	Leo	G	10 h 47,8 min	+12° 35'	9,2	2' × 2'
106	4258	Ursa Major	G	12 h 19,0 min	+47° 18'	8,6	20' × 6'
107	6171	Ophiucus	ag	16 h 32,5 min	+13° 03'	9,2	8'
108	3556	Ursa Major	G	11 h 11,5 min	+55° 40'	10,7	8' × 2'
109	3992	Ursa Major	G	11 h 57,6 min	+53° 23'	10,8	7'
110	205	Andromeda	G	00 h 40,4 min	+41° 41'	8,0	17' × 10'

1. M102 è un oggetto d'incerta identificazione. Probabilmente si tratta di NGC 5866, il resto di una SN, ma vi sono anche altri probabili candidati come NGC5879 e NGC5929.

# Bibliografia

- [1] AAVSO. "American Association of Variable Star Observer". [www.aavso.org/publications](http://www.aavso.org/publications).
- [2] JOSÈPHE-HENRIETTE ABRY. "Manilius and Aratus: two Stoic poets on stars". Leeds International Classical Studies, 2007. <http://www.leeds.ac.uk/classics/lics>.
- [3] "Advanced Composition Explorer (ACE)", Settembre 2009. <http://www.srl.caltech.edu/ACE>.
- [4] FABIO ACERBI. "Concetto ed uso dei modelli nella scienza greca antica". In: *Koiné*, vol. 1/2, no. 1/2, (2002), pp. 197–617. Non più disponibile in rete.
- [5] AURELIO AGOSTINO DA IPPONA. *De civitate Dei*. Città Nuova, Nuova Biblioteca Agostiniana, 2009. [www.augustinus.it/italiano/cdd](http://www.augustinus.it/italiano/cdd).
- [6] JON E. AHLQUIST. "Calendars and Software" In: *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 81, (2000), pp. 69–74. <http://journals.ametsoc.org/action/doSearch>.
- [7] VIKTOR AMAZASPOVICH AMBARTSUMIAN. "The concepts on the star formation problems". In: *Revista mexicana de astronomia y astrofisica*, vol. 10, (1985), pp. 111 – 115. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [8] GIOVANNI BATTISTA AMICI. "Meridiana iconantidiptica". Il nuovo Cimento, Tomo I, 1855. <http://gbamici.sns.it/strumenti/iconantidiptica.htm>.
- [9] MARCELLINO AMMIANO. "Rerum gestarum". Bibliotheca Augustana. [www.hs-augsburg.de/~harsch/a\\_index.html](http://www.hs-augsburg.de/~harsch/a_index.html).
- [10] LUCA ANTONELLI. *I Greci oltre Gibilterra*. Hesperia, n. 8, L'erma di Bretschneider, 1998.
- [11] ARATO DI SOLI. "Phainomena". Bibliotheca Augustana, 2002. [www.hs-augsburg.de/~harsch/graeca/Chronologia/S\\_ante03/Aratos/](http://www.hs-augsburg.de/~harsch/graeca/Chronologia/S_ante03/Aratos/).
- [12] ARCHIMEDE DI SIRACUSA. *Opera omnia cum Commentariis Eutocii, Tre volumi*. Teubner, Lipsia, 1880 - 1881. Versione filologica, testo latino a fronte, e disegni a cura di Johan Ludwig Heiberg; [http://www.astronomiainumbria.org/libreria\\_antiqua.htm](http://www.astronomiainumbria.org/libreria_antiqua.htm).
- [13] DOMENICO ARGENTIERI. *Ottica industriale*. Milano, Hoepli, II edizione, 1954.
- [14] ARISTARCO DI SAMO. *Sur les grandeurs et le distances du Soleil et de la Lune*. Firmin Didot, Parigi, 1823. Traduzione dal greco di De Fortia d'Urban. Digitalizzazione di M. Szwajcer: <http://remacle.org/index2.htm>.
- [15] ARISTEA. *Lettera di Aristeia a Filocrate*. Rizzoli, Biblioteca universale, Milano, terza edizione ed., 2006. Traduzione e commento di Francesca Calabi.
- [16] ARISTOTELE DI STAGIRA. "Meteorologia". <http://classics.mit.edu/Aristotle/meteorology.3.iii.html>. Traduzione in inglese di E. W. Webster.
- [17] ARISTOTELE DI STAGIRA. "Metafisica". Université catholique, Louvain, 2006. <http://mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/>.
- [18] ARISTOTELE DI STAGIRA. *Politica*. a cura di R. Laurenti, Laterza, 2007.
- [19] HALTON C. ARP. *Seeing red l'universo non si espande*. Jaca Book, Milano, 2009. Edizione italiana a cura di Enrico Biava e Alberto Bolognesi.
- [20] MAURO ARPINO. *Le idee dell'astronomia: come lo studio del cielo ha cambiato il mondo*. [www.nostromics.com](http://www.nostromics.com), 2010.
- [21] N. ARTEMIEVA, V. SHUVALOV. "3D Effects of Tunguska Event on the Ground and in Atmosphere". XXXVIII Lunar and Planetary Science Conference, Marzo 2007. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [22] HELMER ASLAKSEN. "When is Chinese New Year?" In: *Griffith Observer*, vol. 66, no. 2. [www.math.nus.edu.sg/aslaksen/calendar/cal2.pdf](http://www.math.nus.edu.sg/aslaksen/calendar/cal2.pdf).
- [23] HELMER ASLAKSEN. "The Mathematics of the Chinese Calendar". Department of Mathematics, University of Singapore, luglio 2010. [www.math.nus.edu.sg/aslaksen/calendar/cal.pdf](http://www.math.nus.edu.sg/aslaksen/calendar/cal.pdf).
- [24] ASTRONOMICAL RESEARCH INSTITUTE. "Astronomical Research Observatory". [http://www.astro-research.org/observatory\\_directory.htm](http://www.astro-research.org/observatory_directory.htm).
- [25] DECIMO MAGNO AUSONIO. "Mosella". Testo digitale. [http://www.intratext.com/IXT/LAT0105/\\_P1.HTM](http://www.intratext.com/IXT/LAT0105/_P1.HTM).
- [26] FRANCESCO AZZARITA. "Il globo di Matelica". <http://quadrantisolari.uai.it/articoli/art7.htm>, 1990.
- [27] ALESSANDRO BAGIOLI. "Argomenti astronomici e storico-nautici". <http://digilander.libero.it/diogenes99>, 1999.
- [28] GIORGIO T. BAGNI. "Un'intuizione dell'infinitesimo attuale: *De nihilo geometrico* (1758) di Giuseppe Torelli". [www.syllogismos.it/history/Torelli.pdf](http://www.syllogismos.it/history/Torelli.pdf), 1998.
- [29] P. BAKULIN, KONONVIĆ, V. MOROZ. *Astronomia generale*. Editori riuniti, Edizioni MIR, Roma, 1984. Traduzione di Giancarlo Magli et al.
- [30] WALTERS ART MUSEUM BALTIMORA. "Archimedes, The palimpsest project". [www.archimedespalimpsest.org](http://www.archimedespalimpsest.org).
- [31] CESARE BARBIERI. *Lezioni di astronomia*. Zanichelli, Bologna, 2002.
- [32] ROBERTO BARBON. *Dispense di astronomia II*. Università di Padova, 2006. [www.astro.unipd.it/studenti/astrofisica\\_II.html](http://www.astro.unipd.it/studenti/astrofisica_II.html).
- [33] FRANCESCO BARONE. *Copernico*. Mondadori, *I classici del pensiero*, Milano, 2008.
- [34] UMBERTO BARTOCCI. "Alle origini della costruzione dell'immagine scientifica del mondo: un problema storiografico". Pubblicazione in rete, 2000. <http://www.cartesio-episteme.net/napoli.html>.
- [35] DIPAK BASU. *Dictionary of geophysics, Astrphysics and astronomy*. Richard A. Matzner, London, 2001.
- [36] MARCEL BATAILLON. "Avant, avec, après Copernic. La rapresentation de l'Univers et ses consequences épistémologiques". *Bulletin Hispanique*, XXV, 1923, pagg. 256 - 258; *Revue de Pologne*, I, 1923, pagg. 131 - 134, Parigi, 1975. Charles-Quint et Copernic. Documents inédits Parigi, pag. 184.
- [37] ROBERT BAUVAL, ADRIAN G. GILBERT. *Il mistero di Orione*. TEA, Milano, 2005. Traduttore: P. Ferrari.
- [38] CLAUDIO BECCARI. "Comunicazioni private varie".
- [39] VINCENZO BELLEMO. *Jacopo e Giovanni de' Dondi dall'Orologio, Note critiche con le rime edite ed inedite di Giovanni Dondi*. Chioggia, 1894.
- [40] ENRICO BERTI. *La filosofia del primo Aristotele*. Cedam, Padova, 1962.
- [41] SERGE BERTORELLO. "Techniques d'astronome amateur". <http://serge.bertorello.free.fr/index.html>.
- [42] SERENA BIANCHETTI. *Pitea di Massalia e l'estremo occidentale*. Padova, Hesperia, L'erma di Bretschneider, 1996. Studi sulla grecità d'occidente a cura di Lorenzo Braccesi.
- [43] R. D. BLANDFORD, ARIEH KÖNIGL. "Relativistic jets as compact radio sources". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 232, (1979), pp. 34–48. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [44] R. D. BLANDFORD, M. J. REES. "Some commentss on radiation mechanisms in Lacertids (1978)". In: AIT K. KEMBHAVI, JAYANT V. NARLIKAR (CUR.). *Quasars and active galactic nuclei, an introduction*, Cambridge University Press. 1999.
- [45] T. BLASING, H. FRITTS. "Reconstructing past climatic anomalies in the North Pacific and western North America from tree-ring data". In: *Quaternary research*, vol. 6, no. 4, (1976), pp. 563 – 579.

- [46] JEAN BODIN. *Universae naturae theatrum*. Wecheliani, apud Claudium Marnium, 1605. Googlebooks.
- [47] CRAIG F. BOHREN. "Atmospheric optics". In: *The Optics Encyclopedia*, vol. 12, (2004), pp. 53 – 91. Articolo pubblicato (1996) in *Encyclopedia of Applied Physics*, e in (2003) *Handbook of Weather, Climate, and Water*; [http://homepages.wmich.edu/~korista/atmospheric\\_optics.pdf](http://homepages.wmich.edu/~korista/atmospheric_optics.pdf).
- [48] IVANO BONESANA. "Le origini del calcolo integrale". [www.lilu2.ch/lilu2dir/organizzazione/lamapremiati/il\\_calcolo\\_integrale.pdf](http://www.lilu2.ch/lilu2dir/organizzazione/lamapremiati/il_calcolo_integrale.pdf).
- [49] CARL B. BOYER. *Storia della matematica*. Mondadori, Milano, 1990. Traduzione di A. Carugo, prefazione di Lucio Lombardo Radice.
- [50] BERTOLD BRECHT. *Vita di Galileo*. Einaudi, Torino, 2005.
- [51] JOEL BREGMAN. "Continuum radiation from active galactic nuclei". In: *Astronomy and Astrophysics Review*, vol. 2, no. 2, (1990), pp. 125–166.
- [52] JOEL N. BREGMAN. "Continuum radiation from active galactic nuclei". In: *Astronomy and Astrophysics Review*, vol. 2, no. 2, (1990), pp. 125–166. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [53] I. I. BREIDO, K. P. ERMOSHINA. "Derivation of isophotes for extended celestial objects by the photographic equidensitometry method". In: *Soviet Astronomy*, vol. 12, (1968), pp. 865 – 877.
- [54] DAVID BRITZ. "A novel telescope drive: the tractor drive". In: *Society of Telescopy, Astronomy, and Radio; Spectrogram*, vol. 5, (2003), pp. 7 – 10. [http://www.astronomiainumbria.org/advanced\\_internet\\_files/meccanica/Trascinamenti/spectrogram-05-2003.pdf](http://www.astronomiainumbria.org/advanced_internet_files/meccanica/Trascinamenti/spectrogram-05-2003.pdf).
- [55] ALDO BULLO. "Sull'astrario di Giovanni Dondi dall'Orologio. Campano da Novara e Dondi Dall'orologio un binomio inscindibile", 2006. Astrofilii Padova; [www.astrofilipadova.it/pagine/campano.html](http://www.astrofilipadova.it/pagine/campano.html).
- [56] RODOLFO CALANCA. "Aspetti dell'astronomia del Seicento: le *Ephemerides novissimae* di Cornelio Malvasi". In: *Atti e memorie dell'Associazione nazionale Scienze Lettere e Arti di Modena*, vol. VIII, no. IV. [http://www.crabnebula.it/rc/varie/calanca\\_memoria\\_asla.pdf](http://www.crabnebula.it/rc/varie/calanca_memoria_asla.pdf).
- [57] EDIZIONI CALDERINI. "Trasmissione con cinghie".
- [58] GIOVANNI CAMPANO DA NOVARA. *Theorica planetarum*. Il Poligrafo, Padova, 2006. A cura di Aldo Bullo.
- [59] LUCIANO CANFORA. *La biblioteca scomparsa*. Sellerio, XIII edizione, 2007.
- [60] ANDREA CARUSI, DANILO BALDINI. "Il globo di Matelica". In: *l'Astronomia*, vol. 2, no. 82, (1989), pp. 30–38.
- [61] DIONE COCCIANO CASSIO. *Storia di Roma*. Université catholique, Louvain, 2006. [pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itinera/archtextes/](http://pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itinera/archtextes/).
- [62] GIANLUCA LI CAUSI. "Il PEC", luglio 2006. [www.astronomiainumbria.org/advanced\\_internet\\_files/elettronica/otpt002.pdf](http://www.astronomiainumbria.org/advanced_internet_files/elettronica/otpt002.pdf).
- [63] STEFANO CECCHINI. "Il mistero di Tunguska: la spedizione italiana del 1991", 2000. <http://www-th.bo.infn.it/tunguska>.
- [64] MARCIO CENSORINO. *De die natali*. Digitalizzazione sull'edizione di Ivan Cholodniak, San Pietroburgo, 1889. <http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/Censorinus/>.
- [65] GIORDANO CEVOLANI. "Unusual aspects of the Fermo Meteorite". In: W. J. BAGGLEY, V. PORUBCAN (cur.), *Proceedings of the International Conference held at Tatranska Lomnica, Slovakia, August 17-21, 1998*. Proceedings of the International Conference held at Tatranska Lomnica, Slovakia, Agosto 1999. SAO/NASA.
- [66] ANDREW CHAIKIN. "Target: Tunguska". In: *Sky & Telescope*, vol. 67, (1984), pp. 18–21. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [67] MARCO TULLIO CICERONE. *Lettere ad Attico*. Zanichelli, Bologna, 1959. A cura di Carlo Vitali.
- [68] MARCO TULLIO CICERONE. *Tuscolanae disputationes*. Université catholique, Louvain, 2006. <http://agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm>.
- [69] MARCO TULLIO CICERONE. *De re publica*. Rizzoli, Biblioteca universale, Milano, 2008.
- [70] CLAUDIO CLAUDIANO. *In sphaeram Archimedis, Epigramma n° 51 dai Carmina minora*. Divus angelus, 2006. <http://www.divusangelus.it/claudianus/claudiano.htm>.
- [71] GUIDO CLEMENTE. *Guida alla storia romana*. Oscar Mondadori. Mondadori, Milano, settima ristampa ed., 2010.
- [72] J. L. CODONA. "The scintillation theory of eclipse shadow bands". In: *Astronomy and Astrophysics*, vol. 164, no. 2, (1986), pp. 415 – 427.
- [73] G. S. COLLINS, N. ARTEMIEVA, et al. "Evidence that Lake Cheko is not an impact crater". In: *Terra*, vol. 20, no. 2, (2008), pp. 165–168. <http://onlinelibrary.wiley.com>.
- [74] NICOLÒ COPERNICO. *De revolutionibus orbium coelestium*. Petreium, Norimberga, 1543. Edizione digitalizzata: <http://ads.harvard.edu/books>.
- [75] NICOLÒ COPERNICO. *De hypothesis motuum caelestium a se constitutis commentariolus*, 1514 - 1515. Edizione digitalizzata: <http://www.hs-augsburg.de/~harsch/Chronologia/Lspost16/Copernicus/>.
- [76] NICOLÒ COPERNICO. *Monetae cudendae ratio*, 1528 circa. Edizione digitalizzata: <http://www.intratext.com/IXT/LAT0488/>.
- [77] NAZARENO CORIGLIANO. "Trasmissione con flessibili: le cinghie". ITIS Marconi, Bari. <http://nazzarenocorigliano.interfree.it/CinghieTeoria.pdf>.
- [78] GIOVANNI COSTA. "Hypatia, la figlia di Theone". <http://www.enricopantalone.com/hypatia.pdf>.
- [79] LEW COWLEY. "Atmospheric Optics". <http://www.atopics.co.uk>. Sito dedicato ai fenomeni atmosferici.
- [80] D. L. CRAWFORD International Astronomical Union, 1966.
- [81] ROBERTO CRIPPA, PAOLO OSTINELLI. "Fondazione osservatorio astronomico di Tradate "M13"". <http://www.foam13.it/>.
- [82] NICCOLÒ CUSANO. "De coniecturis". <http://www.hs-augsburg.de/~harsch/augustana.html>.
- [83] NICCOLÒ CUSANO. "De docta ignorantia". <http://www.hs-augsburg.de/~harsch/augustana.html>.
- [84] ANDRÉ COUDER ANDRÉ-LOUIS DANJON. *Lunettes et télescopes*. Librairie scientifique et technique Albert Blanchard, Parigi, 1999. Ristampa.
- [85] PHILIPPE DE LA COTARDÈRE. *Dizionario di astronomia*. Gremesse, Roma, 1989. Edizione italiana a cura di G. Buonvino.
- [86] SUZANNE DÉBARBAT. "Méthode de Gauss et astrolabe à prisme". In: *Revue d'histoire des sciences*, vol. 36, no. 36, (1983), pp. 249–263.
- [87] DEMOSTENE. *Sulla corona*. Université catholique, Louvain, 2006. [pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itinera/archtextes/](http://pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itinera/archtextes/).
- [88] EDWARD DENT. "The diploidoscope, or double-reflecting meridian and altitude instrument", 1847. Volume disponibile in <http://books.google.it/>.
- [89] ROY DIFFRIENT. "Flexure of a Serrurier Truss". In: *Sky & Telescope*, vol. 87, (1994), pp. 91 – 94.
- [90] DIODORO. *Biblioteca storica*. Université catholique, Louvain, 2006. [pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itinera/archtextes/](http://pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itinera/archtextes/).
- [91] PATRIZIO DOMENICUCCI. *Osserazioni sul De astris attribuito a Giulio Cesare*. Il calamo, a cura di D. Poli, in AA. VV., *La cultura in Cesare*, pagg. 345 - 358, Roma, 1993.
- [92] GIOVANNI DONDI DALL'OROLOGIO. *Tractatus Astrarii*. Think ADV, Conselve, 2003. A cura di Aldo Bullo.

- [93] HORACIO A. DOTTORI. "Surface photometry of galaxies with Sabatier techniques". In: *Astronomische Nachrichten*, vol. 294, (1973), pp. 233 – 239.
- [94] DPP-OBSERVATORY. "Roll Off Roof control with LesveDome driver". <http://www.dppobservatory.net/ROR/ED-ROR-V02.pdf>.
- [95] J. DUBOIS, F. LINK. "Analyse photométrique de la pénombre lunaire". In: *The Moon, Vol. I*, vol. 1, (1979), pp. 85 – 105. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [96] PETER DUFFET-SMITH. *Astronomia pratica con l'uso del calcolatore tascabile*. Sansoni, Firenze, 1983. Traduzione italiana di Santi Aiello.
- [97] DAVID DUPUY, JOHN SCHMITT. "Optical observations of BL LAC= VRO 42.22.01". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 156, (1969), p. 135. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [98] JASON EASTMAN, ROBERT SIVERD, B. SCO GAUDI. "Achieving better than 1 minute accuracy in the heliocentric and barycentric julian dates". The Ohio State University, 2010. <http://arxiv.org/>.
- [99] ERODOTO DI ALICARNASSO. *Storie*. Mondadori, Milano, 2007. Traduzione di Luigi Annibaletto.
- [100] CHARLES-HENRY EYRAUD. *Horloges astronomiques au tournant du XVII siècle: de là-peu-près à la précision*. Thèse de maîtrise, Université Lumière Lyon 2, Lyon, dicembre 2004. [http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/Musee/HorlogesAstro/These\\_Eyraud.pdf](http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/Musee/HorlogesAstro/These_Eyraud.pdf).
- [101] FEDERICO FADDA. *L'ingresso di meteore nell'atmosfera terrestre e marziana*. Tesi di laurea, Università degli Studi «Aldo Moro» di Bari, 2011 - 2012. [http://beta.fisica.uniba.it/Portals/1/Archivio\\_tesi/triennale/Fadda\\_Tri.pdf](http://beta.fisica.uniba.it/Portals/1/Archivio_tesi/triennale/Fadda_Tri.pdf).
- [102] B. L. FANAROFF, J. M. RILEY. "The morphology of extragalactic radio sources of high and low luminosity". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 1974. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [103] GIROLAMO FANTONI. "Due orologi solari greci: i globi di Prosymna e di Matelica (differenze e analogie)". In: *Rivista di Archeologia*, vol. 9, Supplementi, (1989), pp. 100–109.
- [104] PAOLO FARINELLA, *et al.* "Probable asteroidal origin of the Tunguska Cosmic Body". In: *Astronomy and A*, vol. 277, (2001), pp. 1081–1097.
- [105] ANTONIO FAVARO. *Archimede*. Formifini editore, 1923. Collana profili, 21, II edizione.
- [106] FILOCALO. "Calendario cronologico di Filocalo del 354". [http://www.ccel.org/ccel/pearse/morefathers/files/chronography\\_of\\_354\\_06\\_calendar.htm](http://www.ccel.org/ccel/pearse/morefathers/files/chronography_of_354_06_calendar.htm).
- [107] ANNA MARIA FIORETTI, *et al.* "Reclassification and thermal history of Treznano chondrite". In: *Meteoritics & Planetary Science*, vol. 42, no. 12, (2007), pp. 2055 – 2066.
- [108] FRED F. FORBES, *et al.* "Telescope enclosure flow visualization". In: *SPIE*, vol. 1532, (1991), pp. 146 – 160.
- [109] MASSIMILIANO FRANCI. *Astronomia egizia*. Edarc, Firenze, 2010.
- [110] BENEDETTO FRAU. *Tecnologia Greca e Romana*. Gruppo Archeologico Romano, 1980.
- [111] TONY FREET. "Decoding an Ancient Computer". In: *Scientific American*, vol. 301, no. 6, (2009), pp. 52–59.
- [112] TONY FREET, *et al.* "Decoding the ancient Greek astronomical calculator know as the Antikythera mechanism". In: *Nature*, vol. 444, (2006), pp. 587 – 591.
- [113] TONY FREET, *et al.* "Calendars with Olimpiad display and eclipse prediction on the Antikythera mechanism". In: *Nature*, vol. 454, (2008), pp. 614–617.
- [114] BEVAN M. FRENCH. *Trace of Catastrophe – A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures*. Lunar and Planetary Institute, Houston, 1998 <http://www.lpi.usra.edu/publications/books.shtml>.
- [115] GALILEO GALILEI. "Carteggio". web. <http://opac.bncf.firenze.sbn.it/opac/>.
- [116] GALILEO GALILEI. "La bilancetta". <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/lb000355.pdf>.
- [117] GALILEO GALILEI. *Le opere di Galileo Galileo, Edizione nazionale, vol. I, Iuvenilia*. Barbera, Edizione nazionale, Firenze, 1890. A cura di Antonio Favaro.
- [118] GALILEO GALILEI. *Pensieri motti e sentenze tratti dalla edizione nazionale*. Barbera, Edizione nazionale, Firenze, 1949. A cura di Antonio Favaro.
- [119] ISAAC MORENO GALLO. "Dioptra". [http://www.traianus.net/pdfs/2006\\_14dioptra.pdf](http://www.traianus.net/pdfs/2006_14dioptra.pdf), 2006.
- [120] G. GARLICK, *et al.* "An explanation of transient lunar phenomena from studies of static and fluized lunar dust layers". In: *Proceeding of the Third Lunar Science Conference*, vol. 3, (1972), pp. 2681–2687.
- [121] JOE GARLITZ. "Detail plans for a geodesic dome observatory", 1997. <http://eoni.com/~garlitzj/geodome.htm>.
- [122] LUCA GASPERINI, ENRICO BONATTI, GIUSEPPE LONGO. "Lake Cheko and the Tunguska Event; impact or non-impact?" In: *Terra Nova*, vol. 20, (2008), pp. 169–172.
- [123] PIERRE GASSENDI. *Nicolai Copernici Warmiensis Canonici Astronomi Illustris Vita*. Libreria del Congresso, New York, 2002. Traduzione inglese con note di Olivier Thill.
- [124] GEMINO DI RODI. *Elementi di astronomia (Introduzione ai fenomeni celesti)*. Teubner, Lipsia, 1908. Versione filologica-scientifica, testo tedesco a fronte e disegni a cura di Carolus Manitius.
- [125] RUSSEL GENET, *et al.* "The Small Research Telescope Challenge", 2010. <http://www.eclipse-t.com/nas%20paper.pdf>.
- [126] EDWARD J. GERETY, *et al.* "Analysis of a possible Sun-weather correlation". In: *Nature*, vol. 272, (1978), pp. 231–232.
- [127] LOUIS GOGUILLON. "Calendriers Saga". <http://www.louisg.net>.
- [128] JOHN GRIBBIN. *Astronomia e Cosmologia*. Le garzantine, Garzanti, II edizione, Milano, 2005.
- [129] ANDREA GUALANDI, FABRIZIO BONOLI. "Eustachio Manfredi e la prima conferma osservativa dell'aberrazione annua della luce". Dipartimento di Astronomia dell'Università di Bologna, 2002. <http://www.brera.unimi.it/sisfa/atti/>.
- [130] FRANCESCO GUICCIARDINI. "Historia d'Italia", 1561. <http://www.filosofico.net/guicciardinistoriaditaliaiaia.htm>.
- [131] FRANCESCO HAARDT, LAURA MARASCHI. "A two-phase model for the X-ray emission from Seyfert galaxies". In: *The Astrophysical journal*, vol. 380, (1991), pp. 51–54. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [132] FRANCESCO HAARDT, LAURA MARASCHI. "X-ray spectra from two-phase accretion disks". In: *The Astrophysical journal*, vol. 413, no. 2, (1993), pp. 507–517. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [133] S. HAGELIN, E. MASCIARDI, *et al.* "Comparison of the atmosphere above the South Pole, Dome C and Dome A; first attempt". In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 387, (2008), pp. 1499–1510. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [134] HARLOW SHAPLEY. "Flights from chaos; a survey of material systems from atoms to galaxies". New York, Whittlesey house, McGraw-Hill book company, inc., 1930. Adapted from lectures at the College of the city of New York, Class of 1872 foundation.
- [135] MIKE HARRISON. "Building the Observatory". <http://www.skybadger.net/equipment/observatory.shtml>.
- [136] J. B. HEARNshaw. *The measurement of starlight, two centuries of astronomical photometry*. University Press, Cambridge, II edizione, 2005.
- [137] THOMAS HEATH. *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus*. Calendon Press, Oxford, 1913. [http://www.astronomiainumbria.org/advanced\\_internet\\_files/libri/antiqua/Aristarchus.pdf](http://www.astronomiainumbria.org/advanced_internet_files/libri/antiqua/Aristarchus.pdf).

- [138] ARME A. HENDEN. *Astronomical photometry*. Willmann-Bell, Inc., Richmond, II edizione, 1990. Coautore RONALD H. KAITCHUCK
- [139] THOMAS HEWITT. "Calendarium". [http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/secondary/SMIGRA\\*/Calendarium.html](http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/secondary/SMIGRA*/Calendarium.html).
- [140] MICHAEL HODGKINSON. "John Malalas, Licinius Macer, and the history of Romulus". University of Exter. <http://www.dur.ac.uk/Classics/histos/1997/hodgkinson.html>.
- [141] MARK D. HOLM. "Plop Optimized Mirror Cells", 2002. [http://www.atmsite.org/contrib/Holm/Plop\\_optimized\\_cells](http://www.atmsite.org/contrib/Holm/Plop_optimized_cells).
- [142] ROBERT HOUDART. "Mirror deformation analysis using MirrorMesh3D", 2010. <http://www.cruxis.com/scope>.
- [143] ALBERT INGALLS (cur.). *Amateur Telescope Making*, vol. 1, 2, 3. Scientific American Inc., New York, 1966. Prefazione di Harlow Shapley.
- [144] A. A. JACKSON, M. P. RYAN. "Was the Tungus Event due to a Black Hole?" In: *Nature*, vol. 245, no. 5420, (1973), pp. 88–89.
- [145] MARY JAEGER. *Archimedes and the Roman Imagination*. University of Michigan Press, 2008.
- [146] PIETRO JANNI. *Il mare degli antichi*. Dedalo, Bari, 1996.
- [147] ALEXANDER JONES. "On the Reconstructed Macedonian and Egyptian Lunar Calendars". <http://www.uni-koeln.de/phil-fak/ifa/zpe/downloads/1997/119pdf/119157.pdf>, 1997. Zeitschrift für Papyrologie und Epigraphik.
- [148] ALFRED H. JOY. "T Tauri variable stars". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 102, (1945), pp. 168 – 199. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [149] A. J. T. JULL. "Isotopic evidence for a terrestrial source of organic compounds found in martian meteorites Allan Hills 84001 and Elephant Moraine 79001 and others". In: *Science*, vol. 279, (1998), pp. 366 – 369.
- [150] HANNU KARTUNEN, et al. *Fundamental astronomy*. Springer, Berlin, 2007.
- [151] JOHANNES KEPLER. *Il "Sogno" di Keplero*. Sironi, Milano, 2009. A cura di Anna Maria Lombardi.
- [152] D. KILKENNY, E. LASTOVICA, J. W. MENZIES (cur.). *Precision Photometry, Proceedings of a Conference held to Honour A. W. J. Cousins in his 90th years*. South African Astronomical Observatory, 1993.
- [153] HENRY C. KING. *The history of the telescope*. Dover Publications, Mineola, 2003.
- [154] MORRIS KLINE. *Storia del pensiero matematico*, vol. I. Einaudi, Torino, 1996. Edizione italiana a cura di Alberto Conte.
- [155] ANDREJ N. KOLMOGOROV. "The local structure of turbulence in incompressible viscous fluid for very large Reynolds' numbers". In: *Doklady Akademii Nauk*, vol. 30, (1941), pp. 301–305. [http://www.astro.puc.cl/~rparra/tools/PAPERS/kolmogorov\\_1951.pdf](http://www.astro.puc.cl/~rparra/tools/PAPERS/kolmogorov_1951.pdf).
- [156] FRANZ NIKOLAUS KÖNIG. "Atlas coelestis". <http://www.stub.unibe.ch/maps/koenig/coelestis.html>, 1826.
- [157] JANNIS KORINTHIOS. "Il tempo dei greci". <http://www.simonescuola.it/areadocenti/s150/labonlineschedalessicale.pdf>.
- [158] KORADO KORLEVIĆ. "L'enigma Tunguska: finalmente la soluzione". In: *Nuovo Orione*, vol. 2, (1994), pp. 22–27.
- [159] STEFAN KRAUS, et al. "A hot compact dust disk around a massive young stellar object". In: *Nature*, vol. 466, no. 7304, (2010), pp. 339 – 342. Disponibile su ArXiv.org, [http://arxiv.org/PS\\_cache/arxiv/pdf/1008/1008.0001v1.pdf](http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1008/1008.0001v1.pdf).
- [160] DAVID A. KRING. *Guidebook to the Geology of Barringer Meteorite Crater, Arizona – A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures*. Meteoritical Society, Houston, 2007. <http://www.lpi.usra.edu/publications/books.shtml>.
- [161] KUAN S. H., TENG KEAT HUAT. "The Chinese Calendar of The Later Han Period". Dipartimento di Matematica dell'Università di Singapore. <http://www.math.nus.edu.sg/aslaksen/projects/kt-urops.pdf>.
- [162] THOMAS S. KUHN. *La rivoluzione copernicana. L'astronomia planetaria nello sviluppo del pensiero occidentale*. Piccola biblioteca Einaudi - Scienza. Torino, Einaudi, 2000. Traduzione di Tommaso Gaino.
- [163] ANTON KUTTER. "The Schiefspiegler". In: *Sky & Telescope*, vol. 12, no. 12, (1958), pp. 64–71. Vedi anche «Bulletin A: Gleanings for ATMs»: <http://www.atmsite.org/contrib/Holm/bulletina/index.html>.
- [164] SUND KWOK, OTHER. "On the origin of planetary nebulae". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 219, (1978), pp. 125 – 127. <http://articles.adsabs.harvard.edu/>.
- [165] JOHAN HEINRICH LAMBERT. *Photometrie, sive, De mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae*. V. E. Klett, Augustae Vindelicorum, 1760. <http://archive.org/>.
- [166] ROSCOE LAMONT. "The roman calendar and its reformation by Julis Caesar". In: *Popular Astronomy*, vol. 27, (1919), pp. 583 – 594.
- [167] JÉRÔME LAMY, et al. *La Carte du Ciel: Histoire et actualité d'un projet scientifique international*. EDP Sciences, Paris, 2008.
- [168] TARA LANDRY. "Desert Domes: dome calculator and formulas", 2002. <http://www.desertdomes.com/index.html>.
- [169] OLIVIER LARDIÈRE. *Contrôle des télescopes automatiques et grands interféromètres stellaires terrestres et spatiaux*. Tesi di laurea, Université de Provence, 2000. <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/05/44/49/PDF/these-lardiere.pdf>.
- [170] F. LASCAUX, E. MASCIARDI, et al. "Mesoscale optical turbulence simulations at Dome C". In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 398, (2009), pp. 1093–1104. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [171] LUCIO CELIO FIRMIANO LATTANZIO. *Divinae Institutiones*. In Gian Carlo Garfagnini: *Cosmologie medievali*. Traduzioni, introduzioni e note dello stesso. Collana Storia della Scienza vol. 4, Loescher, Torino, 1980.
- [172] A. LAWRENCE. "Classification of active galaxies and the prospect of a unified phenomenology". In: *Astronomical Society of the Pacific*, vol. 99, (1987), pp. 309–334. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [173] J. P. LEAHY, A. H. BRIDLE, R. G. S. STROM. "An Atlas of DRAGNs". Jodrell Bank Centre for astrophysics. <http://www.jb.man.ac.uk/atlas/>.
- [174] DAVID LEWIS. "Automated Mirror Cell Optimization (Plop)". [www.davidlewistoronto.com/plop](http://www.davidlewistoronto.com/plop).
- [175] DAVID LEWIS. "Plop User's Guide". [http://www.davidlewistoronto.com/plop/Plop\\_User.pdf](http://www.davidlewistoronto.com/plop/Plop_User.pdf).
- [176] MARIO LIVIO. *La sezione aurea*. Rizzoli, Biblioteca universale, Bologna, 2007.
- [177] TITO LIVIO. *Storia di Roma*. Mondadori, Milano, 2007. Traduzione di Guido e Carlo Vitali, introduzione di Fernando Solinas.
- [178] BOB LOMBARDI. "Mechanical Design of Telescopes for the Amateur". <http://bossanova9.org/astro/ATM>.
- [179] CHRIS LORD. "Dome Slit Synchronization". Brayerbrook observatory, 2002. [http://www.brayebrookobservatory.org/BrayObsWebSite/HOMEPAGE/PageMill\\_Resources/PUBLICATIONS/domeslit.pdf](http://www.brayebrookobservatory.org/BrayObsWebSite/HOMEPAGE/PageMill_Resources/PUBLICATIONS/domeslit.pdf).
- [180] CHRIS LORD. "Synchronised Dome Rotation (Rate of dome rotation)". Brayerbrook observatory, 2002. [http://www.brayebrookobservatory.org/BrayObsWebSite/HOMEPAGE/PageMill\\_Resources/PUBLICATIONS/dome\\_synchronisation.pdf](http://www.brayebrookobservatory.org/BrayObsWebSite/HOMEPAGE/PageMill_Resources/PUBLICATIONS/dome_synchronisation.pdf).
- [181] MARCO ANNEO LUCANO. "De bello Civile sive Pharsalia". <http://www.thelatinlibrary.com/lucan/lucan10.shtml>.

- [182] BRIAN LULA. "Telescopes". [www.heavensgloryobservatory.com/](http://www.heavensgloryobservatory.com/).
- [183] ENRICO F. MACCHIA, FLAVIO FALCINELLI. "Il bolide del Trasimeno". In: *Pubblicazioni dell'Associazione Astronomica E. Majorana*, vol. 4, (1998), pp. 11 – 30. [www.astronomiainumbria.org](http://www.astronomiainumbria.org).
- [184] ENRICO F. MACCHIA, MASSIMO FIORUCCI. "La montatura altitude-altitude (alt-alt)". Pubblicazioni dell'Associazione Astronomica E. Majorana, Aprile 2004. [www.astronomiainumbria.org/pubblicazioni/OTPT001.pdf](http://www.astronomiainumbria.org/pubblicazioni/OTPT001.pdf).
- [185] J. M. MACLEOD, B. H. ANDREW. "The radio source CRO 42.22.01". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 1, (1968), pp. 243–246. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [186] AMBROGIO TEODOSIO MACROBIO. "Saturnalia". <http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/Macrobios/Saturnalia/>. Digitalizzazione dall'edizione critica di Jan von Ludwig, Lipsia, 1852.
- [187] PAOLO MAFFEI. *Giuseppe Settele, il suo diario e la questione galileiana*. Edizioni dell'Arquata, Foligno, prima edizione ed., 1987.
- [188] SABINO MAFFEO. *Cento anni della specola vaticana*. Pontificia Accademia Scientiarum, Roma, Città del Vaticano, 1991.
- [189] MENTORE MAGGINI. "L'opposition 1924 de la planète Mars et la structure optique des taches". In: *Ciel et Terre, Bulletin of the Société Belge d'Astronomie, Brussels*, vol. 41, (1925), pp. 65–75. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [190] MENTORE MAGGINI. "I fondamenti psicologici dell'indagine visuale". In: *Memorie della Società Astronomica Italiana*, vol. 8, (1934), pp. 167–180. <http://www.brera.mi.astro.it/>.
- [191] S. MAGRINI. "Joannes de Bianchinis Ferrariensis e il suo carteggio scientifico col Regiomontano (1463 - 1464)". In: *Atti e Memorie della Deputazione Ferrarese di Storia Patria*, vol. 23, (1917), pp. 1 – 37.
- [192] RICCARDO MAISANO. "La cronaca di Malala nella tradizione storiografica bizantina". In: *Atti dell'Accademia Peloritana dei Pericolanti, Classe di Filosofia e Belle Arti*, vol. 68, (1994), pp. 23 – 40. <http://opar.unior.it/358/>.
- [193] R. N. MANCHESTER, *et al.* "The Australia telescope national facility pulsar catalogue". In: *The Astronomical Journal*, vol. 129, (2005), pp. 1993–2006. [http://iopscience.iop.org/1538-3881/129/4/1993/pdf/1538-3881\\_129\\_4\\_1993.pdf](http://iopscience.iop.org/1538-3881/129/4/1993/pdf/1538-3881_129_4_1993.pdf).
- [194] ENRICO MANFREDI. "Ruote dentate: perdite e rendimento". [http://www.astronomiainumbria.org/\\_Meccanica.htm](http://www.astronomiainumbria.org/_Meccanica.htm).
- [195] MICHAEL E. MANN. "Little Ice Age". *Encyclopedia of Global Environmental Change*, Vol. I, 2002. <http://www.meteo.psu.edu/>.
- [196] FRANCESCO DE' MARCHI. *Architettura militare*, vol. II, parte I. Mariano De Romanis e figli, 1810. A cura di Luigi Marini, <http://books.google.it/>.
- [197] FRANCO MARIANELLI, *et al.* "Le origini del calcolo integrale: dal metodo di Esaustione a quello degli Indivisibili", 2004–2005. [http://digilander.libero.it/leo723/materiali/analisi/esaustione\\_indivisibili.pdf](http://digilander.libero.it/leo723/materiali/analisi/esaustione_indivisibili.pdf).
- [198] EDMONDO MARIANESCHI. "Una meridiana che spacca il secondo". In: *l'astronomia*, n. 120, Aprile 1992.
- [199] BRIAN MASON. "The Allende Meteorite-Cosmochemistry's Rosetta Stone?" In: *Account of chemical research*, vol. 8, no. 7, (1975), pp. 217–224.
- [200] ARNALDO MASOTTI. "Niccolò Copernico". In: *Memorie della Società Astronomica Italiana*, vol. 16, (1944), pp. 193 – 207. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [201] STEFANOS MATTHAIOS. "Suda: the character and dynamics of an encyclopedical Byzantine dictionary". University of Cipros. <http://www.greek-language.gr/greekLang/files/document/conference-2003/012MatthaiosEn.pdf>.
- [202] CRISTOPHER W. MCALARY, G. H. RIEKE. "A near infrared and optical study of X-ray selected Seyfert galaxies". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 333, (1988), pp. 1–13. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [203] JEAN MEEUS. "The history of the tropical year". In: *British Astronomical Association*, vol. 102, 1, no. 102, (1992), pp. 40–42.
- [204] H. J. MELOSH. "Impact crater collapse" In: *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, vol. 27, (1999), pp. 385–415.
- [205] RAYMOND MERCIER. "The home of Kairos: for calendar conversion and astronomy", 2008. <http://www.raymondm.co.uk/>.
- [206] PETER MEYER. "Julian Day Numbers". Hermetic Systems. [http://www.hermetic.ch/cal\\_stud/jdn.htm](http://www.hermetic.ch/cal_stud/jdn.htm).
- [207] RENATO MIGLIAVACCA. "Copernicanesimo e filosofia nel Rinascimento". In: *Coelum*, vol. 3 - 4, (1974), pp. 64 – 72. Pubblicazione dell'osservatorio astronomico di Bologna.
- [208] J. M. MITCHELL, *et al.* "Evidence of a 22-year rhythm of drought in the western United States related to the hale solar cycle since the 17th century". In: B. M. MCCORNER, T. A. SELIGA (cur.), *Solar Terrestrial Influence on weather and Climate*, D. Reidel, 1979.
- [209] CLAN. D. W. MITTFELDLT. "ALH 84001, A Cumulate Orthopyroxenite Member of the Martian Meteorite". In: *Meteoritics*, vol. 29, (1994), pp. 214 – 221.
- [210] R. MOIA. "La grande piramide". In: *Coelum*, vol. XXXIX, no. 3 - 4, (1971), pp. 41 – 58.
- [211] P. MONACO. *Introduzione all'astrofisica*. Università di Trieste, 2006. <http://physics.infis.univ.trieste.it/~monaco/>.
- [212] BATTISTA MONDIN. *Storia della metafisica*, vol. I. EDS, Bologna, 1998.
- [213] PATRICK MOORE. *Philip's Astronomy Encyclopedia*. Philip's, London, 2002. A comprehensive and authoritative A-Z guide to the Universe (in collaborazione con vari autori).
- [214] THÉOPHILE MOREUX. *La science mystérieuse des Pharaons*. Doin, Parigi, 1925.
- [215] W. W. MORGAN, RICHARD D. DREISER. "Morphology of optical forms of N galaxies". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 269, (1983), pp. 438–439. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [216] W. W. MORGAN, RICHARD D. DREISER. "Morphology of optical forms of N galaxies". In: *The Astronomical Journal*, vol. 269, (1983), pp. 438–439. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [217] IURII MOSENKIS. "The Phaistos disk as a star compass". <http://phaistosdisk.org>, Maggio 2010.
- [218] T. W. MUXLOW, S. T. GARRINGTON. *Observations of large scale extragalactic jets*. No. 19 in Beam and jets in astrophysics. Press Syndicate of the University of Cambridge, 1991. A cura di Philip A. Hughes.
- [219] K. NANDRA, K. A. POUNDS. "Ginga observations of the X-ray spectra of seyfert galaxies". In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 268, no. 2, (1994), pp. 405–429. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [220] PIER DANIELE NAPOLITANI. "Nicchie per una nuova scienza. Scuole e corti nell'Italia del Rinascimento". <http://arp.unipi.it/>, 2008.
- [221] JOHN NARRIEN. *Historical account of the origin and progress of Astronomy*. Baldwin and Cradock, London, 1833. Digitalizzato da googlebooks.
- [222] PALOMAR OBSERVATORY. "Palomar Sky Survey", 1951. [http://stdatu.stsci.edu/cgi-bin/dss\\_form](http://stdatu.stsci.edu/cgi-bin/dss_form).
- [223] DE LACY O'LEARY. *How Greek science passed to the Arabs*. <http://www.aina.org/books/hgsptta.pdf>, 1949.
- [224] JOHN OLIVER. "DomeSync". <http://www.astro.ufl.edu/~oliver/DomeSync/>.

- [225] ANDREI YURI OL'KHOVATOV. "Geophysical circumstances of the 1908 Tunguska event in Siberia, Russia". In: *Earth, Moon and Planets*, vol. 93, (2003), pp. 163–173. [olkhov.narod.ru/earthmoonplanets.pdf](http://olkhov.narod.ru/earthmoonplanets.pdf).
- [226] ANDREI YURI OL'KHOVATOV. "The tectonic interpretation of the 1908 Tunguska Event". web, 2003. <http://olkhov.narod.ru/tunguska.htm>.
- [227] DONALD E. OSTERBROCK. "The nature and structure of active galactic nuclei". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 4004, (1993), pp. 551–562. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [228] PUBLIO NASONE OVIDIO. *Fasti*. Rizzoli, Biblioteca universale, Bologna, 1998.
- [229] P. PADOVANI, C. M. URRY. "Luminosity functions, relativistic beaming, and unified theories of high-luminosity radio sources". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 387, (1992), pp. 449–457. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [230] PAOLO PADOVANI, PAOLO GIOMMI. "The connection between X-ray and radio-selected BL Lacertae objects". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 444, (1995), pp. 567–581. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [231] PAOLO PADOVANI, PAOLO GIOMMI. "A sample-oriented catalogue of BL Lacertae objects". In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 227, no. 4, (1995), pp. 1477–1490. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [232] JACK PATTERSON, *et al.* "Dome automation". [http://www.nubbin.darkhorizons.org/dome\\_automation.htm](http://www.nubbin.darkhorizons.org/dome_automation.htm).
- [233] DAMIAN PEACH. "A Modern scale of astronomical seeing for imagers". <http://www.damianpeach.com/seeingscale.htm>.
- [234] OLAF PEDERSEN. "In quest of Sacrobosco". In: *History of Astronomy*, vol. 16, (1985), pp. 175–220.
- [235] PEDRAZZI, *et al.* "Tetrataenite in metal particles of the Trezzano meteorite identified by Mössbauer spectroscopy", 1996. <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1996M%26PSA...31R.105P>.
- [236] JOSEPH E. PESCE, RENATO FALOMO, ALDO TREVES. "Imaging and spectroscopy of galaxies in the fields of five BL Lacertae objects". In: *The Astronomical Journal*, vol. 107, no. 2, (1994), pp. 494–502. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [237] GEORG VON PEUERBACH. *Theoriae novae planetarum*. Sconosciuto, Norimberga, 1473. <http://www.univie.ac.at/hwastro/>.
- [238] CARLO PIAZZI-SMITH. *The Great Pyramid*. Dell Publ. N.Y., 1990. Ristampa (quarta) del libro pubblicato a Londra nel 1880 da W. Isbister.
- [239] GIANNA PIERACCINI. "Calendario e religione arcaica nei *Fasti* di Ovidio". <http://www.loescher.it/mediaclassica/latino/lessico/fasti.asp>.
- [240] MARIO PINCHERLE. *Come esplose la civiltà*. Armenia, Milano, 1974.
- [241] BRUNO PISTONE. "L'abaco. Ipotesi sulla struttura di uno strumento di calcolo utilizzato dagli ingegneri dell'impero romano per le grandi opere pubbliche". [http://www.traianus.net/pdfs/2006\\_abaco.pdf](http://www.traianus.net/pdfs/2006_abaco.pdf), 2006.
- [242] A. B. PITTOCK. "A critical look at long-term sun-weather relationship". In: *Reviews of Geophysics and Space Physics*, vol. 16, (1978), pp. 400–420.
- [243] GAIO CECILIO SECONDO PLINIO. *Naturalis Historia*. Giardini editori e stampatori, Pisa, 1984 - 1987.
- [244] PLUTARCO DI CHERONEA. "Questioni platoniche". In *Moralia*, [pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itiner/archtextes/](http://pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itiner/archtextes/).
- [245] PLUTARCO DI CHERONEA. *Vita di Alessandro*. Université catholique, Louvain, 2006. [pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itiner/archtextes/](http://pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itiner/archtextes/).
- [246] PLUTARCO DI CHERONEA. *Vite parallele*. Université catholique, Louvain, 2006. [pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itiner/archtextes/](http://pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itiner/archtextes/).
- [247] PLUTARCO DI CHERONEA. *De facie quae in orbe luna apparet (Il volto della luna)*. Adelphi, Milano, V edizione, 2008. Introduzione di Dario del Corno, traduzione e note di Luigi Lehnus.
- [248] PLUTARCO DI CHERONEA. *Questioni romane*. Rizzoli, Biblioteca universale, II edizione, Milano, 2008. A cura di Nino Marinone. Prefazione di John Scheid.
- [249] POLIBIO DI MEGALOPOLI. *Storie*. Université catholique, Louvain, 2006. [pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itiner/archtextes/](http://pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itiner/archtextes/).
- [250] EMMANUEL POULLE. *De Giovanni Dondi dall'Orologio*. École Nationale des Chartes, Paris, 1998.
- [251] RUDOLF PRESSBERGER, *et al.* "Sternwarte Harpoint". <http://www.harpoint-observatory.com>.
- [252] DEREK DE SOLLA PRICE. "An Ancient Greek Computer". In: *Scientific American*, giugno 1959, vol. 6, (1959), pp. 60–67.
- [253] DEREK DE SOLLA PRICE. "Gears from the Greeks". In: *Transaction of the American philosophical Society*, vol. 64, part 7, (1974), pp. 3–4.
- [254] GEORG JOACHIM RHETICUS. *De libris revolutionum narratio prima*. Francesco di Rodi (?), 1540. <https://www.lindahall.org/services/digital/ebooks/rheticus/rheticus11.shtml>.
- [255] BOB S. RICE. "The Antikythera mechanism: Physical and Intellectual salvage from the 1st Century B.C.". [http://ccat.sas.upenn.edu/rrice/usna\\_pap.html](http://ccat.sas.upenn.edu/rrice/usna_pap.html).
- [256] E. H. RICHARDSON, AL. "Altitude-altitude (alt-alt) mounting for an 8-metre telescope". In: *SPIE*, Advanced Technology Optical Telescopes, IV, vol. 1236, (1990), pp. 897–903.
- [257] FRANK RIEG. "The fast and compact finite elements program". Chair of Engineering Design and CAD. <http://www.z88.org/>.
- [258] MARIO RIGUTTI. *Storia dell'astronomia occidentale*. Giunti, Firenze, 1999.
- [259] BRUNEL ROAD, AL. *Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics*. Nature Publishing Group, London, 2001.
- [260] ALESSANDRO LA ROCCA, SERGIO NATALIZIA. "Il Pantheon di Roma". Laboratorio Roma, 2008. <http://www.laboratorioroma.it/ALR/Pantheon/Pantheon.htm>.
- [261] LORENZO ROI. *Corso di astronomia*. Biblioteca comunale di Monticello, Monticello, 1997. <http://www.lorenzoroi.net>.
- [262] GIULIANO ROMANO. *Archeoastronomia italiana*. Padova, CLEUP, 1992.
- [263] SILVIA RONCHEY. "Ipazia". Associazione culturale Bisanzio. <http://www.imperobizantino.it/documenti/SRonchey-Ipazia.pdf>.
- [264] SILVIA RONCHEY. *Ipazia, la vera storia*. Rizzoli, Milano, 2010.
- [265] VASCO RONCHI. *Galileo e il cannocchiale*. Idea, Udine, 1942.
- [266] VASCO RONCHI. *La prova dei sistemi ottici*. Zanichelli, Bologna, 1925.
- [267] VASCO RONCHI. *Forty years of gratings*. Estratto dagli «Atti della Fondazione Giorgio Ronchi», anno XVII nn. 2 e 3, Firenze, Baccini e Chiappi, 1962.
- [268] ENRICO RUFINI. *Il «Metodo» di Archimede e le origini del calcolo infinitesimale nell'antichità*. Biblioteca Scientifica Feltrinelli, Milano, 1961.
- [269] LUCIO RUSSO. *L'America dimenticata: I rapporti tra le civiltà e un errore di Tolomeo*. Scienza e filosofia. Mondadori, prima ed., 2013.
- [270] LUCIO RUSSO. *Flussi e riflussi: indagine sull'origine di una teoria scientifica*. Feltrinelli, Milano, 2003.
- [271] LUCIO RUSSO. *La rivoluzione dimenticata: il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*. Feltrinelli, Milano, 2003.

- [272] PEDRO RÉ. “History of the telescope”. [http://www.astrosurf.com/re/history\\_telescope\\_PRe.pdf](http://www.astrosurf.com/re/history_telescope_PRe.pdf).
- [273] MICHELE RENEE SALZMAN. *On roman time*. The Regents of the University of California, Los Angeles, 1990. The codex-calendar of 354 and the rhythms of urban life in late antiquity.
- [274] SAO/NASA. “The - Astrophysics Data System”. [www.adsabs.harvard.edu](http://www.adsabs.harvard.edu).
- [275] BRADLEY E. SCHAEFER “The epoch of the constellations on the Farnese Atlas and their origin in Hipparchus lost catalogue”. Louisiana State University, Baton Rouge, 2005. <http://www.phys.lsu.edu/farnese>.
- [276] GIOVANNI VIRGILIO SCHIAPPARELLI. *Scritti sulla storia dell'astronomia antica, Tomi I, II e III*. Zanichelli, 1925. Disponibili in e-book su “Liber Liber”, <http://www.liberliber.it/biblioteca/s/schiapparelli>, 2010.
- [277] MAARTEN SCHMIDT, RICHARD F. GREEN. “Quasar evolution derived from the palomar bright QUASar survey and other complete QUASar surveys”. In: *Astrophysical Journal*, vol. 269, (1983), pp. 352–374. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [278] STEFAN SEIP. “AstroMeeting”. <http://www.astromeeting.de>.
- [279] Z. SEKANINA. “The Tunguska event: no cometary signature in evidence”. In: *The*, vol. 88, (1983), pp. 1382–1413. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [280] LUCIO ANNEO SENECA. *De Beneficiis*. Université catholique, Louvain, 2003. <http://agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm>.
- [281] LUCIO ANNEO SENECA. *Lettere a Lucilio (Epistulae ad Lucilium)*. Rizzoli, Biblioteca universale, Bologna, 1966.
- [282] LUCIO ANNEO SENECA. *Questioni naturali*. Rizzoli, Biblioteca universale, Bologna, 2004. Introduzione e traduzione di Rossana Mugellesi.
- [283] LUCIO ANNEO SENECA. *Sulla tranquillità dell'animo (De tranquillitate animi)*. Aracne, Roma, 2008. A cura di Francesca Nocchi.
- [284] NICOLA SEVERINO. “Storia dell'orologio solare a rifrazione”, Marzo 2009. [http://www.nicolaseverino.it/Storia\\_dell%27orologio\\_solare\\_a\\_rifrazione.pdf](http://www.nicolaseverino.it/Storia_dell%27orologio_solare_a_rifrazione.pdf).
- [285] EUGENE MERLE SHOEMAKER. “Meteor Crater, Arizona”. In: *Geological Society of America*, pp. 399–404.
- [286] G. B. SIDGWICK *Amateur Astronomer's Handbook*. Faber and Faber, London, 1954.
- [287] COSTANTINO SIGISMONDI, RITA FIORAVANTI. “Transiti eclissi ed occultazioni tra la Minerva ed il Collegio romano”. Biblioteca Casanatense, Giugno 2004. Non più disponibile sul web.
- [288] COSTANTINO SIGISMONDI. *Meridiani e Longitudini*. Roma, Università degli Studi “La Sapienza” di Roma, Facoltà di lettere e filosofia, 2006. <http://www.icra.it/solar/pub/meridiani.pdf>.
- [289] W. M. SMART *Textbook on Spherical Astronomy*. Cambridge University Press, 1986.
- [290] JOHN SMITH. *Choir Gaur; The grand orrery of the ancient Druids*. E. Easton, R. Horsfield & J. White, Salisbury, 1771. Stampa a cura dell'autore.
- [291] RANDY W. SMITH. “Construction of a 22 Inch Telescope”, 2003. <http://home.earthlink.net/~indig>.
- [292] GAIO GIULIO SOLINO. “Collectanea rerum memorabilium (De mirabilibus mundi)”. Versione digitalizzata dall'edizione Mommsen del 1864, <http://www.thelatinlibrary.com/solinus.html>.
- [293] EUGENIO SONGIA. “Il calendario”. pubblicazione in rete, 2000. <http://www.eugeniosongia.com>.
- [294] KATE SPENCE. “Ancient Egyptian chronology and the astronomical orientation of pyramids”. In: *Nature*, vol. 408, no. 6810, (2000), pp. 320 – 324.
- [295] JONES H. SPENCER. “The 200-inch telescope”. In: *The Observatory*, vol. 64, (1941), pp. 129 –135. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [296] G. A. STEIGMANN “Optical polarimetry and the surface microstructure of airless planetary bodies”. In: *Journal of the British Astronomical Association*, vol. 98, 4, (1988), pp. 205 – 208.
- [297] J. STEIN. “Copernico era sacerdote?” In: *Memorie della Società astronomica italiana*, vol. XVIII, (1945), p. 3. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [298] W. A. STEIN, *et al.* “The BL Lacertae objects”. In: *Annual review of astronomy and astrophysics*, vol. 14, (1976), pp. 173–195. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [299] BORIS E. STERN, *et al.* “On the geometry of the X-ray-emitting region in Seyfert galaxies”. In: *The Astrophysical Journal*, vol. 449, (1995), pp. 13–18. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [300] M. STICKEL, P. PADOVANI, C. M. URRY, *et al.* “Fanaroff-Riley I galaxies as the parent population of BL Lacertae objects. II - Optical constraints;”. In: *The Astrophysical Journal*, vol. 368, (1991), pp. 373–378. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [301] PIERO STOPPA. “Atlanti celesti”. <http://www.atlascoelestis.com>.
- [302] STRABONE. *Geographia*. Université catholique, Louvain, 2006. <http://pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itinerar/archtextes/>.
- [303] P. A. STRITTMATTER, *et al.* “Compact extragalactic nonthermal sources”. In: *The Astrophysical Journal*, vol. 175, (1972), pp. L7–L13. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [304] WILLIAM STUKELEY. *Stonehenge, A Temple Restor'd to the British Druids*. W. Innys & R. Many, Londra, 1740. Versione HTML a <http://www.sacred-texts.com/neu/eng/str/>.
- [305] SUIDAS (?). “Suda”. Enciclopedia bizantina del X secolo. In linea a: <http://www.stoa.org/sol>, sull'edizione di Ada Adler, 1928 - 1938.
- [306] GAIO TRANQUILLO SVETONIO. *de Vita Caesarum*. Newton, Roma, 1995.
- [307] PUBLIO CORNELIO TACITO. *Storie*. Université Catholique, Louvain, 2006. <http://agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm>.
- [308] TOSHIMI TAKI. “Mirror Support: 3 or 9 Points?” In: *Sky & Telescope*, vol. 103, (1994), pp. 84 – 86.
- [309] J. B. TATUN, N. N. HONKANEN, E. C. AXKKROYD. “A slow-motion crosshair drive for long-exposure photography of fast moving objects”. In: *Journal of the British Astronomical Association*, vol. 97, (1987), pp. 90 – 95.
- [310] ALDO TAVOLARO. *Astronomia e geometria nella architettura di Castel del Monte*. Bari, Laterza, 1991.
- [311] PIERO TEMPESTI. *Pulsar*. Biroma, Padova, 1997.
- [312] PIERO TEMPESTI. *Il calendario e l'orologio*. Gremesse, Saggi di astronomia & dintorni, Roma, 2006.
- [313] QUINTO SETTIMIO FIORENTE TERTULLIANO. *De anima*. The Tertullian project, 2005. [http://www.tertullian.org/works/de\\_anima.htm](http://www.tertullian.org/works/de_anima.htm).
- [314] ITALO TESTA. “Meccanismi di trasmissione del calore”. [http://www.fisica.unina.it/Gener/did/mysite/web-content/documents/meccanismi\\_trasmissione\\_calore.pdf](http://www.fisica.unina.it/Gener/did/mysite/web-content/documents/meccanismi_trasmissione_calore.pdf).
- [315] JAN TEXEREAU. *La construction du télescope d'amateur*. Société Astronomique de France, Parigi, II edizione, 1961. Prefazione di André Couder. <http://www.astrosurf.com/texereau/>.
- [316] ALEXANDER THOM. “A Statistical Examination of the Megalithic Sites in Britain”. In: *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 118, (1955), pp. 275 – 295.
- [317] GIROLAMO TIRABOSCHI. *Storia della letteratura italiana*. Società tipografica, 1792. <http://books.google.it/>.

- [318] CLAUDIO TOLOMEO. *Sintassi matematica (Almagesto)*. Petrus Lichtenstein, Venezia, 1515. [http://www.univie.ac.at/hwastro/rare/1515\\_ptolomae.htm](http://www.univie.ac.at/hwastro/rare/1515_ptolomae.htm).
- [319] CLAUD TØNDERING. "Calendar algorithms". Pubblicazione in rete. <http://www.tondering.dk/claude/calendar.html>.
- [320] FEDERICO TOSI. *Meteoriti e meteore*. Associazione reggiana di astronomia. <http://www.astroara.org/meteo/report/docpdf.htm>.
- [321] IMRE TOTH. *I paradossi di Zenone nel Parmenide di Platone*. L'officina tipografica, Napoli, 1994. Edizione del testo a cura dell'Istituto Italiano per gli Studi Filosofici.
- [322] TUCIDIDE. "La guerra del Peloponneso". Université catholique, Louvain, 2006. <http://pot-pourri.fltr.ucl.ac.be/itinera/archtextes/>.
- [323] FRANK JANSE VAN VUUREN. "Design of a Hexapod Mount for a Radio Telescope", Marzo 2011. [www.astronomiainumbria.org/advanced\\_internet\\_files/esapode/esapode.pdf](http://www.astronomiainumbria.org/advanced_internet_files/esapode/esapode.pdf).
- [324] AUTORI VARI. "The Antikythera Mechanism Project". <http://www.antikythera-mechanism.gr>.
- [325] AUTORI VARI. "ATM web page". <http://www.atmsite.org>.
- [326] AUTORI VARI. "Cupole". Associazione Astronomica Ettore Majorana. [http://www.astronomiainumbria.org/\\_Cupole.htm](http://www.astronomiainumbria.org/_Cupole.htm).
- [327] AUTORI VARI. "Description of the design and construction of an all-metal fabricated observatory". Brayerbrook observatory. <http://www.brayebrookobservatory.org>.
- [328] S. VASILEVSKIS. "On the flexure of Fork-Mounted Telescopes". In: *Astronomical Journal*, vol. 67, no. 7.
- [329] SURENDRA VERMA. *The Tunguska fireball*. Icon Books Ltd., 2005. [www.iconbooks.co.uk/](http://www.iconbooks.co.uk/).
- [330] FRANCO VERNIANI. "Il fenomeno meteoritico: aspetti teorici ed applicazioni". Estratto da *Radio Rivista*, Settembre 1972. Pubblicato da "Faenza Editrice".
- [331] MASSIMO MOGI VICENTINI. "Il meccanismo di Antikythera". <http://www.mogi-vice.com>. Animazione grafica.
- [332] MARCO POLLIONE VITRUVIO. *De architectura*. Einaudi, a cura di Pierre Gross, traduzione e commento di Antonio Corso ed Elisa Romano, 1997.
- [333] ROBERT L. WALAND *Optics of the Cassegrain telescope*. Hearststone book, New York, 1990.
- [334] CHRISTOPHER WALKER. *L'astronomia prima del telescopio*. Dedalo, Bari, 1997. Contributi di autori vari. Traduzione di Elena Joli, prefazione di Patrick Moore.
- [335] KARL-WILHELM WEEBER. *Vita quotidiana nell'antica Roma*. Newton Compton, Roma, 2010.
- [336] CHARLIE WICKS. "Large german equatorial mount". <http://home.comcast.net/~charles.wicks/GEM.html>.
- [337] F. WIELAND, *et al.* "New evidence related to the formation of shatter cones". Lunar and Planetary Institute, Agosto 2003. Terza conferenza internazionale, Nördlingen. <http://www.lpi.usra.edu/meetings/largeimpacts2003/pdf/4008.pdf>.
- [338] WOLFGANG WILDGEN. "Brunos Logik der Phantasie und die moderne Semiotik". <http://www.fb10.uni-bremen.de/homepages/wildgen/pdf/brunop2.pdf>, 2005.
- [339] DON E. WILHELMS *To a Rocky Moon*. University of Arizona Press, Tucson, 1998. <http://www.lpi.usra.edu/publications/books.shtml>.
- [340] E. G. WILLIAMS. "Cyclicality in the late Precambrian Elatina Formation: solar or tidal signature?" In: *climatic change*, vol. 13, (1988), pp. 117 – 128.
- [341] G. E. WILLIAMS. "The Acraman Impact Structure, South Australia". International Workshop on Meteorite Impact on the Early Earth, Settembre 1990. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [342] G. E. WILLIAMS, C. P. SONNET. "Solar signature in sedimentary cycles from the late Precambrian Elatina Formation, Australia". In: *Nature*, vol. 318, (1985), pp. 523 – 527.
- [343] R. V. WILLSTROP "The Mersenne-Schmidt: three-mirror survey telescope". In: *Mont. Nat. astr. Soc.*, vol. 210, (1984), pp. 597 – 609.
- [344] RAY N. WILSON *Reflecting telescope: optics*. Springer-Verlag, II edizione, Berlino, 2004.
- [345] MICHAEL T. WRIGHT "Understanding the Antikythera Mechanism. «Proceedings» di conferenza". In: *Understanding the Antikythera Mechanism, Atene, 17 - 21 ottobre 2005*. 2005.
- [346] MICHAEL T. WRIGHT "The Antikythera Mechanism reconsidered". In: *Interdisciplinary Science Review*, vol. 32, n. 1, (2007), pp. 27 – 43.
- [347] SHAWN PATRICK WRIGHT. "Thermal infrared data analyses of meteor crater, Arizona". University of Pittsburg, 2003.
- [348] JOHN XANTHAKIS. "Solar activity and precipitation". In: JOHN XANTHAKIS (cur.), *Solar activity and related interplanetary and terrestrial phenomena*. Springer-Verlag, New York, 1973, p. 20.
- [349] JOHN XANTHAKIS. "A critical look at long-term Sun-weather relationships". In: *Reviews of geophysics*, vol. 16, (1978), pp. 400–420.
- [350] CARLO ZAMPARELLI. "Storia scienza e leggenda degli specchi ustori di Archimede". <http://www.webalice.it/c.zamparelli>, 2005. *Didattica delle scienze, XXIII, 193*, pagg. 52–56.
- [351] ANDREZEJ A. ZDZIARSKI, *et al.* "The average X-ray/Gamma-ray spectra of Seyfert galaxies from GINGA and OSSE and the origin of the cosmic X-ray background". In: *The Astrophysical Journal*, vol. 438, no. 2, (1995), pp. 63–66. SAO/NASA Astrophysical Data System.
- [352] ROMANO ZEN, MAURO DA LIO. "La cella di un grande dobson". <http://lnx.costruzioniottichezen.com>.
- [353] VITTORIO ZIGNOLI. "Calcolo pratico dell'accoppiamento vite senza fine con ruota elicoidale". In: *Atti e rassegna tecnica della società degli ingegneri e degli architetti*, vol. 6, no. 3, (1952), pp. 79 – 81. [http://www.astronomiainumbria.org/advanced\\_internet\\_files/meccanica/Corona/Accoppiamento\\_Vsf\\_Corona.pdf](http://www.astronomiainumbria.org/advanced_internet_files/meccanica/Corona/Accoppiamento_Vsf_Corona.pdf).



# Indice dei nomi

- Abbot George, 83  
Abdera, *vedi* Democrito  
Abry Josèphe-Henriette, 328  
Abukir, 96, 111  
Accademia degli Inquieti, 207  
Accademia dei Lincei, 5, 182  
Accademia del Cimento, 216  
Accademia delle Scienze di Torino, 77  
Accademia di San Luca, 152  
Accademia Imperiale delle Scienze di Vienna, 320  
Acerbi Fabio, 328  
Achelis Elisabeth, 109  
Achille, 64, 152  
Adler Ada, 290  
Adriano Publio Elio Traiano, 33, 164, 250, 271, 272  
Afrodisias, 209  
Agostino, Sant' -, 233  
Ahlquist Jon E., 328  
Albacini Carlo, 164  
Albani Gian Francesco, 78  
Alberto IV Duca di Modena, 216  
Alceo di Mitilene, 246  
Aleotti Giovanni Battista, 52  
Alessandria, 151  
Alessandro Magno, 16, 94-95, 159  
Algeria, 291  
Alighieri Dante, 69  
American Association for the Advancement of Science, 1  
Ammiano Marcellino, 269  
Amr ibn al-As, emiro, 17, 35  
Amsterdam, 142  
Anatolia, 161  
Anburgo, 319  
Andrate, 180  
Andreev Gennady Vasilyevich, 299  
Andrew B. H., 14  
Andria, 114  
Annibaleto Luigi, 330  
Antigone di Frigia, 16  
Antigono Gonata, 16  
Antonelli Luca, 328  
Anversa, 212  
Apamea, 261  
Apollodoro di Damasco, 250, 251, 272  
Apuleio, 46  
Arcadio, 100, 233  
Archia di Corinto, 45  
Ardashir, 94  
Arelate, *vedi* Arles  
Arend Silvain, 53  
Argentieri Domenico, 328  
Argolide, 95  
Ario, 83  
Aristarco di Samotracia, 17  
Aristofane, 33  
Aristofane di Bisanzio, 17  
Arle, 179  
Arles, *vedi* Museo di arte antica di Arles  
Armagh, 105, 306  
Arp Halton C., 328  
Arpino Mauro, 328  
Aslaksen Helmer, 107  
Atene, 18, 24, 74, 94, 110, 161  
Attalo III, 16  
Augusto Gaio Giulio Cesare Ottaviano, 207, 270  
Augusto Ottaviano Caio Giulio Cesare, 99, 159, 247  
Aureliano, 17, 233  
Ausonio Decimo Magno, 126  
Avieno Rufio Sesto, 258  
Avieno Rufo Festo, 95  
Axdahl Erik, 252  
Ayiomamitis Anthony, 89  
Azzarita Francesco, 328  
Bagdad, 69  
Baghdad, 15, 36  
Bagioli Alessandro, 328  
Bakulin P., 328  
Baldini Danilo, 329  
Barbanera, almanacco, 20  
Barbieri Cesare, 328  
Bari, 115  
Barone Francesco, 328  
Bartini Roberto, 194  
Bartocci Umberto, 137  
Bartoli Daniello, 321  
Basilea, 142  
Basilio Flavio, 99  
Basilio II imperatore, 290  
Bataillon Marcel, 328  
Bauval Robert, 127  
Beccari Claudio, 328  
Bellarmino Roberto, 137  
Bellarmino, cardinale, 83  
Bellemo Vincenzo, 328  
Bembo Pietro, 84  
Berbati, *vedi* Prosymna  
Bergamo, 81  
Bergerdorf, *vedi* osservatorio di Amburgo  
Berlino, 5, 41  
Berti Enrico, 328  
Bertius Petrus, 262  
Bianchetti Serena, 328  
Biava Enrico, 328  
Biblioteca vaticana, 49  
Biondi Flavio, 87  
Blaeuw Janszoon Willem, 180  
Blass Friedrich, 44  
Blegen Carl W., 263  
Bodin Jean, 142  
Bologna, 78, 135, 173  
Bolognesi Alberto, 328  
Bonaccorsi Filippo, 137  
Boncompagni Ugo (Gregorio XIII), 181  
Bonesana Ivano, 329  
Bonsignori Stefano, 152  
Borromeo Carlo, 103  
Borromeo Federico, 122

Bortniak John, 200  
 Boston, 182  
 Bovio Pasquale, 81  
 Boyer Carl B., 329  
 Braccesi Lorenzo, 328  
 Bradley E. Schaefer, 68  
 Brecht Bertolt, 137  
 Brera, 275  
 Brescia, 18  
 Bressanone, 146  
 Brill Matthis, 296  
 Brioschi Angelo, 275  
 British Museum, 235  
 Britz David, 230  
 Bromley Allan George, 31  
 Bullo Aldo, 329  
 Buonarroti Michelangelo, 49  
 Buongiardina Francesco, 257  
 Buonvino Giorgio, 329  
 Bureau des Longitudes, 149  
  
 Cadice, 261  
 Cairo, Il -, 291  
 Calabi Francesca, 328  
 Calandrelli Giuseppe, 133  
 California, 201  
 Caligola, 99  
 Calvino Giovanni, 142  
 Canfora Luciano, 329  
 Capilupi Giulio, 28  
 Caracalla Marco Aurelio Antonino, 18  
 Caracciolo Gian Galeazzo, 83  
 Carlini Francesco, 259  
 Carlo Emanuele III di Savoia, 77  
 Carlo Magno, 99  
 carlo Magno, 77  
 Carlo Martello, 35  
 Carlo V, 34, 60, 136  
 Carlo V di Spagna, 87  
 Carnegie Andrew, 182  
 Carone di Lampsaco, 258  
 Carpo di Antiochia, 48  
 Cartagine, 90, 112  
 Cartier David, 252  
 Carugo A., 329  
 Carusi Andrea, 329  
 Cassiodoro, 155  
 Castiglia, *vedi* Alfonso  
 Catania, 98, 270  
 Catullo Gaio Valerio, 51, 271  
 Cesarini Giuliano, 146  
 Cevolani Giordano, 166  
 Chaikin Alexander, 299  
 Chang Hiroshi, 181  
 Chefren, 126, 180  
 Cheko, lago -, 299  
 Chicago, 182  
 Chinellato Matteo, 20  
 Cholodniak Ivan, 329  
 Cibebe, 251  
 Cipro, 16  
 circoncisione, 101  
 Cirene, 16  
 Cirillo vescovo, 190  
  
 Cizico, 161  
 Claude A., 149  
 Claudiano Claudio, 29, 329  
 Claudio Tiberio Cesare Augusto Germanico, 270  
 Clazomene, *vedi* Anassagora  
 Cleante, 54  
 Clemente XI, 78  
 Clemente XIV, 133  
 Clemente, San Clemente d' -, *vedi* Tito Flavio Clemente  
 Cleopatra, 98  
 Cnido, 161  
 Cnosso, 247  
 Cobo Bernabé, 106  
 coclea, 45  
 Colbert Jean-Baptiste, 6  
 Collins Andrew, 127  
 Colombo Cristoforo, 137, 261  
 Commodo, 233  
 Como, 291  
 Comolli Lorenzo, 297  
 Compagnia di Gesù, 133  
 Comte Auguste, 109  
 Conte Alberto, 331  
 Cordoba: → *Cordoba Durchmusterung*, 144  
 Corfù, 95  
 Corinto, 94  
 Cortés Hernán, 106  
 Cortina d' Ampezzo, 305  
 Cosantino VIII imperatore, 290  
 Cosimo I de' Medici, 151  
 Costa Giovanni, 189, 329  
 Costantino Flavio Valerio, 97, 100, 188  
 Costantinopoli, 11, 28, 33, 37, 49, 50, 115, 190, 247  
 Costanza, Concilio di, 102  
 Cotswort Moses, 109  
 Couder André, 329  
 Couder André, 334  
 Cousteau Jacques-Yves, 29  
 Coyne George V. s. J., 133  
 Cracovia, 135  
 Crawford D. L., 329  
 Creta, 28, 158, 247  
 Cristina di Svezia, 296  
 Cuma, 92  
 Czerniak Adrian, 52  
  
 d' Alembert Jean-Baptiste Le Rond, 70, 159  
 D' Aviso Urbano, 122  
 d' Urban De Fortia, 328  
 Dürer Albrecht, 69  
 Débarbat Suzanne, 329  
 Damascio, 191  
 Damasco, 15  
 Damaso I, 166  
 Danjon André-Louis, 329  
 De Colmar Charles Xavier Alexander, 56  
 De Geer Gerard, 307  
 De Hulst Van H. C., 180  
 de la Cotardère Philippe, 329  
 Dedalo, 33  
 Del Buono Paolo, 216  
 Delaporte Paul, 109  
 Delfi, 95  
 della Francesca Piero, 247

della Mirandola Pico, 136  
 Delporte Eugene, 11  
 Demetrio Falerio, 16  
 Demostene, 95, 329  
 Dent Edward, 23, 156  
 Diderot Denis, 70, 85, 159  
 Diocleziano, 17, 100, 102  
 Diocleziano Gaio Aurelio Valerio, 188  
 Diodoro siculo, 261, 329  
 Diogene Laerzio, 24, 25, 161  
 Dione Cassio, 46  
 Dionigi di Siracusa, 161  
 Domenicucci Patrizio, 180, 329  
 Douglas Andrew Ellicot, 131  
 Drake Frank, 274  
 Driencourt Ludovic, 149  
 Droysen Johan Gustav, 159  
 Dublino, 212  
 Dubois J., 330  
 Dumouchel Etienne, 133  
 Duret Noël, 38

Ecateo di Mileto, 64  
 eclittica, 27  
 Ècole Polytechnique di Parigi, 259  
 Efesto, 33  
 Elea, 253  
 Eliopolis, 161, 235, 271  
 Elvira, 100  
 Emina Cassio, 96  
 Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des Sciences, des Artes  
 et des Métiers, 85

Ennio Quinto, 271  
 Enrico il Navigatore, 65  
 Epifanio Cassiodoro, 189  
 Epiro, 16  
 Erasmo da Rotterdam, 83  
 Erittonio, 74  
 Ermland, *vedi* Warmia, 267  
 Erodoto di Alicarnasso, 1, 18, 63, 95, 126, 158, 330  
 Esichio di Mileto, 190  
 Esiodo, 94, 251  
 Esposizione universale di Parigi del 1867, 213  
 Esposizione universale di Parigi del 1900, 292  
 Estonia, 195  
 Euctemone, 258  
 Eufemio di Caria, 258  
 Eumene, 16  
 Euripide, 33  
 Eutichio, 17  
 Eutimene di Marsiglia, 258  
 Evenkia, 298  
 Eyraud Charles-Henry, 330

Fadda Federico, 330  
 Fantoni Girolamno, 330  
 Faraday Michael, 77  
 Farinella Paolo, 302  
 Farnese Alessandro, *vedi* Paolo III  
 Favaro Antonio, 330  
 favaro Antonio, 330  
 Favorino di Arles, 25  
 Fechner Gustav Theodor, 74  
 Federico II di Svevia, 114

Fenestella, 96  
 Fermo, 165  
 Fernando di Talavera, 137  
 Ferrara, 136  
 Fibonacci Leonardo, 1, 73  
 Ficino Marsilio, 84, 136, 137  
 Fidia, 73, 190  
 Fileo di Taormina, 45  
 Filostorgio di Borisso, 190  
 Firenze, 182  
 Flagstaff, 313  
 Florenskij Kiril Pavlovich, 298  
 Foligno, 20  
 Fontana Domenico, 282  
 formaldeide, 3  
 Fozio, 11  
 Fozio I patriarca di Costantinopoli, 258  
 François, vaso, 89  
 Francesco I de' Medici, 152  
 Francesco I di Lorena, 40  
 Franci Massimiliano, 330  
 Franklin Benjamin, 77  
 Frau Benedetto, 32, 330  
 Frauenberg, 135  
 Freet Tony, 32, 330  
 French Bevan M., 330  
 Freya, 101  
 Frombork, *vedi* Frauenberg

Göteborg, 277  
 Gaino Tommaso, 331  
 Gaio Sulpicio Gallo, 29  
 Galeazzo Visconti, 157  
 Galeno, 46  
 Galerio Gaio Valerio Massimiano, 100  
 Gallo Isaac Moreno, 330  
 Galvani Luigi, 77  
 Garfagnini Gian Carlo, 331  
 Garlick G. F., 330  
 Gasperini Luca, 299  
 Gassendi Pierre, 330  
 Gauss Karl Friederich, 162  
 Geiger Rudolph, 130  
 Gengis Khan, 207  
 Genova, 65  
 Georgetown, 279  
 Gerusalemme, 104  
 Gerusalemme, concilio di, 101  
 Geschauff Thomas, 49  
 Giamblico di Calcide, 55  
 Gilbert Grove Karl, 56  
 Ginevra, 83  
 Gioia Flavio, 87  
 Giotto di Bondone, 175  
 Giovanni I Papa, 155  
 Giovanni l'evangelista, San, 254  
 Giovanni vescovo di Nikiu, 190, 191  
 Giovenale, 270  
 Giraldi Gregori Lilo, 87  
 Girolamo, San, 77  
 Giustiniano, 197  
 Giustiniano I, 28  
 Giustino II, 99  
 Gottinga, 149

Granada, 89, 100  
 Grandi Antonio Maria, 283  
 Green Cristopher D., 74  
 Gregorio XIII, 112, 133, 151, 296  
 Grenoble, Ècole Centrale, 259  
 Gresham Thomas, 136  
 Gribbin John, 330  
 Grootfontein, 186  
 Grossi Mario, 293  
 Guerra Domenico, 81  
 Guicciardini Francesco, 137  
 Guillemin Amédée, 157  
  
 Hals Frans, 154  
 Hammurabi, 93, 188  
 Hang, dinastia - , 107  
 Harbor Dave, 229  
 Harrison Mike, 244  
 Hearnshaw J. B., 330  
 Heath Thomas, 330  
 Heiberg Johan Ludwig, 328  
 Heidelberg, 5, 89, 146, 319  
 Heinicke Robert, 109  
 Helgoland, 258  
 Heliopolis, *vedi* Eliopolis  
 Hemiunu, 126  
 Henden Arme A., 331  
 Henry Paul, 114  
 Henry Prosper, 114  
 Hermes, 89  
 Holm Mark D., 123  
 Holsinger Samuel, 186  
 Hosemann Andreas A. Osiander, 239  
 Houdart Robert, 123  
 Hughes Ellis, 315  
  
 Icaro, 33  
 Iliade, 64  
 India, 291  
 Ingolstadt, 274  
 Innocenzo XII, 112  
 Ipparco, 143  
 Ippocrate, 24  
 Ippolito d'Este, 90  
 Ippolito romano, 25  
 Irkutsk, 298  
 Islanda, 258  
 Istituto e Museo di Storia della Scienza, 151  
 Istria, 300  
 Izhevsk, 297  
  
 Jaeger Mary, 331  
 Janni Pietro, 331  
 Jarrow, 77  
 Jefferson Thomas, 159  
 Joli Elena, 335  
 Jones Alexander, 331  
 Journal of the American Association of variable Star  
 Observers, 1  
 Joy Alfred H., 6  
  
 König Franz Nikolaus, 331  
 Königsberg, 139  
 Köppen Vladimir Peter, 130  
 Kaitchuck Ronald H., 331  
  
 Kalakh, 235  
 Karmapa Rangjung Dorje, 109  
 Kartunen Hannu, 331  
 Kazan, 195  
 kazancev Alexander, 298  
 Keeler James E., 19  
 King Henry C., 331  
 Klett V. E., 331  
 Kline Morris, 331  
 Kluscino, 172  
 Kojma T., 55  
 Korinthios Jannis, 331  
 Korlević Korado, 299, 300  
 Kresak Lubor, 298  
 Kring David A., 331  
 Kuhn Thomas S., 331  
 kutter Anton, 331  
 Kwok Sun, 6  
  
 La Rocca Alessandro, 250, 333  
 Lahore, 39  
 Laika, 288  
 Lakdawalla Emily, 61  
 Lambert Johan Heinrich, 16  
 Lamberti Corrado, 182  
 Lampsaco, 24  
 Landryin Tara, 243  
 Lattanzio Lucio Celio Firmiano, 29, 331  
 Layard Austen Henry, 235  
 Leahy Patrick, 157  
 Leningrado, 195  
 Leonardo da Vinci, 137  
 Leone di Tessalonica, 49  
 Leone X, 248  
 Leone XIII, 133, 296  
 Leopoldo dei Medici, 177  
 Leopoldo II di Toscana, 22  
 Lepanto, battaglia , 35  
 Lepido Marco Emilio, 98  
 Lewis David, 123, 259  
 Li Causi Gianluca, 228  
 Licinius Macer, 96  
 Lick James, 197  
 Lillo Antonio, 102  
 Link F., 330  
 Lione, 83  
 Lipperhey Hans, 247  
 Liside, 143  
 Lisimaco, 16  
 Livio, *vedi* Tito Livio  
 Livio Mario, 74  
 Livio Tito, 45, 236, 261  
 Lodi, 122  
 Lombardi Anna Maria, 331  
 Lombardi Bob, 231  
 Lombardo Radice Lucio, 329  
 London Science Museum, 31  
 Londra, 83, 298  
 Longo Giuseppe, 302  
 Lord Chris, 245  
 Loreto, 279  
 Lubiana, 319  
 Lucano Marco Anneo, 86, 179, 331  
 Luciano di Samosata, 46, 126, 258

Ludwig Jan von, 332  
 Luigi XIV, 6, 254  
 Lula Brian, 220  
 Lutero Martino, 142  
  
 Mörbecke, Guglielmo, 49  
 Macleod J. M., 14  
 Macrobio Ambrogio Teodosio, 332  
 Maffeo Sabino, 332  
 Magrini S., 332  
 Manchester R. N., 73  
 Mann Michael, 131  
 Maometto, 35  
 Maoz David, 167  
 Maralsi Jacques Philippe, 78  
 Marat Jean-Paul, 75  
 Marc' Anonio, 159  
 Marcello Marco Claudio, 28, 45  
 Marciano, 206  
 Marciano di Eraclea, 258  
 Marco Antonio, 99  
 Marcon Gianfranco, 208  
 Marcon Luigi, 208  
 Marcon Virgilio, 207  
 Marianelli Franco, 332  
 Marianeschi Edmondo, 332  
 Marsiliano, Istituto - per le Scienze, 207  
 Martina Aloisio, 257  
 Mascherino Ottaviano, 296  
 Massimino Gaio Galerio Valerio, 100  
 Matteucci Francesco, 275  
 Matthis Paul, 296  
 Matzner Richard A., 328  
 Mauna Kea, 58  
 Mauro Giovanni di, 65  
 mazdeismo, 94  
 McNaught Robert H., 211  
 Medina, 105  
 Meeus Jean, 332  
 Melantone Filippo, 142  
 Melosh H. J., 332  
 Messala Marco Valerio, 98, 270  
 Messene, 94  
 Meyer Peter, 332  
 Micerino, 126, 180  
 Michelangelo, *vedi* Buonarroti Michelangelo  
 Michelin Famiano, 321  
 Migliavacca Renato, 332  
 Milano, editto di, 100  
 Milton John, 142  
 Milzia Francesco, 75  
 Mitra, 100  
 Mittweida, 277  
 Mocenigo Giovanni, 83  
 Modena, 22, 216  
 Mohl Hugo von, 22  
 Mommsen Christian Matthias Theodor, 179  
 Mondin Battista, 332  
 Mondovì, 180  
 Montaigut Romain, 15  
 Monti Vincenzo, 189  
 Montmartre, 201  
 Moore Patrick, 332  
 Moracci Beauvier-Vila Ettore, 127  
  
 Mosca, 172, 297  
 Mosenkis Iurii, 158  
 Moureux Théophile, 126  
 Muddapur, 5  
 Museo archeologico di Firenze, 89  
 Museo archeologico di Milano, 251  
 Museo archeologico di Nafplion, 263  
 Museo archeologico di Napoli, 1  
 Museo archeologico Heraklion di Creta, 158  
 Museo Archeologico Nazionale di Atene, 28, 29  
 Museo Artemeister di Dresda, 45  
 Museo British Museum, 235  
 Museo del Louvre, 67, 75, 154, 287  
 Museo della Scienza e della Tecnica di Milano, 60  
 Museo della Scienza e della Tecnica di Monaco di Baviera, 170  
 Museo della specola di Bologna, 180  
 Museo di Arte antica di Arles, 179  
 Museo di Storia della Scienza di Firenze, 78  
 Museo egiziano de Il Cairo, 111  
 Museo Egizio di Torino, 64  
 Museo London Science Museum, 31  
 Museo Mineralogico di San Pietroburgo, 195  
 Museo Nazionale della Scienza di Firenze, 37  
 Museo Nazionale Marittimo di Londra, 172  
 Museo New York American Museum of Natural History, 315  
 Museo Olivierano di Pesaro, 26  
 Museo Piersanti di Matelica, 208  
 Museo Wallingford Museum, 313  
 Museo Walters Art di Baltimora, 50  
 Museo Walters di Baltimora, 328  
 Museo Western Australian Museum di Perth, 232  
 Muzio Diego, 257  
  
 Namibia, 186  
 Napoleone I, 60, 67, 105  
 Napoli, 83, 291  
 Napolitani Pier Daniele, 49, 332  
 Narrien John, 332  
 Natalizia Sergio, 333  
 National Bureau of Standards, 72  
 Nature, 32  
 Neleo, 293  
 Nerone, 99, 246  
 Neugebauer Otto, 129  
 Neujamin Grigorij, 173  
 New York, 315  
 New York American Museum of Natural History, 315  
 Niccolò V, 146  
 Nicea, concilio di, 83, 254  
 Nicobar, isole, 291  
 Nicola V, 49  
 Nikiu, *vedi* Giovanni vescovo di -  
 Nilo, 127  
 Nocchi Francesca, 334  
 Nola, 83  
 Norimberga, 142, 154  
 Nostradamus, 173  
 Nuñez Pedro, 199  
 Nyatri Tsenpo, 109  
 Nysa, 274  
  
 O'Leary De Lacy, 332  
 Odin, 101  
 Olcott William Tyler, 1

Olimpiade, 32, 190  
 Oliver John, 245  
 Omar, califfo - I, 17, 35, 103, 105  
 Omero, 33, 86, 94  
 Onorio, 100, 233  
 Orazio Quinto Flacco, 51  
 Oremburg, 172  
 Oreste, prefetto d' Alessandria, 190  
 Organizzazione Meteorologica Mondiale, 130  
 Oriani Barnaba, 82  
 Orsini Latino, 266  
 Orvieto, 147  
 Ostia antica, 250  
 Ottaviano, *vedi* Augusto Ottaviano Caio Giulio Cesare  
 Ottoboni Pietro, 78  
 Ottoboniana, biblioteca, 78  
 Oudin J. M., 255  
 Ovidio Publio Nasone, 333  
 Oxford, 83

Pécquer Onésiphore, 31  
 Pacioli Luca, 73  
 Padova, 83, 135  
 Padova , 146  
 palazzo Madama, Torino, 259  
 Palermo, 237, 291  
 Palmira, 17  
 Panezio di Rodi, 261  
 Paolo d'Egina, 246  
 Paolo di Tarso, 101  
 Paolo di Tarso, San, 254  
 Paolo III, 143, 173  
 Parigi, 213  
 Parigi, École Polytechnique, 259  
 Parigi, Esposizione universale del 1867, 213  
 Parigi, Esposizione universale del 1900, 292  
 Parma, 82, 122, 321  
 Parthey Gustav, 17  
 Parviainen Pekka, 134  
 Pasadena, 110, 182  
 Patterson Jack, 244  
 Pausania, 258  
 Pavlovsk, 298  
 Peach Damian, 254, 257, 282  
 Pedersen Olaf, 273  
 Peloponneso, 28  
 Percival Frank, 31  
 Perek Lubo, 194  
 Pericle, 24, 236  
 Pernier Luigi, 158  
 Perth, 232  
 Perugia, 152, 173  
 Petrarca Francesco, 157  
 Pettinato Giovanni, 235  
 Philadelphia, 56  
 Phukpa Lhundrub Gyatso, 109  
 Piacenza, 321  
 Piazza-Smith Carlo, 126  
 Piccolomini Enea Silvio, *vedi* Pio II  
 Picea obovata, 299  
 Pickering. Osservatorio Edward C., 1  
 Pieraccini Gianna, 333  
 Pierazzo Elisabetta, 57  
 Pietroburgo, San -, 195

Pilati Giuseppe, 257  
 Pilo Giambattista, 87  
 Pincherle Mario, 333  
 Pio II, 146  
 Pio IV, 103  
 Pio IX, 133  
 Pio VII, 133, 143, 283  
 Pippa Luigi, 60  
 Pisa, 22, 122  
 Pistone Bruno, 333  
 Pittock A. B., 131  
 Pivato Danilo, 266  
 platino, 204  
 Plauto Tito Maccio, 271  
 Plinio Gaio Cecilio Secondo, 333  
 Plutarco di Cheronea, 46, 101  
 Podkamennaja Tunguska, 297  
 Poitiers, battaglia , 35, 39  
 Pola, 276, 319  
 Polibio di Megalopoli, 45, 46, 261  
 Poliziano Angelo, 290  
 Pompei, 78, 101, 247, 256  
 Pompeo Gneo Magno, 261, 271  
 Popular Astronomy, 1  
 Porfirio, 190  
 Porter, 217  
 Portland, 315  
 Poulle Emmanuel, 333  
 Praga, 238, 321  
 Pressberger Rudolf, 183  
 Price de Solla Derek, 333  
 Price de Solla derek, 31  
 Price Derek de Solla, 29  
 Psammetico II, 235  
 punto equinoziale, 27

Radrizzani Aldo, 297  
 Raffaello Sanzio da Urbino, 190, 248  
 Rapisarda Francesco, 257  
 Reggio Emilia, 22  
 Regifugium, 98  
 Rice Bob S., 333  
 Richelieu Armand-Jean du Plessis de, 254  
 Riemann Bernhard, 162  
 Rigutti Mario, 333  
 Road Brunel, 333  
 Robusti Domenico, 172  
 Rockefeller Foundation, 183  
 Rodi, 95, 261, 262  
 Rodolfo II d' Asburgo, 118  
 Roero Salluzzo Diodata, 189  
 Roi Lorenzo, 333  
 Roland georges, 53  
 Roma, 152, 321  
 Romano Bartolomeo, 266  
 Romano Giuliano, 333  
 Romolo, 96, 272  
 Ronchey Silvia, 189, 333  
 Ronchi Vasco, 333  
 Rose Wickliffe, 183  
 Roy Diffrient, 282  
 Rufini Enrico, 333  
 Ruggero di Hereford, 177  
 Russia, 291

Russo Lucio, 32, 333  
 Sabbatier Armand, 273  
 Saint-Louis, 315  
 Sakkas Iannis, 46  
 Salah, 38  
 Salisburgo, 183, 216  
 Salonicco, 100, *vedi* Tessalonica  
 Samarcanda, 305  
 Samo, 95  
 San Francisco, 56  
 sant'Agostino, 137  
 Santa Maria Novella, 151  
 SAO/NASA (The SAO/NASA Astrophysics Data System), 1  
 Saratov, 172  
 Savona, 83  
 Schaefer Bradley E., 334  
 Schleiden Matthias Jakob, 22  
 Schmidt Maarten, 13  
 Score Roberta, 19  
 Seip Stefan, 320  
 Sekanina Zdenek, 299  
 Seneca Lucio Anneo, 334  
 Senmut, 67  
 Senofonte, 94  
 Sergio Natalizia, 250  
 Sesto Empirico, 54  
 Seti I, 67  
 Settimio Severo, 272  
 Settimio Severo Lucio, 18, 282  
 Severino Nicola, 334  
 Shang, dinastia, 107  
 Shapley Harlow, 331  
 Shiraz, 16  
 Shoemaker Eugene Merle, 334  
 Siberia, 297–302  
 Sidgwick G. B., 334  
 Sigismondi Costantino, 334  
 Sigismondo d'Austria, 146  
 Silicon Valley, 22  
 Silio Italico, 46  
 Sinesio vescovo, 190  
 Sisto V, 272, 282  
 Siviglia, 38  
 Smart W. M., 334  
 Smirne, 24  
 Smith Adam, 136  
 Smith Bradford, 188  
 Smith Caleb, 63  
 Smith John, 334  
 Smith Randy W., 229  
 Smith W. Randy, 334  
 Sobolev Vladimir Stepanovich, 195  
 Società delle Nazioni, 109  
 Socrate, 24, 190  
 Socrate scolastico, 191  
 Sofocle, 33  
 Sole, 27  
 Solinas Fernando, 331  
 Solino Giulio Gaio, 126  
 Solone, 94  
 Somerville Boyle, 41  
 Songia Eugenio, 255  
 Sostrato di Cnido, 18  
 Spalato, 156  
 Sparta, 94  
 Stagira, *vedi* Aristotele  
 Stamtis Evengelos, 46  
 Statis Valerios, 28  
 Steigmann G. A., 334  
 Stintfang, *vedi* osservatorio di Amburgo  
 Stokes Navier, 304  
 Stoppa Piero, 334  
 Strabone di Amasea, 334  
 Stryk Ted, 61  
 Suresnes, 201  
 Svetonio, 97, 272  
 Svetonio Gaio Tranquillo, 270, 334  
 Tacito Publio Cornelio, 334  
 Taki Toshimi, 123, 259  
 Talavera, *vedi* Fernando di Talavera  
 Tarquinia, 87  
 Tarquinio Prisco, 97  
 Tartaglia Nicolò, 49, 264  
 Tartu, 195  
 Tatun J. B., 231  
 Tavolaro Aldo, 334  
 Taylor Geoffrey Ingram, 303  
 Tempesti Piero, 334  
 Teocrito, 87  
 Teodosio, 17, 32, 100, 189, 190, 237  
 Teofilatto Simocatta, 136  
 Teofilo, 190  
 Teofrasto, 246  
 Tertulliano, 233  
 Tertulliano Quinto Settimio Fiorente, 334  
 Tessaglia, 95  
 Tessalonica, *vedi* Leone di Tessalonica  
 Tessalonica, editto di, 100  
 Tessalonica, editto di -, 190  
 Teucro, 286  
 texerau Jan, 334  
 Thom Alexander, 41  
 Thor, 101  
 Thorn, 135  
 Tiberio Giulio Cesare Augusto, 207, 270  
 Timeo, 27  
 Timostene, 88  
 Tiraboschi Girolamo, 216  
 Tiridate, 105  
 Tiro, 247  
 Tito Flavio Clemente, 18  
 Tito Livio, 46, 331  
 Toledo, 174  
 Tolomeo Claudio, 335  
 Tolomeo I (Soter), 16, 18, 159  
 Tolomeo II (Filadelfo), 18  
 Tolomeo III, 96  
 Tommaso da Modena, 248  
 Tomsk, 195  
 Torelli Giuseppe, 328  
 Torino, 83, 274  
 Torriano Gianello, 60  
 Torriani Jannello, 87  
 Toscanelli dal Pozzo Paolo, 137  
 Traiano Marco Ulpio Nerva, 250  
 Trento, Concilio di, 102

Trento, concilio di, 103  
 Treviri, 146  
 Troillus, 190  
 Tucidide, 94, 95, 335  
 Tucson, 133  
 Tuditano Sempronio, 96  
 Tull A. J. T., 331  
 Tupolev Andrej, 195  
 Tylor John, 126  
 Tyr, 101  
 Tzetzes Giovanni, 46  
 Tøndering Claus, 255

Ugo di Provenza, 248  
 UNESCO, 114  
 Università del Michigan, 27  
 Università dell'Arizona, 57  
 Università della Louisiana, 334  
 Università di Bayreuth, 123  
 Università di Bologna, 22, 122, 135, 216  
 Università di Catania, 206  
 Università di Clermont-Ferrand, 149  
 Università di Cornell, 52  
 Università di Ferrara, 90  
 Università di Groningen, 194  
 Università di Heidelberg, 124  
 Università di Jena, 185  
 Università di Kazan, 195  
 Università di Kiel, 298  
 Università di Leningrado, 21  
 Università di Liverpool J. Moores, 224  
 Università di Los Angeles, 4  
 Università di Modena, 213  
 Università di Modena e Reggio Emilia, 22  
 Università di Napoli, 83  
 Università di Oxford, 273  
 Università di Padova, 59, 78, 216  
 Università di Perugia, 137, 208  
 Università di Pisa, 151, 206  
 Università di Pittsburg, 19  
 Università di Roma, 235  
 Università di Roma (La Sapienza), 133  
 Università di Sidney, 31  
 Università di Tartu, 238  
 Università di Tolosa, 83  
 Università di Tomsk, 195  
 Università di Torino, 259  
 Università di Trieste, 182  
 Università di Tubinga, 184  
 Università di Valencia, 224  
 Università di Yale, 29  
 Università Roma 3, 91  
 Urbano IV, 111  
 Urbano VIII, 296  
 Urbino, *vedi* Raffaello  
 Ursini Alessandro, 321  
 Uruk, 67

Vagnozzi Antonio, 289  
 Valerio Massimo, 46  
 Valgarnera Giuseppe, 257  
 Valla Giorgio, 49  
 Vanavara, 301

Varrone Marco Terenzio, 271  
 Vasilyev Nikolai Vladimirovic, 299  
 Venezia, 65, 69, 83, 173  
 Verma Surendra, 298  
 Verne Jules, 297  
 Verniani Franco, 335  
 Veroli, 99  
 Vespucci Amerigo, 77  
 Višnjan, 300  
 Vicentini Massimo Mogi, 335  
 Vicentini Mogi Massimo, 31  
 Vico Giovan Battista, 85  
 Vienna, 69, 216, 274, 319, 320  
 Virgilio Publio Marone, 271  
 Visconti Galeazzo, 60  
 Visignano, 300  
 Vitali Carlo, 329, 331  
 Vitali Guido, 331  
 Vitruvio Marco Pollonio, 335  
 Vittorio Emanuele I, 259  
 Vittorio Emanuele II, 152  
 Volta Alessandro, 77  
 Voltaire, 189  
 Vos Math, 243  
 Vulcano, 33  
 Vulfing, monte, 299

Waland Robert L., 335  
 Walker Christopher, 335  
 Walker Christopher, 335  
 Wallingford Museum, 313  
 Walseemüller Martin, 259  
 Warmia, 135  
 Washington, 279  
 Watt governor, 313  
 Watzenrode Lucas, 135  
 Wearmouth, 77  
 Webb James, 314  
 Weeber Karl-Wilhelm, 335  
 Wicks Charlie, 231  
 Wildgen Woldang, 335  
 Wildgen Wolfgang, 335  
 Wilhelms Don E., 335  
 Willstropp R. V., 335  
 Wilson Ray N., 335  
 Wright Michael, 31  
 Wright Michael T., 335  
 Wright Shawn Patrick, 335  
 Wun, imperatore - , 107

Xanthakis John, 131  
 Xia, dinastia - , 107  
 Ximenes Leonardo, 168

Yenisei, 299

Zamparelli Carlo, 335  
 Zelada Francesco Saverio, 133  
 Zelandenus, 60  
 Zenodoto di Efeso, 17  
 Zeuthen Hieronimus Georg, 50  
 Zhou, dinastia - , 107  
 Zonaras Giovanni, 46  
 Zoroastro, 17, 94

## Colophon

Questo documento è stato composto e impaginato con il sistema di tipocomposizione pdf $\TeX$  che Hàn Thé Thàn ha sviluppato partendo dal programma  $\TeX$  creato da Donald E. Knuth; il mark-up usato è quello definito dallo standard  $\LaTeX$  sviluppato da Leslie Lamport. La classe del documento è `dictionarySCR` sviluppata da Claudio Beccari e Heinrich Fleck basata sulla classe `scrbook` di Markus Kohm. Il testo è composto in corpo 9/11.

I caratteri usati sono quelli della collezione `txfonts` che contiene i Times e $X$ tended e varianti degli Helvetica e dei Courier; tutti questi font comprendono le varie forme tradizionali (tondo e corsivo oppure inclinato) e serie (media e nera estesa) ma la famiglia con grazie comprende anche il maiuscoletto vero; la collezione ha una dotazione molto ricca di font matematici che si accordano al testo composto in tondo. Per il greco sono stati usati i caratteri della collezione `CBfonts`, disegnati da Claudio Beccari; la collezione comprende tutte le forme e serie di cui dispone la collezione `txfonts`, ma dispone anche di una ulteriore forma inclinata ispirata a certi tipi metallici usati in alcune tipografie di Lipsia. Mediante una opzione è possibile sostituire i font greci della collezione `CBfonts` con i font greci del pacchetto `txfontsb` che si accordano meglio con i font Time e $X$ tended, ma non sono completi come i `CBfonts`; all'occorrenza i glifi mancanti sono ancora ricavati dalla collezione `CBfonts`.

Tutti questi programmi, file e collezioni di caratteri fanno parte di ogni distribuzione del sistema di tipocomposizione  $\TeX$ , disponibile come software libero nella Rete degli Archivi Completi di  $\TeX$ : <http://www.tug.org/ctan.html>.

Per la scrittura dei testi e l'elaborazione dei file ci si servì di un vecchio portatile PC ASUS del 2005 con un 1 GB di RAM, di cui 120 MB usati dalla scheda video, su cui, stanco della miriade di distribuzioni Linux, ho installato – senza condivisione con altri OS – il sistema operativo Free-BSD release 9.0.

\*\*\*\*\*

*Terminato di impaginare nel mese di XXXX del XXXXX*

