

Heinrich F. Fleck

Dizionario di Astronomia
di discipline e tecniche correlate

Presentazione

QUESTO 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 \LaTeX 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 «cassegrain», «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 φ indica l'ascensione retta, δ 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 e www.atoptics.co.uk/opod.htm;

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

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

BABAK TAFRESHI, 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

Data - Luogo

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.

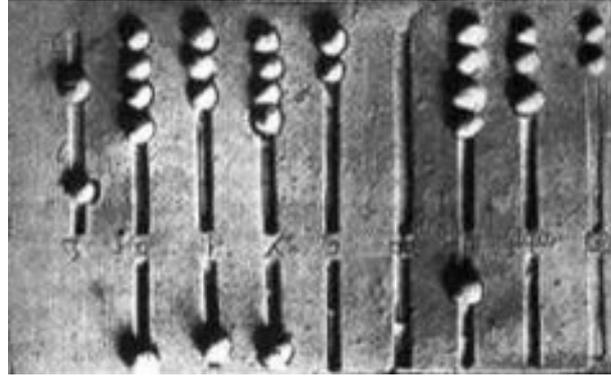
AAO Acronimo di → **Anglo-Australian Observatory**.

AAVSO Acronimo di *American Association of Variable Star Observers*, 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 *pallottoliere*, 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 quindi 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 \rightarrow 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'iniziativa 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.

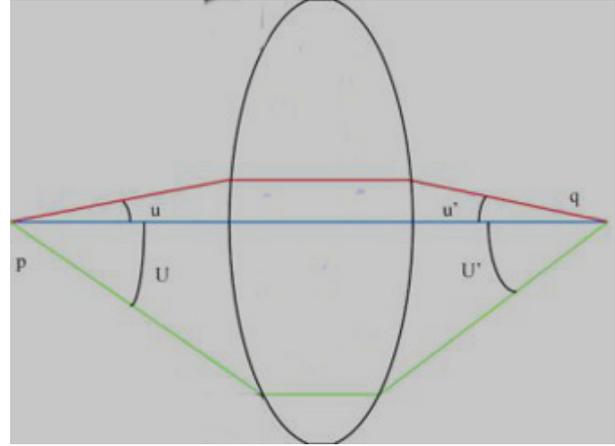
Sviluppata da E. Abbe nei suoi relativi al perfezionamento del microscopio, la condizione nota anche come *condizione del seno di Abbe*, si esprime come

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

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: \rightarrow **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 δ *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⁺ 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 Green Bank alla lunghezza d'onda di 6,21 cm evidenziarono la presenza della formaldeide (formula bruta: CH₂O) 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 μ m, ed in varie altre lunghezze d'onda, significando così l'esistenza di almeno due popolazioni di polvere interstellare, una a 100 μ m, 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**.

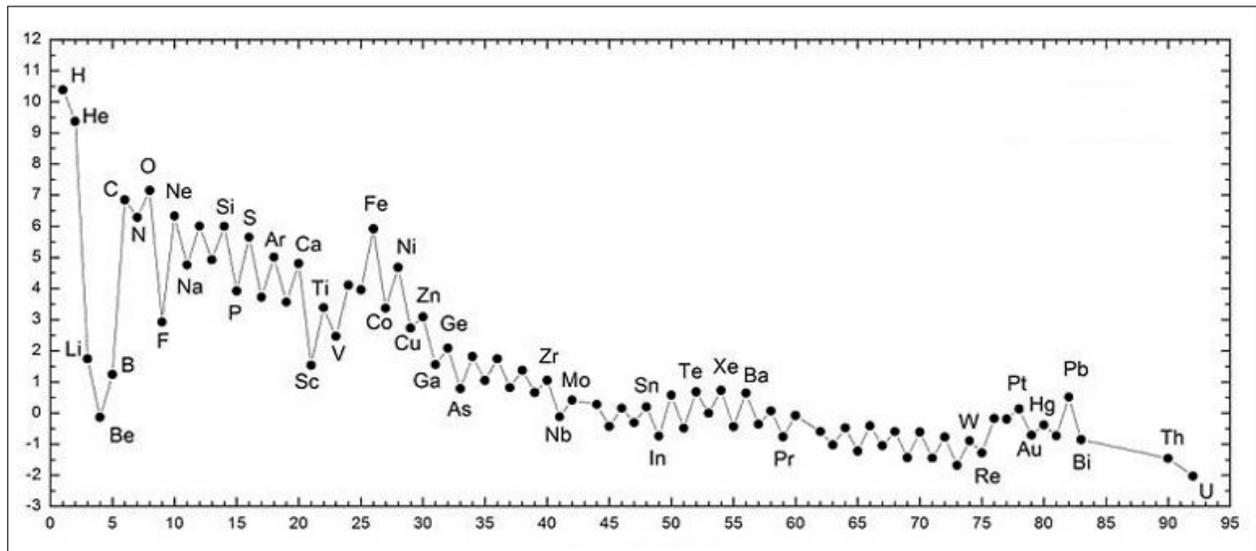
Queste creazioni a catena, sulla base delle nostre attuali conoscenze, si arrestano al ferro: gli altri elementi più pesanti e più complessi sembrano originati dalla → *supernovae*.

► *Abbondanze stellari.* Una prova indiretta di questo modello evolutivo la si trarrebbe dalla considerazione che le stelle più antiche, quelle createsi 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 (1) Spostamento apparente di un corpo rispetto alla reale posizione occupata nella sfera celeste ove sarebbe effettivamente visto da un osservatore immobile nello spazio.

Dopo le determinazioni delle → parallassi annue delle stelle effettuate da Struve, Bessel ed Henderson (prima metà del XIX secolo), la scoperta dell'aberrazione astronomica e la determinazione del valore della sua costante, costituì un'ulteriore prova del moto di rivoluzione della Terra intorno al Sole.

Il fenomeno origina dalla velocità finita della luce, che propagandosi in modalità non istantanea comporta un ritardo nella ricezione delle immagini, e l'osservazione va corretta allora di un secondo ogni 300 000 km di lontananza dell'oggetto osservato. In conseguenza gli strumenti vanno corretti dell'entità di scarto originata dal fenomeno, al pari di altre correzioni di diversa origine (rifrazione) che pure si rendono necessarie.

In dipendenza dell'oggetto osservato ed a seconda del variare delle distanze e del moto, si parla di aberrazione stellare, planetaria, diurna.

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

■ *Aberrazione stellare.* compiutamente individuato e descritto soltanto nel 1728 da James Bradley.

aberrazione ottica (2)

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

■ *Introduzione.* Le immagini prodotte dai sistemi ottici, calcolate col modello geometrico dei raggi rettilinei quando la sorgente è costituita da un punto raggianti, vengono definite come il vertice del cono dei raggi emergenti dal sistema ottico. Tuttavia, per lo più il fascio uscente non è conico, anzi, nel caso di lenti non lo è mai rigorosamente. Si conviene di dire però che l'immagine esiste ugualmente ma che è affetta da aberrazione. Anche prescindendo dalle deformazioni dovute ad irregolarità delle superfici rifrangenti o riflettenti, una sorgente puntiforme nello spazio-oggetto (punto raggianti) non dà sempre un unico punto coniugato nello spazio-immagine (punto luminoso), bensì una figura piana od anche solida.

Se queste deformazioni hanno luogo solo per sorgenti situate sull'asse ottico, le aberrazioni si dicono assiali, altrimenti si dicono extrassiali. Le aberrazioni assiali sono due: l'aberrazione sferica e quella cromatica assiale. Le aberrazioni extrassiali sono: il coma, l'astigmatismo, la curvatura di campo, la distorsione e la cromatica extrassiale.

■ *Aberrazione sferica assiale.* L'aberrazione sferica assiale è dovuta al fatto che le zone marginali di una lente (o di uno specchio sferico) fanno convergere la radiazione su punti dell'asse più vicini alla lente (od allo specchio del punto dove converge la radiazione proveniente dalla zona centrale).

Da ciò deriva che invece di avere la radiazione concentrata in un punto luminoso, si ha concentrazione della radiazione su di una figura solida simmetrica rispetto all'asse ottico; tale figura si dice caustica. Rivelando tale immagine su di un piano normale dell'asse ottico (schermo opale, lastra fotografica,...) non si ha per alcuna posizione dello schermo un'immagine puntiforme, ma sempre un dischetto che raggiunge per una certa posizione un raggio minimo.

L'aberrazione sferica assiale si corregge usando due lenti, una positiva ed una negativa; resta però sempre una residua aberrazione detta aberrazione sferica zonale. L'aberrazione sferica in ogni caso si può sempre ridurre a valori accettabili, diaframmando opportunamente le zone più periferiche.

Abetti Antonio (1846 - 1928) Astrofisico italiano. Compì gli studi a Padova dove restò sino al 1893 occupandosi di eclissi,

planetini 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 planetini, 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 Berlino 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. Hale con il quale intrattenne anche in seguita 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 sciame 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 possono 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 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.

Acamar ϑ 1, dati e caratteristiche all'equinozio 2000

φ	02h 58min 15,69s	δ	-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
π	28,00 ± 11 _M	ly	120	M			2,5 ± 1
Design.: HD 18622, HIP 13847, HR 897, FK5 106, NSV 01002, CCDM J02583-4018A, SAO 216113, WDS 02583-4018a							

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 (θ 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

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 riviviscenza 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'attrarre 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 formata 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'accrescimento 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.

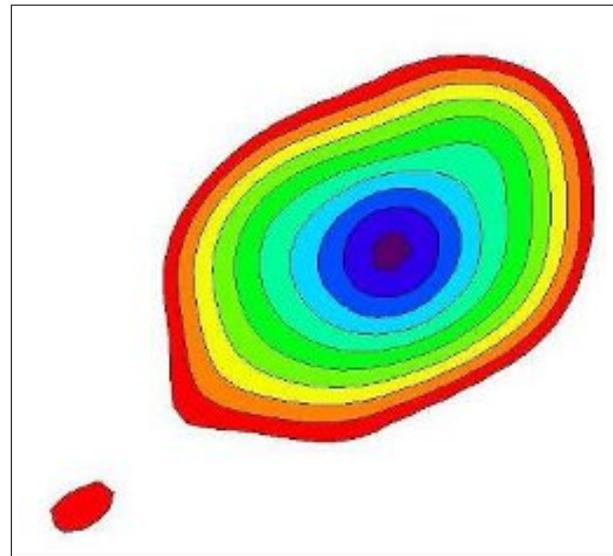
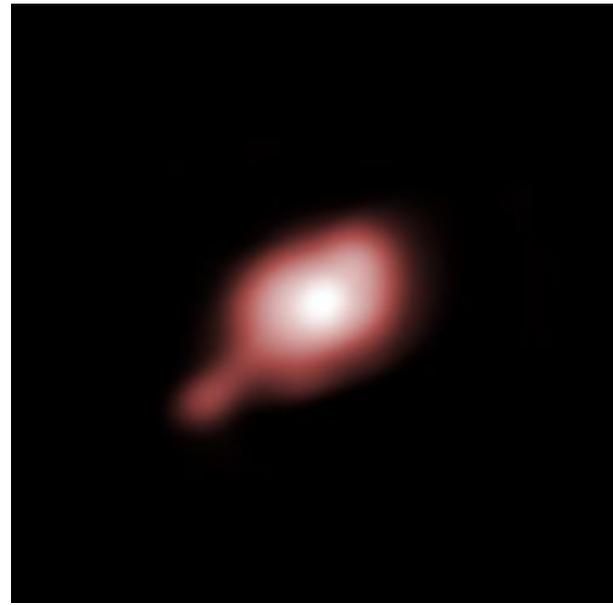
accrezione, disco I primissimi lavori teorici (Oppenheimer, Chandrasekar, per non risalire al lavoro di Pierre Simon de Laplace del 1799) che concorsero a costituire le basi della fisica dei buchi neri furono motivati da considerazioni di tipo astrofisico. È curioso notare però che i buchi neri non furono 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.

Quando si parla della teoria "astrofisica" dei buchi neri, è necessario porre una certa demarcazione che la distingua 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.

- ▼ 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



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'accrescimento di un buco nero supermassiccio, avente cioè massa superiore alle 10⁶ - 10⁸ 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 10⁶ - 10⁸ masse solari), l'idea dell'accrescimento 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 cuspidale localizzata nel piano

equatoriale. L'importanza fisica di questa cuspidale 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 cuspidale, 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.

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].

Achernar, dati e caratteristiche all'equinozio 2000					
φ	01h 37min 42,85s	δ	-57° 14' 12,31"	$M_{ap}0,50$	$M_{as} - 2,77$
C_s	B3Vpe	U-B	-0,67	B-V	0,16
π	$22,68 \pm 0,57_M$	ly	144 ± 4	M	6-8
Design.: HR 472, HD 10144, SAO 232481, FK5 54, HIP 7588					

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 (α 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 $< 30^\circ$. 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.

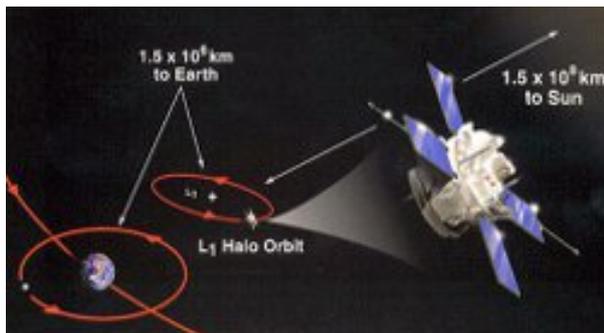
Achille Asteroide appartenente alla famiglia dei **troiani** troiano, il primo di questa ad essere scoperto da **M. Wolf** nel 1906. Ha un diametro di circa 147 km ed un'albedo = 0,0328.

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. Schiaparelli** 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 $3,4 \text{ g/cm}^3$, 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 metalloidi, con una netta



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

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*, *Diogeniti*. 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**.

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.

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

acronica, levata Dal greco ἀκρόνουχος, 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 (α 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 (α^1 α^2) sono agevolmente separabili anche con strumenti di piccole-medie dimensioni, ed appartengono alla classe spettrale B; α^1 è una binarie spettroscopica: → **binarie**. La magnitudine apparente del sistema è 0,83.

Acubens (α 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 → **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 lui 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 α **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 → **ottica adattiva**.

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

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

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 po 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 (ϵ 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 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.

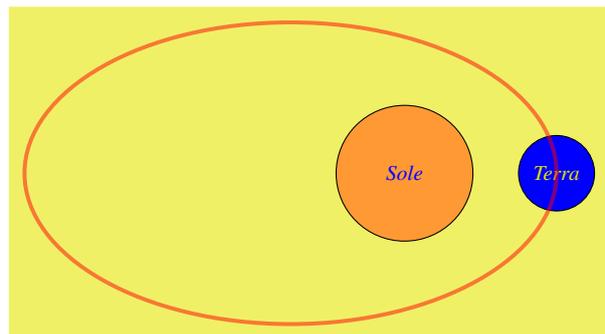
adiabatico Termine proprio della termodinamica con il quale s'intende un sistema chiuso che con l'ambiente esterno può scambiare soltanto lavoro, non calore o materia. In astronomia si ricorre ai sistemi adiabatici per cercare di spiegare i meccanismi dei gas delle stelle e dei pianeti.

Adonis Asteroide Apollo scoperto nel 1936 dal belga E. Delporte: riavvistato nel 1977 prese il numero d'ordine 2101. Appartiene agli asteroidi denominati → 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 epicyclo 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.

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



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 → **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 **acondriti**.

aeronomia Branca della geofisica che s'occupa dei fenomeni chimici e fisici dell'atmosfera terrestre che si verificano ad oltre 30 km dal suolo (oltre la → 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.

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 ed $\eta\lambda\iota\omicron\varsigma$ (intorno al Sole). La linea immaginaria che congiunge afelio e perielio è detta linea degli apsi.

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**.

Agenzia Spaziale Europea → **ESA**.

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.

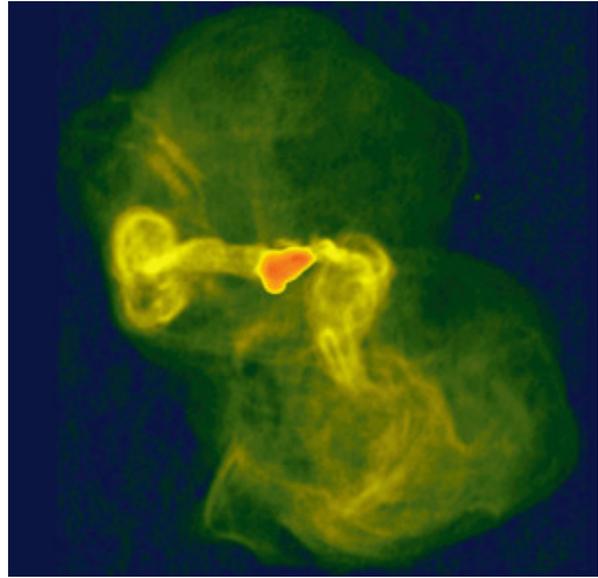
- *Le galassie di Seyfert*
- *Le Radiogalassie*
- *I Quasars*
- *Oggetti BL Lacertae*
- *Modello standard e unificazione degli AGN*

■ *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

▼ 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.



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}WHz^{-1} .

Se consideriamo il grafico in scala logaritmica della distribuzione di potenza emessa ($F_\nu \nu$) in funzione della frequenza (ν), 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 α ($F_\nu \propto \nu^\alpha$) 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 \rightarrow 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} 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} 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 irricognoscibile.

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 \rightarrow 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

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



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 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].

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.

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 17 000 stelle doppie, compresi i sistemi binari.

Il contributo di R. Aiken fu fondamentale: da solo scoprì oltre 3000 stelle doppie e centinaia di sistemi binari.

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° 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 coscante.

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.

Albategnius → al-Battani Abu'Abdullah.



▲ Il meteorite Ahnighito; Museo Geologico di Copenhagen

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



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), termine introdotto in ottica nel 1760 da J. H. Lambert [165] che formulò la relativa espressione.

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

■ *Definizione, misura, tipologie.* Una radiazione luminosa incidente su una superficie con capacità riflettente rinvia parte del flusso luminoso ricevuto secondo le proprie particolarità costitutive. Il rapporto fra luce incidente e luce riflessa è detto coefficiente di riflessione ed è espresso dalla relazione

$$A = IF$$

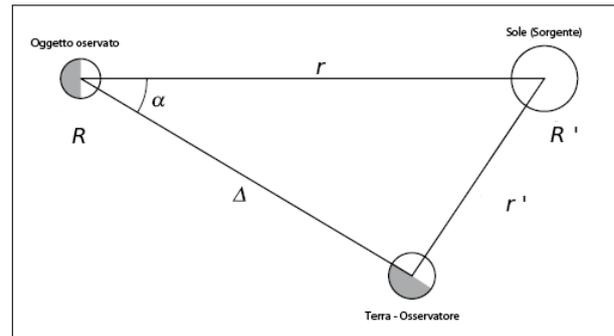
, dove (A) rappresenta il coefficiente di riflessione, F l'intensità della luce incidente e I l'intensità della luce riflessa.

Il valore della frazione di luce riflessa dipende dalle dimensioni del corpo, dalla distanza rispetto all'osservatore, dalla capacità di riflettanza della superficie (corpo più o meno opaco), e dalla lunghezza d'onda della radiazione considerata. Se non sono specificati valori, l'albedo si intende riferita alla luce visibile.

L'albedo (misurabile con tecniche fotometriche) si esprime in termini numerici da 0 ad 1: quando nessuna frazione di luce incidente è riflessa l'albedo è $A = 0$, quando tutta la luce è riflessa l'albedo è $A = 1$; oppure in percentuali ponendo $1 = 100\%$. Secondo questa scala, la Terra (albedo media $A = 0,37 - 0,39$) presenta un'albedo $A = 36\% - 39\%$.

In astronomia l'albedo indica la brillantezza dei corpi celesti passivi (Luna, pianeti, asteroidi, ...) che riflettono la luce solare,

▼ Albedo ed angolo di fase



e l'albedo rileva in quanto se assoluta può essere indicatore della presenza di ghiaccio su oggetti del sistema extrasolare. Uno dei più alti valori conosciuti di albedo è quello del satellite di Saturno **Enceladus**, con circa il 99% di radiazione riflessa.

L'albedo riveste un rilevante ruolo anche nello studio del mutamento delle condizioni climatiche terrestri.

Questi i valori di albedo per i pianeti del sistema solare: Mercurio = 0,12, Venere = 0,64, Marte = 0,15, Giove = 0,42, Saturno = 0,45, Urano = 0,46, Nettuno = 0,53, Plutone = 0,45.

■ *Tipologie di albedo.* Si danno due tipologie di albedo: una, caratteristica della banda V (visibile) che misura la brillantezza di un corpo quando l'illuminazione rimanda direttamente la radiazione riflessa all'osservatore, cosiddetta *albedo geometrica*; l'altra chiamata *Bond-albedo* (o anche *albedo sferica*), dall'astronomo americano **G. P. Bond**, che misura il rapporto fra l'energia radiante ricevuta da un corpo e l'energia riflessa in tutte le direzioni.

L'albedo geometrica è caratterizzata da un angolo di fase nullo: $A = I(\theta) F$; nella Bond-albedo è significativo l'angolo α , con vertice sul corpo illuminato (vedi figura Pag. 16) formato dal triangolo sorgente-corpo-osservatore. L'albedo geometrica è spesso associata all'idea di un'immaginaria superficie riflettente, una superficie assolutamente bianca che riflette in tutte le direzioni; questa superficie (puramente teorica) prende il nome di *superficie lambertiana*, ed è una costruzione che deriva dall'esperienza e dal lavoro in ottica di Lambert.

Albedo geometrica e Bond-albedo sono legate fra loro dalla relazione

$$A = pq$$

dove p rappresenta l'albedo geometrica e q l'integrale di fase espressa come segue.

Data una zona qualsiasi di una superficie sferica d'estensione $d\alpha$ ed angolo medio α , varrà la relazione

$$2\pi r d(1 - \cos \alpha) = 2\pi r \sin \alpha d\alpha = 2\pi d \sin \alpha d\alpha. \quad (3)$$

Ammissa una sfera di raggio $R = 1$, la superficie sarà

$$2\pi \int_0^\pi \sin \alpha d\alpha = 4\pi \quad (4)$$

Per ottenere il valore della riflessione totale ogni zona del corpo deve essere moltiplicato per una funzione di riflettività dell'angolo di fase, e posto che nella teoria di riflessione per una superficie emisferica la funzione è $\phi = 1$, si ha

$$\int_0^\pi \sin \alpha d\alpha = 2 \quad (5)$$

Il fattore di riduzione dell'albedo geometrica in albedo sferica è dunque:

$$q = \int_0^\pi \phi(\alpha) \sin \alpha d\alpha \quad (6)$$

e non può eccedere 2.

L'albedo sferica di un pianeta (riflessione totale della luce su un'intera sfera per l'angolo di fase $\alpha = 0$ in piena fase), va moltiplicata per l'albedo geometrica per ottenere l'albedo sferica normale.

► *albedo-magnitudine*. Esiste anche una relazione fra albedo astronomica, magnitudine assoluta e diametro, espressa dalla relazione:

$$A = \left(\frac{1329 \times 10^{-M/5}}{D} \right)^2$$

dove A esprime l'albedo astronomica, D il diametro in km del corpo osservato, M la magnitudine assoluta.

► *albedo - TLP; parametri di Hapke*. Dal momento che i → Lunar Transient Phenomena sono variazioni d'albedo sulla superficie della Luna generati da probabili emissioni gassose, l'albedo di zone della Luna ove maggiormente i fenomeni si verificano, è un efficace indicatore di questi.

Con questo termine (parametri di Hapke) s'intendono una serie di parametri elaborati da Bruce Hapke (→ Hupke, parametri di -) relativi ad un modello sperimentale usati per descrivere le proprietà di riflessione direzionale per corpi del sistema solare.

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.

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.

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.

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

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

ALH84001 → **Allan Hills 84001**.

Alhena (γ 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 *traguardi* 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 (ϵ 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,

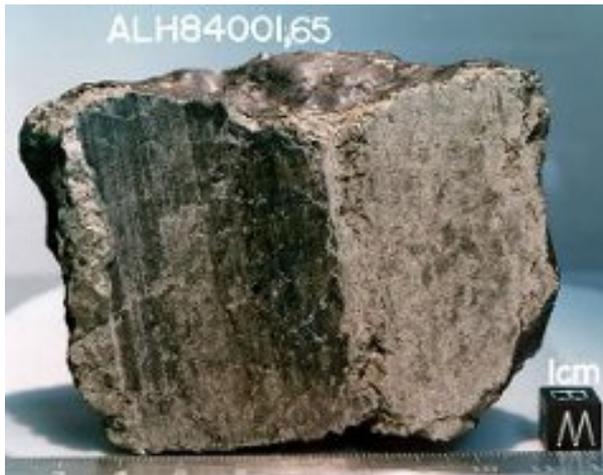
Alkaid Stella η Ursae Majoris di magnitudine visuale 1,85, distante 10 al e tipo spettrale B3 V.

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

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.

▼ Il meteorite ALH84001, da *Encyclopedia of meteorites*



▼ Il meteorite Allende, foto di M. Chinellato



Allen Telescope Array Osservatorio radioastronomico della California noto in sigla come ATA, costituito da un → array di 350 antenne, di 6 m di diametro ciascuna, dedicato alla ricerca → 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 km². 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 → 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 (Al₂O₃), l'ibonite (CaAl₁₂O₉), la perovskite (CaTiO₃), l'anortite (CaAl₂SiO₈) 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 questo punto di vista il meteorite è considerato una sorta di *stele*

di Rosetta [199].

Il sezionamento del meteorite mostra un interno di colore grigio-scuro con condrule di qualche millimetro di diametro costellate 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**.

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 γ 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.

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 sviliva 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 (α), la declinazione (δ), 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 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**.

altazimutale, montatura Sistema meccanico per la movimentazione degli strumenti ottici costituito di due assi (altezza ed azimuth) muovendo i quali è possibile inquadrare ed inseguire l'oggetto osservato. Il sistema è comune a strumenti di rileva-

zione terrestre come il **teodolite**, ed a strumenti astronomici: → **montatura**.

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 ampliato 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 correttiva 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 → **AAVSO**.

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.

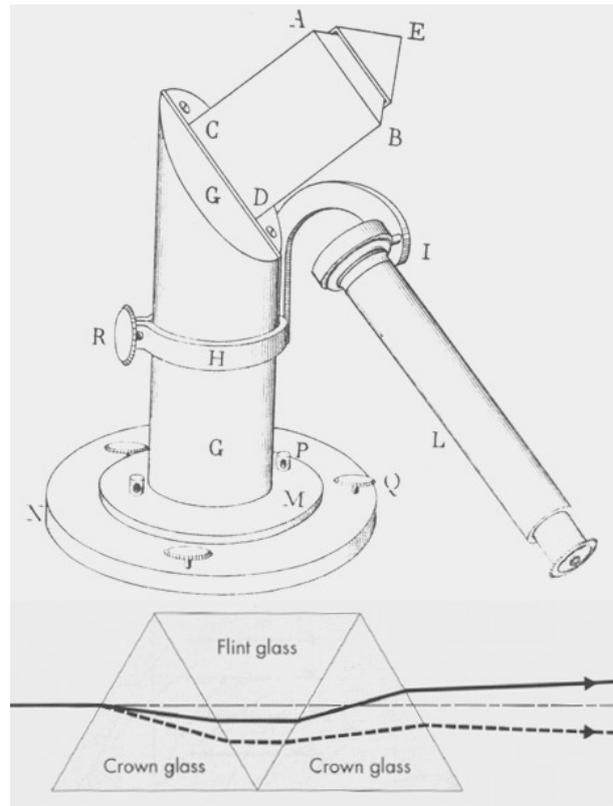
La fama di Amici è collegata soprattutto alle innovazioni introdotte nel campo dell'ottica, disciplina cui si dedicò dal 1825, anche perché furono proprio i progressi che realizzò in questa scienza che gli permisero di raggiungere innovativi risultati nelle scienze astronomiche e naturali.

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 a 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

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



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 iconantidiplica*, ossia immagini che si muovono incontro, illustrato nel 1855 su *Il nuovo cimento* [8]. 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 assume 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 piani paralleli, 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 rifrattometri, 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.

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.

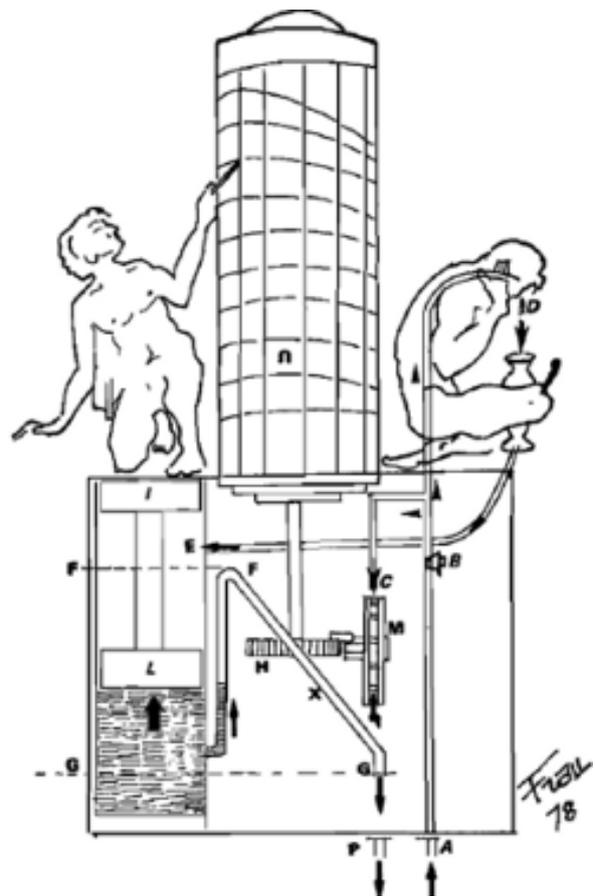
analettico, calendario Si dice *analettico* un calendario che considera gli eventi come se si fossero sempre svolti secondo quella calendarizzazione.

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

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 introducendo 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. 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



- ▲ 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.

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 acquisarono 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 teoria 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.

AdAnassagora è dedicato sulla Luna il 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 proponenti 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 $\alpha\pi\epsilon\iota\sigma\tau\omicron\nu$, 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**.

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

▼ Anemoscopio Boscovich conservato a Pesaro presso il Museo Olivierano



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 Beteulgesse. Anderson lavorò ancora attivamente allo *sbozzamento* ed alla politura del menisco di 5 m del Telescopio Hale di Monte → **Palomar**.

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.

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.

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

angstrom → Å.

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 1',6 nel senso medesimo del moto terrestre, e perciò l'anno anomalistico è più lungo di quello siderale di 4 m 43 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.

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 m 15 s più corto di 365 d 6 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 con-

secutivi del Sole per il nodo ascendente dell'orbita lunare. La durata dell'anno draconico all'epoca 1900.0 era di 346 d 14 h 52 m 50s,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 $+ 2s,8 T$.

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 d,2568986 in giorni di effemeridi, e cioè 365 d 6 h 9 m 56s,04

anno giuliano Il valore medio calcolato su 4 anni dell'anno del calendario giuliano, e vale esattamente 365 d 6 h = 365 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 365d 6h 9m 9s,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 $0 s.01 T$, 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 d 5 h 48 m 45s,98.

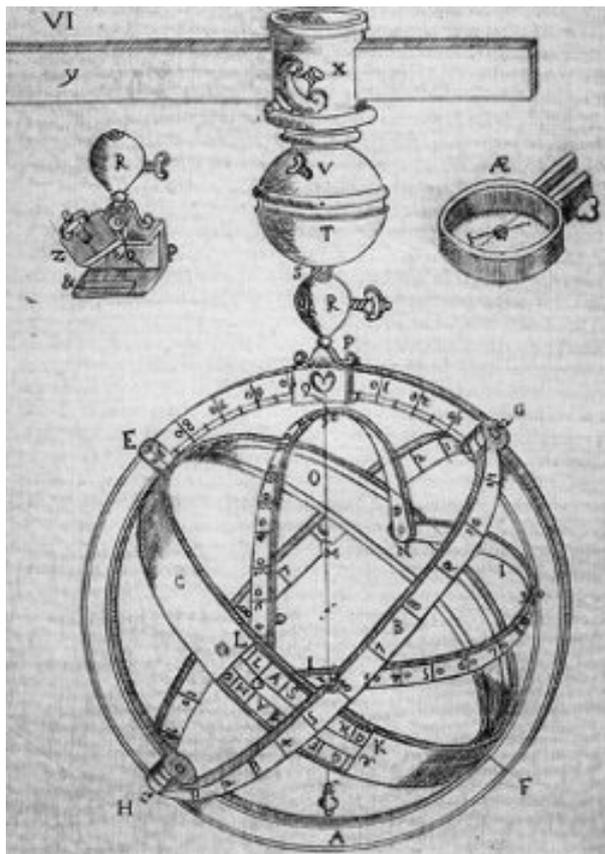
Poiché le stagioni dipendono dalla posizione della Terra (o del Sole se si parla in termini di moto apparente) rispetto ai punti equinoziali, le stagioni sono in fase con l'anno tropico e non con quello siderale. Perciò l'anno civile si basa sull'anno tropico.

La differenza fra i due anni è di soli 20 m 14 s, però, se non se ne tenesse conto e ci si basasse per il calendario



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

▼ Annulo sferico.



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

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.

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.

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 dovettero 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*

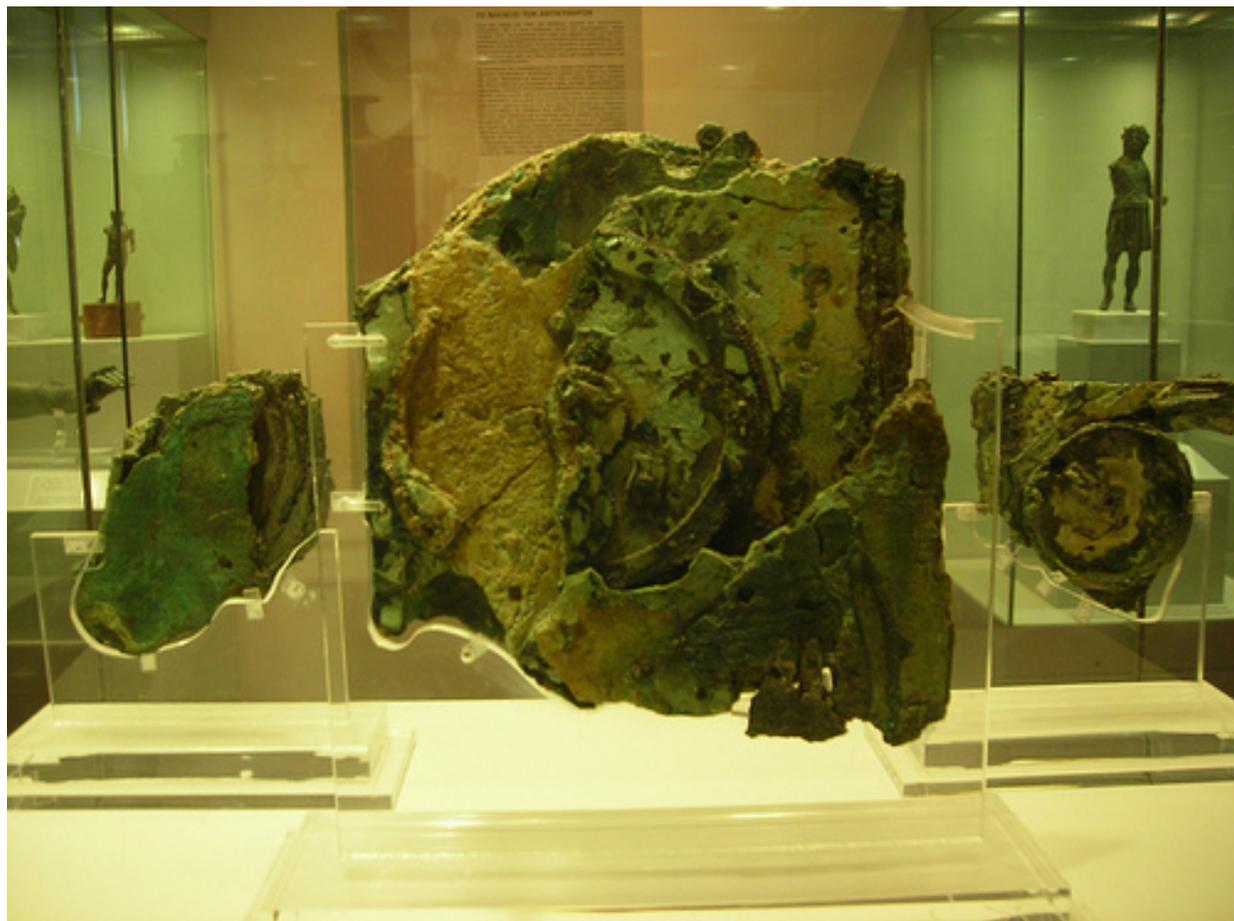
■ *Conclusioni*

■ *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 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 clausu 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. Stais 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

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



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 e Solla.* Il contributo risolutivo alla comprensione giunse con il lavoro del prof. D. Price e 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

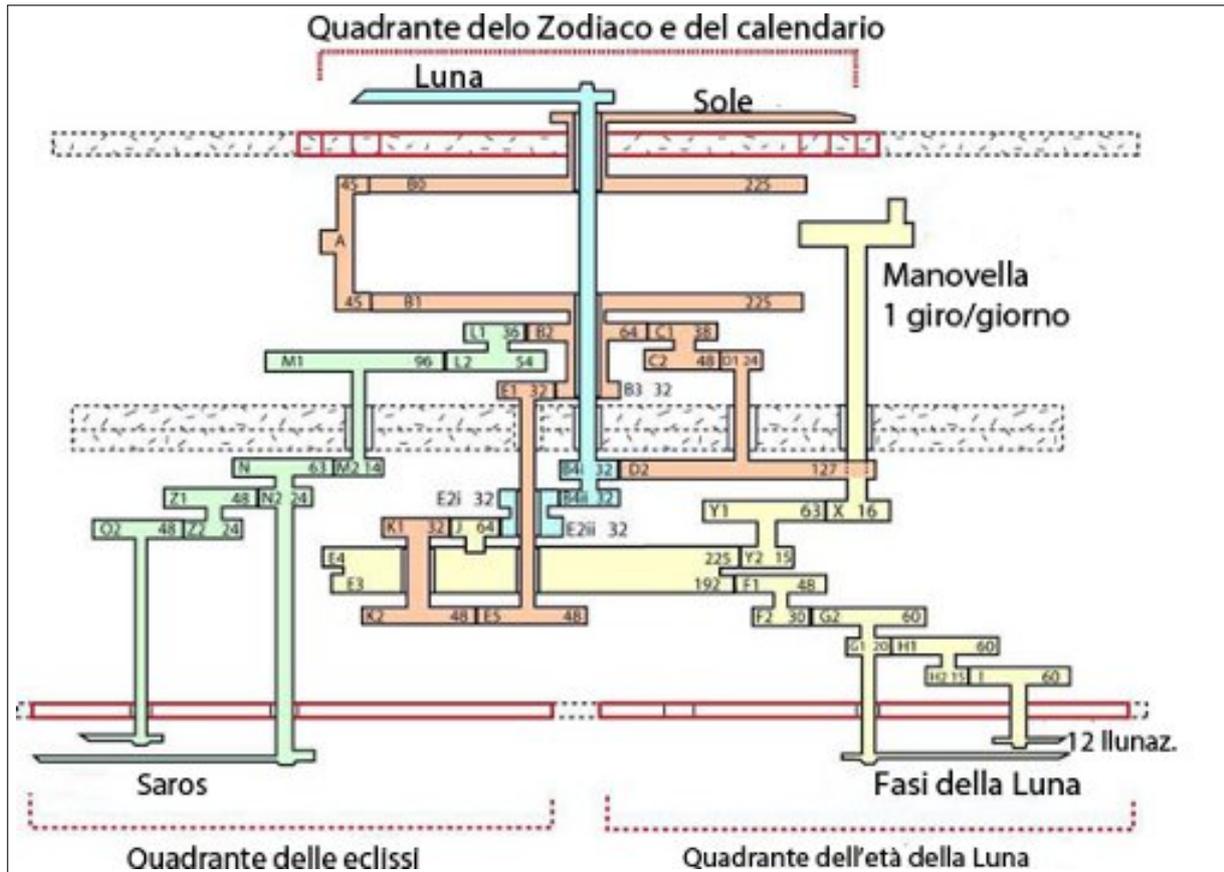
che recavano «76 anni» e «19 anni» con naturale riferimento ai cicli → callippico e *metonico*. Sotto a questa un'altra riga riporta il numero «223» riferimento anche questo astronomico: 223 mesi lunari rappresentano il ciclo delle eclissi. Emersa una netta attinenza con l'astronomia, Price si dedicò 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 scritte 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 atten-

▼ Ricostruzione della macchina di Antikythera secondo Price



gono 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 29 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, è possibile fosse diviso in 73 parti, perché 73×5 corrispondono a 365 posizioni, cioè 365 giorni.

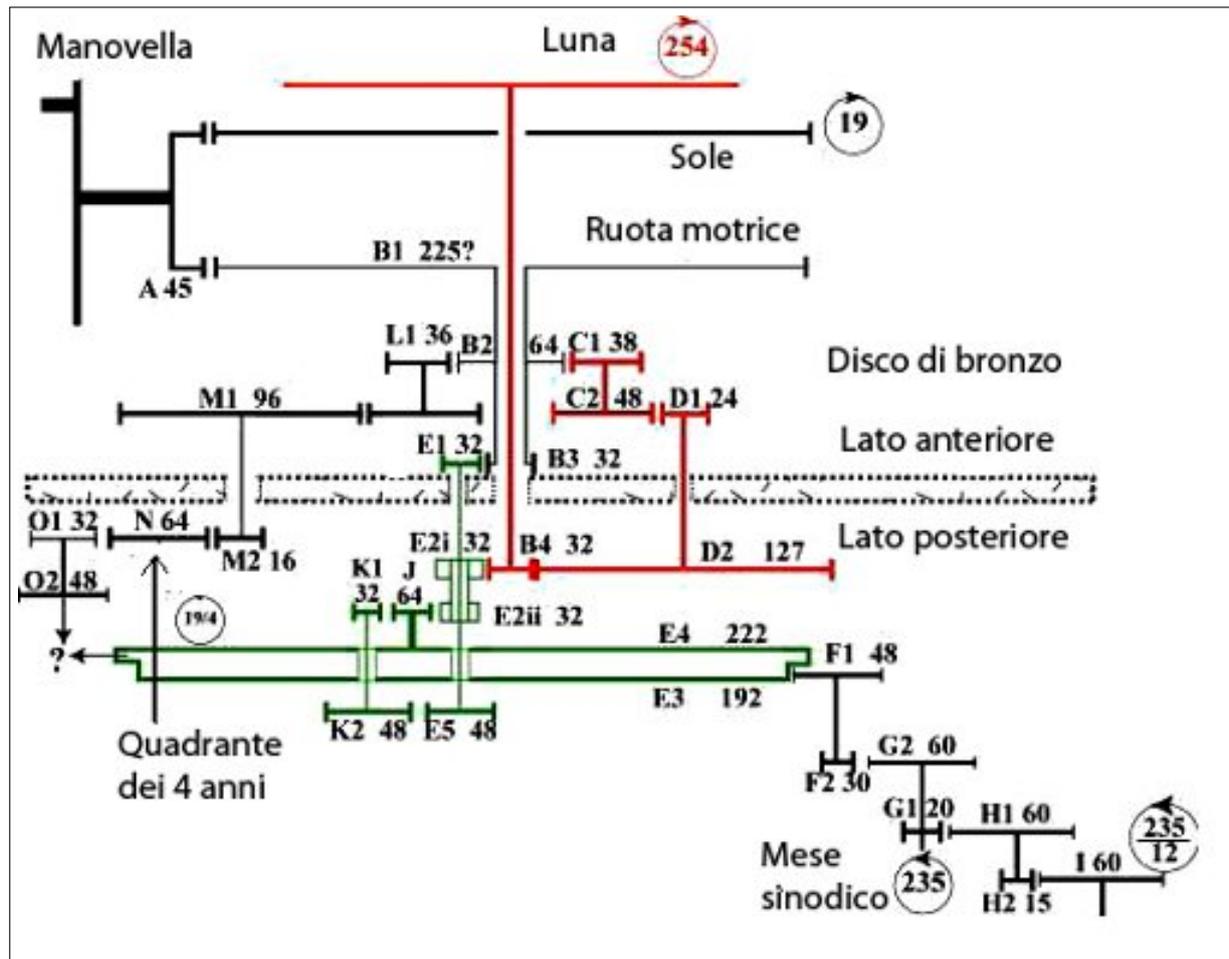
Meccanicamente, la cosa più interessante sta nel complesso differenziale di cui è dotato, perché si trasferiscono ai quadranti posteriori, con moto invertito, un movimento annuale ed uno (presumibilmente) mensile: il moto differenziale nell'era moderna fu introdotto nel 1828 da O. Péccquer (1792 - 1852).

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 Percival, e realizzando nuove radiografie ipotizzò un nuovo schema di funzionamento. Sul finire degli anni novanta M. Wright del

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



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 a fronte.

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 dall'esplosione l'assemblaggio di tutte le componenti.

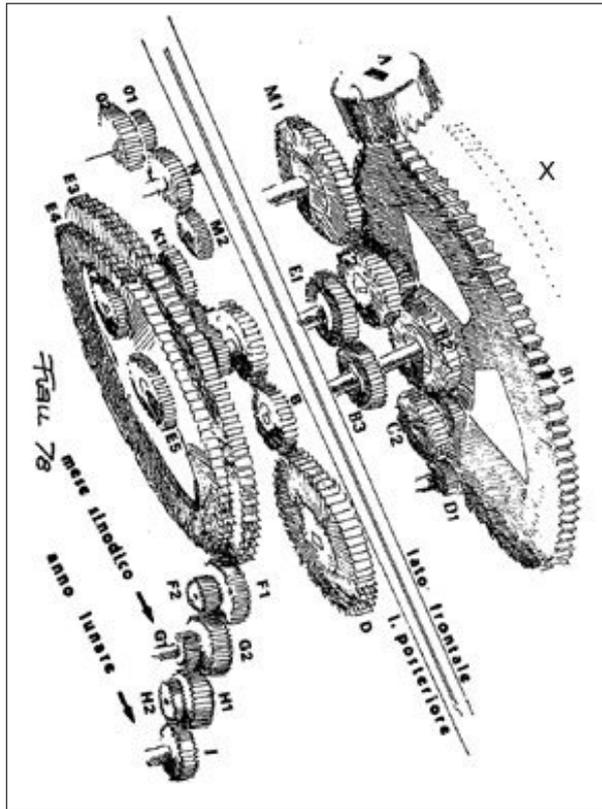
Su *Nature* [113, 112] due articoli di T. Freet hanno recentemente

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 questo 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

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



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 gradi 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.

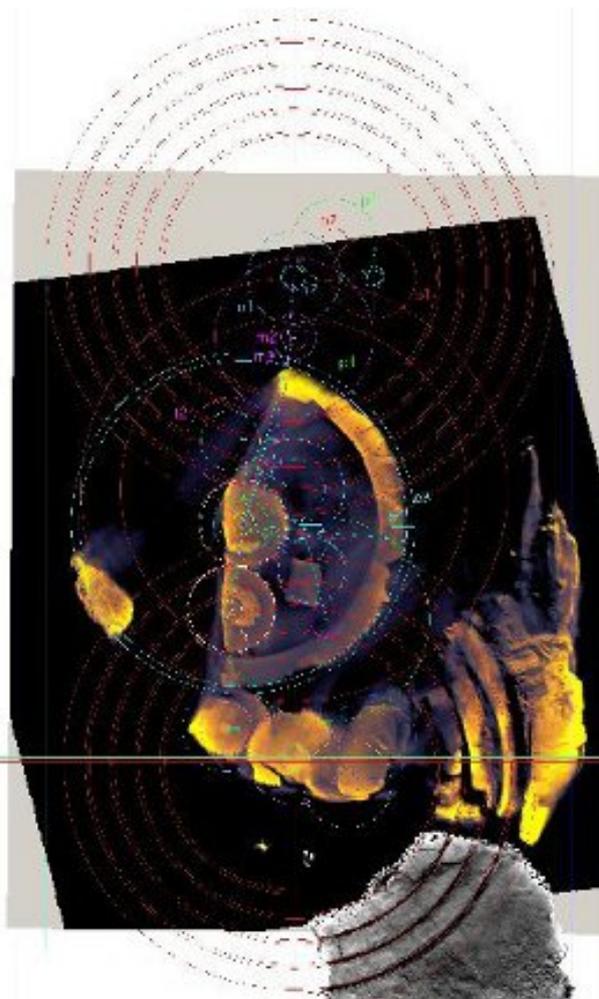
Le domande da porsi: «chi costruiva quegli ingranaggi?», «quali tecnologie si usavano per il profilo dei denti?», «quali altri meccanismi del genere esistevano se si era capaci di operazioni che per l'epoca vanno considerate di micromeccanica?», sono destinate a restare senza risposta, e stupisce che 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 *μῦθος* 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, 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 mitologia, 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 tes-



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

sessero 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 epicicloideale 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.

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 osservatore 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 assiduamen-

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

te 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 *Syrtris Major* di Marte.

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.

apertura → **telescopio**.

Termine con cui si indica il diametro 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.

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

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

▼ Il radiotelescopio APEX in Cile; fonte ESO



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.

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.

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'invasione 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), influò certo notevolmente sullo sviluppo degli studi astronomici: la necessità del mussulmano di pregare volgendo 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.

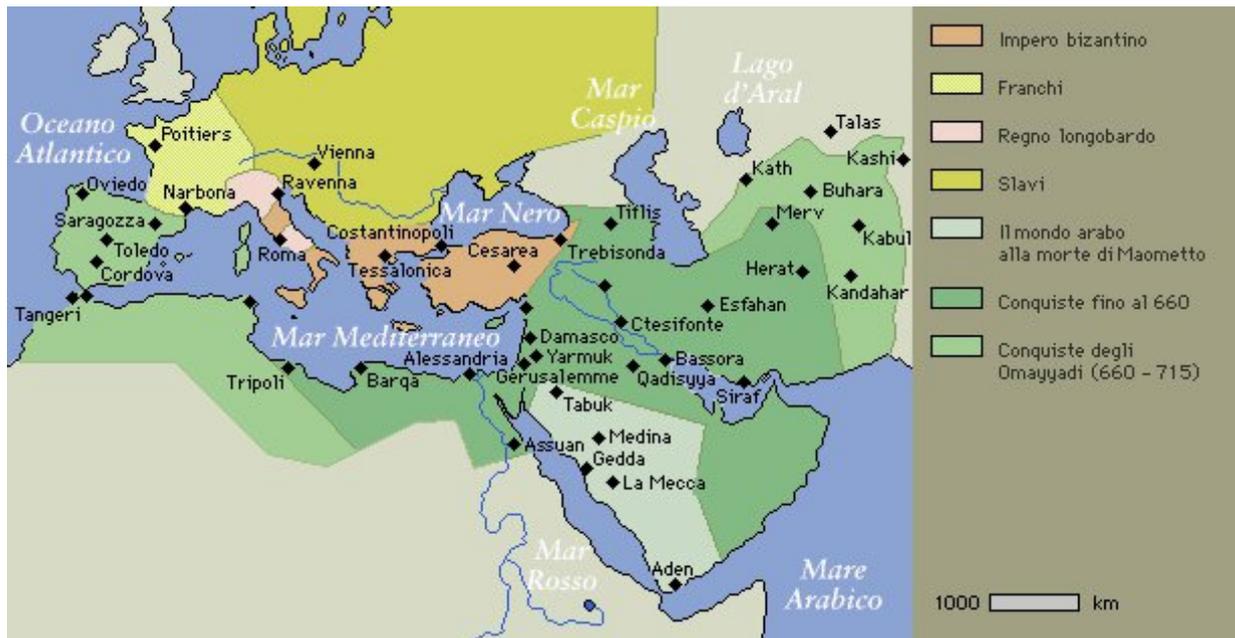
Fu l'assenza di tale pregiudizi a consentire in quella parte del mondo l'avanzamento delle conoscenze scientifiche, più che altro la continuazione di studi matematici che in Europa s'arrestarono del tutto.

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,

▼ Varie fasi dell'espansionismo arabo



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 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'Azerbaijan 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 volgendosi 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'mun 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 → **Zouraqu** 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

▼ Astrolabio. Firenze, Museo Nazionale della Scienza



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-Tusi e al-Qushhi che sostengono la rotazione della Terra, in Mo'hyyedudin 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 subita 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 → *notturlabio*, 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 della 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 molto 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



▲ Quadrante solare arabo a Siviglia

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



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.

- *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 modi-

ficati 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 sostanzial-

mente 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*, *almuncantar*,... sono transitati nella lingua occidentale, ma diversi altri vocaboli quali algebra (*al-jabr*), *atlas*, *admiral*, *cable*, 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

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 cometarie 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. Al Tempel successe **A. Abetti** che recuperò lo strumento di Amici (nel frattempo era stato smontato) dotandolo di una nuova montatura ed usandolo per la misura di stelle doppie; **G. Abetti** succeduto

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



al padre nella direzione dell'osservatorio, equipaggiò lo strumento (1925) con un nuovo obiettivo da 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*.

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 visto astronomico. Lockyer condusse successivamente studi anche su *Stonehenge* riuscendo a datarne l'epoca con notevole appros-

simazione. 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 compiuti 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

▼ Dolmen a Giuggianello nel Salento



(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 e pietre dall'esclusivo valore sacrale-simbolico rilevando significative costruzioni geometriche (circoli 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

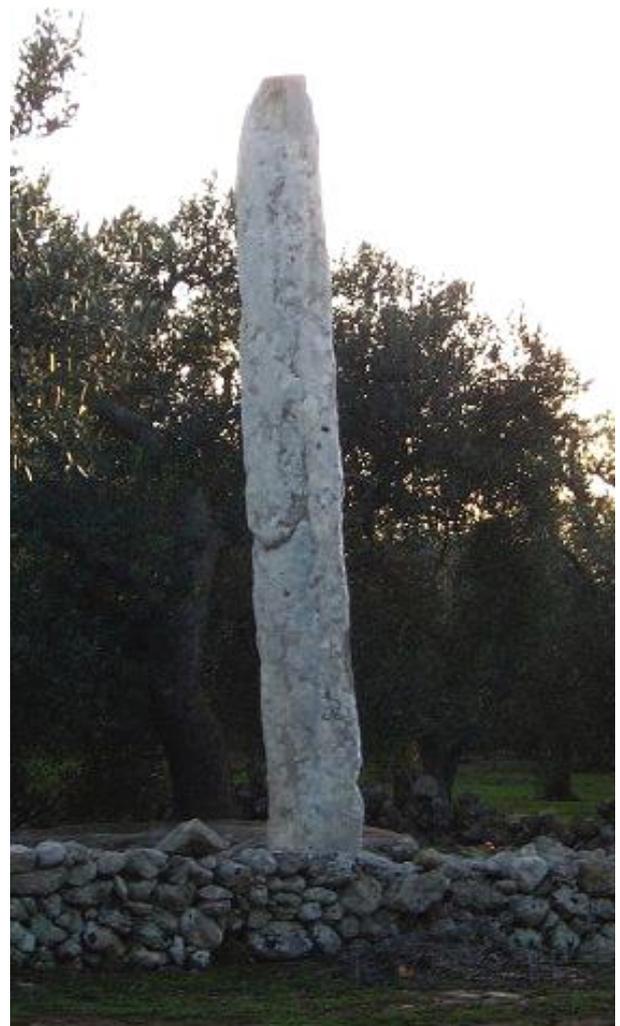
questa scienza sono quindi: a) lo studio sistematico dei reperti, b) la loro certa datazione, c) l'etnoastronomia, d) le culture dell'epoca.

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



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

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 a fronte, 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 megalitico 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.

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, riporti 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 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 indeterminatezza 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 neuronale, o di distribuzione di probabilità di ipotesi potrà mai condurre a certezza, ma solo ad una serie pressoché 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...*, *si può dedurre che...*, ecc.

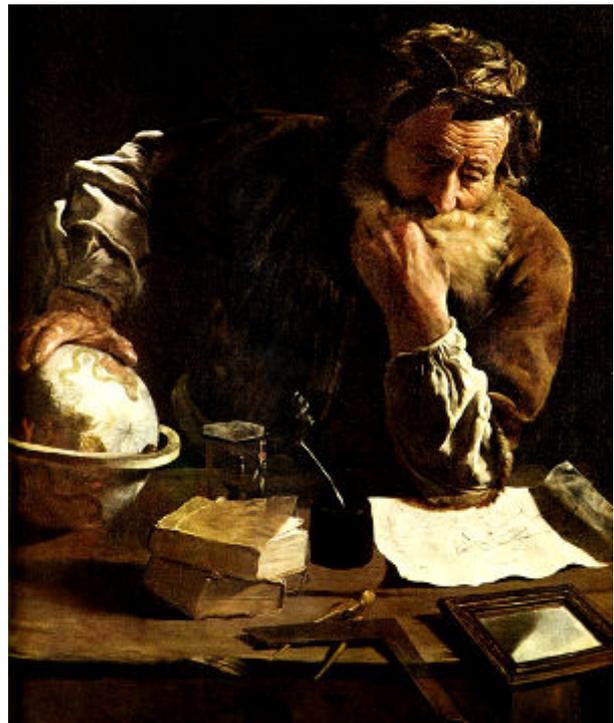
■ *I corpi osservati*. Quali corpi venivano osservati nell'antichità? A quale magnitudine giungeva la vista degli umani nelle epoche del neolitico, del paleolitico, dell'Egitto dei Faraoni e più in là sino a quella alessandrina continuando sino alle più recenti? A queste domande non si possono dare risposte 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

▼ Archimede nel dipinto di D. Fetti (1620); Dresda, Museo Artmeister.



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.

■ *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 *Syracosa* 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 esimersi 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 rinvergono 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 rinvergono 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 invidia, 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 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 principî 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.*

Lecture: Sugli specchi ustori di Archimede

Sugli 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 radiorum 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

Letture: 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 paraboloido, 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 paraboloido.

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.

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 τοῦτο 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*,¹ proprio come scriveva ad Eratostene.

La posizione plutarchea 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 platonismo² 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 *σώζειν 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 paraboloido 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*: 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 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 συμπτώματα αὐτῆ τῆ φύσει προσηύχεν περι*

1. [i teoremi geometrici] sono stati prima trovati attraverso la meccanica, quindi dimostrati con la geometria.

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*.

dotto 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 *dialeto* 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;

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 archimedeo.

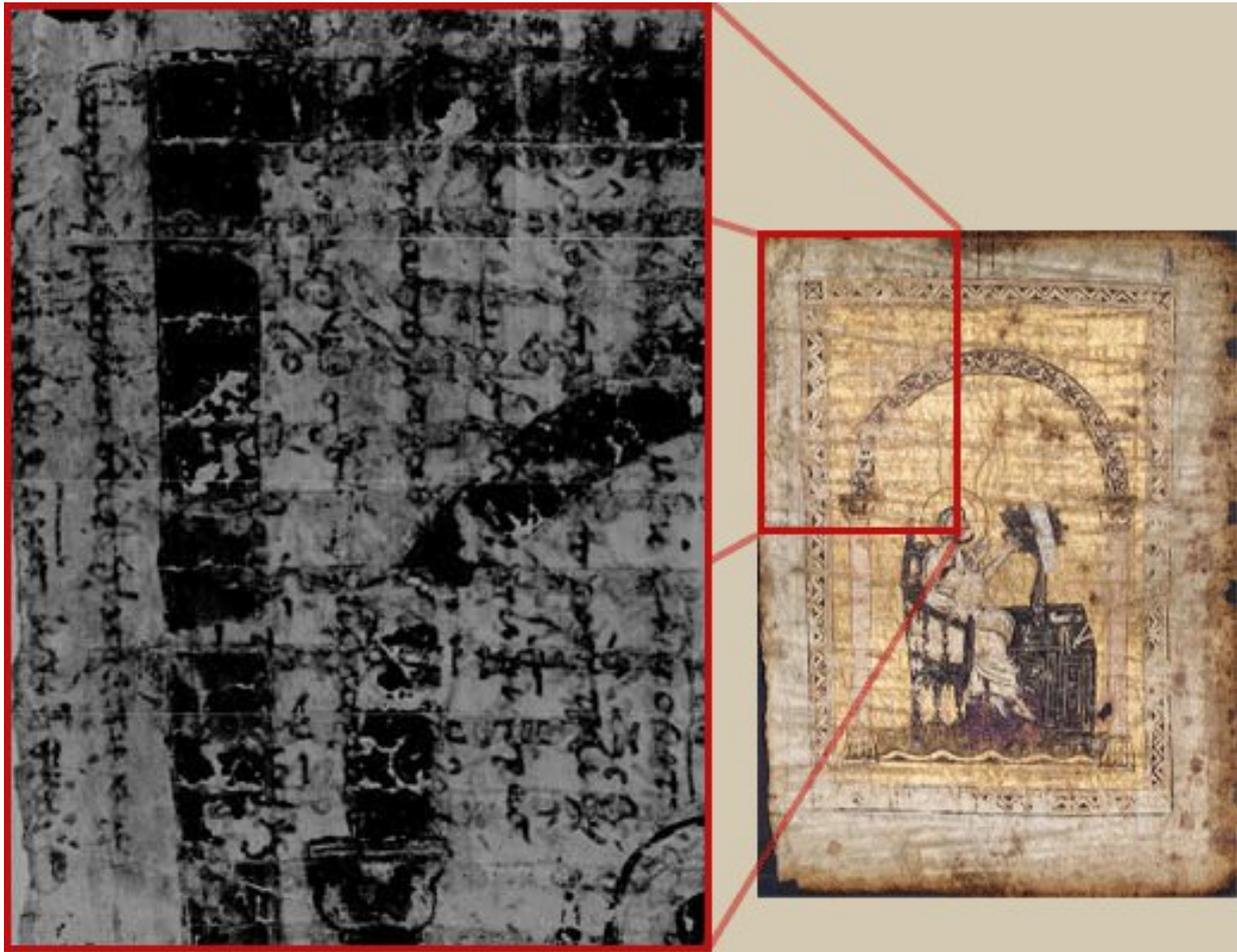
Nel *Metodo* si parla ancora di teoremi già scoperti ed esposti nel lavoro *Sui conoidi e sugli sferoidi*, e questo ha aiutato a ricostruire la cronologia delle opere del Siracusano, ma soprattutto c'è una trattazione abbastanza approfondita delle tecniche del metodo di esaurimento: → **Eudosso**.

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

- ▼ 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



Teone, e gli scritti sugli specchi ustori che gli sono attribuiti da Olimpiodoro ed Apuleio.

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 slan-

cio 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,⁴ 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 Catullo 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

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.

Οἰόνται τινές, βασιλεῦ Γέλων, τοῦ ψάμμων τὸν ἀριθμὸν ἀπειρον εἶμεν τῶ πληθῆι· 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. ἐντί 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, ἀνατε- πληρωμένων δὲ ἐν αὐτῶ τῶν τε πελαγέων πάντων καὶ τῶν κοιλωμάτων τὰς γὰς εἰς ἴσον ὕψος τοῖς ὑψηλοτάτοις τῶν ὄρέων, πολλαπλασίως μὴ γνωσόνται μηδένα κα ῥηθῆμεν ἀριθμὸν ὑπερβάλλοντα τὸ πλῆθος αὐτοῦ. ἐγὼ δὲ περασούμαι τοι δεικνέειν δι' ἀποδείξεων γεωμετρικῶν, αἷς παρακολουθήσεις, ὅτι τῶν ὑφ' ἡμῶν κατονομασμένων ἀριθμῶν καὶ ἐνδεδομένων ἐν τοῖς ποτὶ Ζεύξιππον γεγραμμένοις ὑπερβάλλοντί τινες οὐ μόνον τὸν ἀριθμὸν τοῦ ψάμμων τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τῶ γὰ πεπληρωμένῃ, καθάπερ εἴπαμες, ἀλλὰ καὶ τὸν τοῦ μέγεθος ἴσον ἔχοντος τῶ 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]

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 dell'universo adottando nuovi simboli per numeri più grandi.

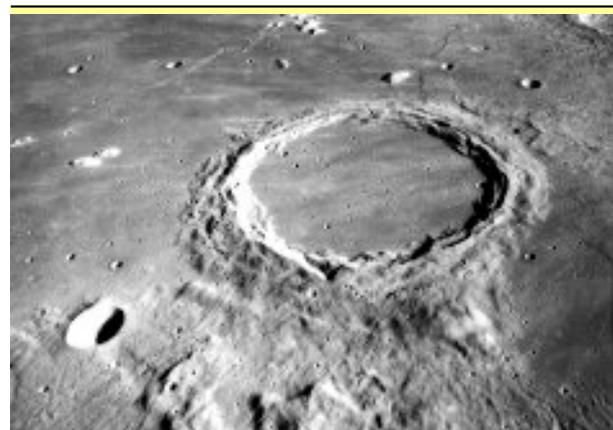
Dopo aver descritto il metodo di numerazione, Archimede dimostra un teorema sulle proporzioni (che grosso modo esprime la eguaglianza $10^n \times 10^m = 10^{n+m}$ che a molti ha fatto credere che fosse ad un passo dall'ideazione dei logaritmi), e passa quindi al problema dei granelli di sabbia vero 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 80 000 000 zeri.

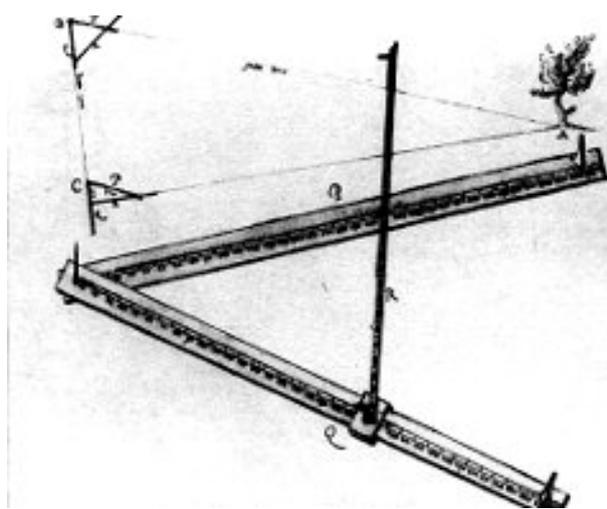
Archimedes, cratere Cratere lunare di notevole estensione (83 km) situato al limite orientale del Mare Imbrium. A sud del cratere di estende la catena dei Montes Archimedes per circa 150 km. È privo del picco centrale.



λ	φ	mld anni	d	h	h/d
4° W	277° N	3,8 - 3,2	83 km	2,15 km	0,0259

▲ Dati del cratere Archimedes

▼ Archimetro



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 tralucere 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.

Arecibo, radiotelescopio L'osservatorio situato sulle Guayonex 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 zenit.

L'osservatorio iniziò a lavorare sui primi anni sessanta dedicandosi soprattutto a ricerche sulla → ionosfera; successivamente nel decennio successivo furono apportate modifiche al riflettore



▲ Il radiotelescopio di Arecibo

in modo che potesse essere idoneo anche alle osservazioni di lunghezze centimetriche.

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.

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°.

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*.

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

▼ Manoscritto dell'opera di Aristarco *Sulle dimensioni e distanze del Sole e della Luna*



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: *ὑποθέσεων 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 strumenti dell'epoca, idea in seguito ripresa da altri come, ad esempio, Cleomede.

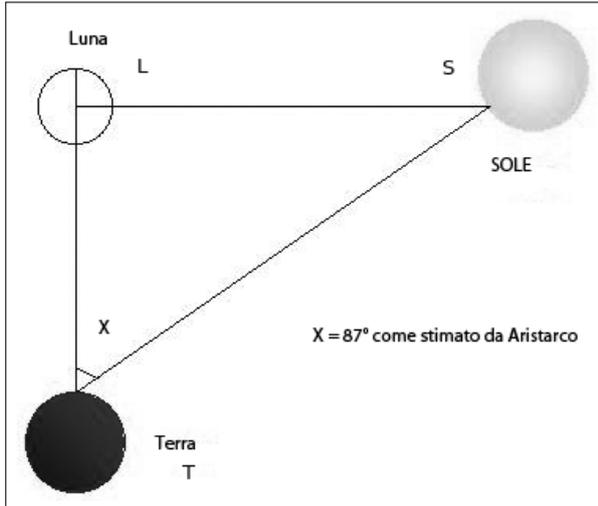
Al sistema eliocentrico Aristarco giunse senza mai abdicare ai principi fisici, senza introdurre cioè in cielo alcun punto ideale privo di fisico riscontro che sostenesse le sue ipotesi; e se la cosa oggi sembra naturale come metodo scientifico non altrettanto lo era nell'antichità ove spesso l'autorità 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 (*un quadrante meno la trentesima parte di un quadrante*);

▼ Misura della distanza della Luna secondo Aristarco



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°: *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 in questa pagina), 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 eguali angoli sono simili) misurò i lati TS e TL, e ne verificò il rapporto che trovò compreso fra 18 e 20, stimandolo, in media, 19 : 1, deducendo che:

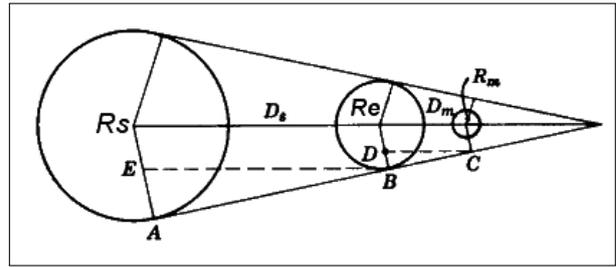
$$\tan \alpha = \frac{D}{d} = 19$$

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.

▼ Misura delle distanze della Luna e del Sole, dal Boyer: vedi bibliografia



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.

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

$$\frac{19R_L - R_T}{R_T - 2R_L} = 19$$

Aristarchus, asteroide Asteroide della fascia principale individuato col numero 3999, scoperto nel 1989 da T. Kojma.

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 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.

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'ottima

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 ferrosa 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 nella pagina seguente.

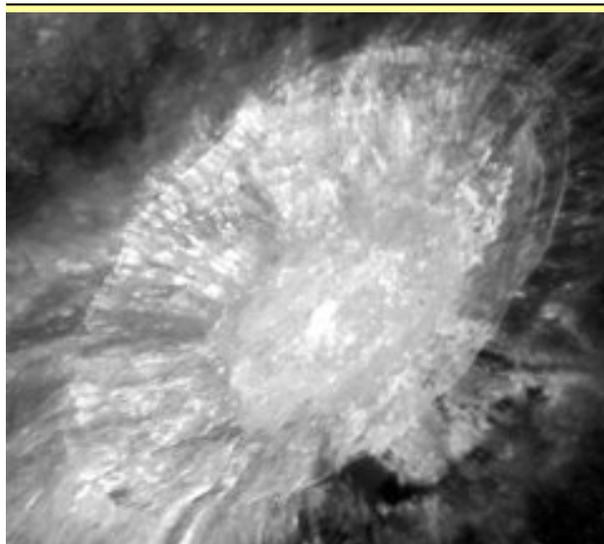
L'origine meteoritica del cratere è stata definitivamente accertata solo negli anni sessanta del secolo scorso, grazie soprattutto ai contributi di **E. M. Shoemaker**.

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 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



λ	φ	mld anni	d	h	h/d
08° W	08° N	00	00 km	0	00

▲ Dati del cratere Aristarchus. Immagine dell'HST

▼ Bacino del meteor crater in Arizona



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



▲ 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

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. 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 ipo-

▼ La batteria dei telescopi ASAS alle Hawaii



tesi 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.

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**.

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.

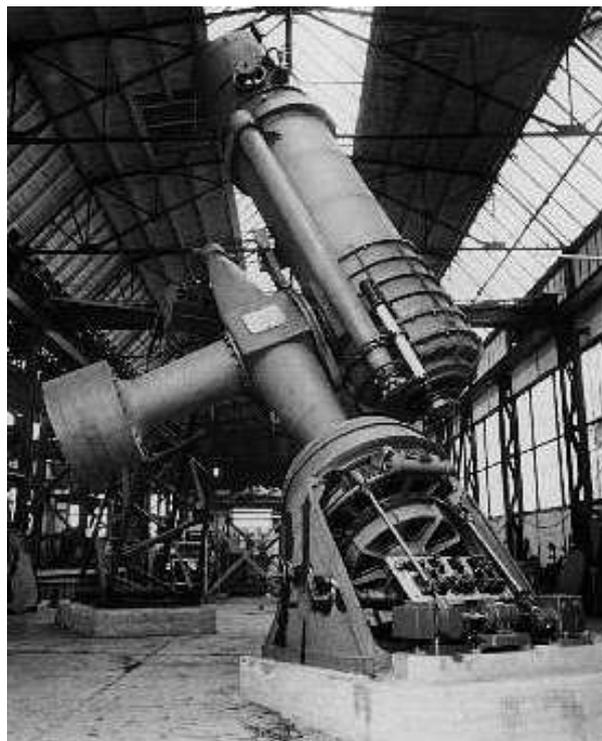
ASAS Acronimo di *All Sky Automated Survey*, progetto di monitoraggio continuo dei due emisferi che opera misure fotometriche nelle bande *V* e *R*.

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^a 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 95) agevolata da una pratica interfaccia grafica.

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.

▼ Il telescopio Galileo in costruzione nelle omonime officine a Firenze durante la guerra; fonte osservatorio Padova-Asiago



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.

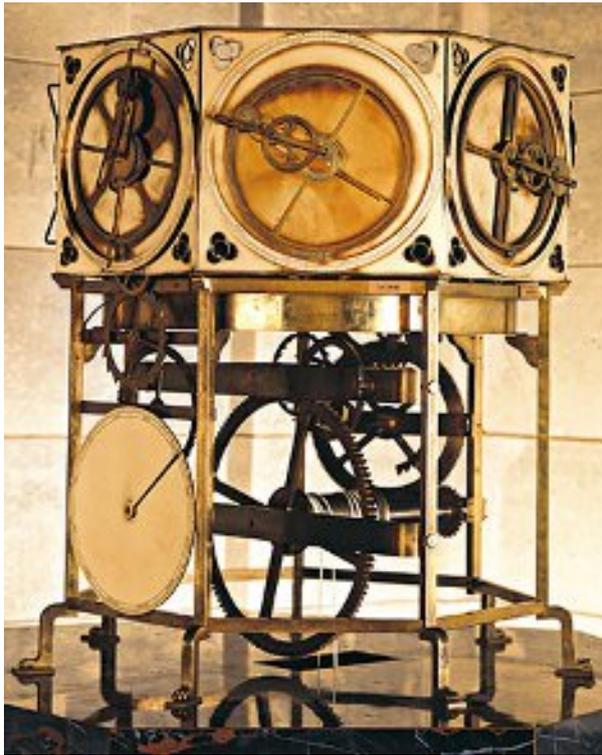
Giunse dapprima (1956) una camera **Schmidt** da 500/400 mm, e quindi (1967) un'altra di maggiori dimensioni 920/670 mm.

Nello stesso tempo Rosino dava grande impulso alla ricerca trasformando Asiago in un polo centrale dell'astronomia europea, 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

- ▼ Ricostruzione dell'astrario di Dondi a cura di Emmanuel Poulle [250] per l'Osservatorio di Parigi.



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**.

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.

asterismo Nome usato in passato per indicare una costellazione. Attualmente con questo termine si indicano gruppi di stelle all'interno delle costellazioni, cos i, ad esempio, le **Iadi** nella costellazione del **Toro**.

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 in questa pagina.

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 planetarum.*⁵

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 nostre 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

5. Spunto e proposito per questa realizzazione mi furono offerti dalla brillante mente del Campano, che parla di strumenti di equazione nei suoi *Theorica Planetarum*.

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].

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.

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.

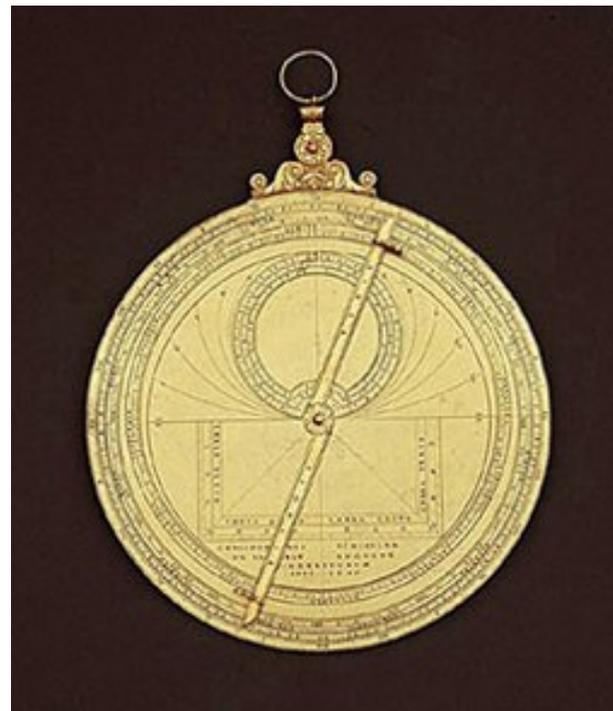
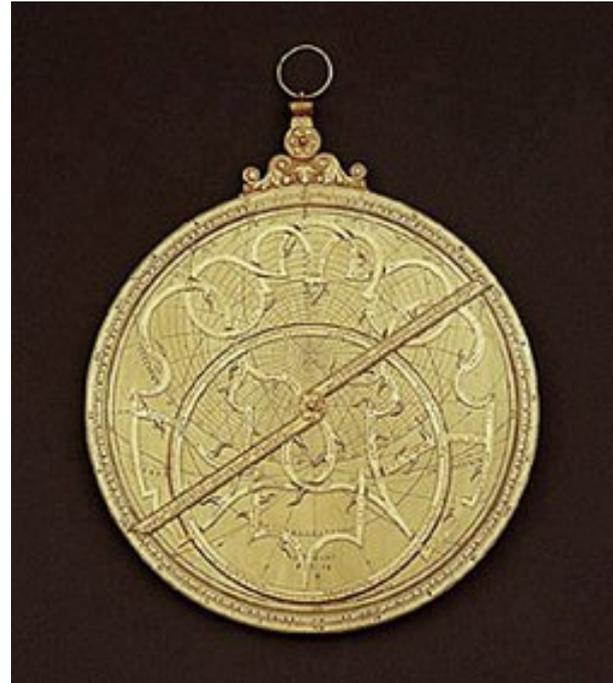
In Italia esiste un organismo, la **UAI** (Unione Astrofili Italiani) che dovrebbe occuparsi del coordinamento delle varie attività, ma nella sua ormai lunga storia l'organismo non è mai riuscito nell'intento, sia per via dello spiccato individualismo che anche a livello associativo caratterizza il nostro 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.

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.

Lo strumento si basa sul principio della proiezione stereografica già nota ad Ipparco che l'applicò alla costruzione dell'orologio → anaforico: è questo il motivo per cui generalmente si fa risalire all'astronomo greco l'invenzione dell'astrolabio,

▼ Fronte e retro di un astrolabio di Christoph Schissler (1560)



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.

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.

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.

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 situato a 5000 m d'altezza sulle Ande cilene, consentendo allo strumento l'accesso alle lunghezze d'onda comprese fra 350 μm e 10 mm.

L'array è composto di 64 antenne, ciascuna di 12 m di diametro, che danno una risoluzione di 0",01.

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 rinvengono 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 Ramses 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

▼ Le isole britanniche da una pagina della geografia di Tolomeo



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 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

▼ Il mondo arabo in una mappa del 1054 copiata da quelle di Idrisi: si evidenziano i paralleli che seguono la sfera



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 trattati 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 anche precise e scientificamente corrette s'innestò l'opera di Mercatore. Questi pubblicò dapprima (1569) la *Nova et Aucta*

Orbis Terrae Descriptio ad Usus Navigatium 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 Mercatore 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 l'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.

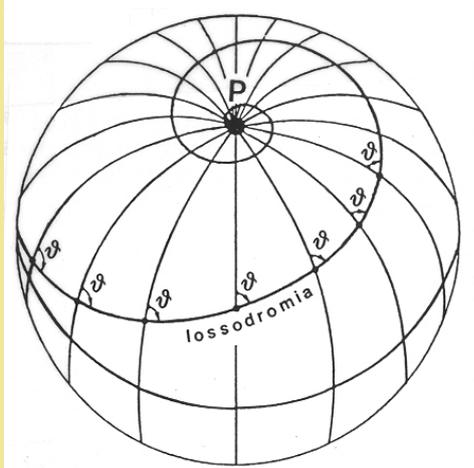
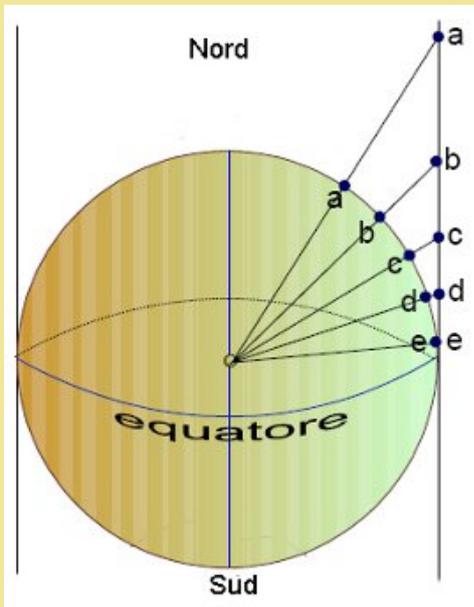
Una nuova modalità cartografica fu introdotta da **Lambert**: la superficie della Terra è proiettata su un cono (proiezione conica) secondo una costruzione per cui il cilindro può essere tangente o secante alla sfera. A differenza della proiezione di Mercatore, per la quale la distanza fra paralleli aumenta allontanandosi dall'equatore esaltando le regioni ad alta latitudine, in quella di Lambert i paralleli sono posti 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.



▲ 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 spirale 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 θ 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.

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, il 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° 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 ininfluenza 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.

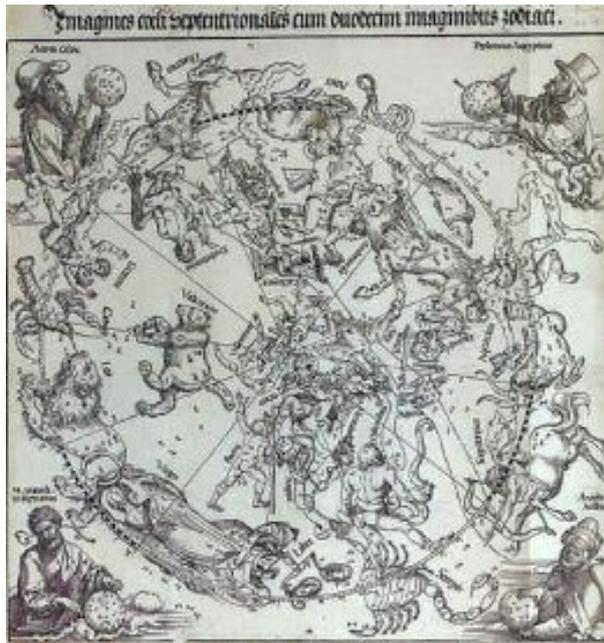
Le osservazioni metodiche di Ipparco dettero nuovo impulso agli studi dell'astronomia, e fu proprio sulla base di questa moderna tecnica osservativa-deduttiva di approccio che Ipparco poté accorgersi della **precessione degli equinozi** osservando il mutamento di posizione longitudinale della stella Spica già annotata da Timocari come a 8° dal punto equinoziale d'autunno, e da lui osservata invece a 6°, 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 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 Δ' col segno Δ 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



▲ A. Dürer, *Imagines coeli Septentrionales cum duodecim imaginibus zodiaci*, Norimberga 1515

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° alle longitudini di Ipparco per compensare la precessione: Ipparco aveva fornito come valore minimo per la precessione 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° 40', usando tuttavia per la precessione un valore erroneo (1° al secolo anziché 1° 4 a secolo), e quindi le sue longitudini sono errate in difetto.

Il catalogo di Tolomeo si estende dal Nord celeste a 52° 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 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.

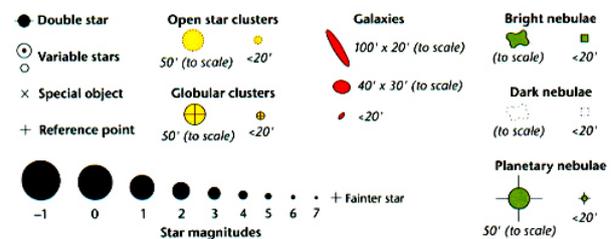
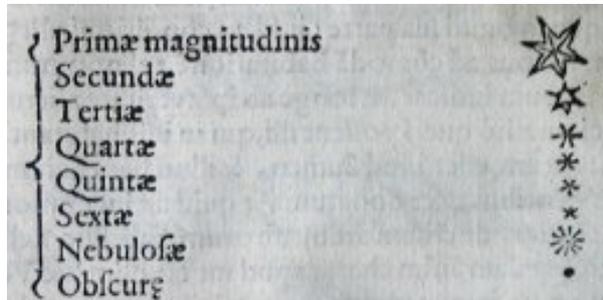
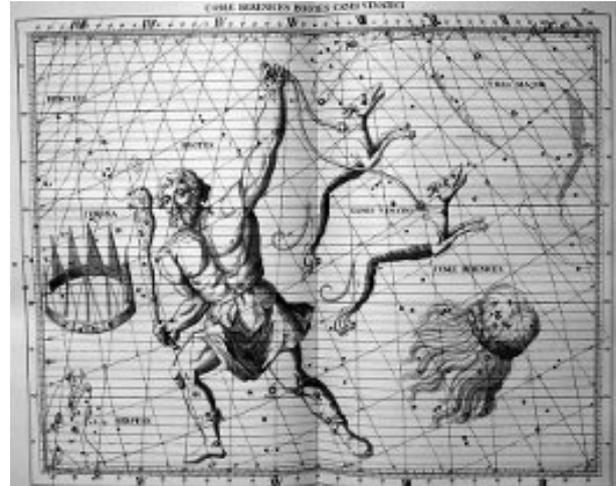
Intanto il cielo si arricchiva delle nuove costellazioni australi. **P. Plancius** nel 1598 pubblicò un mappamondo con dodici nuovi costellazioni per l'emisfero australe, e di queste tutte, tranne una, l'Apis furono ammesse poi dall'Unione Astronomica Internazionale nel 1922.

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

- ▼ 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



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 α , cui seguiva la β , la γ e così via fino alla ζ ,

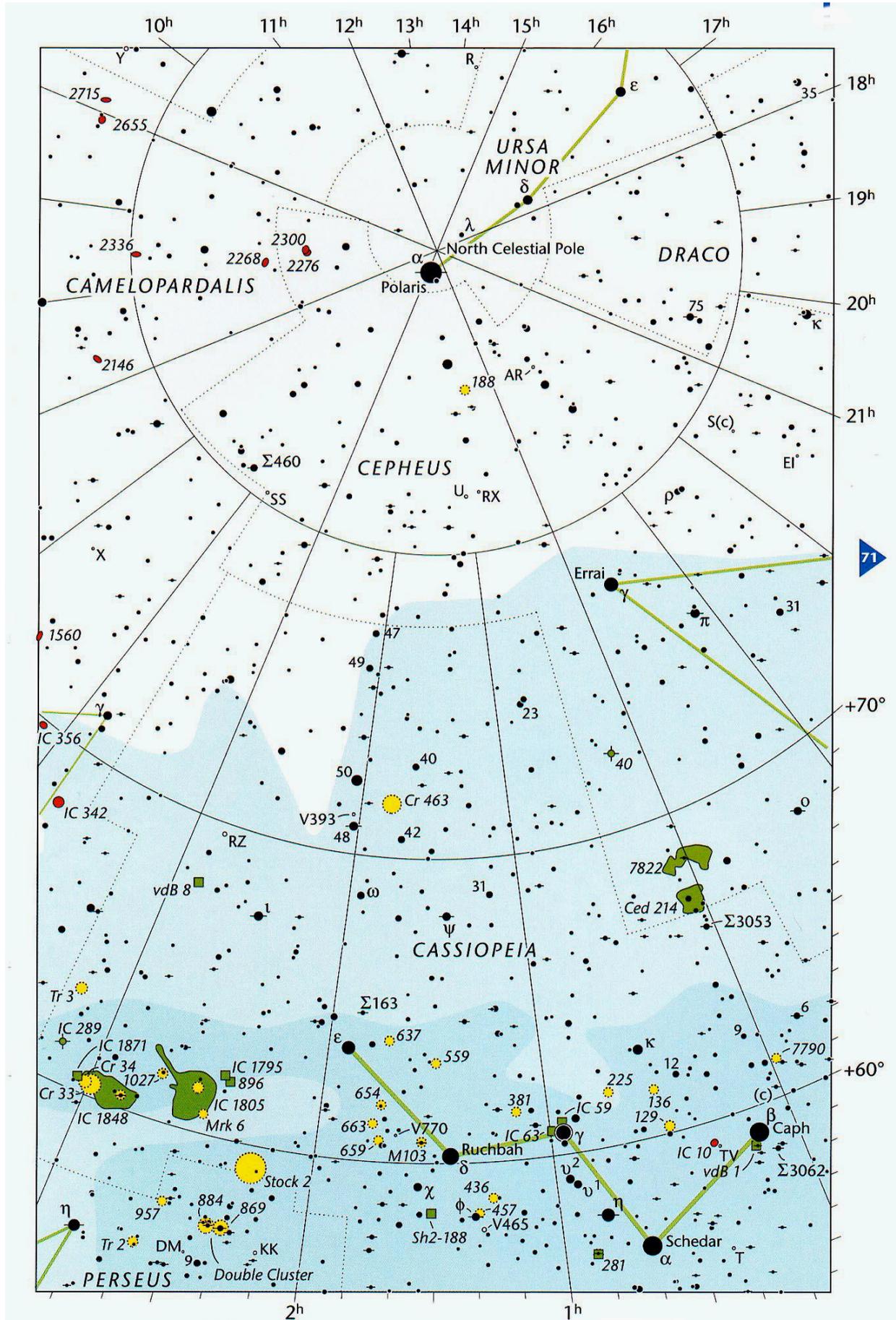
Per quanto innovativo quest'atlante è comunque l'ultimo redatto esclusivamente con le tecniche antiche visuali, e segna anche la fine dell'astronomia osservativa e posizionale compilata esclusivamente coi quadranti. Di lì a pochi anni si diffonderà il cannocchiale, e nuove prospettive si apriranno finalmente alla cartografie dall'epoca di Tolomeo. Una rassegna di atlanti è riportata a pagina 95.

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.

▼ Pagina di un atlante moderno per astronomia amatoriale redatto da Sky % Telescope con 30 796 stelle sino alla magnitudine 7,6



▼ 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	Stoccarsa, 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

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. 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 nella pagina precedente 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° 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 → *Franklin-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^a 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 profondocielo.

► **Cartografia digitale.** le nuove frontiere aperte dall'astro-nautica 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^a magnitudine. Da segnalare ancora l'atlante all'indirizzo www-wikisky.org.

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 P = 7,5 mm.

L'*Atlas coelestis* è parte di una serie di atlanti pubblicati dallo stesso autore: *Atlas eclipticalis*, *Atlas borealis*, *Atlas australis*.

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.

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'energetica 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,...

Atria Stella della costellazione del **Triangolo australe** di $M_{ap} 3,42$ e $M_{as} 1,95$.

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.

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 π , essendo al pari di esso irrazionale, ma non come quello trascendente. Il rapporto (simbolo φ) 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*



▲ La galassia NGC 7252 (Arp 226) detta *Atomi per la pace*; ESO

▼ 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	
Θ δ η	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	–



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

$$a_1 = 1,618, a_2 = -0,618$$

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 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:

$$\varphi = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \dots}}}} \quad (7)$$

È probabile, anche se qui si sconfinava nella *metamatemática* piuttosto che nella *fantamatemática*, 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 tutata una serie di studi, fra cui quello di C. D. Green, ne hanno mostrato l'infondatezza scientifica.

aureola Fenomeno 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).

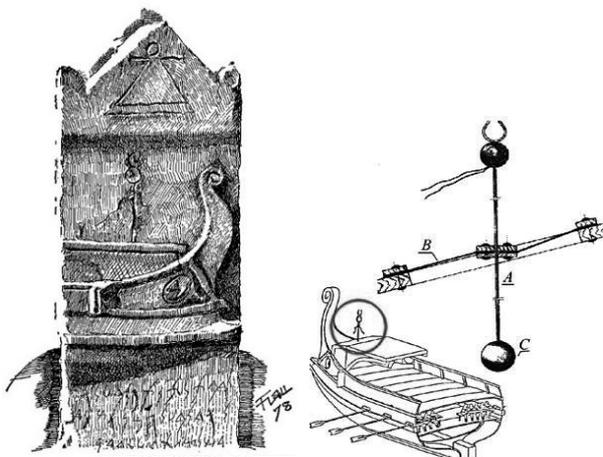
C

C star Sigla delle stelle al carbonio (*Carbon Star*), stelle di grande massa che traggono energia consumando idrogeno attraverso il ciclo del carbonio.

caduceo Il vocabolo, dal greco *χηρύκειον*, indica l'*araldo*, l'*insegnante*,... e risulta sempre connesso ad un qualcosa (divinità od oggetto) che mostra la via da seguire; sempre in greco *κλάμας* 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 nella stele 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 verti-



▲ 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

cale 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 agevolare la sensibilità di rotazione. Va comunque osservato che la suggestiva ipotesi avanzata 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 pelagica](#).

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 collapsi 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 rinvennero anche nelle profondità sottomarine di vulcani spenti o ancora attivi, e su corpi del sistema solare.

- ▼ Il cratere e (parzialmente in ombra) la caldera del Vesuvio; fonte Università di Roma 3



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 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 [98](#).

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 giorna-

liera, 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.

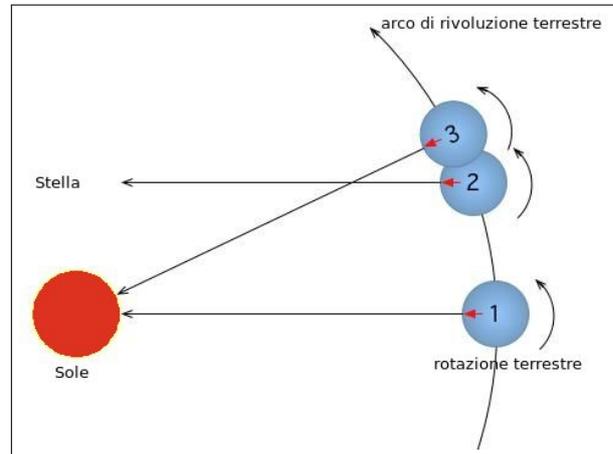
Di conseguenza i calendari hanno diverso nome a seconda dell'unità di misura temporale presa in considerazione: lunari se considerano i giorni di un ciclo lunare; solari se considerano i giorni di un completo ciclo solare; luni-solari se tendono a conciliare i due cicli: dal momento che 12 cicli lunari 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 an-

▼ 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).



no, 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: ± 20 s.

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.

• **Anno tropico.** → **anno.** Dal greco τροπή (ritorno). L'anno tropico si trova spesso definito, anche in autorevoli testi d'astrologia, 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 stimata 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 a pagina 70.

• **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 originando calendari lunari, solari, o luni-solari, e misurandolo tramite meridiane.

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, Airu, 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 rinvennero 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 di probabile origine babilonese,¹ 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 (27759/76), 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 costituivano un periodo chiamato $\nu\chi\theta\eta\mu\epsilon\rho\omicron\nu$ (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 decenni 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

1. DIODORO SICULO nella *Biblioteca storica* propone un'origine di natura storico-mitologica per il ciclo, facendolo discendere dagli Iperborei, popolo che aveva notevole familiarità con i Greci. Lo storico racconta che la divinità (Apollo) giunge sull'isola ogni diciannove anni, *periodo nel quale si compie il ritorno periodico degli astri nella stessa parte del cielo*, e che per questo *il periodo di diciannove anni riceve dai Greci il nome di «anno di Metone»*; [90, II, 47, 5 - 6].

Calendario ateniese				
nome greco	legenda nome	inizio	festività	ricorrenza/dedica
Ἐκατομβαιῶν	Ecatombeone	15 Luglio	Panatenie (24 - 29)	sacrificio di 100 buoi
Μεταγειτνιῶν	Metagitnione	15 Agosto	Megatinie (data incerta)	cambio di casa
Βοηδρομιῶν	Boedromione	14 Settembre	Genesis (5); Misteri eleusini (16 - 24)	a Teseo
Πυαναψιῶν	Pianepsione	14 Ottobre	Tesmofovie (9 - 13)	ad Apollo
Μαιμακτηριῶν	Maimacterione	13 Novembre	Maimacterie	a Giove
Ποσιδηῶν	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
Ἐλαφβολιῶν	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
Σχιροφοριῶν	Sciroforione	10 Giugno	Schirofovie (16); Diipolie (14)	ad Atena

Calendario macedone				
nome greco	legenda nome	mese attico	mese giuliano	nr mese
Δίος	Dios	Pianepsione	Settembre - Ottobre	1
Ἀπελλαῖος	Apelleo	Maimacterione	Ottobre - Novembre	2
Ἀὐδυναῖος	Autneo	Posideone	Novembre - Dicembre	3
Περῖτιος	Peritio	Gamelione	Dicembre - Gennaio	4
Δύστρος	Distro	Antesterione	Gennaio - Febbraio	5
Ξανθικός	Xantikos	Elafebolione	Febbraio - Marzo	6
Ἄρτεμισιος	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

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*,², 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 nella pagina precedente 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].

- **Calendario macedone.** Il calendario cosiddetto «macedone», vedi sempre tabella a pagina 72, 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 superstiziosa, secondo l'antico calendario macedone, di non combattere

nel mese di *Desio* che da alloro 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 *Nisanu* (*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 *Soth*) annunciava inoltre ad un popolo a tradizione fortemente agricola l'inizio della stagione delle piene. La coinci-

2. Per primo Metone fissò l'inizio dell'anno quando Febo brucia nel Cancro

denza 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 eliacche 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 astronomica-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. Erminio 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 in questa pagina, 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 *Iuventas*, la moglie di Ercole, oppure a *Iuventus* (giovanne, 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...*,³ [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*,⁴ ricorda Ovidio nei *Fasti* [228, III, 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.

3. non si accordava né col corso del Sole né con quello della Luna...

4. 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

Numa confermò quindi i precedenti nomi imposti ai mesi da Romolo, *vedi* la tabella a pagina 74, 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 quanto 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.

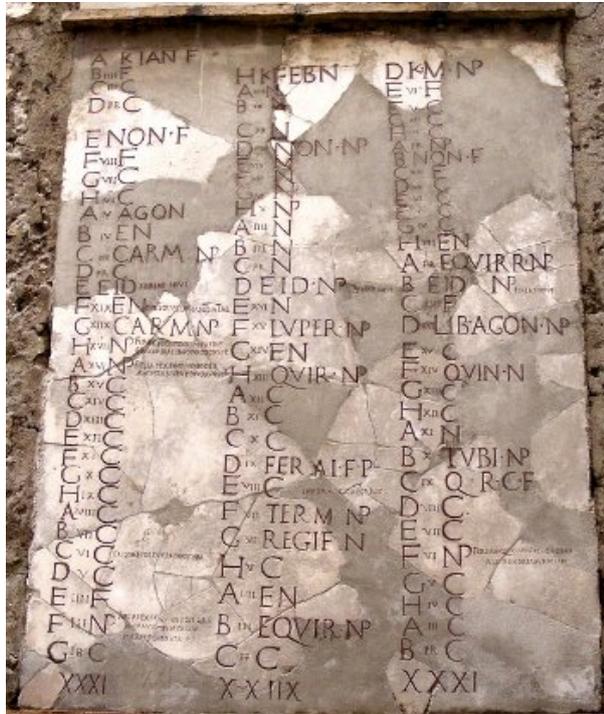
Intorno al II sec. a.C. l’inizio dell’anno fu spostato dalle *Idi* di Marzo alle *calende* di Gennaio, ed i mesi da *Quintilis* a *December* persero il loro numero naturale trasformandosi nel settimo sino al dodicesimo, probabilmente in coincidenza dell’uso greco che si introdusse in quel periodo che i consoli entrarono 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 76.

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: 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;

- ▼ 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).



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*,⁶ 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 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.

L'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. Non è dato sapere a quali fonti attingesse Sacrobosco, ma la sua teoria è 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 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 *lessandrino* 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-tolomaico 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 di natura 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 con questa riforma intendeva estendere il proprio dominio anche ai cieli.

Al pari del più tardo calendario gregoriano, quello giuliano è un calendario *analettico*⁷ (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* (dalla fondazione della città) 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.

- *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,⁸

7. 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; vedi la sezione *Calendario giuliano riformato: gregoriano*, a pagina 79.

8. L'accanimento imperiale nella persecuzione cristiana a cavallo fra il III e il IV secolo, lascia insorgere serie perplessità circa la *piega* presa dal cristianesimo con le varie correnti dottrinarie, riportate all'ordine solo col concilio di Nicea del 325 preteso da Costantino.

6. ...dispose che passassero dodici anni senza intercalare.

editto di tolleranza emanato dall'imperatore Costantino,⁹ 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 e 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 agricole¹⁰ e che operava 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, non solo riconosceva il diritto cristiano al riposo¹¹ bensì anche introduceva 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 introduceva 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 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 potere civile e religioso cristiano: essendo i festivi giorni nefasti, era usanza romana indire in quei giorni i giochi per propiziarsi la divinità. In aggiunta, nei giorni nefasti, come nell'introdotta domenica, ancora però *dies Solis*, non poteva essere esercitata la giustizia, perché agli atti giudiziari si sarebbe trasmessa la *qualitas* negativa di quel giorno, ed i pochi atti giuridici ammessi (emancipazioni e manomissioni) non avrebbero avuto 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

9. L'editto, detto impropriamente di Milano, fu in realtà emanato a Nicomedia da Licinio, poi fatto uccidere da Costantino nel 325, e ricalcava un accordo stilato fra i due a Milano: *abbiamo convenuto – omissis – che sia consentito a Cristiani ed ad ognuno di praticare libertà di culto, affinché il Dio che è nei cieli, chiunque egli sia, doni pace e prosperità a noi come ai nostri sudditi*.

Un editto conforme era stato già emanato da Costantino nel 306 in Gallia e Britannia riconoscendo libertà di culto a quelle popolazioni, ed analogo editto era stato emanato in *articulo mortis* dal tetrarca Galerio nel 311: editto di Serdica promulgato anch'esso a Nicomedia. Per questo motivo dovrebbe parlarsi più propriamente di un *rescritto*, anziché di un editto, anche se il destinatario non è puntualmente indicato com'è proprio dei rescritti, ma genericamente quanto implicitamente individuato nella comunità cristiana.

10. *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, Cod. Just., III, 12, 3.

11. 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.

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. La scansione 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 resurrezione 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 convertitisi 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, Terça-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.) in ricordo dei martiri cristiani deceduti sotto quell'imperatore (*infra*). La religione copta conosce sette feste maggiori e sette minori. Le maggiori sono Annunciazione, Natale, Teofania (l'Epifania), Domenica delle palme, Ascensione e Pentecoste. La pasqua cade solitamente la seconda domenica dopo il plenilunio di primavera.

Il calendario etiopico è costituito di 12 mesi ciascuno composto di 30 giorni, cui seguono ulteriori cinque giorni. Ogni quattro anni, nel corso dell'anno bisestile, si aggiunge un giorno supplementare, l'anno è quindi in media composto da 365,25 giorni. L'anno inizia l'11 settembre (il 12 settembre negli anni bisestili), ed i mesi non coincidono con quelli del calendario giuliano-gregoriano ma sono quasi sempre a cavallo di due mesi. Il calendario etiopico 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; le ore si computano dall'alba.

• *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 prodotti 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 x 24 h x 60 min x 60 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 anno 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 crederono 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 si 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 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

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

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 a pagina 81 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 corrispettivo 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

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

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 del 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 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 a pagina 81 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 ogni reminiscenza astrologica, mitologica e confessionale (la rivoluzione era frutto dopo tutto dell'epoca dei lumi), fu abolita la settimana, istituita in sua vece la decade, ed i giorni rinominati – secondo la traduzione

italiana – come *primodi, duodi, tridi, quartidi, quintidi, sestidi, septidi, nonidi e decadi*, ed 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, pratile, 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, Belice (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 *Tzolk'in*, 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 (*Tzolk'in*) 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 logosillabica 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 $\varphi = 13^\circ 54\text{Sud}$), 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 a pagina 85, tratta (con integrazione delle longitudini per le varie sezioni) dal fondamentale lavoro di di H. Aslaksen [23], si notano le sezioni alternativamente 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 Z₂, Z₅, Z₈ e Z₁₁ corrispondono ai momenti d'ingresso delle nostre stagioni; quelle indicate come J₁, J₄, J₇ e J₁₀ 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* (Z₁, Z₂,...) 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°



▲ 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	φ
J ₁	Lichun	primavera	4 Febbraio	315°
Z ₁	Yushui	piogge	19 Febbraio	330°
J ₂	Jingzhe	risveglio degli insetti	6 Marzo	345°
Z ₂	Chunfen	equinozio di primavera	21 Marzo	0°
J ₃	Qingming	limpida luce	5 Aprile	15°
Z ₃	Guyu	piogge favorevoli	20 Aprile	30°
J ₄	Lixia	estate	6 Maggio	5°
Z ₄	Xiaoman	spighe quasi mature	21 Maggio	60°
J ₅	Mangzhong	spighe mature	6 Giugno	75°
Z ₅	Xiazhi	solstizio d'estate	22 Giugno	90°
J ₆	Xiaoshu	piccoli caldi	7 Luglio	105°
Z ₆	Dashu	grandi caldi	23 Luglio	120°
J ₇	Liqiu	ingresso autunno	8 Agosto	135°
Z ₇	Chushu	fine del caldo	23 Agosto	150°
J ₈	Baliu	rose bianche	8 Settembre	165°
Z ₈	Qiufen	equinozio d'autunno	23 Settembre	180°
J ₉	Hanlu	rose fredde	8 Ottobre	195°
Z ₉	Shungliang	brina	24 Ottobre	210°
J ₁₀	Lidong	ingresso inverno	8 Novembre	225°
Z ₁₀	Xiaoxue	piccola neve	22 Novembre	240°
J ₁₁	Daxue	grande neve	7 Dicembre	255°
Z ₁₁	Dongzhi	solstizio d'inverno	22 Dicembre	270°
J ₁₂	Xiaohan	piccolo freddo	6 Gennaio	285°
Z ₁₂	Dahan	gran freddo	20 Gennaio	300°

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, 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:

1. 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;
2. 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:

- 2a) il giorno della seconda luna nuova dopo il solstizio di dicembre;
- 2b) il giorno in cui la luna nuova appartiene a J₁;
- 2c) il giorno della luna nuova che segue Z₁₂;
- 2d) il giorno della luna nuova in Z₁.

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:

3. 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:
 - 3a) 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;
 - 3b) 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 falsato 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° , 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 sconsigliarne 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 neosituita 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.

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.

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.

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'*Abbreviatio 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.

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.

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 *stele di Rosetta*, perché redatto, oltretutto in geroglifici, anche in demotico e in greco.

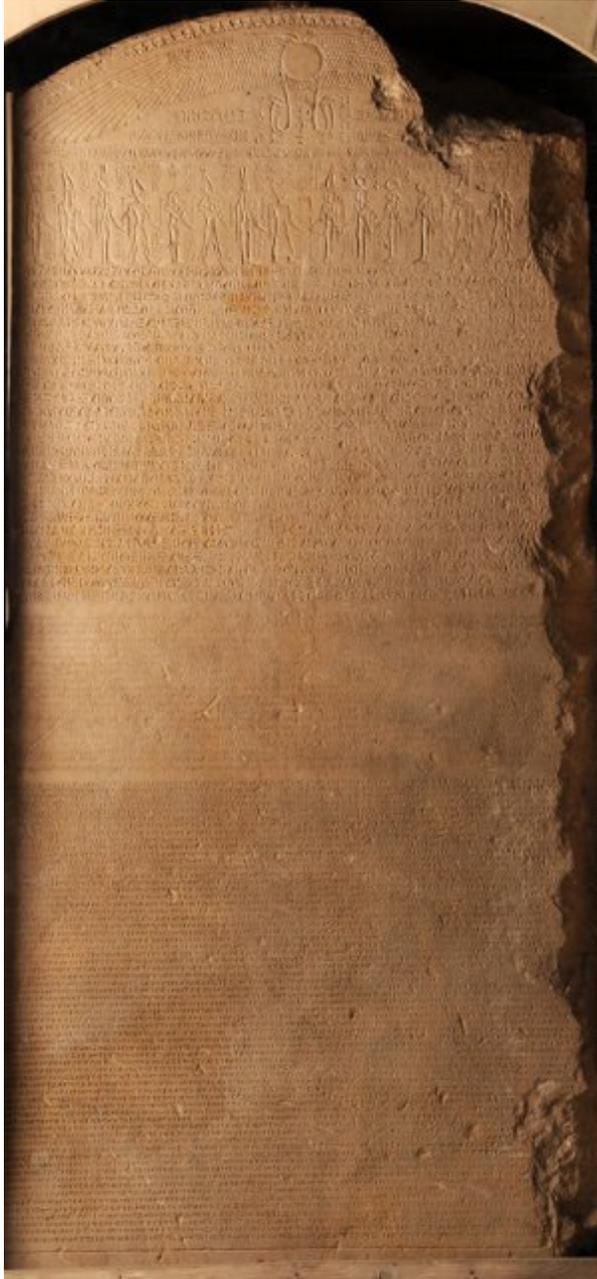
Questo calendario, salvo che nel numero dei giorni dei singoli mesi, è sostanzialmente analogo al calendario giuliano del 46 a.C., a conferma ulteriore dell'origine ellenistica del calendario romano: → **calendario**.

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 gregoriana 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.

▼ Stele del decreto di Canopo. Egitto, Museo del Cairo



Capodimonte, osservatorio di Napoli → **Napoli Capodimonte**.

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.

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^a 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 nella pagina precedente) 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 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^a 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.

- ▼ 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	+5° 29'	Greenwich
+55	+64	+4° 54'	Vaticano (Roma)
+47	+54	+3° 30'	Catania
+40	+46	+6° 09'	Helsingfor (Helsinki)
+39	+42	+5° 23'	Potsdam (sostituito da Uccle)
+3°	+25	+5° 46'	Oxford
+24	+18	+4° 50'	Parigi
+17	+1°	+4° 50'	Bordeaux
+10	+05	+4° 37'	Tolosa
+04	-02	+3° 48'	Algeri
-03	-09	+3° 28'	San Fernando (Cile)
-10	-16	+1° 24'	Tacubaya (Messico)
-17	-23	-3° 35'	Santiago
-24	-32	-3° 35'	La Plata (sostituito da Cordoba)
-33	-40	-2° 54'	Rio de Janeiro (sostituito da Perth)
-4°	-5°	-3° 56'	Capo di Buona Speranza
-52	-64	-3° 52'	Sydney
-65	-90	-3° 50'	Melbourne (sostituito da Sidney)

L'obiettivo era di produrre un atlante celeste dell'emisfero boreale e australe comprendente stelle sino alla 14^a 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^a 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 a pagina 89), 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 quantomeno 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.

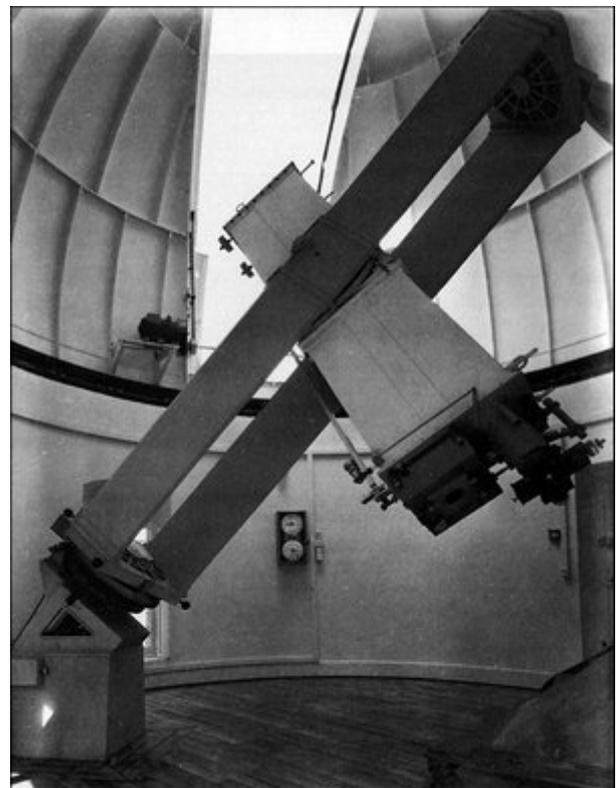
Gli strumenti impiegati non furono comunque tutti gli stessi come proposto, e l'equatoriale Henry-Gautier (la ditta Henry provvedeva alle ottiche e la Gautier alla meccanica) fu usato soltanto in Francia, in Algeria e al Vaticano. In Inghilterra e nelle colonie inglesi si usarono gli astrografi «Grubb», 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 è fornito per vari sistemi operativi Linux, Mac e Windows; è disponibile il codice sorgente.

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.



▲ 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

Tale configurazione fu fortemente osteggiata da I. Newton con argomentazioni del tutto empiriche.

Cassini Generazione di astronomi di origine italiana operati in Francia. Assieme agli **Struve** ed agli **Herschel** costituisce una delle tre famiglie che contribuirono significativamente allo sviluppo dell'astronomia.

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 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 avvicicabile 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 a pagina 90) assomiglia più a quello di una cattedrale che a quello di un castello di difesa, e là dove un edificio del genere

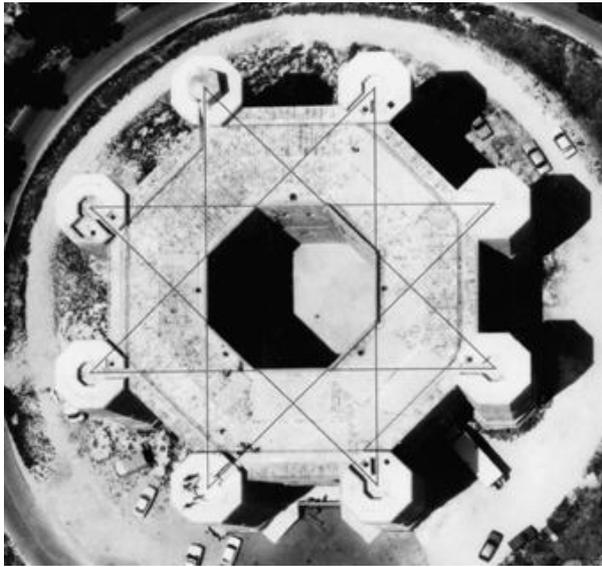
▼ Castel del Monte: il cortile ottagonale in una veduta aerea ed il portale d'ingresso sovrastato da una bifora



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

- ▼ Altra vista dall'alto di Castel del Monte. Si noti il disegno delle ombre al mezzogiorno. Il reticolato geometrico è una proposizione di studio



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° 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°, 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. 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 pagina 92.

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.

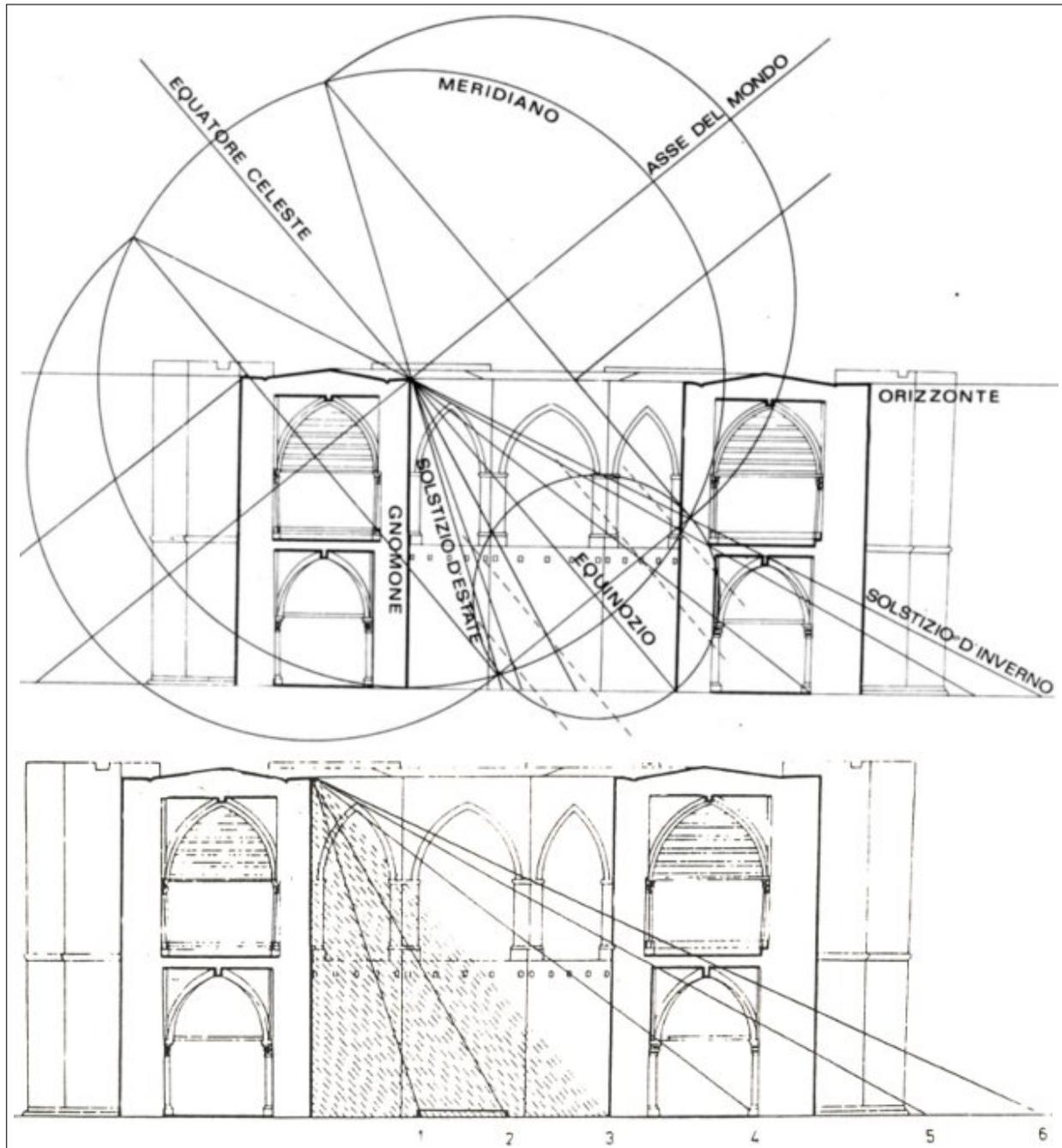
In un decreto originario, andato purtroppo perduto durante la guerra nel 1943 ma riportato da diverse fonti ed indirizzato a Riccardo di Montefusco, giustiziere della Capitanata, Federico II ordinò da Gubbio il 29 Gennaio 1240 di costruire l'*attractus* proprio in quella zona.

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 iure attractus gaudet, retinere potest homines alterius domini*,¹² l'«*attractus*» non è più un lastricato, ma diventa un «recinto», e le tre diverse proiezioni del Sole (equinozi e i due solstizi) potrebbero meta-fisicamente 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 signifi-

12. 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



cato. 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 spicchio di terra: se questa era effettivamente la sua ambizione bisogna ammettere che c'è andato davvero molto vicino.

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 splendide 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* pubblichi (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.

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

- ▼ 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



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° in declinazione.

La novità della BD, poi estesa con la *Cordoba Durchmusterung* del 1892 sino alla declinazione -23° (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° 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° e -90°, 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, 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 precedente.

► *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

▼ 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	http://pegasus.phast.umass.edu/
ASAS-2, ASAS-3	www.astrouw.edu.pl/asas/
Astronomical Data Center	http://adc.gsfc.nasa.gov/ , http://adc.astro.umd.edu/
Centre de Données Astronomiques de Strasbourg	http://cdsweb.u-strasbg.fr/ http://vizier.u-strasbg.fr/cgi-bin/VizieR
Digitized Sky Survey	http://stdatu.stsci.edu/cgi-bin/dss_form/
FK6	www.ari.uni-heidelberg.de/
General Catalog of Photometric data	http://obswww.unige.ch/gcpd/
General Catalog Variable Stars (GCVS)	www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/gcvs/
Guide Star Catalog (GSC-II)	http://archive.eso.org/gsc/gsc/
HEASARC	http://heasarc.gsfc.nasa.gov/
MAST	http://archive.stsci.edu/missions.html
Minnesota Automated Plate Scanner	http://aps.umn.edu/
NED (analogo Strasburgo)	http://ned.ipac.caltech.edu/
NSD	http://nssdc.gsfc.nasa.gov/
New General catalog (NGC, ICI, ICII)	www.ngcproject.org/
Optical UV Spectrometric Standard Stars	www.eso.org/sci/observing/tool/standards/spectra/
SDS Plate finder	http://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_plate_finder/
SLOAN digital Sky Survey	http://cas.sdss.org/
Sophie	http://atlas.obs-hp.fr/sophie
USNO catalogo astrometrico	http://archive.eso.org/skycat/servers/usnoa/

Riduzione della data all'equinozio	www.obs-hp.fr/other.shtml#cata
------------------------------------	--

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* (Cata-

logo 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 aggiornata 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 nella pagina precedente 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, un *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 a pagina **95** e a pagina **152** 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**.

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. 98
Catalogo di Messier	profondo cielo	1993	Emisfero boreale	pag. 100

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	δ	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'

Catalogo Messier

M	NGC/IC	Costellazione	Tipo	AR 2000,0	δ	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	δ	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' x 5'
64	4826	Coma Berenices	G	12 h 56,7 min	+21 41'	6,6	8' x 4'
65	3623	Leo	G	11 h 18,9 min	+13 05'	9,5	8' x 2'
66	3627	Leo	G	11 h 20,2 min	+12 59'	8,8	8' x 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' x 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' x 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' x 10'
82	3034	Ursa Major	G	09 h 55,8 min	+69 41'	8,8	7' x 2'
83	5236	Hydra	G	13 h 37,0 min	-29 52'	10,1	10' x 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' x 2'
86	4406	Virgo	G	12 h 26,2 min	+12 57'	9,7	4' x 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' x 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' x 3'
91*	4548	Coma Berenices	G	12 h 35,4 min	+14 30'	10,2	5' x 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' x 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' x 4'
97	3508	Ursa Major	OWLn	11 h 14,8 min	+53 01'	9,9	3'
98	4192	Coma Berenices	G	12 h 13,8 min	+14 54'	10,7	8' x 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	1					
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' x 4'
105	3379	Leo	G	10 h 47,8 min	+12 35'	9,2	2' x 2'
106	4258	Ursa Major	G	12 h 19,0 min	+47 18'	8,6	20' x 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	+53 40'	10,7	8' x 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' x 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.
- [2] JOSÈPHE-HENRIETTE ABRY. "Manilius and Aratus: two Stoic poets on stars". Leeds International Classical Studies, 2007. www.leeds.ac.uk/classics/lics.
- [3] "Advanced Composition Explorer (ACE)", Settembre 2009. 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.
- [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 astrofísica*, 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.
- [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/.
- [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 Ludvig Heiberg; 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://mercurie.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, 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.
- [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.
- [24] ASTRONOMICAL RESEARCH INSTITUTE. "Astronomical Research Observatory". www.astro-research.org/observatory_directory.htm.
- [25] DECIMO MAGNO AUSONIO. "Mosella". Testo digitale. 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". 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, 1998.
- [29] P. BAKULIN, KONONOVIC, 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.
- [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/astronomia_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. 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*. Cedom, 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.
- [48] IVANO BONESANA. "Le origini del calcolo integrale". 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. 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. Astrofilo Padova; 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. 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 COCCEIANO CASSIO. *Storia di Roma*. Université catholique, Louvain, 2006. <http://mercure.fltr.ucl.ac.be/hodoi/concordances>.
- [62] GIANLUCA LI CAUSI. "Il PEC", luglio 2006. 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 SENSORINO. *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. BAGGALEY, 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. 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: www.hs-augsburg.de/~harsch/Chronologia/Lspost16/Copernicus/.
- [76] NICOLÒ COPERNICO. *Monetae cudendae ratio*, 1528 circa. Edizione digitalizzata: www.intratext.com/IXT/LAT0488/.
- [77] NAZARENO CORIGLIANO. "Trasmissione con flessibili: le cinghie". ITIS Marconi, Bari. <http://nazarenocorigliano.interfree.it/CinghieTeoria.pdf>.
- [78] GIOVANNI COSTA. "Hypatia, la figlia di Theone". www.enricopantalone.com/hypatia.pdf.
- [79] LEW COWLEY. "Atmospheric Optics". 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"". www.foam13.it/.
- [82] NICCOLÒ CUSANO. "De coniecturis". www.hs-augsburg.de/~harsch/augustana.html.
- [83] NICCOLÒ CUSANO. "De docta ignorantia". 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. <http://mercure.fltr.ucl.ac.be/hodoi/concordances>.
- [88] EDWARD DENT. "The diplescope, 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 SICULO. *Biblioteca storica*. Université catholique, Louvain, 2011. <http://mercure.fltr.ucl.ac.be/hodoi/concordances>.
- [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". 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. www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrams/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.
- [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". www.ccel.org/ccel/pearse/morefathers/files/chronography_of_354_06_calendar.htm.
- [107] ANNA MARIA FIORETTI, *et al.* "Reclassification and thermal history of Trezzano 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. www.lpi.usra.edu/publications/books.shtml.
- [115] GALILEO GALILEI. "Carteggio". web. <http://opac.bncf.firenze.sbn.it/opac/>.
- [116] GALILEO GALILEI. "La bilancetta". 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". 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. 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". 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. www.brera.unimi.it/sisfa/atti/.
- [130] FRANCESCO GUICCIARDINI. "Historia d'Italia", 1561. www.filosofico.net/guicciardinistoriaditaliaia1.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". 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. 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.
- [140] MICHAEL HODGKINSON. "John Malalas, Licinius Macer, and the history of Romulus". University of Exeter. www.dur.ac.uk/Classics/histos/1997/hodgkinson.html.
- [141] MARK D. HOLM. "Plop Optimized Mirror Cells", 2002. www.atmsite.org/contrib/HoIm/Plop_optimized_cells.
- [142] ROBERT HOUDART. "Mirror deformation analysis using MirrorMesh3D", 2010. 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". www.uni-koeln.de/phil-fak/i/fa/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 Akademiia Nauk*, vol. 30, (1941), pp. 301–305. www.astro.puc.cl/~rparra/tools/PAPERS/kolmogorov_1951.pdf.
- [156] FRANZ NIKOLAUS KÖNIG. "Atlas coelestis". www.stub.unibe.ch/maps/koenig/coelestis.html, 1826.
- [157] JANNIS KORINTHIOS. "Il tempo dei greci". 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.
- [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. 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. 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»: www.atmsite.org/contrib/HoIm/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. 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. www.jb.man.ac.uk/atlas/.
- [174] DAVID LEWIS. "Automated Mirror Cell Optimization (Plop)". www.davidlewistoronto.com/plop.
- [175] DAVID LEWIS. "Plop User's Guide". 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. www.brayebrookobservatory.org/BrayObsWebSite/HOME/PAGE/PageMill_Resources/PUBLICATIONS/domeslit.pdf.
- [180] CHRIS LORD. "Synchronised Dome Rotation (Rate of dome rotation)". Brayerbrook observatory, 2002. www.brayebrookobservatory.org/BrayObsWebSite/HOME/PAGE/PageMill_Resources/PUBLICATIONS/dome_synchronisation.pdf.

- [181] MARCO ANNEO LUCANO. "De bello Civile sive Pharsalia". www.thelatinlibrary.com/lucan/lucan10.shtml.
- [182] BRIAN LULA. "Telescopes". 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.
- [184] ENRICO F. MACCHIA, MASSIMO FIORUCCI. "La montatura altitudine-altitude (alt-alt)". Pubblicazioni dell'Associazione Astronomica E. Majorana, Aprile 2004. 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/Macrobius/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. 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.
- [194] ENRICO MANFREDI. "Ruote dentate: perdite e rendimento". www.astronomiainumbria.org/_Meccanica.htm.
- [195] MICHAEL E. MANN. "Little Ice Age". *Encyclopedia of Global Environmental Change*, Vol. I, 2002. 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.
- [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. 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 Kairo: for calendar conversion and astronomy", 2008. www.raymondm.co.uk/.
- [206] PETER MEYER. "Julian Day Numbers". Hermetic Systems. 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. MITTFELDT. "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.
- [223] DE LACY O'LEARY. *How Greek science passed to the Arabs*. www.aina.org/books/hgsptta.pdf, 1949.
- [224] JOHN OLIVER. "DomeSync". 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.
- [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". www.nubbin.darkhorizons.org/dome_automation.htm.
- [233] DAMIAN PEACH. "A Modern scale of astronomical seeing for imagers". 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. *Theoricae novae planetarum*. Sconosciuto, Norimberga, 1473. 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". 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". 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*, <http://mercure.fltr.ucl.ac.be/hodoi/concordances>.
- [245] PLUTARCO DI CHERONEA. *Vita di Alessandro*. Université catholique, Louvain, 2006. <http://mercure.fltr.ucl.ac.be/hodoi/concordances>.
- [246] PLUTARCO DI CHERONEA. *Vite parallele*. Université catholique, Louvain, 2006. <http://mercure.fltr.ucl.ac.be/hodoi/concordances>.
- [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. <http://mercure.fltr.ucl.ac.be/hodoi/concordances>.
- [250] EMMANUEL POULLE. *De Giovanni Dondi dall'Orologio*. École Nationale des Chartes, Paris, 1998.
- [251] RUDOLF PRESSBERGER, *et al.* "Sternwarte Harpoint". 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.
- [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. 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 NAFALIZIA. "Il Pantheon di Roma". Laboratorio Roma, 2008. www.laboratorioroma.it/ALR/Pantheon/Pantheon.htm.
- [261] LORENZO ROI. *Corso di astronomia*. Biblioteca comunale di Monticello, Monticello, 1997. www.lorenzoroi.net.
- [262] GIULIANO ROMANO. *Archeoastronomia italiana*. Padova, CLEUP, 1992.
- [263] SILVIA RONCHEY. "Ipazia". Associazione culturale Bisanzio. 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". 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.
- [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. 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", www.liberaliber.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". www.astrommeeting.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. 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 Casanatese, 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. 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, www.thelatinlibrary.com/solinus.html.
- [293] EUGENIO SONGIA. "Il calendario". pubblicazione in rete, 2000. 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". www.atlascoelestis.com.
- [302] STRABONE. *Geographia*. Université catholique, Louvain, 2006. <http://mercure.fltr.ucl.ac.be/hodoi/concordances>.
- [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 www.sacred-texts.com/neu/eng/str/.
- [305] SUIDAS (?). "Suda". Enciclopedia bizantina del X secolo. In linea a: www.stoa.org/soI, 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. www.tertullian.org/works/de_anima.htm.
- [314] ITALO TESTA. "Meccanismi di trasmissione del calore". 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, 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. www.univie.ac.at/hwastro/rare/1515_ptolomae.htm.
- [319] CLAUS TØNDERING. "Calendar algorithms". Pubblicazione in rete. www.tondering.dk/clus/calendar.html.

- [320] FEDERICO TOSI. *Meteoriti e meteore*. Associazione reggiana di astronomia. www.astroara.org/meteo/report/docpdf.htm.
- [321] IMRE TOTI. *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://mercure.fltr.ucl.ac.be/hodoi/concordances>.
- [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.
- [324] AUTORI VARI. "The Antikythera Mechanism Project". www.antikythera-mechanism.gr.
- [325] AUTORI VARI. "ATM web page". www.atmsite.org.
- [326] AUTORI VARI. "Cupole". Associazione Astronomica Ettore Majorana. www.astronomiainumbria.org/_Cupole.htm.
- [327] AUTORI VARI. "Description of the design and construction of an all-metal fabricated observatory". Brayerbrook observatory. 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/.
- [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". 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*. Hearthstone 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, www.lpi.usra.edu/meetings/largeimpacts2003/pdf/4008.pdf.
- [338] WOLFGANG WILDGEN. "Brunos Logik der Phantasie und die moderne Semiotik". 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. www.lpi.usra.edu/publications/books.shtml.
- [340] E. G. WILLIAMS. "Cyclicity 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". www.webalice.it/c.zamparelli, 2005. *Didattica delle scienze, XXIII, 193*, pagg. 52–56.
- [351] ANDRZEJ 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.costruzionioctichezen.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. www.astronomiainumbria.org/advanced_internet_files/meccanica/Corona/Accoppiamento_Vsf_Corona.pdf.

Indice dei nomi

- Abry Josèphe-Henriette, 348
Abukir, 92, 106
Accademia dei Lincei, 5
Acerbi Fabio, 348
Achelis Elisabeth, 105
Achille, 56
Ahlquist Jon E., 348
Aleotti Giovanni Battista, 48
Alessandro Magno, 89–91
Alighieri Dante, 61, 62
American Association for the Advancement of Science, 1
Amr ibn al-As, emiro, 31
Andrew B. H., 14
Andria, 109
Annibaletto Luigi, 350
Antonelli Luca, 348
Apuleio, 42
Arcadio, 96
Archia di Corinto, 41
Ardashir, 90
Arend Silvain, 48
Argentieri Domenico, 348
Argolide, 91
Aristofane, 29
Armagh, 101
Arp Halton C., 348
Arpino Mauro, 348
Aslaksen Helmer, 103
Atene, 21, 66, 90, 106
Augusto Ottaviano Caio Giulio Cesare, 95
Avieno Rufo Festo, 91
Azzarita Francesco, 348
- Bagdad, 61
Baghdad, 15, 32
Bagioli Alessandro, 348
Bakulin P., 348
Baldini Danilo, 349
Barbanera, almanacco, 19
Barbieri Cesare, 348
Bari, 109
Barone Francesco, 348
Basilio Flavio, 95
Bataillon Marcel, 348
Beccari Claudio, 348
Bellemo Vincenzo, 348
Bergerdorf, *vedi* osservatorio di **Amburgo**
Berlino, 5
Berti Enrico, 348
Bianchetti Serena, 348
Biava Enrico, 348
Biblioteca vaticana, 45
Blass Friedrich, 40
Bolognesi Alberto, 348
Bonesana Ivano, 349
Borromeo Carlo, 99
Boyer Carl B., 349
Braccesi Lorenzo, 348
Bradley E. Schaefer, 60
Brescia, 17
Britannia, 96
- Bromley Allan George, 27
Bullo Aldo, 349
Buonarroti Michelangelo, 44
Buonvino Giorgio, 349
- Calabi Francesca, 348
Caligola, 95
Canfora Luciano, 349
Capilupi Giulio, 25
Carlo Magno, 95
Carlo Martello, 31
Carlo V, 31, 54
Carpo di Antiochia, 43
Cartagine, 86, 106
Carugo A., 349
Carusi Andrea, 349
Catania, 93
Catullo Gaio Valerio, 46
Chinellato Matteo, 18
Cholodniak Ivan, 349
circoncisione, 97
Claudio Claudio, 25, 349
Clazomene, *vedi* Anassagora
Cleante, 49
Cleopatra, 94
Cobo Bernabé, 102
coclea, 40
Colbert Jean-Baptiste, 6
Comte Auguste, 105
Conte Alberto, 351
Corfù, 91
Corinto, 90
Cortés Hernán, 102
Costa Giovanni, 349
Costantino Flavio Valerio, 93, 96
Costantinopoli, 12, 25, 30, 34, 45, 110
Costanza, Concilio di, 98
Cotswort Moses, 105
Couder André, 349
Couder André, 354
Cousteau Jacques-Yves, 26
Crawford D. L., 349
Creta, 25
Cuma, 87
- d' Alembert Jean-Baptiste Le Rond, 64
d'Urban De Fortia, 348
Dürer Albrecht, 61
Débarbat Suzanne, 349
Damasco, 15
Danjon André-Louis, 349
de la Cotardère Philippe, 349
Dedalo, 29
Delaporte Paul, 105
Delfi, 91
Delporte Eugene, 11
Demostene, 91, 349
Dent Edward, 20
Diderot Denis, 64
Diocleziano, 96, 98
Diodoro siculo, 349

Diogene Laerzio, 21, 22
 Dione Cassio, 42
 Domenicucci Patrizio, 349
 Dubois J., 350
 Duret Noël, 34

 Ecateo di Mileto, 56
 eclittica, 24
 Efesto, 29
 Elvira, 96
 Emina Cassio, 92
 Enrico il Navigatore, 58
 Erittonio, 66
 Erodoto di Alicarnasso, 1, 56, 91, 350
 Esiodo, 90
 Euripide, 29
 Eyraud Charles-Henry, 350

 Fadda Federico, 350
 Fantoni Girolamo, 350
 Favaro Antonio, 350
 favaro Antonio, 350
 Favorino di Arles, 23
 Fechner Gustav Theodor, 66
 Federico II di Svevia, 109
 Fenestella, 92
 Fibonacci Leonardo, 1, 66
 Fidia, 65
 Fileo di Taormina, 41
 Foligno, 19
 formaldeide, 3
 Fozio, 12
 François, vaso, 86
 Francesco I di Lorena, 36
 Franci Massimiliano, 350
 Frau Benedetto, 29, 350
 Freet Tony, 28, 350
 French Bevan M., 350
 Freya, 97

 Gaino Tommaso, 351
 Gaio Sulpicio Gallo, 25
 Galeno, 42
 Galerio Gaio Valerio Massimiano, 96
 Gallia, 96
 Gallo Isaac Moreno, 350
 Garfagnini Gian Carlo, 351
 Garlick G. F., 350
 Gassendi Pierre, 350
 Genova, 58
 Gerusalemme, 101
 Gerusalemme, concilio di, 97
 Geschauff Thomas, 45
 Giamblico di Calcide, 51
 Gilbert Grove Karl, 51
 Giustiniano I, 25
 Giustino II, 95
 Granada, 96
 Green Cristopher D., 66
 Gregorio XIII, 106
 Gribbin John, 350

 Hammurabi, 89
 Hang, dinastia - , 103
 Hearnshaw J. B., 350

 Heath Thomas, 350
 Heiberg Johan Ludwig, 348
 Heidelberg, 5
 Heinicke Robert, 105
 Henden Arme A., 351
 Henry Paul, 108
 Henry Prosper, 108
 Hermes, 86

 Icaro, 29
 Iliade, 56
 Innocenzo XII, 106
 Iperborei, 90
 Ippocrate, 21
 Ippolito d'Este, 86
 Ippolito romano, 23

 Jaeger Mary, 351
 Janni Pietro, 351
 Joli Elena, 355
 Jones Alexander, 351
 Journal of the American Association of variable Star
 Observers, 1
 Joy Alfred H., 7

 König Franz Nikolaus, 351
 Kaitchuck Ronald H., 351
 Karmapa Rangjung Dorje, 105
 Kartunen Hannu, 351
 Keeler James E., 17
 King Henry C., 351
 Klett V. E., 351
 Kline Morris, 351
 Kojma T., 50
 Korinthios Jannis, 351
 Kring David A., 351
 Kuhn Thomas S., 351
 kutter Anton, 351
 Kwok Sun, 7

 La Rocca Alessandro, 353
 Lahore, 35
 Lambert Johan Heinrich, 16
 Lampsaco, 21
 Lattanzio Lucio Celio Firmiano, 25, 351
 Leone di Tessalonica, 44
 Leopoldo II di Toscana, 20
 Lepanto, battaglia , 31
 Lepido Marco Emilio, 94
 Licinio Valerio Liciniano, 96
 Licinius Macer, 92
 Lillo Antonio, 98
 Link F., 350
 Livio, *vedi* Tito Livio
 Livio Mario, 66
 Livio Tito, 41
 Lombardi Anna Maria, 351
 Lombardo Radice Lucio, 349
 London Science Museum, 28
 Lucano Marco Anneo, 352
 Luciano di Samosata, 42
 Ludwig Jan von, 352
 Luigi XIV, 6

 Mörbecke, Guglielmo , 44, 45

Macleod J. M., 14
 Macrobio Ambrogio Teodosio, 352
 Maffeo Sabino, 352
 Magrini S., 352
 Maometto, 31
 Marcello Marco Claudio, 25, 41
 Marco Antonio, 95
 Marianelli Franco, 352
 Marianeschi Edmondo, 352
 Matzner Richard A., 348
 Mauna Kea, 53
 Mauro Giovanni di, 58
 mazdeismo, 90
 Medina, 101
 Mediolanum, *vedi* Milano
 Meeus Jean, 352
 Melosh H. J., 352
 Messala Marco Valerio, 93
 Messene, 90
 Meyer Peter, 352
 Michelangelo, *vedi* Buonarroti Michelangelo
 Migliavacca Renato, 352
 Milano, 96
 Milano, editto di, 96
 Mitra, 96
 Modena, 20
 Mohl Hugo von, 20
 Mondin Battista, 352
 Montaigut Romain, 15
 Moore Patrick, 352
 Muddapur, 5
 Museo archeologico di Firenze, 86
 Museo archeologico di Napoli, 1
 Museo Archeologico Nazionale di Atene, 25, 26
 Museo Artemeister di Dresda, 40
 Museo del Louvre, 60
 Museo della Scienza e della Tecnica di Milano, 54
 Museo egiziano de Il Cairo, 106
 Museo Egizio di Torino, 56
 Museo London Science Museum, 28
 Museo Nazionale della Scienza di Firenze, 33
 Museo Olivierano di Pesaro, 23
 Museo Walters Art di Baltimora, 45
 Museo Walters di Baltimora, 348

 Napoleone I, 55, 60, 102
 Napolitani Pier Daniele, 45, 352
 Narrien John, 352
 Natalizia Sergio, 353
 National Bureau of Standards, 65
 Nature, 28
 Nerone, 95
 Nicea, concilio di, 95
 Nicola V, 45
 Nicomedia, 96
 Nocchi Francesca, 354
 Nyatri Tsenpo, 105

 O'Leary De Lacy, 352
 Odin, 97
 Olcott William Tyler, 1
 Olimpiade, 28
 Omar, califfo - I, 31, 99, 101
 Omero, 29, 90

 Onorio, 96
 Orazio Quinto Flacco, 46
 Ovidio Publio Nasone, 353

 Pécquer Onésiphore, 27
 Pacioli Luca, 65
 Paolo di Tarso, 97
 Pasadena, 106
 Peloponneso, 25
 Percival Frank, 27
 Pericle, 21
 Philadelphia, 51
 Phukpa Lhundrub Gyatso, 105
 Pickering. Osservatorio Edward C., 1
 Pieraccini Gianna, 353
 Pierazzo Elisabetta, 51
 Pincherle Mario, 353
 Pio IV, 99
 Pippa Luigi, 54
 Pisa, 20
 Pistone Bruno, 353
 Plinio Gaio Cecilio Secondo, 353
 Plutarco di Cheronea, 42, 97
 Poitiers, battaglia , 31, 36
 Polibio di Megalopoli, 41, 42
 Pompei, 97
 Popular Astronomy, 1
 Poulle Emmanuel, 353
 Price de Solla Derek, 353
 Price de Solla derek, 27
 Price Derek de Solla, 26
 punto equinoziale, 24

 Reggio Emilia, 20
 Regifugium, 94
 Rice Bob S., 353
 Rigutti Mario, 353
 Road Brunel, 353
 Rodi, 91
 Rodolfo II d'Asburgo, 112
 Roi Lorenzo, 353
 Roland georges, 48
 Romano Giuliano, 353
 Romolo, 92
 Ronchey Silvia, 353
 Ronchi Vasco, 353
 Rufini Enrico, 353
 Russo Lucio, 29, 353

 Sakkas Iannis, 42
 Salah, 34
 Salonicco, 96
 Samo, 91
 San Francisco, 51
 SAO/NASA (The SAO/NASA Astrophysics Data System), 1
 Schaefer Bradley E., 354
 Schleiden Matthias Jakob, 20
 Schmidt Maarten, 13
 Score Roberta, 17
 Seneca Lucio Anneo, 354
 Senmut, 60
 Senofonte, 90
 Serdica, editto di, 96
 Sesto Empirico, 49
 Seti I, 60

Severino Nicola, 354
 Shang, dinastia, 103
 Shapley Harlow, 351
 Shiraz, 15
 Shoemaker Eugene Merle, 354
 Sidgwick G. B., 354
 Sigismondi Costantino, 354
 Silio Italico, 42
 Siviglia, 34
 Smart W. M., 354
 Smirne, 21
 Smith Caleb, 56
 Smith John, 354
 Smith W. Randy, 354
 Società delle Nazioni, 105
 Socrate, 21
 Sofocle, 29
 Sole, 24
 Solinas Fernando, 351
 Solone, 90
 Somerville Boyle, 37
 Sparta, 90
 Stamtis Evengelos, 42
 Statis Valerios, 25
 Steigmann G. A., 354
 Stintfang, *vedi* osservatorio di **Amburgo**
 Stoppa Piero, 354
 Strabone di Amasea, 354
 Svetonio, 93
 Svetonio Gaio Tranquillo, 354

 Tacito Publio Cornelio, 354
 Tarquinio Prisco, 93
 Tartaglia Nicolò, 45
 Tavolaro Aldo, 354
 Tempesti Piero, 354
 Teodosio, 28, 96
 Tertulliano Quinto Settimio Fiorente, 354
 Tessaglia, 91
 Tessalonica, *vedi* Leone di Tessalonica
 Tessalonica, editto di, 96
 texerau Jan, 354
 Thom Alexander, 37
 Thor, 97
 Timeo, 24
 Tiridate, 101
 Tito Livio, 42, 351
 Tolomeo Claudio, 354
 Tolomeo III, 92
 Torelli Giuseppe, 348
 Torriano Gianello, 54
 Trento, Concilio di, 98
 Trento, concilio di, 99
 Tucidide, 90, 355
 Tuditano Sempronio, 92

 Tull A. J. T., 351
 Tyr, 97
 Tzetzes Giovanni, 42

 UNESCO, 109
 Università dell'Arizona, 51
 Università della Louisiana, 354
 Università di Bologna, 20
 Università di Cornell, 48
 Università di Ferrara, 86
 Università di Leningrado, 19
 Università di Los Angeles, 4
 Università di Modena e Reggio Emilia, 20
 Università di Padova, 53
 Università di Pittsburg, 17
 Università di Sidney, 27
 Università di Yale, 26
 Urbano IV, 106
 Uruk, 60

 Valerio Massimo, 42
 Valla Giorgio, 45
 Venezia, 58, 62
 Verniani Franco, 355
 Veroli, 95
 Vicentini Massimo Mogi, 355
 Vicentini Mogi Massimo, 28
 Vienna, 62
 Visconti Galeazzo, 54
 Vitali Carlo, 349, 351
 Vitali Guido, 351
 Vitruvio Marco Pollonio, 355
 Vulcano, 29

 Waland Robert L., 355
 Walker Christopher, 355
 Walker Christopher, 355
 Weeber Karl-Wilhelm, 355
 Wildgen Woldang, 355
 Wildgen Wolfgang, 355
 Wilhelms Don E., 355
 Willstropp R. V., 355
 Wilson Ray N., 355
 Wright Michael, 27, 28
 Wright Michael T., 355
 Wright Shawn Patrick, 355
 Wun, imperatore - , 103

 Xia, dinastia - , 103

 Zamparelli Carlo, 355
 Zelandenus, 54
 Zeuthen Hieronimus Georg, 45
 Zhou, dinastia - , 103
 Zonaras Giovanni, 42
 Zoroastro, 90