

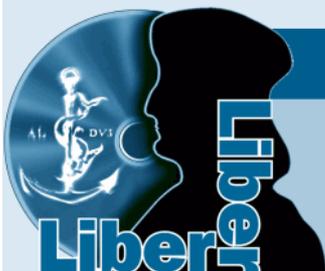
Progetto Manuzio



Angelo Secchi

Le stelle

Saggio di astronomia siderale



www.liberaliber.it

Questo e-book è stato realizzato anche grazie al sostegno di:

E-text

Editoria, Web design, Multimedia

<http://www.e-text.it/>

QUESTO E-BOOK:

TITOLO: Le stelle : saggio di astronomia siderale

AUTORE: Secchi, Angelo <1818-1878>

TRADUTTORE:

CURATORE:

NOTE:

DIRITTI D'AUTORE: no

LICENZA: questo testo è distribuito con la licenza
specificata al seguente indirizzo Internet:
<http://www.liberliber.it/biblioteca/licenze/>

TRATTO DA: Le stelle : saggio di astronomia siderale / [di] A. Secchi. - Milano
: F.lli Dumolard, 1877. - VIII, 425 p., [8] c. di tav. : ill. ; 22
cm. - (Biblioteca scientifica internazionale ; 14)

CODICE ISBN: informazione non disponibile

1a EDIZIONE ELETTRONICA DEL: 11 giugno 2009

INDICE DI AFFIDABILITA': 1

0: affidabilità bassa

1: affidabilità media

2: affidabilità buona

3: affidabilità ottima

ALLA EDIZIONE ELETTRONICA HANNO CONTRIBUITO:

Gianluigi Trivia, gianluitrivia@yahoo.it

REVISIONE:

Catia Righi, catia_righi@tin.it

PUBBLICAZIONE:

Catia Righi, catia_righi@tin.it

Informazioni sul "progetto Manuzio"

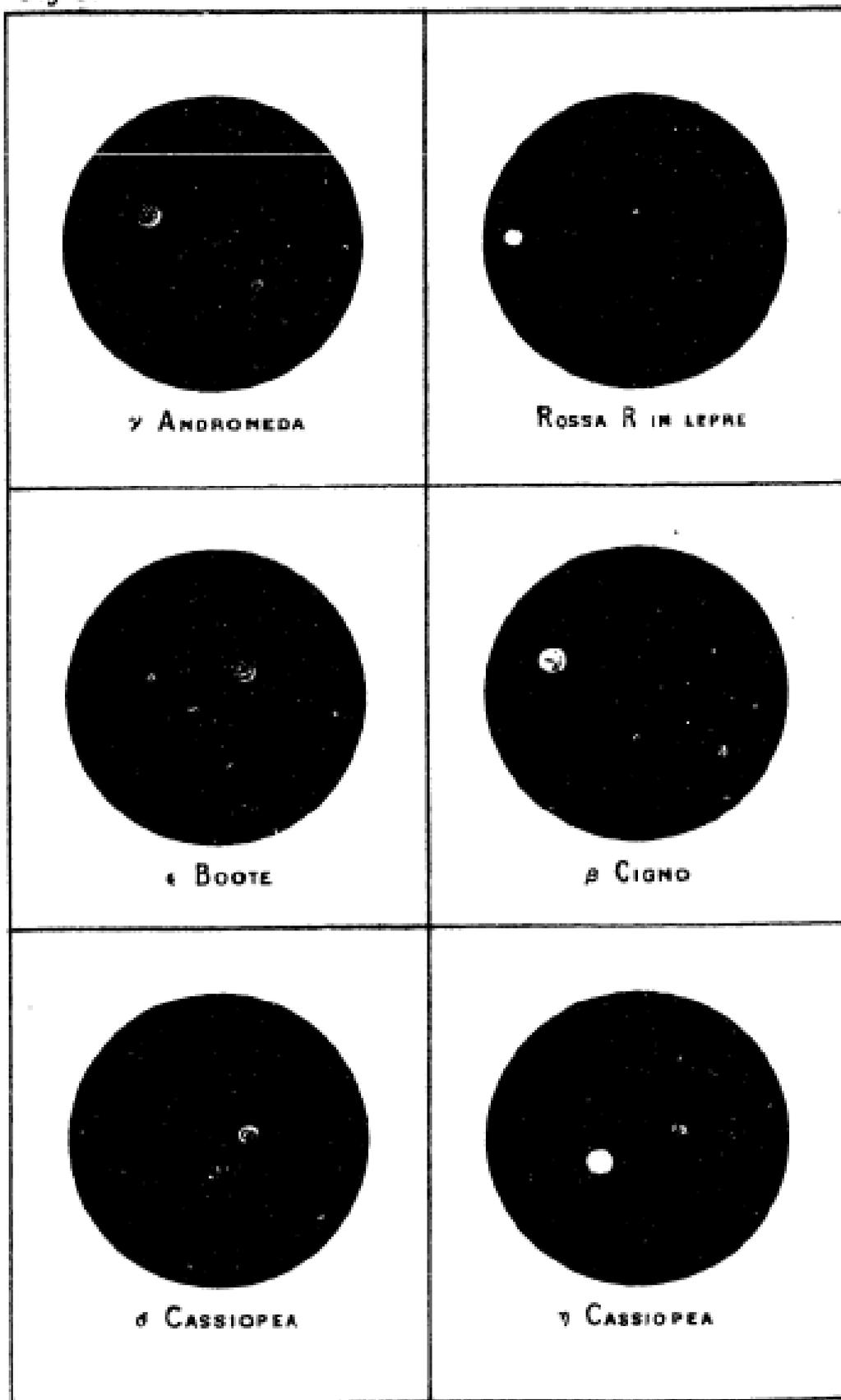
Il "progetto Manuzio" è una iniziativa dell'associazione culturale Liber Liber. Aperto a chiunque voglia collaborare, si pone come scopo la pubblicazione e la diffusione gratuita di opere letterarie in formato elettronico. Ulteriori informazioni sono disponibili sul sito Internet: <http://www.liberliber.it/>

Aiuta anche tu il "progetto Manuzio"

Se questo "libro elettronico" è stato di tuo gradimento, o se condividi le finalità del "progetto Manuzio", invia una donazione a Liber Liber. Il tuo sostegno ci aiuterà a far crescere ulteriormente la nostra biblioteca. Qui le istruzioni: <http://www.liberliber.it/sostieni/>

Fig. 4.

STELLE COLORATE



LE STELLE

SAGGIO

DI

ASTRONOMIA SIDERALE

DEL P. A. SECCHI

DIRETTORE DELL'OSSERVATORIO DEL COLLEGIO ROMANO

MILANO

FRATELLI DUMOLARD

1877.

AL CHIARISSIMO SIGNORE

SIGNOR COMMENDATORE E PROFESSORE

G. V. SCHIAPARELLI

DIRETTORE DELL'OSSERVATORIO

DI BRERA DI MILANO

L'AUTORE

DEDICA QUESTE PAGINE

IN ATTESTATO DI SINCERA STIMA

E DI PROFONDO RISPETTO

INDICE.

Introduzione

CAPO I. Aspetto generale del Cielo:

- § 1. Le costellazioni
- § 2. Distribuzione convenzionale delle costellazioni
- § 3. Come determinare con precisione la posizione delle stelle
- § 4. Descrizione del cielo; carte e cataloghi di stelle

Catalogo delle stelle fondamentali per l'anno 1879.

CAPO II. Fisica stellare:

- § 1. Grandezza delle stelle e principii di uranometria
- § 2. Colori delle stelle
- § 3. Spettri prismatici delle stelle; storia e descrizione degli strumenti
- § 4. Risultati spettrali – natura delle righe – tipi stellari
- § 5. Breve esame della costituzione fisica del sole
- § 6. Applicazione dei precedenti risultati alla costituzione fisica delle stelle
- § 7. La scintillazione delle stelle
- § 8. Variabilità delle stelle
- § 9. Gruppi stellari
- § 10. Le nebulose

CAPO III. Movimenti stellari:

- § 1. Moti proprii delle stelle
- § 2. Come lo spettroscopio possa far rilevare i movimenti stellari
- § 3. Moto proprio del sole
- § 4. Stelle doppie
- § 5. Numero probabile dei sistemi di stelle doppie

CAPO IV. Vastità dello spazio stellato:

- § 1. Numero delle stelle
- § 2. Grandezza del sistema planetario
- § 3. Distanza delle stelle
- § 4. Distanza relativa delle stelle

CAPO V. Struttura dell'Universo:

- § 1. Introduzione
- § 2. Distribuzione delle stelle grandi
- § 3. Distribuzione delle stelle minori. Via Lattea
- § 4. Distribuzione reale delle stelle nello spazio
- § 5. Considerazioni generali sulla distribuzione delle stelle
- § 6. Sistemi delle nebulose

Conclusione:

Idea sulla grandezza e la struttura dell'Universo

Cataloghi:

- Catalogo delle principali stelle variabili
- Prodromo di un catalogo fisico delle principali stelle colorate
- Catalogo *A* delle principali stelle binarie raccolto da Brothers
- Catalogo *B* delle stelle doppie per gli strumenti comuni
- Catalogo *C* degli oggetti singolari e curiosi

INTRODUZIONE.

Le stelle, quegli innumerabili e svariati centri luminosi che ingemmano il cielo in una notte serena, che rapiscono e incantano per la varietà dello splendore e de' colori, per la vibrazione continua della loro luce, per la capricciosa distribuzione delle figure, sono un soggetto più di contemplazione che di studio. La fantasia si perde nel trovare una traccia di legge a quegli infiniti meandri che le congiungono, l'occhio si stanca a tentarne il computo, la mente trova un abisso immensurabile nel pensare che, non di una mera superficie, ma di una solida massa deve scandagliare il mistero.

Tuttavia la scienza non si arresta alle difficoltà del problema, e posta da parte la deliziosa ammirazione della bellezza del soggetto, si è messa dentro a tante segrete cose col paziente esame dello studio, e armata dei più potenti strumenti che l'arte seppe costruire, ha già fatto un ampio squarcio in quel velo profondo che sembrava impenetrabile all'umano intelletto. Mettiamoci adunque anche noi in questo immenso oceano di meraviglie, sicuri che se non potremo arrivare a scoprire le rive, ne raccoglieremo almeno tanta vaghezza, che senza pericolo di naufragio potremo pascere ad abbondanza la nostra più avida immaginazione.

L'astronomia stellare, come scienza, può dirsi lavoro di poco più di un secolo per ciò che riguarda la parte geometrica, ed è anche di più recente data per le ricerche fisiche: pure, mercè l'attività della nostra generazione, ha tanto progredito, che già possono formarsene parecchi volumi. Oggidì può dirsi che sul regno astronomico niun astro tramonta, perchè involatosi ad un osservatore ne succede un altro, e le scelte si danno l'una all'altra l'avviso di allarme. Noi cercheremo di riunire questi molteplici risultati in poche pagine, raccogliendo quanto basti a dare un'idea dell'immensità di questo soggetto e della sua varietà.

Considereremo dapprima la distribuzione apparente che presentano le stelle sulla superficie celeste, indi la loro struttura fisica, poscia cercheremo di dedurre le relazioni che passano tra tanti corpi da cui lo spazio è popolato. Procureremo specialmente di dare sufficiente sviluppo alle numerose questioni di fisica celeste, tanto studiate in questi ultimi anni.

CAPO I.

ASPETTO GENERALE DEL CIELO.

§ I.

Le Costellazioni.

Nelle belle pianure del Sennahar in una col genere umano ebbe sua culla la scienza delle stelle. Sotto quel limpido cielo terminato da un puro orizzonte, silenziose si svolgevano sul firmamento le orbite degli astri allo sguardo curioso di gente aliena ancora dalle sollecitudini di una vita artificiale, che contemplava con occhio innocente l'ammirabile scena del cielo stellato. Là ebbero la prima volta il loro nome i gruppi delle loro strane combinazioni, nomi che alcune ritengono ancora al presente. La somma stabilità delle forme che contrasta colla lor bizzarria, è la cosa che più colpisce. Stabilità che reca ancor maggiore sorpresa quando staccandosi *ad ora ad or subito foco.... sembra stella che tramuti loco, se non che dalla parte ove s'accende nulla sen perde ed essa dura poco* (Dante. Par. XV). Nulla è più sorprendente di sì costante varietà in tanta immutabilità. Mentre tutto è regola e ordine della natura solo nel cielo sembra regnare la confusione, prova evidente che un gran mistero regna nella distribuzione di quei corpi, e che noi non siamo che ammiratori di un complesso di cui non conosciamo ancora la struttura.

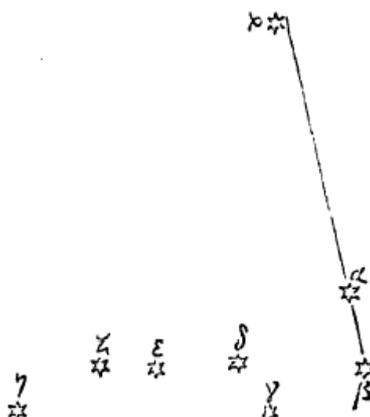


Fig. 1.

In mezzo a tanta moltitudine pochi gruppi risaltano indicati dalla natura come spontaneamente congiunti. Tali sono le sette stelle presso al polo che formano quello che fu chiamato il *Carro*; costellazione famosa e che serve di guida a riconoscere le altre per la sua semplicità e posizione opportuna. Questo gruppo consiste di quattro belle stelle disposte a modo di trapezio come nella figura (V. fig. 1); a uno degli angoli sono attaccate altre tre ϵ , ζ , η disposte in linea spezzata. Se vogliamo che le prime rappresentino le ruote di un carro, queste ultime potranno rappresentarne il timone. Questo gruppo è importante perchè esso conduce facilmente a trovare la stella polare. Si tiri una retta per le due posteriori del trapezio, e si prolunghi nella direzione del polo tanto quanta è la distanza al vertice del timone, si incontrerà una stella α di pari bellezza delle medesime sette, e questa è la stella *polare*. Essa sembra immobile nel cielo a chi la guarda senza strumenti, ma realmente dista dal polo di $1^{\circ} 20'$ e perciò descrive un circolo di $2^{\circ} 40'$ di diametro. Nel polo propriamente non è veruna stella, e per i movimenti generali della sfera conosciuti sotto il nome di *precessione*, se vi fosse non vi resterebbe ferma^[1]. Dal lato opposto al *Carro* ed a egual distanza dall'asse celeste si trova un altro gruppo non meno bello in forma di *M* allungato detto *Cassiopea*. In mezzo a queste la bella croce tracciata sul latteo chiarore del fondo del cielo invita a darle la denominazione del *Cigno*; altrove il gruppo delle Iadi rappresenta naturalmente la testa di un vigoroso animale, il *Toro*; un piccolo gruppo non lontano ricorda la *Chiocchetta* col suo grazioso contorno, e un enorme e splendido ammasso ricorda un sublime gigante, *Orione*.

[1] Supponiamo il lettore abbastanza pratico delle nozioni di sfera e basti aver accennato qui queste cose.

Una volta date le mosse, era facile proseguire; quindi venne bentosto il cielo popolato di fantastiche pitture che lo riempiono di vita e di poesia. Tanto i gruppi naturali, che gli artificiali, inventati per legare gli uni agli altri si dissero *Costellazioni* o *Asterismi*. Le denominazioni ora in uso presso noi, non sono di molto anteriori alla epoca della mitologia greca, e riguardano il periodo storico-favoloso della spedizione degli Argonauti; ma vi sono grandi vestigi di nomenclature anteriori di cui rimangono notabili frammenti. Si è preteso un tempo che esse fossero di una enorme antichità, fondandosi sulle scoperte di planisferi e zodiaci trovati nei templi egizii di Esné o Denderah; ma ora è provato che que' monumenti sono di epoca Romana, onde è sparita la supposta antichità.

Gli aggruppamenti delle stelle presso i popoli più remoti dell'Oriente, dell'India e presso i Cinesi sono tutti diversi dai nostri, e con ciò mostrano una astronomia originale indipendente dalla nostrana. Certi caratteri con cui si indicano le costellazioni dai Cinesi sono così poco capiti dagli stessi letterati, che non ne sanno indicare l'origine nè l'etimologia.

Così le stelle in ogni tempo vennero distribuite in gruppi naturali, o arbitrarii che furono religiosamente trasmessi di generazione in generazione per la necessità d'intendersi nel distinguere l'immensa copia degli astri, e si conservarono con quello scopo medesimo che si conserva nel globo terrestre la divisione dei regni e delle provincie.

I prischi osservatori benchè sprovvoluti d'ogni strumento di precisione, pure mediante il mezzo semplicissimo degli allineamenti presi o ad occhio semplice o traguardando col mezzo di un filo, stabilirono in modo abbastanza concludente la gran legge della loro invariabilità di posto; e riconobbero che solo alcune poche fra le più brillanti non erano fisse, onde dal loro *errare* furono dette *pianeti*. Queste furono studiate a parte e si fissarono le leggi le più elementari dei loro movimenti. Le tavole I, II, indicano in piccola scala i gruppi principali e più famosi stabiliti dall'antica convenzione; per uno studio più minuto si esigono carte maggiori ^[2].

Quei gruppi, tra i quali i maggiori luminari, il Sole e la Luna e i principali pianeti, fanno la loro strada, attraggono più degli altri l'attenzione, e costituiscono la *fascia Zodiacale*, nel cui mezzo corre l'orbita apparente del sole, l'*ecclittica*. Queste costellazioni sono notissime coi nomi di Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, Leone, Vergine, Bilancia, Scorpione, Sagittario, Capricorno, Acquario, Pesci. L'estensione di questi gruppi è molto disuguale, e le loro forme non hanno alcuna analogia coll'oggetto da cui traggono il nome. L'origine di questi si perde nella notte dei tempi, e tutto al più sembrano alludere ai lavori dell'agricoltura, nell'epoca in cui nei tempi antichi il sole percorreva queste costellazioni; ma questa coincidenza stessa è ora in gran parte sparita, perchè coi movimenti della sfera stellata, le fasi dell'anno tropico a cui è collegato il lavoro della campagna, non coincidono più coll'entrata del sole nelle medesime costellazioni di una volta. Così l'equinozio di Primavera che ai tempi d'Ipparco cadeva nella costellazione di Ariete, è ora nella costellazione dei Pesci e prima dell'Ariete esso fu nel Toro, e così tutte le altre costellazioni furono spostate del pari. Il fatto positivo che l'equinozio di Primavera si considera come corrispondente all'asterismo dell'Ariete, e quello di Autunno nella Libra che è simbolo dell'eguaglianza dei giorni e delle notti, è prova che l'attuale nomenclatura è assai recente, giacchè è provato dalla teoria e confermato dai monumenti astronomici più antichi che ad epoche storiche esso punto equinoziale fu presso le Pleiadi.

Le tradizioni delle nazioni più remote nulla ci hanno conservato di queste origini, ma alcuni monumenti indicano abbastanza chiaro questi mutamenti. Così per esempio la grande piramide di Gizeh costruita ai tempi di Cheops circa 2170 anni avanti l'era volgare ha due canali o tubi che dalla camera centrale vanno alle pareti esterne dal lato del Sud e da quello del Nord. Il primo mira ad un punto del cielo ove ora non passa nessun astro importante, ma potevano passarvi le Pleiadi all'epoca della sua costruzione; l'altro non ha relazione con alcuna stella ai tempi presenti, ma per esso passar dovea la stella polare di quel tempo che era l' α (alfa) del Dragone. Ora questi canali sono ostruiti, ma erano ancora aperti nel XIII secolo come ce ne assicura Abdallatif, dotto medico arabo che visitò la piramide a quell'epoca. La direzione di queste visuali, racchiude indubitatamente un secreto astronomico, e questo non potrebbe esser altro che la suddetta posizione all'Equinozio presso le Pleiadi ^[3].

^[2] Il lettore potrà per tal uso consultare gli Atlanti di Bode, l'Uranometria di Argelander, l'atlante di Heis, le carte di Dorn, e le carte di Dien, ed altri autori.

^[3] V. Smyth *La Grande Piramide*, ecc.

La divisione dello Zodiaco in 12 parti, si trova anche presso i Cinesi; ed essa è una cosa molto naturale per lo stretto rapporto che passa tra il giro del Sole, e quello della Luna, ma i nomi dati alle costellazioni sono affatto diversi nell'antica astronomia cinese, quale si avea prima dell'arrivo colà dei Missionari. I nomi cinesi moderni sono una mera traduzione dei nomi europei fatta dagli stessi Missionari^[4].

§ II.

Distribuzione convenzionale delle costellazioni.

La zona zodiacale divide il cielo in due emisferi, Boreale e Australe. Le costellazioni Boreali principali sono le seguenti indicate coi nomi usati dagli antichi greci e coll'aggiunta delle inventate all'epoca di risorgimento dell'astronomia nel XVII secolo. — Pegaso, Andromeda, Cassiopea, Orsa Minore, Cefeo, Perseo, Triangolo boreale, Cocchiere, Orsa Maggiore, Dragone, Chioma di Berenice, Boote e Monte Menalo, Corona Boreale, Ercole, Ofiuco o Serpentario, Serpente, Lira, Aquila, Antinoo, Cigno, Freccia, Delfino, Cavallino, — a cui i moderni hanno aggiunto le seguenti — Renna, Mietitore, Giraffa, Arpa, Lince, Telescopio di Herschel, Piccolo Leone, Cani Levrieri, Quadrante murale, Toro di Poniatowski, Scudo di Sobieski, Volpetta, Oca, Mosca, Trofeo di Federico, Cerbero, Sestante.

Le australi antiche sono — Balena, Eridano, Lepre, Orione, Cane Maggiore, Cane Minore, Nave d'Argo, Idra, Tazza, Cervo, Centauro, Lupo, Altare, Corona Australe, Pesce Australe.

Le moderne aggiunte sono — Lucerna, Sestante, Solitario, Apparato dello Scultore, Fenice, Macchina elettrica, Macchina Pneumatica, Apparato chimico, Tipografia, Pendolo, Scettrò di Brandeburgo, Bulino, Cavalletto del Pittore, Squadra, Compasso, Telescopio astronomico, Microscopio, Pallone aerostatico, Grù, Regolo, Tocano, Piccola nuvola, Idro Maschio, Orologio, Reticolo, Gran Nuvola, Monte della Tavola, Pesce volante, Camaleonte, Quercia di Carlo, Croce, Rondine, Livello, Uccello Indiano, Ottante, Pavone Indiano, Gatto, Dorado, ecc.

Senza pretendere di descrivere per minuto tutte queste capricciose figure, ci limiteremo a scorrere le principali per dare una guida al lettore, che deve tener sott'occhio le tavole I e II molto meglio del cielo stesso.

Pegaso è rappresentato come un immenso cavallo alato e si riconosce facilmente in cielo per un grande quadrato che fanno tre delle sue stelle colla quarta presa dal capo di Andromeda. *Andromeda* è figurata qual giovane donna incatenata a due scogli, a braccia aperte; colla testa tocca un vertice del quadrato di Pegaso, e coi piedi raggiunge Perseo, il suo liberatore dal mostro a cui era stata sacrificata. Ai suoi ginocchi a destra è *Cassiopea* la regina assisa in trono, e a sinistra il *Triangolo*. *Perseo* l'eroe liberatore tiene con la manca il capo di *Medusa* e colla destra la spada, la cui elsa è ingioiellata da un superbo gruppo di minutissime stelle. Al di là di Perseo è il *Cocchiere*: questi nel suo seno porta una *Capra* insignita da una bellissima stella e porta anche i *Capretti*, licenza invero più che poetica, o a più vero dire, indizio di altra più antica divisione di gruppi.

Su di una regione assai povera di stelle grandi si stendono la *Giraffa*, il *Mietitore* e la *Lince*, e segue quindi la *Grand'Orsa*, di cui il *Carro* non forma che una limitata porzione del treno posteriore dell'animale; il timone sarebbe la coda e il resto la coscia. Gli antichi chiamarono perciò questo gruppo anche *la coscia*. Entro questa cinta e più vicino al polo sono *Cefeo* che distinguesi per una croce di stelle mediocri, e l'*Orsa minore*, alla estremità della cui coda è la stella polare, che apparentemente ad occhio nudo sembra senza moto. Essa trovasi facilmente, come si disse, conducendo una linea retta tra le due ultime del Carro, e prolungando la loro direzione di tanto, quanto queste due distano dalla punta del Timone. La Polare è grande quasi tanto, quanto quelle dell'Orsa Maggiore, ed è ivi la sola di tale grandezza. Al luogo dell'Orsa Minore era anticamente rappresentato un cane, onde la polare che sta sulla estrema sua coda si disse la *Cinosura* (cioè *coda del cane*): trasformato il cane in Orsa restò la sua coda lunga e rilevata contro la natura del nuovo animale! Fra le Orse a modo di fiume colle sue spire gira il *Dragone*. All'Orsa Maggiore fa seguito *Boote*, che ha nel ginocchio, la bella stella detta *Arturo*. *Boote* figura come conduttore del Carro, avanzo dell'antica poesia, e posa sul *Monte Menalo*. Evelio gli diè nella mano le

^[4] Vedi John Williams, *Observations of Comets in China* 1871 pag. XXIII, e seg. ed anche Gaubil, et Biot *Études d'Astronomie Indienne et Chinoise*, Paris 1862.

lasse dei suoi *Levrieri*, e sotto questi è la *Chioma di Berenice* cantata dai poeti, gruppo di minute stelle miste a delle masse nebulose. A Boote va innanzi la *Corona* facilmente riconoscibile per la sua forma di un circolo quasi completo di stelle, e non molto di là verso la Via Lattea è la vaga costellazione della *Lira* colla sua superba stella, la più bella del nostro emisfero, detta *Vega*. Tra esse trovasi il gran Gigante ora detto *Ercole*, e anticamente chiamato l'*Inginocchiato*, che con una mano tiene un gruppo di serpi chiamato *Cerbero*, e un *Ramo*. Sul chiarore della Via Lattea si stende il *Cigno* in forma di croce, che avanti di sé ha la *Freccia*, e a sinistra la *Volpetta*, e dietro la *Lucertola*. Un gruppo naturale di belle stelle non lungi forma il *Delfino*, che confina col grande *Cavallo Pegaso* separatone dalla protome del Cavallo Minore detto *Cavallino*. Sotto la freccia e il Delfino si stende l'*Aquila* e *Antinoo*, o meglio Ganimede, e vedonsi vicino le grandi e belle chiazze di luce dette il *Toro di Poniatowski* e lo *Scudo di Sobieski*. Tra questi e Boote è l'altro immenso gigante il *Serpentario*, che calcando coi piedi il mostro (*lo Scorpione*) colla testa sua arriva alla testa di Ercole; intrecciato e confuso egregiamente alla figura del *Serpente*; costellazione la più intrigata di tutto il cielo.

Così si raggiunge la zona delle costellazioni zodiacali. L'*Ariete* è distinta da due belle stelle che aprono la lista: segue il *Toro*, la cui testa è composta dalle *Iadi*, e il cui bel gruppo è ornato dalla rossa dell'occhio *Aldebaran*. Che il Toro aprisse altra volta la serie de' segni rimane ancora nelle tradizioni poetiche — *Candidus auratis aperit cum cornibus annum*, cantò Virgilio. E il nome di Iadi allude alle piogge equinoziali. Due lucide e vive, *Castore* e *Polluce*, definiscono i *Gemelli*, i quali colle altre minori collocate nei loro piedi, limitano un gruppo assai ben isolato e sono simbolo della fecondità degli animali. Una piccola macchia lucida distingue la breve costellazione del *Cancro*, la qual macchia dicesi anche il *Presepio*. Segue una immensa falce a modo di C con un lungo manico che forma il *Leone* ed ha la più bella nel Cuore detta *Regolo*. Vasta oltremodo e distesa lungo l'ecclittica è la *Vergine* che tiene in mano la bella *Spiga* simbolo della stagione delle messi nei tempi antichi.

Dietro a' suoi piedi seguono due belle stelle che disegnano i piatti della *Bilancia*, e che anticamente formavano le *Chele* o branche dello *Scorpione*. Questo è un mostro immenso che è distinto da un ampio ventaglio di lucide stelle nel cui centro è una rossa viva, *il suo cuore*, detta *Antares* e che è seguito dalla sinuosa coda. La regione seguente assai lucida è ricca del *Sagittario*, il cui grand'arco è ingemmato di belle stelle, e segue quindi il *Capricorno*, breve costellazione distinta da due lucide avanti e due minori in fine. L'*Aquario* è indicato da una bella serie di stelle a modo di M allungato, e versa l'acqua del suo vaso in gola al mostro marino detto *Pesce Australe*. Finalmente tra questo e l'*Ariete* sono i *Pesci* formati di minute stelle, per legare i gruppi principali delle quali si fa scorrere il *Lino*, ossia il nastro che li congiunge.

La costellazione più bella tra le australi a noi visibile è *Orione*, il gran cacciatore, che è formato da un superbo trapezio di quattro stelle diviso nel mezzo da una magnifica cintura che è posta quasi sull'Equatore celeste. Da essa pende la spada la cui elsa è ornata della superba Nebulosa che sembra una cometa veduta ad occhio nudo.

Al Cacciatore è sottoposto il fedel *Cane Maggiore* che ha in bocca la più bella stella di tutto il cielo, e poco sotto il *Lepre*. Avanti al Lepre stende il suo tortuoso corso l'*Eridano*, le cui sinuosità includono numerose stelle minute; e dopo queste viene la *Balena* vastissima costellazione la cui parte principale si include in un gran trapezio di stelle gialle. Al basso e dopo il cane si ha l'immensa costellazione *Nave Argo* che proiettata sul mare di Grecia ricordava la famosa impresa, i cui eroi sono messi tra le stelle. Sopra la poppa di questa sono l'*Unicorno*, con pallide stelle, e il *Cane Minore* colla sua bella stella *Procione*. Dal Cane comincia la lunga e sinuosa linea dell'*Idra* che va fino al *Centauro*, e su questa posano il *Sestante*, la *Tazza*, il *Corvo* che coprono lo spazio tra la Vergine e l'*Idra*. Sotto alla coda dell'*Idra* è la testa del *Centauro* fornito di belle stelle le quali nelle nostre latitudini medie sono invisibili, ma formano il più bello ornamento del cielo australe. Esso confinando colla Nave, chiude la zona delle costellazioni australi conosciute dagli antichi.

Entro queste è la callotta polare australe ripiena di minute divisioni rappresentanti gli strumenti della scienza moderna; materia degnissima certamente di aver posto in cielo, ma che poco si collega alle antiche forme. Il gruppo più bello del cielo australe è la *Croce*, ma essa non è pari alla sua fama, essendo le sue stelle appena eguali a quelle della nostra Orsa Maggiore. La stella Polare ivi è assai piccola e trovasi nell'*Ottante* e gli astronomi australi ci invidiano assai la nostra bella *Cinosura*.

Abbiamo lasciato di descrivere in questa corsa alcuni gruppi più minuti che il lettore troverà meglio da sè col confronto di buone carte.

La circoscrizione di queste costellazioni è così arbitraria e intricata, che si è pensato seriamente dagli astronomi se non valesse la pena di far man bassa su tutto, e stabilire una nuova divisione del cielo: il celebre John Herschel ne fece seriamente la proposta, ma considerando che questo non potrebbe far altro che accrescere la confusione, perchè non tutti cederebbero alla neoterica riforma, mentre le figure che ora vi sono appartengono o alla mitologia o alla scienza, terreni perfettamente neutrali, si è creduto meglio piuttosto ritornare all'antico, e togliere dalle costellazioni i frastagli introdotti dai moderni, specialmente nell'Emisfero del Nord. E ciò ha fatto il diligentissimo signor Heis. Per l'Emisfero Australe la cosa è irrimediabile, avendo quei gruppi i nomi originali dati da Lacaille e dai primi navigatori.

In varie epoche si è cercato di collegare tra loro le figure delle costellazioni e formarne una specie di epopea celeste. I greci come vedemmo tutto empirono delle loro favole, e vi perpetuarono gli eroi della impresa del Vello d'oro o Argonauti, il che è prova novella dell'essere recente l'epoca di tale imposizione di nomi. Ovidio colle sue vivaci fantasie riuscì ad ajutar la memoria per molti gruppi: li gnostici (a quanto asserisce il pseudo-Origene) nelle Costellazioni estive vollero riconoscere un drama soprannaturale, forse derivato dagli Egizii. Per essi la costellazione di Ercole, che gli antichi rappresentavano (come dissi) per una persona inginocchiata, era figura dell'umanità che genuflessa avanti all'emblema del grande spirito (il Dragone) implorava l'immortalità simboleggiata nella *Corona*. Se non che questa gli veniva rapita dall'invidioso *Serpente*, e questo a sua volta veniva dal redentore (il *Serpentario*) strozzato e calpestato nel gran mostro lo *Scorpione*, di cui il Serpente era un continuazione. Ma tutte queste sono cose per lo meno tanto inutili quanto le favole dei Greci. Andarono similmente falliti i tentativi di introdurvi i personaggi del Cristianesimo, e restò il campo alla mitologia e per ora non vi è disposizione a far cambiamenti.

Del resto tale distribuzione del cielo, direi quasi, in provincie, non ha nessun serio interesse per gli astronomi, giacchè la posizione di ciascuna stella quando si vuole con precisione è sempre indicata colle coordinate di Ascensione retta e Declinazione, col che si toglie ogni equivoco, e i nomi delle Costellazioni servono solo per abbreviare le indicazioni e aiutare la memoria. Molte stelle hanno nomi proprii che sono antichissimi, come Sirio, Regolo, Capra, ecc. Altre hanno nomi di origine Araba, come Betelgeuse, Rigel, ecc., la maggior parte di questi nomi sono la indicazione della parte del corpo dell'animale che figura nella Costellazione, così *Rigel* significa *ginocchio* (di Orione), *Aldebaran*, *l'occhio* (del Toro) e via discorrendo. Nei loro cataloghi gli antichi indicavano le varie stelle della stessa costellazione colla parte del corpo dell'animale in cui esse cadevano: Così Sirio, lo dicevano quella che *sta nella bocca del Cane ecc.* Tal cosa rendeva lunga la denominazione dell'Astro; ma tuttavia non era senza comodità; però mancavano le denominazioni delle stelle poste fuori del corpo principale che essi indicavano in genere col nome d'*informes*, ed è stato appunto con queste che i moderni hanno costruito le loro costellazioni secondarie aggiunte.

Un astronomo tedesco, Bayer nel 1603 cominciò a notare le stelle principali colle lettere dell'Alfabeto greco, e questo non bastando talora aggiunse il latino. In pratica pareva sua intenzione d'indicare con tali lettere l'ordine stesso di grandezza; ma, sia per inavvertenza sua, sia perchè le grandezze abbiano realmente variato col tempo, tale ordine non si trova ora regolare in tutte. I moderni però hanno conservato queste lettere scrupolosamente perchè servono mirabilmente alla brevità e speditezza della nomenclatura e fino a un certo punto anche danno una guida della importanza loro e sono più facili a ritenere che le coordinate numeriche^[5]. Noi ne faremo uso sovente.

§ III.

Come determinare con precisione la Posizione delle stelle nel cielo.

^[5] Vedi in fine la tavola contenente questo alfabeto per quelli che non ne fossero pratici. — Le seguenti nozioni elementari del § III benchè inutili per molti lettori pure le soggiungiamo onde altri non abbiano da andare con incommodo a cercarle altrove.

La posizione delle stelle per mezzo dei gruppi e delle costellazioni o degli allineamenti non può essere che grossolanamente approssimata: per lo studio scientifico è mestieri una maggior precisione. Questa si ottiene col riferirle ai circoli della sfera celeste. Le costellazioni servono (come si disse) soltanto come nella geografia le divisioni in regni e provincie, e i nomi propri delle principali sono come i nomi delle città. Siccome però ciò non basta a definire il loro luogo preciso sul globo, ma per ciò si richiedono le così dette coordinate geografiche di *Longitudine* e *Latitudine*, così gli astronomi usano per le stelle un sistema consimile.

La posizione di una stella, diceva Herschel, una volta ben definita costituisce un punto fisso d'immensa portata nella costituzione dell'Universo: perirà lo strumento che la misurò, passerà l'astronomo che la determinò e la sua generazione, ma il punto resta qual termine fisso di eterna stabilità più sicuro dei monumenti di bronzo o delle Piramidi marmoree. Quindi è che il più gran progresso della scienza moderna si fa consistere nella esatta determinazione dei luoghi delle stelle; lavoro che manca certamente del brillante bagliore di molte altre ricerche, ma che è infinitamente più solido e importante.

In astronomia il circolo fondamentale, a cui si riferiscono le posizioni delle stelle, è l'Equatore celeste, poichè esso può sempre facilmente determinarsi, conoscendo il luogo del polo della sfera che trovasi colla massima facilità.

Pel suddetto polo e per la stella si conduce un circolo massimo della sfera che interseca l'Equatore ad angolo retto, e questo dicesi circolo di *Declinazione*. La distanza della stella all'Equatore presa su questo circolo dicesi *Declinazione*. Essa è positiva se è boreale, negativa se australe. Si suole anche talora prendere sul medesimo circolo direttamente la distanza della stella dal polo Nord, che allora è sempre positiva andando da 0° a 180° da Nord al Sud. La declinazione è così manifestante analoga alla *latitudine* geografica. L'altra coordinata è analoga alla *longitudine*: questa in geografia è definita dall'arco di Equatore compreso fra il meridiano del luogo, e quello di un altro sito (p. es. Roma, Parigi, Grenwich) preso ad arbitrio come *primo meridiano*.

Se non che in astronomia il primo circolo di declinazione non è arbitrario come in geografia, ma è definito dalla natura, perchè si fa passare pel punto di intersecazione dell'Ecclittica coll'Equatore. Sia (fig.

2) $\Upsilon Q \simeq Q'$ l'Equatore ed $\Upsilon E \simeq E'$ l'ecclittica, il loro punto di intersecazione Υ è il punto di equinozio di primavera, e chiamasi *primo punto di Ariete*. Il circolo massimo $N \Upsilon S$ che passa pei poli ed il punto Υ dicesi coluro degli equinozi, o anche primo circolo di declinazione. Si riprenda ora il circolo condotto per il polo N e per la stella * il quale passerà per l'altro polo S, e taglierà l'Equatore QQ' in un punto a ; la distanza * a della stella dall'Equatore sarà, come si è detto, la sua Declinazione e l'arco di Equatore Υa che è intercetto tra esso circolo di declinazione e il primo punto di ariete Υ dicesi *Ascensione retta*, ed è analoga alla *longitudine geografica*.

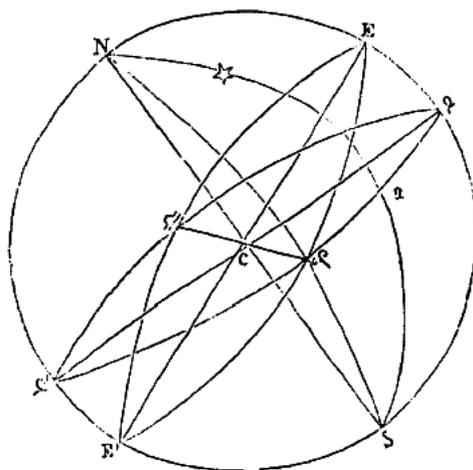


Fig. 2.

L'ascensione retta si conta dal primo punto di Ariete Υ da 0° a 360° gradi andando sempre secondo il moto *annuale* del Sole, cioè da Ponente verso Levante o come dicesi secondo l'ordine dei segni dello Zodiaco. L'Ascensione retta si suol dare anche in tempo, fondati sul principio seguente: il tempo che impie-

ga la sfera stellata a fare un giro completo che riconduce le medesime stelle al meridiano, dicesi giorno siderale, e dividesi in 24 parti eguali chiamate *ore siderali*, così ogni ora equivale a 15 gradi, e ogni minuto di tempo a 15 minuti di arco, e un secondo di tempo a 15 secondi in arco. Quindi è che gli astronomi danno l'ascensione retta anche in ore, minuti e secondi di tempo colla proporzione di 1 a 15.

Il giorno siderale si conta dall'istante del passaggio del punto d'Ariete Υ al meridiano dell'osservatore, fino al suo ritorno successivo, e un orologio che segni 24 ore esatte in questo intervallo dicesi *segnare il tempo siderale*. Così l'intervallo tra il passaggio di una stella e quello del punto di Ariete dà direttamente la sua *ascensione retta*. Come è ben naturale questo punto Υ è invisibile, ma mediante le operazioni geometriche degli astronomi esso può determinarsi e riferirsi alle stelle; allora, conosciuta la sua distanza da queste, l'osservazione ordinaria del tempo si fa direttamente colle stelle.

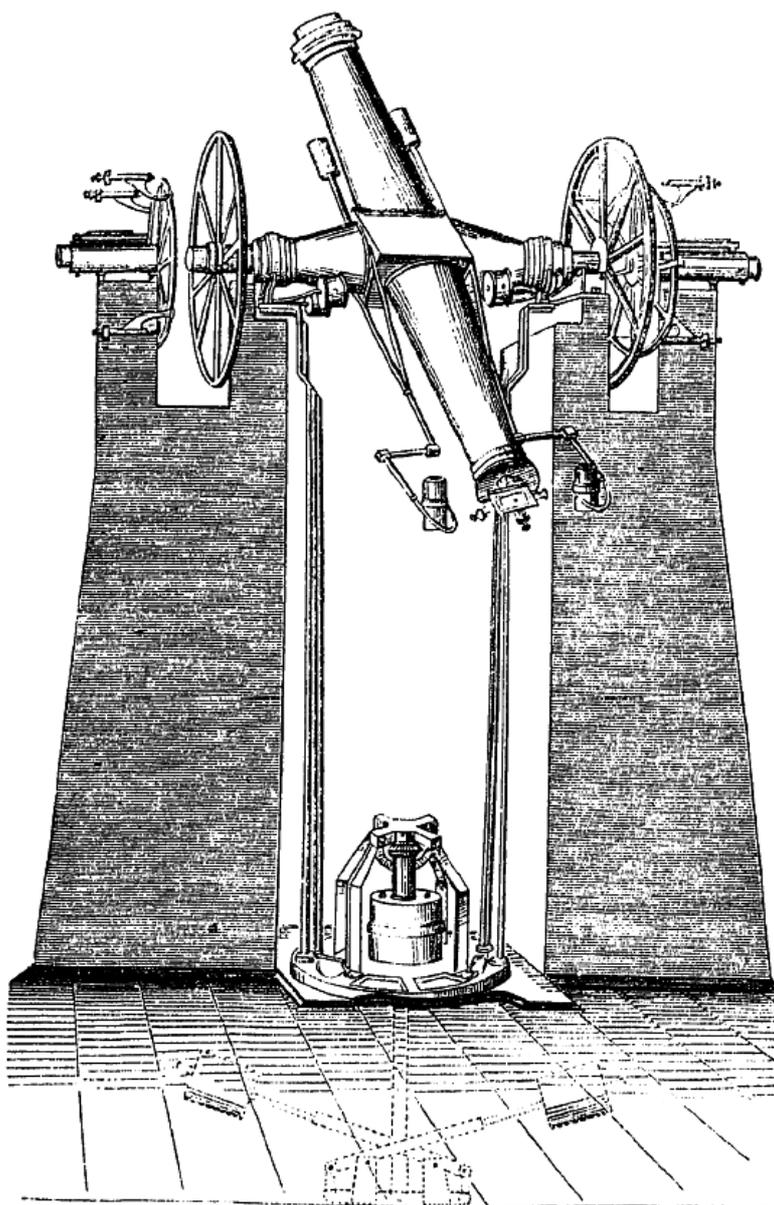


Fig. 3.

Il lavoro della determinazione del posto di tutte le stelle sarebbe immenso senza un qualche artificio semplice. Perciò gli astronomi usano lo strumento chiamato circolo meridiano o strumento de' passaggi. Consiste questo in un cannocchiale che è mobile esattamente nel meridiano, e osservano i passaggi delle stelle attraverso i fili collocati nel campo ottico di questo strumento. Essi notano al loro orologio l'istante preciso del passaggio e sul circolo che è portato dall'asse di rotazione dello strumento leggono in gradi minuti e secondi la distanza della stella dall'Equatore o dal Polo Nord. Così essi hanno la *Ascensione ret-*

ta e la *Declinazione* colla massima facilità e precisione. La figura 3.^a rappresenta uno di questi strumenti di moderna costruzione. È quello che trovasi all'Osservatorio del Campidoglio in Roma costruito da Ertel di Monaco, e collocatovi dal fu prof. Calandrelli. Il gran cannocchiale è formato da due tronchi di cono fissati con viti su di un cubo centrale. Alla bocca del cono anteriore è l'*obiiettivo*, a quella posteriore l'*oculare*. Ai fianchi dell'*oculare* sono due lanterne che servono per illuminare i fili del campo per gli oggetti difficili. L'asse che regge il tubo del cannocchiale è formato dal cubo centrale prolungato e formato tutto di un pezzo d'un sol getto con due altri tronchi di cono terminati da due cilindri di acciaio che formano i perni dello strumento, e che alle estremità portano due cerchi graduati minutissimamente. Questi cerchi sono letti da due sistemi di 4 microscopi collocati sopra le due testate dei grandi pilastri di marmo che reggono tutta la macchina. Tra i pilastri stessi è collocata una macchina colla quale tutto il cannocchiale può sollevarsi e rivoltarsi da destra a sinistra e viceversa per le necessarie rettifiche. Per determinare il punto del polo si dirige il cannocchiale alla stella polare nel suo passaggio meridiano, superiore ed all'inferiore, e si prende la media delle due letture che dà il centro del circolo da lei descritta, ove è il polo. Andando da questo punto a 90° si avrà l'equatore, e così dalle differenze delle letture tra la stella e l'equatore si potrà avere la declinazione delle stelle mentre passano al meridiano.

Osservando poi il passaggio delle stelle, e conoscendo l'ascensione retta assoluta di una sola stella, per mezzo del tempo indicato da un buon orologio si avrà l'ascensione retta di tutte le altre. Come si determinino poi le ascensioni rette assolute non è di questo luogo l'esporglo. A queste posizioni si attengono gli astronomi, come i geografi alle loro coordinate, e le costellazioni sono considerate come un semplice mezzo pratico da agevolare la nomenclatura celeste e per sola comodità di linguaggio.

Soggiungiamo qui appresso un catalogo che contiene le posizioni in ascensione retta e in declinazione delle stelle principali ricavate dalle tavole astronomiche dell'*Almanacco Nautico* di Londra, e date per il principio dell'anno 1879 che può servire ai dilettanti per molti anni consecutivi (Vedi alla fine del presente capo).

Le posizioni delle stelle se sono costanti sensibilmente fra di loro nol sono però rapporto ai cerchi della sfera, ma subiscono variazioni delle quali è dato il valore accanto alle coordinate nella tavola stessa.

Le cause di tali mutazioni sono molte, ma la principale è dovuta a ciò che il polo del mondo, e per conseguenza l'intersecazione dell'Ecclittica coll'Equatore, spostansi in cielo per quel moto che gli astronomi chiamano *precessione degli equinozi*. Le leggi di questo moto, essendo conosciute completamente per le osservazioni ed essendo pure ben nota la loro teorica, si possono sempre assegnare gli spostamenti che esse devono subire per questa cagione^[6]. Questo modo di fissare le posizioni delle stelle è il solo che possa

^[6] Il polo celeste in sostanza non è che il punto a cui andrebbe a terminare l'asse di rotazione del globo terrestre prolungato fino in cielo; e l'Equatore celeste non è che l'intersecazione colla sfera celeste di un piano perpendicolare all'asse medesimo che passa per centro della Terra. Il nostro globo ha nello spazio il movimento di traslazione e di rotazione, ma questo si fa come avviene nella trottola girante, che mentre il corpo ruota, il suo asse descrive un cono. Questo cono è descritto dall'asse della Terra in modo che, riferito in cielo, percorre il circolo polare, nell'intervallo lunghissimo di 26 mila anni. Quindi le stelle che esso incontra successivamente sono diverse. Attualmente corrisponde all'Orsa Minore, anticamente corrispondeva al Dragone; tempo verrà che corrisponderà alla Lira. Col moto dell'asse va di conserva quell'intersecazione dell'Ecclittica e dell'Equatore, ossia del punto equinoziale, che percorre successivamente le varie costellazioni zodiacali in altrettanto tempo, restando però l'Equatore inclinato costantemente della stessa quantità. Vi sono altri piccoli movimenti, ma per ciò è mestieri ricorrere ai trattati di Astronomia ove sono descritti e spiegati. Di qui viene la necessità che le costellazioni mutano posto rapporto agli equinozi, come si accennò dianzi più volte. Onde bisogna distinguere i *segni* dell'Ecclittica dalle *costellazioni*. Diconsi segni le dodicesime parti dell'Ecclittica ossia gli spazi di 30°. I segni sempre hanno principio nel punto di equinozio, il quale, cambiando posto fra le costellazioni, lo cambiano per conseguenza tutti gli altri. Ecco i simboli o caratteri dei segni alle costellazioni corrispondenti: 1. ai tempi d'Ipparco, 2. ai tempi nostri:

Segni	Costellazioni ai tempi	
	d'Ipparco	ai nostri
♈	Ariete.	Pesci
♉	Toro.	Ariete
♊	Gemelli.	Toro
♋	Cancro.	Gemelli
♌	Leone.	Cancro
♍	Vergine.	Leone

usarsi in pratica per la sua comodità ed è perciò antichissimo, e se ne servirono i più remoti cinesi, almeno 1400 anni avanti l'era volgare. Rilevasi dalle loro antiche memorie astronomiche, qualmente essi, oltre al divisione della zona zodiacale in dodici parti, ebbero il cielo intero spartito in 28 regioni che si estendono assai al Sud e al Nord dell'Ecclittica, che chiamano *Sieu*, e sono definite da altrettante stelle. Queste divisioni furono originate in principio dal metodo di osservare il cielo per mezzo dei passaggi al meridiano, come usiamo noi; e siccome essi non si potevano fidare dei loro orologi, che erano ad acqua detti *clepsidre*, così avevano fissato in cielo parecchie stelle con cui rettificare sovente il computo del tempo, come appunto si fa attualmente. Da principio gl'intervalli tra queste stelle *determinatrici* delle sezioni del Cielo erano quasi eguali. Ma ora sono inegualissimi, e, secondo gli studi dell'accuratissimo Biot, la massima parte della ineguaglianza loro sarebbe soltanto un effetto della precessione degli equinozi, la quale, mutando fra le stelle la posizione dei poli della sfera, ha alterato le differenze delle antiche ascensioni rette e declinazioni delle stelle principali, fino a far *sparire* l'intervallo e anche *rovesciare l'ordine* del loro passaggio.

Fu appunto dietro tali studii che il celebre astronomo concluse: l'astronomia Cinese aveva avuto i suoi principii in un'epoca antichissima in cui l'equinozio corrispondeva vicino alle Pleiadi, cioè 1460 anni avanti l'era volgare, il che non sarebbe molto lontano dall'epoca della costruzione della piramide di Cheops in Egitto. I Cinesi ignorando la trigonometria e non sapendo calcolare le variazioni di posto delle stelle dipendenti da questi movimenti della sfera erano obbligati a rinnovare di pianta di tanto in tanto i loro cataloghi delle Asc. Rette e delle Declinazioni.

Ipparco avendo scoperto la legge del fenomeno, per risparmiare il calcolo delle correzioni, trasportò le posizioni delle stelle dall'Equatore all'Ecclittica, relativamente alla quale la precessione non altera che poco le latitudini celesti, ma solo le longitudini di una quantità uguale al moto del punto equinoziale^[7]. Questo sistema durò fino ai tempi moderni, in cui si ritornò assolutamente all'Equatore, essendo nulle nei moderni le difficoltà del calcolo.

Gl'Indiani profittarono delle 28 divisioni dei *Sieu* cinesi del Cielo per fare i loro *nakshatras* o mansioni, applicandoli al corso lunare, ma le ineguaglianze degli spazi resero inutile tale imprestito, e le abbandonarono da gran tempo, ritenendo solo la divisione del cielo in 28 parti, e poi le 28 parti furono ridotte a 27, mostrando così che la loro astronomia era originata in Cina, e fu da essi sformata per adattarla agli usi astrologici.

Dovendo gli astronomi determinare sovente la posizione degli astri fuori del meridiano, lo strumento sopra descritto non potrebbe servire. Allora si usa quello che è disegnato nella fig. 4 che dicesi *Equatoriale*. Noi diamo la figura di quello che trovasi all'Osservatorio del Collegio Romano, essendo questa la costruzione più comune.

Consiste questo in un grande cannocchiale di 25 centimetri di apertura obbiettiva, e 4.^m 50 di lunghezza focale, portate da un *nodo* di costruzione solidissima, montato sopra un piedestallo di granito, sostenuto da un vasto piliere massiccio di muratura.

♎	Libra o Bilancia.	Vergine
♏	Scorpione.	Libra
♐	Sagittario.	Scorpione
♑	Capricorno.	Sagittario
♒	Aquario.	Capricorno
♓	Pesci.	Aquario

^[7] Gli astronomi danno il nome di *longitudine* e *latitudine* celeste alle coordinate sferiche prese rapporto all'Ecclittica in modo consimile a quello che si è detto per l'Equatore.

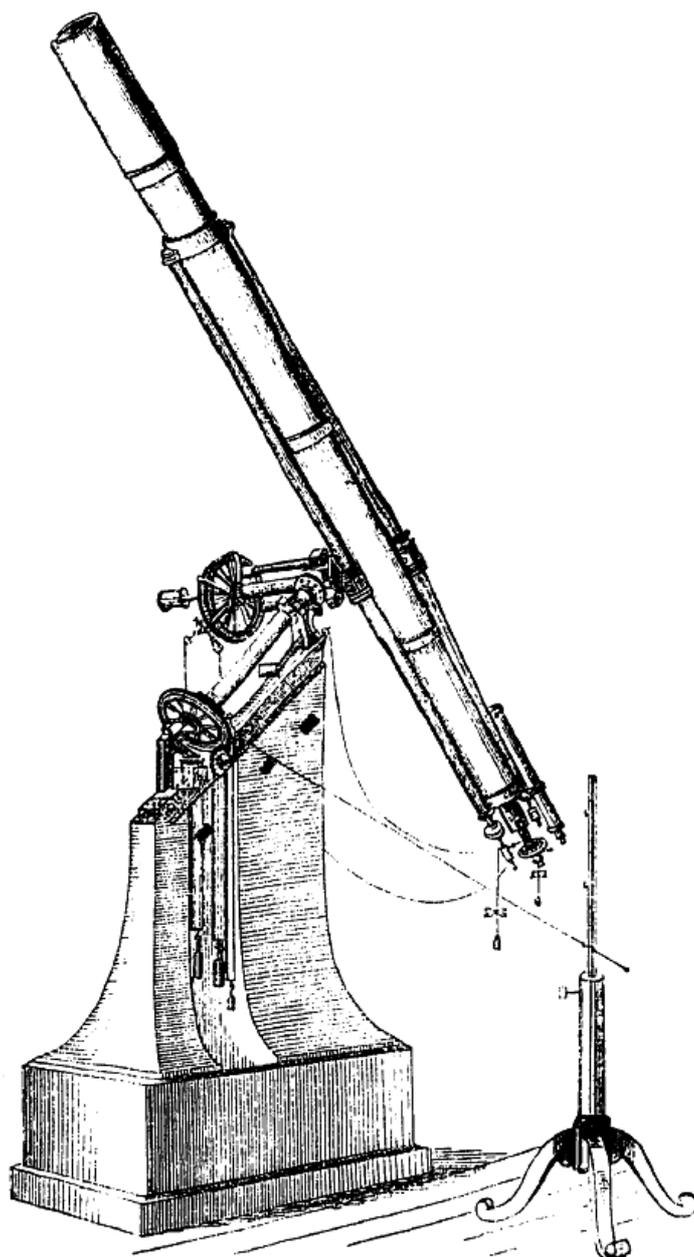


Fig. 4.

Il *nodo* che porta il cannocchiale e con cui si fanno tutti i movimenti è costruito con due assi rettangolari in acciaio di forte diametro. Il primo asse come vedesi nella figura è inclinato all'orizzonte di un angolo eguale alla latitudine del luogo ed è collocato nel piano del meridiano, parallelamente all'asse del mondo. Alla sua parte inferiore porta un circolo diviso in gradi ed ore, che rappresenta l'Equatore celeste: e alla sua sommità è fissato un robusto tubo ad esso perpendicolare che riceve un secondo asse che per costruzione riesce perpendicolare al primo. Questo secondo asse, che dicesi asse di *declinazione*, da un capo porta la culla entro cui sta il tubo del cannocchiale, e dall'altra un circolo graduato e i necessari contrappesi perchè la macchina resti in equilibrio in tutte le posizioni. Su quest'ultimo circolo si leggono le *declinazioni* degli astri e su quello che sta al piede dell'altro asse si leggono gli *angoli orari*: cosicchè diretto che sia il cannocchiale a un punto del cielo si sa subito la declinazione e l'angolo orario dell'astro, dal quale angolo conoscendo il tempo siderale si ha tosto la sua ascensione retta. Viceversa mettendo i circoli secondo la declinazione e l'angolo orario della stella, essa si troverà nel centro del campo se la macchina è ben collocata. Durante l'osservazione il cannocchiale può seguire la stella con un semplice moto angolare attorno all'asse orario, e per comodità questo movimento vien dato alla macchina per mezzo di un orologio che mette in moto una vite perpetua la quale ingrana nel circolo orario. Quando l'orologio è in movimento la stella resta fissa nel campo del cannocchiale poichè per l'azione della mac-

china egli la segue nel suo moto apparente. Mediante tale immobilità apparente è facilissimo prendere cogli apparecchi micrometrici le misure relative della posizione delle stelle vicine che entrano nel campo simultaneamente. Per quelle che non ci entrano si determinano le differenze di ascensione retta lasciando fisso il cannocchiale e notando la differenza de' passaggi come al meridiano, e per la declinazione servendosi de' micrometri, ovvero delle letture del circolo.

Il grande cannocchiale ne porta attaccato un altro minore che dicesi *cercatore* e serve a trovare gli oggetti approssimativamente per metterli poi nel campo del cannocchiale principale. Senza questi aiuti sarebbe impossibile far le misure delle stelle vicinissime, poichè il moto diurno della sfera è tanto ingrandito in queste macchine colossali che esse traversano rapidamente il campo in pochi secondi.

Queste grandi macchine poi sono tutte collocate sotto delle cupole girevoli fornite di ampie finestre che possono dirigersi liberamente a qualunque parte del cielo. Tutti i grandi telescopi, siano a vetri, cioè *refrattori*, siano a specchio, cioè *riflettori* sono ora montati in modo consimile, e l'arte è veramente arrivata a delle proporzioni colossali quali appena si crederebbero per uso di macchine industriali. Finora i rifrattori più grandi erano quelli di Pulcova presso Pietroburgo e di Harvard College presso Boston, che hanno 16 pollici (= 406^{mm}) di diametro e 6 metri di lunghezza focale. Ma ora essi sono molto superati nelle dimensioni da quello di Washington che ha 26 pollici (= 660^{mm}) e 10^m di lunghezza e maggiori dicesi che saranno quelli di Vienna e di Parigi ora in costruzione.

Cogli specchi le dimensioni delle macchine sono anche più gigantesche. Il rifrattore dell'osservatorio di Parigi ha 1.^m 10 di diametro, quello di Lassell ha 4 piedi (1.^m 30); quello di Lord Rosse, 6 piedi = 1.^m 90; quello dell'osservatorio di Vittoria nell'Australia ha quasi altrettanto. Le montature di questi giganti sono ancor esse equatoriali, ma di forme naturalmente diverse. Chi desidera più notizie legga l'opera del signor Chambers ove sono raccolte molte notizie e curiosità di questa specie^[8]. Fortunatamente la scienza è sì vasta che resta ampio campo anche per l'uso di più modesti strumenti come è il nostro e anche a molti minori.

§. IV.

Descrizione del Cielo. — Carte e cataloghi di stelle.

La descrizione del Cielo può farsi o per disegni figurati sopra tavole, carte e globi; o per mezzo della determinazione geometrica delle coordinate stellari.

Il lavoro più celebre degli antichi è quello che ne fece Arato in istile poetico, sulla sfera di Eudosso, opera che ebbe il merito di esser commentata da molti e singolarmente da Ipparco e di ispirare questo divino Astronomo di farne una descrizione esatta e di precisione veramente astronomica per quanto portava il tempo suo. Essa valse anche a polarizzare la scienza sicchè non solo vari poeti, ma perfino Cicerone non si peritò a tradurla in versi nella lingua del Lazio. La descrizione di Ipparco ci venne fortunatamente conservata da Tolomeo sotto il titolo di Catalogo.

Ma di tavole o descrizioni figurate, o di globi non abbiamo di loro che poche cose e più da ornamento che altro, non eccettuato il planisfero di Dendera e lo zodiaco di Esnè: poichè anche questi sono lavori assai grossolani. Gli Arabi e i Cinesi se ne occuparono, ma i loro lavori sono lungi dall'averne una qualsiasi importanza scientifica. È quindi necessario venire ai primi astronomi della rinascenza.

Il primo a far carte celesti con sufficiente precisione segnandole come si disse con le lettere dell'alfabeto fu Bayer; appresso vennero i lavori ben molto superiori di Evelio. Poi quelli di Flamsteed e di Cary. Questi soli può dirsi servirono al pubblico, benchè qualche globo monumentale si trovasse sepolto in qualche biblioteca. Tra gli atlanti celesti il primo posto deve essere all'Atlante di Bode^[9], grandioso e bel lavoro fatto in gran foglio con figure di gusto artistico squisito, ma in cui la eccellenza delle figure ombra- te nuoce un poco alla distinzione delle stelle minori. Per i lavori di minor lusso, e più economici, riguardanti l'Emisfero Boreale e per tutto quello che si vede dall'Europa media, sono molto stimati

[8] Chambers *Descriptive Astronomy*, Oxford 1867, ed altri autori specialmente inglesi.

[9] *Johannis Elerti Bode. Uranographia sive astrorum descriptio viginti tabulis aeneis incisa ex recentissimis et absolutissimis astronomorum observationibus — Berolini MDCCCI apud auctorem.* Vi è anche una edizione di questo atlante in piccolo formato, intitolato *Vorstellung der Gestirne auf XXIV Kupferlafern, ecc.* Berlin, ecc. 1782.

l'*Uranometria* di Argelander, e l'*Atlante* di Heis. In questi due ultimi le stelle visibili ad occhio nudo sono diligentemente classificate secondo la loro grandezza e formano una vera *uranometria*, cioè misura precisa delle loro grandezze. Pei limiti delle costellazioni sono stati corretti non pochi errori e confusioni regnanti nelle antiche carte. Ottimo è stato il divisamento di Argelander e di Heis d'imprimere in rosso i contorni delle figure e in nero le stelle, così si ha una grande distinzione, specialmente di notte. È pure molto buona, specialmente per gli studii meno minuti, la carta grande celeste di Dien, che rappresenta il cielo in due circoli che sono la proiezione dei due emisferi aventi i poli al centro e l'equatore all'orlo, e sotto essi è posta una zona separata che dà le costellazioni equatoriali fino a 45° di declinazione Australe e Boreale; sviluppando così più ampiamente quella parte del cielo che resta più compressa e divisa nelle proiezioni degli Emisferi. In queste carte le figure antiche sono soppresse ed invece le configurazioni sono sostituite da figure geometriche che legano assieme le stelle più belle, talvolta di costellazioni diverse. Se ciò è utile ai principianti, non è però cosa da encomiarsi, perchè non può negarsi che le varie parti delle figure antiche aiutano grandemente a tenere a memoria la distinzione delle stelle e le loro posizioni relative. Evvi anche un atlante di Dien che si estende a tutto il cielo, ma le varie tavole pubblicate in epoche diverse non sono sempre omogenee nel disegno delle stelle.

L'uso di buone carte celesti è assai importante per molte ricerche, ma specialmente per le stelle cadenti, e il professor Dorna ha fatto un Atlante che proiettato sull'orizzonte delle medie latitudini boreali riesce assai comodo per quest'uso. In alcune carte destinate all'uso delle stelle meteoriche si è introdotto il sistema di proiezione *gnomonica* nella quale ogni circolo massimo è segnato con una retta, onde ogni traiettoria delle meteore è pure una linea retta. È da sperare che queste vengano più estese.

Per le carte più scientifiche e dettagliate che comprendono le stelle telescopiche, noteremo in prima il grande atlante di Harding, in foglio grande che contiene tutte le stelle osservate da Lalande; le carte dette di Berlino che si estendono da +15° di declinazione a -15°, e comprendono tutte le stelle fisse di 9.^a grandezza, lavoro di diversi astronomi. Le carte eclittiche fatte da Hind all'osservatorio di Bishop; quelle di Chacornae, e il grande Atlante di Argelander che contiene tutte le stelle fino alla 10.^a grandezza dal polo Boreale fino a 2° di declinazione Australe: lavoro immenso, accompagnato da un catalogo, che è un interessantissimo repertorio di tutte le stelle fino alla stessa grandezza intitolato *Bonner Durchmusterung* in tre volumi.

Tutte le carte moderne sono costruite realmente sopra i così detti *cataloghi*.

Un catalogo di stelle è una lista nella quale esse sono disegnate coi loro nomi e grandezze usuali, insieme colle coordinate di precisione e le loro variazioni annuali e secolari e altre quantità utili al calcolo esatto delle loro posizioni. Queste coordinate gli antichi le riferivano all'ecclittica per avere maggior facilità a trasportare le loro posizioni da un'epoca all'altra. I moderni invece preferiscono le coordinate equatoriali in ascensione retta e declinazione (V. § precedente) che sono molto più comode.

I cataloghi più celebri sono i seguenti:

Catalogo d'Ipparco fatto a Rodi nell'anno 128 a. C. e conservatoci da Tolomeo ridotto da lui all'anno 137 dell'era volgare con precessione erronea: contiene 1025 stelle. Corretto della precessione erronea rappresenta lo stato del cielo ai tempi di Ipparco.

Catalogo di Ulugh Beigh fatto a Samarcanda nel 1437.

Catalogo di Ticone Brahe fatto a Uraniburgo nel 1602 e pubblicato poscia la seconda volta da Keplero, contiene 1005 stelle.

Catalogo di Halley di 341 stelle australi osservate a S. Elena per l'anno 1677.

Catalogo di Evelio fatto a Danzica nel 1690 contiene 1564 stelle. Questo è l'ultimo lavoro fatto con istrumenti sforniti di cannocchiali, cioè con sole pinnule ad occhio nudo: questi cataloghi furono recentemente ripubblicati dalla Società Astronomica dietro i codici più sicuri.

Appresso si succedono questi lavori troppo numerosi e noi qui diremo solo dei principali rimandando per notizia degli altri all'opera di Chambers *descriptive Astronomy*, pagina 593 e seguenti.

Catalogo di Flamsteed fatto nel 1725 ridotto al 1690 contiene 3310 stelle.

Cataloghi di Lacaille: il 1.^o del 1750 contiene 398 stelle; il 2.^o di 515 stelle zodiacali, e il 3.^o di 1924 stelle australi osservate al Capo di Buona Speranza.

Catalogo di Bradley fatto a Greenwich ridotto al 1760: è considerato il lavoro che in precisione supera tutti i precedenti per la squisitezza degli strumenti e la esattezza dell'osservatore. Esso fu nuovamente di-

scusso da Bessel nel 1818 nell'opera *Fundamenta Astronomiae* e contiene 389 stelle: Bessel dalle osservazioni del medesimo astronomo lo aumentò fino a 3222 stelle.

Catalogo di Lalande tratto dalla sua *Histoire celeste*, contenente 47390 stelle ridotte al 1800 per cura della Società Britannica.

Catalogo di Piazzi fatto a Palermo ridotto al 1801, contiene 6748 stelle; fu l'opera che immortalò il celebre astronomo italiano, essendo il Catalogo più ricco e meglio ridotto ai suoi tempi; nel 1814 ne fece una seconda edizione contenente 7646 stelle molto più corretta.

Catalogo della Soc. Astronomica di Londra pubblicato da Baily nel 1826 contiene 2881 stelle.

Catalogo secondo di Pond fatto a Greenwich, contiene 1112 stelle.

Catalogo di Argelander fatto a Abo, contiene 560 stelle; opera di molta autorità, che servi a fissare i moti proprii delle stelle con precisione.

Catalogo di Rümker di 11978 stelle osservate ad Amburgo nel 1836.

Catalogo della Società Britannica che contiene 8377 stelle compilato da varie sorgenti, per opera principalmente di Baily e che oltre le posizioni, dà anche i coefficienti di riduzione delle stelle. Opera classica ridotta nel 1850, e che meriterebbe esser portata allo stato della scienza attuale profittando dei lavori fatti nell'ultimo quarto di secolo, ma questo sarebbe lavoro gigantesco e di enorme spesa.

Catalogo di Airy per 1849 concluso dalle osservazioni di 12 anni a Greenwich, che contiene 2156 stelle; opera di grande precisione, seguito appresso da altri cataloghi di 7 anni e 3 anni posteriori; lavori insigni.

Catalogo delle stelle minori fatto da Argelander, e pubblicato in tre epoche successive, dalle stelle di -2° di declinazione australe fino al polo Nord; contiene 324188 stelle.

Cataloghi di Weisse fatti sulle zone di Bessel tra -15° e $+45^{\circ}$, pubblicato in due epoche, che contengono 62530 stelle osservate a Koenigsberg.

Catalogo di Groombridge di stelle circumpolari fatto in Inghilterra contiene 4243 stelle.

Catalogo di Johnson fatto a Oxford, contiene 6317 stelle. Opera di grande esattezza.

Catalogo di Carrington fatto a Redhill, contiene 3735 stelle circumpolari.

Catalogo di stelle delle zone di Santini fatte a Padova, ecc., ecc.

Omettiamo molte altre degnissime raccolte di numerose stelle, ma questo basti a far conoscere con quanta perseveranza e precisione sia coltivata ora l'astronomia stellare; basti dire che nei tre quarti già trascorsi di questo secolo, cioè dal 1800 al 1875 si contano 52 Cataloghi, che in media contengono da 7 a 8 mila stelle!... e molte altre raccolte sono ora in corso di pubblicazione. L'età presente lascerà certamente alle future un retaggio ammirabile per la copia e per la precisione dei lavori.

A saggio di questi cataloghi diamo quello delle stelle fondamentali che sono le meglio determinate, e che servono al regolamento degli orologi tratto dall'*Almanacco Nautico* di Londra. La posizione loro è data pel 0 gennaio $+0,^{\text{s}} 227$, merid. di Greenwich. Il zero gennaio 1879 è per gli astronomi il mezzodì del 31 dicembre dell'anno precedente civile 1878, e la frazione di giorno è introdotta per ridurre la data al cominciamento dell'anno astronomico, corrispondente al momento, in cui la longitudine media del Sole è 280° .

La prima colonna contiene i nomi volgari delle stelle secondo le costellazioni, le lettere di Bayer e il nome particolare se la stella lo ha. La seconda, la grandezza usuale, la terza l'ascensione retta, la quarta la variazione annuale di questa per la precessione, aberrazione, nutazione, e moto proprio. La quinta la declinazione e la sesta le sue variazioni per le stesse cagioni. Il segno + indica declinazione boreale il - australe. Queste posizioni variano necessariamente di giorno in giorno di piccolissime quantità per le quali volendo tutta l'esattezza bisogna ricorrere alle effemeridi.

Catalogo delle stelle fondamentali per l'anno 1879, tratto dall'*Almanacco Nautico* di Londra

Posizione media per Gennaio 0 + 0,227, merid. di Greenwich

Nomi delle stelle	Grandezza	Ascensione retta	Variatz. ^e annua	Declinazione	Variatz. ^e annua
α Andromeda	2	0 ^{or} 2 ^m 8. ^s 080	+ 3. ^g 0881	+ 28°25'20".38	+ 19."903
γ Pegaso (<i>Algenib</i>)	3.2	0 7 0.347	3.0829	+ 14 30 38. 11	20.025
β Idro	3	0 19 22.410	3.2711	– 77 56 12. 19	20.244
12 Balena	6	0 23 51.760	3.0590	– 4 37 34. 12	19.936
α Cassiopea (<i>var</i>)	2.3	0 33 38.931	+ 3.3671	+ 55 52 24. 31	+ 19.798
β Balena	2	0 37 30.825	3.0118	– 18 39 4. 26	19.805
ϵ Pesci	4	0 56 39.899	3.119	+ 7 14 17. 06	19.444
α Ors. min. (<i>Polare</i>)	2	1 14 23.416	21.4668	+ 88 39 49. 93	19.004
θ Balena	3	1 17 58.455	+ 2.9962	– 8 48 29. 43	+ 18.683
η Pesci	4.3	1 25 0.548	3.1997	+ 14 43 17. 42	18.689
α Eridano (<i>Achernar</i>)	1	1 33 12.135	2.2337	– 57 51 5. 79	18.406
ν Pesci	5.4	1 35 8.026	3.1144	+ 4 52 28. 06	18.310
β Ariete	3.2	1 47 57.345	+ 3.2978	+ 20 12 56. 65	+ 17.759
α Ariete	2	2 0 21.223	3.3675	+ 22 53 21. 70	17.201
67 Balena	6	2 10 56.841	2.9869	– 6 58 50. 61	16.728
ξ^2 Balena	4	2 21 43.550	3.1812	+ 7 54 59. 87	16.319
γ^2 Balena	3.4	2 37 1.863	+ 3.1016	+ 2 43 28. 44	+ 15.336
α Balena	2.3	2 55 57.262	3.1290	+ 3 36 49. 84	14.317
δ Ariete	4.5	3 4 42.681	3.4196	+ 19 16 4. 19	13.884
α Perseo	2	3 15 41.409	+ 4.2516	+ 49 25 43. 58	+ 13.125

Per Gennaio 0 + 0, ^s227, anno 1879, tempo medio di Greenwich

Nomi delle stelle	Gran- dezza	Ascensione retta		Variaz. ^c annua	Declinazione	Variaz. ^c annua
ε Eridano	3	3 ^h 27 ^m	13. ^s 788	+ 2. ^s 8226	− 9°52' 9". 27	+ 12".357
κ Toro	3	3 40	17.568	3.5533	+ 23 43 45. 88	11.420
γ' Eridano	3	3 52	22.985	2.7944	− 13 51 14. 78	10.477
ó Eridano	4.5	4 5	57.485	2.9229	− 7 9 16. 12	9.640
ε Toro	4.3	4 21	33.069	+ 3.4938	+ 18 54 37. 47	+ 8.320
α Toro (<i>Aldebaran</i>)	1	4 28	58.695	3.4361	+ 16 15 51. 99	7.585
ι Auriga	3	4 49	6.858	3.8955	+ 32 58 21. 38	6.081
ε Lepre	4.3	5 0	20.284	2.5363	− 22 32 6. 21	5.090
α Auriga (<i>Capra</i>)	1	5 7	45.128	+ 4.4232	+ 45 52 21. 69	+ 4.100
β Orione (<i>Rigel</i>)	1	5 8	43.346	2.8802	− 8 20 34. 99	4.428
β Toro	2	5 18	38.657	3.7896	+ 28 30 11. 47	3.397
δ Orione	2	5 25	49.515	3.0643	− 0 23 25. 36	2.937
α Lepre	3	5 27	23.622	+ 2.6457	− 17 54 36. 89	+ 2.841
ε Orione	2	5 30	4.367	3.0407	− 1 16 50. 88	2.599
α Colomba	2	5 35	16.189	2.1791	− 34 8 21. 19	2.158
α Orione (var) <i>Betelgeuse</i>	1	5 48	37.265	3.2463	+ 7 22 57. 76	+ 0.993
ν Orione	5.4	6 0	39.803	+ 3.4261	+ 14 46 52. 42	− 0.080
μ Gemelli	3	6 15	38.436	3.6319	+ 22 34 25. 22	1.510
α Argo (<i>Canòpo</i>)	1	6 21	16.056	1.3304	− 52 37 48. 70	1.859
γ Gemelli	2.3	6 30	43.263	+ 3.4658	+ 16 30 3. 02	− 2.723

Per Gennaio 0 + 0,^s227, anno 1879, tempo medio di Greenwich.

Nomi delle stelle	Gran- dezza	Ascensione retta	Variatz. ^e annua	Declinazione	Variatz. ^e annua
α Cane Mag. (<i>Sirio</i>)	1	6 ^h 39 ^m 48. ^s 934	+ 2. ^s 6461	- 16°33' 4".96	- 4".710
Cefeo (51 <i>Evelio</i>)	5	6 43 16.567	30.1803	+ 87 13 48. 82	3.867
ε Cane Mag.	2.1	6 53 52.235	2.3573	- 28 48 30. 92	4.692
γ Cane Mag.	4.5	6 58 17.085	2.7166	- 15 27 20. 37	5.058
δ Gemelli	3.4	7 13 53.795	+ 3.5996	+ 22 12 12. 06	- 6.294
α^2 Gemelli (<i>Castore</i>)	2.1	7 26 52.714	3.8399	+ 32 9 7. 80	7.594
α Cane Min. (<i>Procione</i>)	1	7 32 58.073	3.1434	+ 5 32 0. 07	8.997
β Gemelli (<i>Polluce</i>)	1.2	7 37 54.602	3.6788	+ 28 19 0. 65	8.373
6 Cancro	5	7 56 5.042	+ 3.6923	+ 28 7 54. 86	- 9.801
15 Argo (<i>Nave</i>)	3	8 2 23.464	2.5540	- 23 57 23. 75	10.150
κ Cancro	6	8 25 42.567	3.4770	+ 20 51 2. 84	11.970
ε Idra	3.4	8 40 22.048	3.1823	+ 6 51 41. 59	12.957
ι Orsa mag.	3	8 50 54.993	+ 4.1357	+ 48 30 55. 02	- 13.891
κ Cancro	5	9 1 11.555	3.2557	+ 11 9 14. 48	14.255
83 Cancro	6	9 12 13.529	3.3544	+ 18 13 1. 73	15.078
ι Argo	2	9 13 50.961	1.6014	- 58 46 1. 43	14.941
α Idra	2	9 21 38.427	+ 2.9465	- 8 8 6. 37	- 15.425
θ Orsa Mag.	3	9 24 45.241	4.0423	+ 52 13 38. 81	16.200
ε Leone	3	9 38 58.881	3.4172	+ 24 19 49. 39	16.397
π Leone	5	9 53 49.095	+ 3.1753	+ 8 37 25. 93	- 17.122

Per Gennaio 0 + 0,^s227, anno 1879, tempo medio di Greenwich

Nomi delle stelle	Grandezza	Ascensione retta	Variatz. ^e annua	Declinazione	Variatz. ^e annua
α Leone (<i>Regolo</i>)	1.2	10 ^h 1 ^m 55. ^s 599	+ 3.2000	+ 12°33' 28".43	- 17."442
γ' Leone	2	10 13 17.965	3.3151	+ 20 27 10. 35	18.071
ρ Leone	4	10 26 26.375	3.1652	+ 9 55 42. 02	18.438
η Argo (var.).	1.6	10 40 22.152	2.3112	- 59 2 51. 57	18.764
1 Leone	5	10 42 53.729	+ 3.1565	+ 11 11 5. 82	- 18.950
α Orsa magg.	2	10 56 14.941	3.7571	+ 62 24 13. 06	19.375
χ Leone	5	10 58 46.469	3.0978	+ 7 59 22. 08	19.423
δ Leone	2.3	11 7 40.335	3.2005	+ 21 11 10. 58	19.674
δ Cratere	3.4	11 13 17.507	+ 2.9952	- 14 7 26. 58	- 19.460
ν Leone	5.4	11 30 45.147	3.0688	- 0 9 21. 36	19.861
β Leone	2	11 42 53.200	3.0634	+ 15 14 54. 18	20.098
γ Orsa magg.	2.3	11 47 27.660	3.1851	+ 54 22 2. 37	20.025
ϵ Corvo	3	12 3 54.218	+ 3.0765	- 21 56 48. 21	- 20.041
β Camaleonte	5	12 11 16.059	3.3550	- 78 38 26. 33	20.039
η Vergine	3.4	12 13 42.876	3.0653	+ 0 0 20. 62	20.048
α' Croce	1	12 19 52.110	3.2710	- 62 25 37. 54	19.928
β Corvo	2.3	12 28 1.830	+ 3.1327	- 22 43 38. 92	- 19.974
γ Vergine	3.2	12 35 31.793	3.0382	- 0 47 9. 38	19.863
α Levrieri	3	12 50 21.914	2.8134	+ 38 58 20. 01	19.511
θ Vergine	4.5	13 3 41.110	+ 3.0997	- 4 53 33. 51	- 19.325

Per Gennaio 0 + 0,^s227, anno 1879, tempo medio di Greenwich

Nomi delle stelle	Gran- dezza	Ascensione retta	Variaz. ^e annua	Declinazione	Variaz. ^e annua
α Vergine (<i>Spiga</i>)	1	13 ^h 18 ^m 49. ^s 120	+ 3. ^s 1511	+ 10°31' 45."26	- 18."919
ζ Vergine	3.4	13 28 31.698	3.0531	+ 0 1 24. 27	18.516
κ Orsa Magg.	2	13 42 46.348	2.3715	+ 49 55 3. 00	18.100
κ Boote	3	13 48 55.425	2.8576	+ 19 0 17. 61	18.191
β Centauro	1	13 55 17.742	+ 4.1693	- 59 47 18. 47	- 17.638
τ Vergine	4.5	13 55 29.344	3.0493	+ 2 7 49. 71	17.630
α Boote (<i>Arturo</i>)	1	14 10 8.566	2.7341	+ 19 48 48. 31	18.835
ρ Boote	4.3	14 26 36.928	2.5866	+ 30 54 12. 05	15.948
α^2 Centauro	1	14 31 24.687	+ 4.0445	- 60 19 54. 18	- 14.986
ε^2 Boote	2.3	14 39 42.151	2.6190	+ 27 35 6. 43	15.368
α Libra	2.3	14 44 11.161	+ 3.3095	- 15 32 16. 49	15.183
β Orsa Min.	2	14 51 4.420	- 0.2391	+ 74 38 59. 16	14.752
ψ Boote	4.5	14 59 15.686	+ 2.5704	+ 27 25 13. 03	- 14.224
β Libra	2	15 10 29.753	3.2187	- 8 56 7. 03	13.524
α Corona	2	15 29 33.924	2.5389	+ 27 7 22. 60	12.307
α Serpente	2.3	15 38 18.503	+ 2.9513	+ 6 48 26. 56	11.572
ζ Orsa Min.	4.5	15 48 25.166	- 2.2550	+ 78 9 55. 33	- 10.974
β^1 Scorpione	2	15 58 24.136	+ 3.4781	- 19 28 22. 39	10.166
δ Ofiuco	3	16 8 0.250	3.1361	- 3 22 52. 68	9.543
α Scorpione (<i>Antares</i>)	1.2	16 21 59.383	+ 3.6690	- 26 9 42. 48	8.345

Per Gennaio 0 + 0,8227, anno 1879, tempo medio di Greenwich

Nomi delle stelle	Gran- dezza	Ascensione retta	Variatz. ^e annua	Declinazione	Variatz. ^e annua
η^2 Dragone	3.2	16 ^h 22 ^m 21. ^s 548	+ 0. ^s 8081	+ 61°47' 16."73	- 8."277
α Triangolo Australe	2	16 35 52.128	6.2904	- 68 48 9.94	7.275
ζ Ercole	3.2	16 36 43.548	2.2628	+ 31 49 23.27	6.675
κ Ofiuco	3.4	16 51 56.397	2.8340	+ 9 33 52.27	5.846
ϵ Orsa minore	4.5	16 58 25.214	- 6.3681	+ 82 14 1.55	- 5.318
α^1 Ercole	3.4	17 9 7.810	+ 2.7314	+ 14 1 45.97	4.373
θ Ofiuco	3.4	17 14 34.711	3.6772	- 24 52 36.10	3.926
β Dragone	3.2	17 27 41.981	1.3511	+ 52 23 28.83	2.816
α Ofiuco	2	17 29 19.015	+ 2.7790	+ 12 38 58.32	- 2.875
μ Ercole	3.4	17 41 43.387	2.3438	+ 27 47 32.67	2.336
γ Dragone	2.3	17 53 47.782	1.3920	+ 51 30 12.57	- 0.581
μ Sagittario	4	18 6 31.528	+ 3.5837	- 21 5 19.68	+ 0.564
δ Orsa Minore	4.5	18 11 22.088	- 19.4138	+ 86 36 31.34	- 1.008
σ Ottante	6	18 22 42.170	+108.2600	- 89 16 32.05	2.030
α Lira (<i>Vega</i>)	1	18 32 50.493	2.0303	+ 38 40 18.50	3.144
β^1 Lira (var)	4	18 45 36.733	2.2119	+ 33 13 22.99	3.936
ζ Aquila	3	18 59 50.804	+ 2.7519	+ 13 41 5.64	+ 5.109
ω Aquila	6.5	19 12 8.146	2.8134	+ 11 22 42.25	6.231
δ Aquila	3.4	19 19 23.753	3.0232	+ 2 52 29.53	6.911
h^2 Sagittario	5.4	19 29 20.471	+ 3.6548	- 25 8 55.50	7.644

Per Gennaio 0 + 0,^s227, anno 1879, tempo medio di Greenwich

Nomi delle stelle	Gran- dezza	Ascensione retta	Variatz. ^e annua	Declinazione	Variatz. ^e annua
γ Aquila	3	19 ^h 40 ^m 30. ^s 427	+ 2. ^s 8529	+ 10° 19' 10".01	+ 8."517
α Aquila (<i>Altair</i>)	1.2	19 44 52.755	+ 2.9284	+ 8 32 59. 57	9.241
λ Orsa Minore	6.7	19 45 13.401	- 61.9965	+ 88 56 28. 01	8.870
β Aquila	4	19 49 22.141	+ 2.9472	+ 6 6 20. 49	8.743
α ² Capricorno	3.4	20 11 20.334	+ 3.3310	- 12 55 7. 22	+ 10.876
α Pavone	2	20 16 4.324	4.7901	- 57 7 13. 12	11.193
ρ Capricorno	5	20 21 57.345	3.4244	- 18 12 44. 51	11.635
α Cigno	2.1	20 37 18.387	2.0416	+ 44 50 54. 86	12.710
32 Volpetta	5.6	20 49 24.177	+ 2.5538	+ 27 35 53. 29	+ 13.511
61 ¹ Cigno	5.6	21 1 28.217	2.6734	+ 38 9 18. 28	17.486
ζ Cigno	3	21 7 47.146	2.5480	+ 29 43 52. 35	14.585
α Cefeo	3.2	21 15 41.428	1.4360	+ 62 4 22. 57	15.127
β Aquario	3	21 25 11.217	+ 3.1607	- 6 6 9. 46	+ 15.651
β ² Cefeo	3	21 27 5.592	0.7956	+ 70 1 45. 84	15.714
ε Pegaso	2.3	21 38 14.615	2.9481	+ 9 19 15. 01	16.340
16 Pegaso	5.6	21 47 33.437	2.7272	+ 25 21 22. 70	16.789
α Aquario	3	21 59 34.026	+ 3.0799	- 0 54 25. 67	+ 17.329
α Grù	2	22 0 36.058	3.8102	- 47 32 45. 18	17.214
θ Aquario	4.5	22 10 26.814	3.1689	- 8 23 7. 12	17.777
η Aquario	4.3	22 29 8.214	+ 3.0820	- 0 44 26. 56	18.440
ζ Pegaso	3.4	22 35 25.550	+ 2.9865	+ 10 12 0. 32	+ 18.705
α Pes. Aus. (<i>Fomalhaut</i>)	1.2	22 50 57.608	3.3257	- 30 15 48. 12	18.971
α Pegaso (<i>Markab</i>)	2	22 58 44.010	2.9837	+ 14 33 16. 42	19.332
γ Pesci	4	23 10 53. 894	3.1063	+ 2 37 15. 87	19.586
κ Pesci	5.4	23 20 43.735	+ 3.0750	+ 0 35 35. 54	+ 19.641
ι Pesci	4.5	23 33 43.582	3.0841	+ 4 58 13. 70	19.473
γ Cefeo	3.4	23 34 23.536	2.4092	+ 76 57 24. 85	20.079
δ Scultore	4.5	23 42 37. 233	3.1369	- 28 47 57. 22	19.896
ω Pesci	4	23 53 5. 863	+ 3.780	+ 6 11 35. 86	19.914

CAPO II.

FISICA STELLARE.

§ I.

Grandezza delle stelle e principii di Uranometria.

Colla divisione delle stelle in gruppi rimonta ai più remoti tempi la loro separazione in varii ordini di grandezze. Le più belle e lucenti furono dette di prima grandezza, le minori di seconda e via discorrendo fino al numero di sei gradi distinguibili. L'occhio nudo si ferma a questo, il resto lo fanno gl'istrumenti.

Questi gradi di luce non sono distinti da nessun limite fisso e misurato, ma sono meramente arbitrarii e di convezione. Così la categoria di prima grandezza delle visibili nel nostro cielo è costituita da sedici o diciassette stelle più vivaci: 1. Sirio nel Cane Maggiore, 2. Vega nella Lira, 3. Polluce nei Gemelli (alcuni vi mettono anche Castore), 4. Capra nel Cocchiere, 5. Arturo in Boote, 6. Betelgeuze in Orione, 7. Aldebaran nel Toro, 8. Regolo nel Leone, 9. La Spiga nella Vergine, 10. Procione nel Cane Minore. Nell'Emisfero Sud vi è 11. Riegel in Orione, 12. Antares nello Scorpione, 13. Canopo nella Nave, 14. Fomalhaut nel Pesce Australe, 15. Alfa del Centauro, 16. Achernar nell'Eridano, ecc. Alcuni vi mettono anche quelle della Croce Australe, ma esse non superano di molto quelle dell'Orsa Maggiore e sono piuttosto di seconda grandezza.

Quelle di seconda abbracciano le 6 più belle dell'Orsa Maggiore dette il Carro, la stella polare nell'Orsa Minore, le belle di Cassiopea, la Cintura di Orione, quelle del quadrato di Pegaso, che comprende α Andromeda ecc. ecc. Le più belle dell'Acquario spettano alla terza; ma, ripeto, tutta questa distinzione di gradi è fatta in modo puramente arbitrario, giacchè 1.° nessuna legge è stata fissata antecedentemente per misurare l'intensità delle loro luci, e 2.° perchè nessun limite preciso separa una serie dall'altra, nè si può dire dove un ordine comincia, e dove l'altro finisce.

Non è neppure uniforme l'uso introdotto per la notazione de' gradi intermedi delle grandezze; alcuni indicano le gradazioni con frazioni decimali, altri combinando i gradi stessi tra i quali sono collocate. Così con (1.2) cioè prima e seconda, indicano che sta tra la prima e la seconda. Con (2.3) indicherebbersi che la stella è di seconda in terza solamente; con (3.2) che è di terza in seconda predominando il grado indicato col primo numero. Ma queste particolarità sono in uso solamente negli studii più minuti e delicati.

Il lettore che ama avere una guida abbastanza sicura sul valore praticamente adottato dagli astronomi per le stelle maggiori, può valersi delle grandezze indicate nel Catalogo delle stelle fondamentali di Greenwich dato nel capitolo precedente, pagina 17 e segg^[10]. In quanto alle altre ricorra alle uranometrie di Argelander o di Heis: queste sono autorità riconosciute come competenti: ma siccome lo splendore di molte non è costante così è facile trovare molte differenze.

In quanto al numero delle stelle di diverse grandezze contenute nelle varie costellazioni, riportiamo qui dal Catalogo di Heis (pag. 178) il seguente riassunto, rimettendo per il resto ai Cataloghi pubblicati da lui e dagli altri. (Heis pag. 176 e 178). (V. il quadro pag. 48 e seg.)

Da questo quadro si rileva che un occhio disarmato, acuto come quello di Heis, può vedere anche delle stelle che, secondo l'uso comune, sarebbero di settima. Il loro numero totale sarebbe di 5421 nel cielo visibile a Münster che è 0,8 della sfera intera, onde, supponendo che nel resto le stelle abbiano la stessa proporzione, le visibili ad occhio nudo sarebbero 6,800 prossimamente.

Non potendo levare l'arbitrario che regna in questa materia, nè fissare nuove convenzioni senza generare grave confusione, gli astronomi hanno rovesciato il problema e cercato di determinare *in qual rapporto cresca la luce delle stelle secondo i varii ordini di grandezza convenzionale*.

I metodi usati per ciò sono diversi, e gli strumenti in uso diconsi *fotometri stellari*, o *astrometri*; e *uranometria* dicesi la scienza che se ne occupa. Abbiamo già accennato i tentativi fatti da Bayer per disporre le stelle delle singole costellazioni in ordine di grandezze, indicandole con lettere dell'alfabeto: ma questa non era che una valutazione relativa e spesso imperfetta. Il francese Bouguer fu il primo che tentasse una

[10] I rimandi si riferiscono alle pagine dell'edizione cartacea [nota per l'edizione elettronica Manuzio].

valutazione razionale della loro intensità in cifre precise. Per ciò egli propose l'uso di un cannocchiale a due obbiettivi eguali; questo venendo diretto a due stelle disuguali sufficientemente vicine, le loro due immagini venivano a formarsi nello stesso campo.

STELLE VISIBILI A OCCHIO NUDO NELL'EUROPA MEDIA

DISTRIBUITE PER COSTELLAZIONI E GRANDEZZA

A. COSTELLAZIONI BOREALI^[11]

Costellazioni		gran- dezza 1	g. 2	g. 3	g. 4	g. 5	g. 6	variabili	gruppi	nebulose	Somme
1	Orsa Minore	.	2	1	3	8	40	.	.	.	54
2	Dragone	.	1	9	8	39	163	.	.	.	220
3	Cefeo	.	.	5	4	21	127	2	.	.	159
4	Cassiopea	.	2	2	6	21	93	2	.	.	126
5	Perseo	.	1	4	13	23	90	2	3	.	136
6	Giraffa	.	.	.	2	25	110	.	1	.	138
7	Lucertola	.	.	.	1	12	35	.	.	.	48
8	Lince	.	.	1	1	12	73	.	.	.	87
9	Orsa Maggiore	.	6	9	5	39	166	2	.	.	227
10	Cani Levrieri	.	.	1	1	18	65	.	2	1	88

^[11] Per *Boreali* il sig. Heis intende quelle che passano tra il polo e lo zenit di Münster: per *medie* quelle tra questo zenit e l'equatore, per *australi* quelle sotto l'Equatore fino all'orizzonte sud, pure di Münster.

B. COSTELLAZIONI MEDIE

Costellazioni		gran- dezza 1	g. 2	g. 3	g. 4	g. 5	g. 6	varia- bili	gruppi	nebulose	Somme
11	Andromeda	.	3	1	13	14	106	1	.	1	139
12	Cavallino	.	.	.	1	4	11	.	.	.	16
13	Pegaso	.	2	4	8	22	140	1	.	1	178
14	Pesci	.	.	1	10	21	96	.	.	.	128
15	Triangolo	.	.	1	2	4	22	.	.	1	30
16	Ariete	.	1	1	4	11	63	.	.	.	80
17	Cocchiere	1	1	2	4	18	115	2	1	.	144
18	Toro	1	1	2	15	28	140	1	.	.	188
19	Gemelli	1	2	5	5	13	78	1	1	.	106
20	Cane minore	1	.	1	.	5	30	.	.	.	37
21	Cancro	.	.	.	5	5	79	1	1	1	92
22	Leone	1	2	5	8	20	124	1	.	.	161
23	Leone minore	.	.	.	3	6	30	1	.	.	40
24	Chioma di Beren.	.	.	.	2	17	51	.	.	.	70
25	Boote	1	1	5	10	23	100	.	.	.	140
26	Corona boreale	.	1	.	6	7	15	2	.	.	31
27	Ercole	.	1	9	12	28	172	3	.	2	227
28	Lira	1	.	1	5	8	52	2	.	.	69
29	Cigno	.	2	4	15	34	138	3	1	.	197
30	Volpetta	.	.	.	1	14	47	.	.	.	62
31	Freccia	.	.	.	4	2	12	.	.	.	18
32	Delfino	.	.	1	4	2	24	.	.	.	31

C. COSTELLAZIONI AUSTRALI

Costellazioni		gran- dezza 1	g. 2	g. 3	g. 4	g. 5	g. 6	varia- bili	gruppi	nebu- lose	Somme
33	Balena	.	2	6	7	24	122	1	.	.	162
34	Eridano	.	.	7	17	24	99	.	.	.	147
35	Orione	1	3	4	6	25	95	2	.	.	136
36	Liocorno	.	.	.	4	15	90	1	2	.	112
37	Lepre	.	.	2	6	10	26	1	.	.	45
38	Colomba	.	1	1	3	1	2	.	.	.	8
39	Cane maggiore	1	2	4	5	13	44	.	1	.	70
40	Argo	.	.	1	4	13	52	.	1	.	71
41	Idra	.	1	4	10	20	117	1	.	.	153
42	Sestante	.	.	.	1	5	42	.	.	.	48
43	Vergine	1	.	6	9	19	144	2	.	.	181
44	Cratere	.	.	1	4	2	28	.	.	.	35
45	Corvo	.	3	1	1	4	17	.	.	.	26
46	Centaurο	.	.	2	3	2	5	.	.	.	12
47	Serpente	.	1	5	5	10	59	1	1	.	82
48	Ofiuco	.	2	7	7	24	71	.	2	.	113
49	Scudo di Sob.	.	.	.	1	5	4	1	.	.	11
50	Aquila e Antinoo	1	.	5	4	17	95	1	.	.	123
51	Bilancia	.	2	.	1	8	41	1	.	.	53
52	Lupo	.	.	.	.	4	.	.	.	.	4
53	Scorpione	1	1	7	5	10	17	.	.	.	41
54	Sagittario	.	1	6	8	19	53	2	1	.	90
55	Capricorno	.	.	3	7	12	41	.	.	.	63
56	Acquario	.	.	5	11	31	98	.	1	.	146
57	Pesce Australe	1	.	.	3	13	5	.	.	.	22

RIASSUNTO

Costellazioni		gran- dezza 1	g. 2	g. 3	g. 4	g. 5	g. 6	varia- bili	gruppi	nebu- lose	Somme
Boreali	10	.	12	32	44	218	962	8	6	1	1283
Medie	22	7	17	43	137	306	1645	19	4	6	2184
Australi	25	6	19	77	132	330	1367	14	9	.	1954
Tutte	57	13	48	152	313	854	3974	41	19	7	5421

Allora si restringeva l'apertura dell'obiettivo diretto alla maggiore, finchè la sua immagine divenisse eguale alla minore; e il rapporto inverso delle aree delle aperture dava quello delle luci. Però si supposeva in questo metodo che l'assorbimento delle lenti fosse proporzionale alle intensità delle luci, mentre esso è piuttosto una quantità costante, ma è facile determinare la correzione. W. Herschel fece uso di due telescopi a specchio, e guardando in ciascuno una stella, diminuiva la luce della maggiore col medesimo principio di Bouguer fino a farla eguale alla minore. Poscia Johnson di Oxford applicò a questo studio un magnifico Eliometro^[12] sempre lavorando sul medesimo principio.

Altri hanno usato diversi fotometri e noi usammo quello a ruota girante con fessure variabili: la stella maggiore era guardata attraverso le fessure, la minore era guardata direttamente; le fessure si diminuivano fino a tanto che la maggiore diventasse eguale alla minore. Così determinammo il valore della luce relativa di varie stelle. Questo strumento ha il difetto che se le fessure siano troppo strette produce un colore rossastro che nuoce all'esattezza.

Fra i lavori fotometrici più importanti vi è quello di J. Herschel. Il suo principio era diverso. Egli disponeva tutte le stelle in *sequenze* o serie successive comparandone la loro luce con una stella presa per campione sia naturale, sia artificiale, o coll'immagine della Luna fatta da un piccola lente. Altri strumenti sono stati inventati da Steinheil, da Wilde, ed altri, ma in tutti questi vi sono molti prismi, specchi e altre parti ottiche le quali ne rendono l'uso difficile ed incerto, onde ne ommettiamo la descrizione. Per fare le osservazioni ordinarie anche senza strumento; e soprattutto per scoprire la variabilità delle stelle si suole confrontare fra di loro varie stelle di grandezza ben sicura, e disporle in serie relative graduate di luce mentre sono prossimamente alla stessa altezza, in modo che quella di cui si cerca la grandezza resti chiusa tra limiti assai ristretti. Così facilmente si rileva il suo valor relativo di luce e la sua differenza in gradi convenzionali.

I risultati più importanti di questi studii sono stati i seguenti:

Dai lavori di W. Herschel per le stelle maggiori risultò che le grandezze usuali stavano in proporzione dello splendore colla seguente legge:

Grandezze: 1.^a, 2.^a, 3.^a, 4.^a, ecc.

Splendore: 1. $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{9}$ $\frac{1}{16}$, ecc.

Da questa appariva che una stella di prima grandezza allontanata del doppio, triplo, quadruplo sarebbe comparsa di seconda, terza, quarta grandezza, ma questa legge falliva di precisione per quelle di quinta e sesta. Per renderla più conforme all'esperienza, e alle grandezze stimate dal medesimo J. Herschel e da Heis, si è trovato, che bisogna accrescere le grandezze ordinarie della quantità 0,414, onde le stelle diventerebbero di 1,414; 2,414; 3,414 ecc. grandezza, rispettivamente.

Questi risultati sono veri soltanto nel medio generale delle varie classi; per le stelle individuali le differenze sono immense. Così noi abbiamo trovato la seguente proporzione di grandezza nelle stelle qui indicate.

Stelle. — Valore fotometrico relativo.

Sirio	=	75.5	}	prima grandezza
Rigel	=	13.0		
Porcione	=	9.9		
α Orione	=	7.3		
γ Orione	=	2.0	}	seconda grandezza
ζ Orione	=	2.7		
κ Orione	=	1,0	}	terza grandezza

[12] L'*Eliometro* è uno strumento in origine destinato a misurare il diametro del Sole ($\eta\lambda\iota\omicron\varsigma$) ed era composto di due obiettivi distinti, e tale era quello detto di sopra inventato da Bouguer. Appresso si costruì con un solo obiettivo grande, ma segato in due lungo un diametro. Le due metà scorrendo una sull'altra possono dirigersi separatamente a due stelle vicine, e averne le immagini nel medesimo campo.

Dai valori assegnati da vari astronomi si conclude che i rapporti colla luce delle varie grandezze non sarebbero a rigore costanti, ma decrescenti e si avrebbe la serie seguente.

Rapporto dalla 1.^a alla 2.^a = 3.75; 2.^a alla 3.^a = 2.25; 3.^a a 4.^a = 2.20; 4.^a a 5.^a = 1.95.

Ora si vede che il rapporto va scemando colle grandezze; il che è conforme al fatto ben conosciuto che il rapporto fra due luci è più facile a valutarsi quanto più deboli sono le luci stesse.

Le precedenti conclusioni sono relative soltanto alle stelle visibili ad occhio nudo. Per le stelle telescopiche la cosa è notabilmente diversa. Notiamo da principio che anche la scala di queste è arbitraria e di convenzione tradizionale, e quindi anche per queste si è posto il problema: *qual'è il rapporto della luce di due stelle che differiscono di una grandezza vedute nei telescopi.*

Johnson di Oxford col metodo suindicato arrivò alla conclusione che il rapporto successivo sulle grandezze era 0,424; quindi detto n il numero che esprime la grandezza della stella, la sua intensità di luce rapporto ad una di prima grandezza sarà espresso per $0,424^{n-1}$. Confrontando poi le sue osservazioni con quelle di Struve, Argelander, Groombridge, J. Herschel conclude che in medio, progredendo dalla minore alla maggiore tal rapporto è = 0,412; ossia in ordine inverso sarà 2,43 dalla maggiore alla minore. Pogson ha trovato per questo rapporto 2,42, Steinheil 2,83, Stampfer 2,51. Però non si può prendere il medio di queste determinazioni, perchè sono basate su stelle diverse in numero ed in grandezza.

Struve dietro un esame delle grandezze usate da Bessel, Lalande, Piazzzi ed altri assegna le seguenti proporzioni:

Grandezza	Num. Stelle che unite fanno una di 1. ^a grandezza.	Rapporto degli Splendori.
1	1,00	3,25
2	3,25	2,35
3	7,64	2,00
4	15,26	1,95
5	29,75	
6	86,10	2,89
7	149,10	2,29
8	269,60	1,96
9	1116,90	

La parte superiore di questa tavola è fondata sull'esame delle stelle a occhio nudo: la parte inferiore sull'esame telescopico.

Riassumendo conchiuderemo che in una materia tanto vaga può ritenersi come termine medio in generale che: *la intensità di una stella di seconda grandezza è circa un quarto di una di prima, e che il rapporto fra quelle di seconda, terza e seguenti fino alla sesta può assumersi come costante ed = 2.14; e per le telescopiche assumersi uguale a 2.412.*

Se non che oltre la nona grandezza risorgono le divergenze, e mentre, per esempio, Herschel conta le stelle visibili nel suo telescopio suddividendole fino alla ventesima grandezza, Struve limita queste alla dodicesima soltanto, benchè la grandezza reale degli oggetti estremi sia la stessa. Questo dipende dall'abitudine che si è formata ciascun osservatore per giudicare gli oggetti, e dal grado di penetrazione che ciascuno attribuisce al suo strumento.

È una cosa importante in questa materia sapere quale sarà la grandezza limite delle stelle visibili in un dato cannocchiale. Johnson stabilì le seguenti proporzioni di grandezze con date aperture:

Apertura in pollici inglesi: 1 – 2 – 3 – 4 – 8 – 9 – 10
 Grandezza visibile: 8,1 – 9,9 – 10,6 – 11,3 – 12,0 – 13,2 – 13,4

Però l'esperienza mostra che si può spingere la visibilità più oltre che non fissano queste cifre. Da apposite ricerche col nostro refrattore che è uguale a quello di Dorpat (di 9,6 pollici inglesi) e che abbiamo trovato avere una forza penetrante poco diversa dallo specchio di Herschel di 18 pollici, risulterebbe potersi con esso vedere fino alla grandezza quindicesima (15.2), cioè due ordini avvantaggiati più oltre del limite assegnato da Johnson. Si concede in genere che le grandezze estreme Herscheliane sono esagerate, e che l'estrema scala di questo astronomo non è in consonanza colla parte superiore della medesima.

Il salto che si trova tra le grandezze fissate ad occhio nudo e le telescopiche si spiega da ciò, che il telescopio rendendo l'immagine nell'occhio più definita che non fa la vista naturale, facilita molto la visibilità degli oggetti, il che è tanto vero che un cannocchiale avente l'apertura eguale alla pupilla dell'occhio mostra più stelle assai che non vede l'occhio nudo, e ciò malgrado l'assorbimento de' vetri; appunto per la maggiore nettezza dell'immagine.

Benchè agli astronomi in genere poco interessi questa materia, perchè non spetta alla parte siderale di precisione, pure per molte questioni di fisica celeste che dovremo trattare fra poco, queste ricerche sono interessantissime e quindi ci siamo tratti su di esse alquanto a lungo.

Il Sole essendo una stella, si è cercato che rapporto abbia la sua luce con quella delle altre, il che giova a farci apprezzare l'intensità assoluta delle luci stellari.

Herschel confrontando α Centauro colla Luna piena, assegna il rapporto 1 : 27408; ora l'intensità della Luna rapporto al Sole è di 1 a 891071 secondo Wollaston, d'onde quella del Sole ad α Centauro sarebbe come 21955009000 a 1, e siccome di α Centauro si conosce la distanza, si calcola che il suo valore e intensità assoluta di luce sarebbe 2,32 volte quella del Sole. La luce di α Centauro poco differisce da quella di Arturo e di α Lira ed è $\frac{1}{4}$ di quella di Sirio. Questa stella secondo Wollaston sarebbe un ventimillesimo del Sole, cioè 1/20,000,000; ma questa apprezzazione sarà certo molto inesatta perchè Sirio non è certamente 1000 volte α Centauro.

La luce generale del cielo stellato non è tanto scarsa quanto potrebbe sembrare a prima vista. Su di un'alta montagna o in aria pura dopo essere stato ivi qualche tempo per dilatare bene la pupilla, senza alcun lume artificiale, può arrivarsi a leggere grandi caratteri. I marinai non amano lumi artificiali di notte, perchè li disturbano e preferiscono stare alla sola luce delle stelle, la quale è sufficiente per tutte le loro manovre; per leggere la bussola usano un debole lume a trasparente nella rosa dei venti. Il chiarore generale del cielo però include quello proveniente dalla via lattea e dalla luce zodiacale ed è spesso avvivato da debole Aurora Boreale il che rende difficile separare ciò che spetta alle sole stelle. Quando spunta la via lattea sull'orizzonte al Capo di Buona Speranza si rende essa sensibile pel chiarore con cui illumina il cielo: lo stesso accade nelle alte montagne dell'Emisfero australe.

Quello che posso asserire si è che tutte le nostre luci artificiali presto spariscono colla distanza in faccia alle stelle. Un grosso fuoco artificiale a preparazione detta di *Bengala* bianco, acceso sul monte Cavo a 18 chilometri dall'osservatorio, pareva una bella stella, ma non arrivava a Sirio ed appariva anzi molto inferiore quando se ne esaminava lo spettro: allora appena era uguale a Regolo. Una luce elettrica regolare fatta con pila di 50 elementi di grandi dimensioni veduta alla distanza di 300 metri proiettata in cielo a non grande distanza da Sirio era ben lungi dall'eguagliare la stella. Da alcuni calcoli un poco ipotetici si trova che questa stella avrebbe una luce intrinseca maggiore di quella del sole ben 63 volte. Vedremo in appresso che vi sono altri principii che confermano in gran parte questa curiosa conclusione. Laonde a sì sterminata distanza non si potrebbero vedere se non fossero tutti veri soli di enormi potenze luminose.

Moltissime stelle variano di grandezza: altre periodicamente a breve intervallo altre a periodi incerti. Di queste parleremo in un articolo a parte. Intanto qui accenneremo che è certamente cosa curiosa, come nel poema di Arato non si trovi menzionata la stella Vega della Lira che pure è di tanta bellezza. Ma siccome lo stesso Arato dice essere oscura la vicina Costellazione del Cigno e trova difficile a riconoscere la Costellazione dell'Ariete, sarebbe almeno imprudenza il concludere la variabilità di Vega dal silenzio di Arato.

Colori delle stelle.

Se ogni stella differisce dall'altra in grandezza, non differisce meno nel colore. Comunemente le stelle si dicono bianche, ma anche all'occhio più disattento molte sono colorate diversamente, altre sono gialle, altre ranciate, non poche affatto rosse. Le così dette stelle bianche sono per lo più azzurre: si passa da questo colore al vero bianco per gradi insensibili: quindi si passa al giallo, al rosso ranciato e fino al rosso sangue.

Sirio, la Lira, Castore, Regolo sono azzurre, Procione, Altair o α Aquila, bianche. La Capra, Polluce, α Balena sono gialle. Aldebaran, Arturo, Betelgeuse (α Orione) sono ranciate. Antares ovvero α Scorpione, α Ercole sono rosse: le veramente rosse di sangue sono tutte piccole.

Il grado di colore nelle gialle ranciate varia nelle diverse epoche, come in α Orione o Betelgeuse; Antares, Aldebaran, Arturo ecc. sono variabili di grandezza e di colore.

In questi ultimi tempi si è cercato di ridurre anche questo ramo di studio stellare ad una precisione e si sono fatte molte ricerche, ma non è tanto facile quanto pare il giudicare bene dei colori delle stelle. Primieramente gli occhi degli osservatori sono diversi e molti senza saperlo soffrono più o meno di daltonismo, se non in grado completo, almeno quanto basta ad avere differenze notabili nelle tinte o perdere di vista de' colori elementari; basta recarsi in una pubblica galleria e osservare le copie di uno stesso quadro fatte da diversi artisti, per convincersi quanto lo stesso colore dell'originale sia riprodotto differentissimamente.

2° La qualità de' vetri degli obbiettivi influisce assai e molto ancora la perfezione degli oculari. Gli specchi metallici tingono sempre un poco in rosso gli oggetti. Gli ingrandimenti non sono punto indifferenti; con debole potere domina il bianco e le mezze tinte si perdono, perchè nessuna stella è rigorosamente monocromatica: un forte ingrandimento diminuendo la luce ed esagerando i dischi rende meglio distinguibili i colori.

3° Lo stato dell'atmosfera e l'altezza dell'astro non si possono trascurare, e osservando troppo spesso l'orizzonte si avranno tinte cariche di rosso come accade pel Sole e la Luna.

4° Le stelle isolate sono più difficili a rilevarsi che le doppie, mancando ogni termine di confronto anzi piuttosto si ha un termine che le falsifica tutte, cioè la luce artificiale usata di sera, che essendo gialla guasta la neutralità dell'occhio e falsifica tutti i colori artificiali rendendo inutili tutte le scale cromatiche finora proposte. Una prova sorprendente di questa difficoltà di giudizio si è quella d'aver trovata la nebulosa d'Orione e le planetarie assolutamente verdi, mentre tutti le credevano bianche! Fu pertanto a questo scopo che io proposi l'uso della scintilla elettrica, la quale quando è tirata da diverse sostanze, col suo diverso colore dà un campione fisso, senza il quale l'osservatore è obbligato a ricorrere solo alla memoria, la quale è sempre infedele: e in questo genere di lavoro specialmente non vi si può aver veruna fiducia. Nelle stelle doppie si scorge facilmente la differenza delle tinte e una serve di confronto all'altra: nelle semplici nulla di questo.

Però nelle stelle doppie si manifesta sovente il fenomeno curioso di due colori complementarj. Chiamansi così dai Fisici que' colori che uniti insieme formano il bianco. Chi vuole avere una idea precisa di questi colori non ha che a ricorrere ad un apparato di polarizzazione fornito di un prisma birefringente ad una lamina cristallina a doppia refrazione, come sarebbe un Polariscope di Arago: egli avrà in esso tutte le gradazioni possibili. Intanto ecco i colori complementarj principali.

Rosso	Verde
Arancio	Azzurro
Giallo	Violetto

Le sfumature intermedie sono innumerabili e non si possono descrivere; è mestieri prender pratica allo strumento.

Su questo soggetto i punti più importanti a sapere sono questi: 1.° se i colori siano costanti, 2.° se siano almeno approssimativamente stimati identici da tutti, 3.° se siano reali. A tale scopo Smyth raccolse moltissime osservazioni fatte da diversi sopra la stella β Cigno che è una delle più importanti e delle più stu-

diate^[13].

Dalla loro raccolta numerosa risulta, che la prima e più grande delle due, in genere è detta dai più *gialla oro*, e la seconda *azzurra di zaffiro*: ma taluni classificano la prima come gialla tendente al rosso, e allora la compagna fu stimata azzurra tendente al verde. Dai tempi di W. Herschel però fino al presente questi colori sono sempre stati giudicati allo stesso modo e colle stesse piccole differenze dei diversi osservatori. L'influenza di costituzione de' diversi occhi è dunque sicura. In queste ricerche non sono da trascurarsi i giudizi delle donne, le quali hanno in genere di colori gli occhi più avvezzi ad un'esame delicato, ma vedremo che lo spettroscopio dà mezzi più assoluti e sicuri. Col variare la stima del colore della stella primaria variando anche quello della seconda, è manifesta l'influenza de' colori complementari; e insieme si vede la persistenza de' colori in queste stelle, e la loro realtà. I lavori più importanti fatti su questo soggetto, che è principalmente proprio dei dilettanti, sono quelli di Smyth *Celestial Cycle* e nella citata memoria *Sideral Chromatics*. Sono poi da rammentarsi per la loro estensione e copia di stelle quelli del P. Sestini fatti nel 1845 e anni seguenti e descritti nelle sue memorie, ove sono esaminate tutte le stelle del catalogo di Baily tanto semplici che doppie e questo catalogo, corredato da alcune carte, forma un'epoca importante in questo studio. L'autorità di questo astronomo è di molto peso essendo esso anche artista distinto.

Per ciò che spetta le stelle doppie il fenomeno di colori diversi non è sempre illusione, nè effetto di contrasto, ma una realtà fisica. Infatti questi colori 1.° non sono sempre complementarij, 2.° coprendo la principale sotto una sbarretta metallica fina, formata con molla spirale da bilanciere da orologio messa stesa come un filo nel campo del cannocchiale, la compagna non cambia punto di tinta. Una qualche influenza però è innegabile come abbiamo detto sopra per β Cigno. Questi colori in genere non sono mai semplici, ma vere mezze tinte, come si riconosce guardandoli attraverso un prisma: quindi cresce la difficoltà di giudicarli. Ecco alcuni gruppi più celebri.

	GRANDE	PICCOLA
κ Cassiopea	gialla	porporina
α Pesci	verdina	bleu
γ Andromeda	rancia	verde
ι Cancro	rancia	bleu
ε Boote	rancia debole	verdina
ζ Corona	bianca	porporina
α Ercole	rancia	verde smeraldo
β Cigno	gialla	bleu zaffiro
σ Cassiopea	verdina	azzurra bella

Vedi anche la figura 5 ove sono indicate varie di queste coppie coi loro colori, a pag.32.

In certe costellazioni dominano con frequenza le stelle di alcuni colori come nelle Pleiadi l'azzurro, in Orione il verdino, nell'Eridano e nella Balena le gialle. Le schiettamente azzurre sono rare benchè in genere un colore azzurrognolo domini nella massima parte di quelle che diconsi bianche, il che può nascere da un leggiero assorbimento della nostra atmosfera pei raggi rossi.

In alcune stelle il colore ha notabilmente variato dalle epoche più remote, e Sirio è certamente una di queste. Seneca (*Nat. Quaestion.* lib. 1 c. 1 n. 6, pag 72 ediz. di Pomba) dice che Sirio era più rosso di Marte — *Quum in caelo quoque non unus appareat color, verum sed acrior sit caniculae rubor, Martis remissor, Jovis nullus* — ora Sirio è notoriamente azzurrognolo. Malgrado i dubbi filologici eccitati su questo passo da quelli che han voluto confondere la scintillazione col colore, la variazione ci sembra incontrastabile. La cosa è anche confermata da Tolomeo che chiama Sirio *rossastro*^[14] e la dice anche splendidissima. Anche β gemelli (Polluce) è dichiarata *rossastro*, e ora è gialla; ma talora essendo più carica può giustificare il giudizio degli antichi, e con ciò stesso si conferma il rosseggiare di Sirio nei tempi d'allora.

[13] Vedi W. H. Smyth *Sideral Chromatics*, pag. 56 e seg.

[14] Ptol. *Almag.* lib. VIII, descriz. della stella Sirio nel Catalogo pag. 73 dell'Ediz. di Halma, ove è detta $\upsilon\pi\omicron\kappa\acute{\iota}\rho\rho\varsigma$ *subrusa*.

Egli è perciò che il P. Sestini cercò di fissare e stabilire dietro apposite ricerche lo stato attuale del cielo sotto questo rispetto, e le sue classificazioni serviranno ai posteri di un termine di confronto abbastanza sicuro. Egli si servì di un prisma per rilevare le differenze della composizione della loro luce. Egli ripeté le sue osservazioni in America collo stesso strumento e concluse che il clima ha pochissima influenza sul risultato.

Noi nel 1856 tentammo di classificarle mediante il colore della scintilla elettrica tratta da diversi metalli, e indicammo come riuscire nell'intento^[15]; ma abbandonammo questa maniera perchè lo spettroscopio ci ha insegnato a ben meglio precisare la natura delle luci. Però le osservazioni spettrali delle stelle sono assai difficili, e furono già credute quasi impossibili; ma ora le difficoltà sono superate, e i risultati ottenuti sono stati assai importanti, onde domandano di essere svolti con qualche estensione.

Per ora considerando i colori in genere, quelle che più colpiscono sono le stelle rosse, e gialle, se altre essendo comunemente dette bianche. In questi ultimi anni lo studio delle stelle rosse ha occupato molti astronomi. Lalande fino dal suo tempo ne avea già fatto un piccolo catalogo pubblicato nella *Connaissance de temps* dell'anno XV repubblicano; appresso questo venne esteso da Zach *Corr. astr.* vol. VII. Molto ne fu accresciuto il numero dagli Herschel e recentemente dai signori Hind, Smith, Baxendell, Birmingham, ecc. Il signor Schjellerup raccolse tutti questi elementi dispersi e ne pubblicò un importante catalogo nel n.º 1591 dell'*Astr. Nac.* che fu riprodotto con aggiunte nel n.º 1613. Finalmente il signor Chambers lo pubblicò nella sua *Descriptive Astronomy* riducendolo al 1870.

Noi abbiamo creduto far cosa utile di riprodurre questo catalogo, aumentato di alcune stelle che dobbiamo al signor Birmingham, e aggiungervi ciò che spetta gli spettri stellari, iniziando così un *Catalogo fisico* delle stelle, che col tempo verrà perfezionato ed aumentato. In esso sono comprese anche le più importanti stelle variabili di grandezza delle quali parleremo appresso. Ivi troverà oltre le posizioni e il colore, la descrizione degli spettri delle più belle, per l'intelligenza delle quali cose andiamo ad esporre i risultati principali della spettroscopia.

Siccome però l'estensione di questo catalogo interromperebbe troppo il corso dell'opera, così abbiám creduto bene metterlo in fine, ove il lettore lo troverà aumentato di varii accessori sopra la 1ª edizione fatta nelle *Memorie degli spettroscopisti italiani del 1876*.

§ III.

Spettri prismatici delle stelle. — Storia e descrizione degli strumenti.

L'astronomia si era sempre esclusivamente occupata fino ad ora della grandezza e distanza degli astri e di alcune poche particolarità fisiche di non molta importanza: il pretendere di conoscere la loro natura materiale e composizione chimica si sarebbe creduto un assurdo; fortunatamente ciò non è più vero, e l'astronomo può analizzare la natura delle materie stellari colla facilità con cui il chimico analizza le sostanze terrestri nel suo laboratorio. Sì grande progresso della scienza è dovuto al piccolo strumento, lo *spettroscopio*. La luce qual viaggiatrice industriosa è quella che ci reca dalla profondità dello spazio queste preziose notizie. La pratica, e i principii di spettroscopia sono troppo conosciuti oggidì perchè dobbiamo qui riassumerli, e ripetere ciò che abbiamo già detto nell'opera *Le Soleil*, quindi, ad essa rimettendoci pel resto, ci limiteremo qui a dire ciò che riguarda esclusivamente le stelle.

Il primo che ottenesse uno spettro di stella con vantaggio della scienza fu Fraunhofer. Dopo aver con somma perfezione e delicatezza descritto lo spettro solare, e le numerose sue righe, egli intraprese lo studio di altre luci e tra queste ancor di alcune stelle. Per risolvere alcune difficoltà che potevansi presentare sull'origine delle strie spettrali facendo uso di fessure strettissime, si mise a studiare lo spettro dei raggi solari passati per fori piccolissimi. Questi davano, come è naturale, spettri molto stretti e lineari, nei quali era impossibile riconoscere le lacune e le strie. Per allargarli senza fare uso di fessure, ebbe ricorso ad una lente cilindrica, mediante la quale negli spettri così dilatati poteva riconoscere le stesse righe che davano le fessure. Trovato questo mezzo lo applicò all'esame dei punti lucidi del cielo, i pianeti e le stelle, per riconoscere se tutte le luci dei corpi celesti erano identiche. Lo strumento da lui usato fu dapprima un teo-

[15] V. *Nuovo Cimento* del Matteucci, Tom. I.

dolite con cannocchiale di sole 13 linee di apertura avanti al cui obiettivo era collocato un prisma di ottima qualità, e guardando con questo direttamente gli astri coll'aiuto della lente cilindrica, avea l'immagine abbastanza dilatata per distinguere anche qui le righe trasversali. Da esperienze fatte da noi con simile apparecchio risulta che il semplice prisma anche senza lente cilindrica dà già allo spettro una dilatazione sufficiente purchè il suo angolo refringente sia assai grande e vicino a 60° .

Fraunhofer trovò così che la Luna, Venere e Giove avevano spettro identico a quello del sole, come era da aspettarsi, ma le stelle in generale l'aveano molto diverso. In Sirio notò una forte riga nera nel verde e due nell'azzurro; e trovò righe simili in alcune altre stelle; ma il sistema di queste righe, la posizione e la qualità trovati in quelle che esaminò, erano diverse assai da quelle del sole^[16]. Se nonchè la debolezza delle luci era tanta che rendeva assai difficile l'osservazione.

Più tardi riprese questo studio con un apparato di maggior forza, nello scopo principalmente di riconoscere se tutte le stelle aveano luce di eguale refrangibilità. Perciò venne da lui armato un cannocchiale di quattro pollici di apertura con un prisma posto avanti al suo obiettivo di pari grandezza ed avente un angolo di $37^\circ 40'$. Con questo strumento ottenne spettri più vivi ed estesi. Riconobbe in Castore la stessa riga del verde che avea trovata in Sirio^[17] e vide lo spettro di Polluce solcato di moltissime righe fine tra le quali riconobbe la riga solare D. Nella Capra riconobbe la D e la B del Sole, in α Orione vide pure queste stesse righe e una moltitudine di altre^[18].

Però la difficoltà di queste osservazioni era assai grande richiedendo due osservatori, uno che guardasse nel cannocchiale fornito di prisma, e l'altro in un altro inclinato al primo e che volgevasi direttamente alla stella. Per tali difficoltà nessuno vi fu che si occupasse di questi studi, tranne il Lamont che ripeté le osservazioni collo stesso strumento di Fraunhofer, ma attese le difficoltà della pratica non estese di più il campo delle ricerche. Lamont cercò pure di usare un prisma ordinario posto presso l'oculare del grande refrattore dell'osservatorio di Monaco, di dieci pollici di apertura, ma non ebbe risultati soddisfacenti a cagione, dice esso, della enorme influenza delle oscillazioni atmosferiche. Quindi tali ricerche caddero nell'oblio.

Quegli che fece risorgere la spettroscopia stellare fu l'astronomo G. B. Donati di Firenze circa l'anno 1860. Possedendosi al Museo una grande lente ustoria non acromatica di 41 centimetri di apertura, che avea servito alle ricerche fisiche dell'Accademia nel Cimento e del celebre Davy, la montò parallatticamente a modo di cannocchiale, giudicandola opportuna per raccogliere gran luce: cosa essenziale in queste ricerche. Sotto la direzione del famoso ottico G. B. Amici costruì uno spettroscopio analogo a quelli che poscia cominciarono ad essere in uso per le ricerche chimiche, e se ne servì per esaminare la luce delle stelle.

La figura qui annessa rappresenta la parte essenziale dello strumento. $q m$ fig.6 è il prolungamento del tubo della gran lente, p è il prisma, f è il cannocchialino analizzatore. Invece della fessura, su cui far cadere i raggi delle stelle, egli usò una lente cilindrica la quale formando una linea focale serviva al modo della fessura senza escludere la luce laterale; però conservò un diaframma collocato nel piano focale dell'obiettivo per avere una direzione costante dei raggi e un asse ottico determinato. Mediante la vite di richiamo S si potevano dare al cannocchiale le necessarie inclinazioni per misurare le posizioni delle righe, e leggere il valore della deviazione col nonio l nella graduazione tracciata sul piatto. Le piccole differenze si leggevano colla vite micrometrica r .

I risultati ottenuti dal Donati con questo strumento furono pubblicati nel 1862 in una importante memoria nella quale erano figurati, descritti e misurati gli spettri di 15 stelle principali, ove si rileva specialmente la posizione quasi costante della riga del verde bleu e delle altre dello spettro nella sua regione media e molti gruppi propri di altre stelle colorate. Però l'autore si lagna anche qui della scarsezza della luce e della difficoltà di conoscere i colori; anzi sembra che questi gli sfuggissero affatto alle estremità: senza dubbio a cagione dell'imperfezione dell'obiettivo non acromatico e del troppo ingrandimento del cannocchialino.

[16] Vedi *Astronomische Abhandlungen von Schumacher*, Altona 1823 pag. 40.

[17] Questa riga è corrispondente alla F del Sole, e devesi all'Idrogeno. La diciamo posta nel verde, ma per molti, come per noi corrisponde realmente al verde azzurro, e anche all'azzurro. Il posto di questa riga varia pel colore del fondo, secondo che si passa guardando dal rosso al violetto o viceversa.

[18] *Ann. Di Fisica di Gilbert*, Vol. 74, 1823.

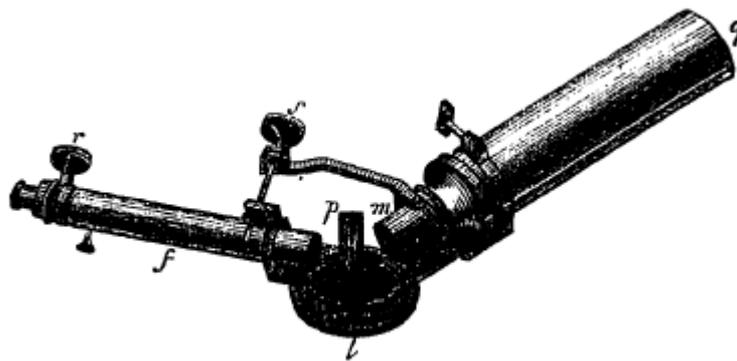


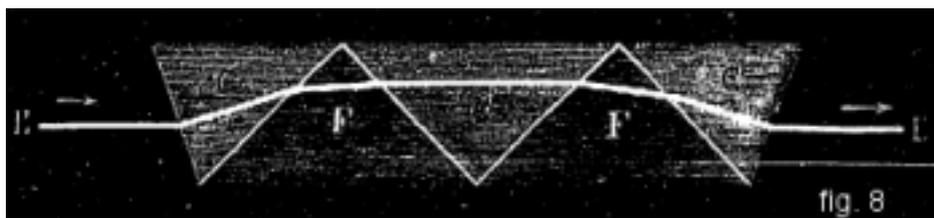
Fig. 6.

Per favorire le queste ricerche ed ovviare al grande incomodo che produceva la visione obliqua all'asse dell'obiettivo principale a cagione della deviazione del prisma, l'Amici inventò un prisma che senza deviare la luce ne desse però lo spettro completo, come nei prismi angolari.

Era questo prisma composto di tre altri, figura 7.^a: uno mediano F di Flint pesante (borato di piombo) e due altri C, C' di Crown: erano essi saldati insieme con un mastice; il raggio bianco usciva così decomposto senza deviazione, formando un prisma di effetto affatto opposto a quello del prisma acromatico ordinario.



La costruzione di questo prisma appena venne conosciuta in Francia diè origine ad uno strumento che dovea avere gran parte nella scienza spettrale. L'ottico Hofman di Parigi migliorò il prisma notabilmente, estendendo il numero dei prismi componenti a cinque, cioè due di Flint pesante FF, e tre di crown C, C', C'', fig. 8 col che aumentò la dispersione, e costruì con esso un piccolo spettroscopio tascabile che venne presentato all'Accademia delle scienze di Parigi nel 1862 dal signor Janssen.



La costruzione di questo strumento è notissima, pure non sarà inutile di darne qui un cenno. Esso è composto di due cannocchiali: uno $K C$ fig. 9, che in luogo dell'oculare ha nel suo foco principale collocata una fessura SS' che riceve i raggi del corpo luminoso, i quali passati per l'obiettivo C escono paralleli. Quindi attraverso il prisma P composto di cinque. L'altro cannocchiale FO è un cannocchiale comune munito di oculare micrometrico con cui si guarda l'immagine della fessura attraverso al prisma come se fosse collocata a distanza infinita. Avanti alla fessura è un piccolo specchietto o prisma r che serve a riflettere dentro allo strumento una luce artificiale, posta lateralmente. Il bottone B serve ad allargare e stringere la fessura.



Fig. 9.

L'arrivo in Roma della notizia di questo spettroscopio fu quasi contemporaneo con quello della memoria del Donati. Immediatamente concepì l'idea di farne un uso per le stelle applicandolo al nostro grande rifrattore, nella speranza di aver migliori risultati di quelli del Donati, attesa la gran perfezione del nostro obbiettivo di Merz. Lo strumento fu ordinato immediatamente, ma esso non giunse che al dicembre dello stesso anno. Intanto essendosi recato a Roma il signor Janssen per istudiare lo spettro solare, e avendo seco uno di questi piccoli strumenti, gli chiesi di applicarlo al nostro Refrattore per servircene provvisoriamente finchè arrivasse il mio. Esso condiscese e furono insieme con lui fatte le prime ricerche delle quali fu dato notizia all'Accademia di Parigi^[19]. Lo studio della spettroscopia solare e chimica era già tanto progredito che non solo cercammo l'esistenza delle linee spettrali, ma anche la loro natura, e fin dalle prime sere potemmo accertare nella stella α di Orione l'esistenza della riga del sodio ed altri metalli.

L'apparato provvisorio fu presto trasformato in un apparato stabile appena giunse il mio spettroscopio al quale applicai una scala luminosa laterale riflessa dalla faccia del prisma per fissare le posizioni relative delle righe^[20]. Allora potei con esso fare uno studio esteso delle principali stelle e dei pianeti che pubblicai nel *Bullettino Meteorologico dell'Osservatorio* del 1863 che già mostravano maggiori dettagli di quelli del Donati. Il vantaggio lo ebbi principalmente da ciò che avendo veduto come il cannocchialino diminuiva molto l'intensità della luce, lo levai affatto e mi misi ad osservare ad occhio nudo attraverso il prisma, o solo con una debole lente oculare e anche talor senza lente cilindrica. Però se così cresceva alla luce, e meglio si distinguevano le righe; molto diminuiva la precisione della puntata e le righe erano fissate con minore esattezza. Ma in quel periodo della scienza si cercava più la forma e qualità degli spettri che quella della precisione dei loro elementi. Fin d'allora io rilevai la differenza di diversi tipi stellari, i quali benchè legati in genere ai colori, pure erano diversi nelle medesime tinte generali delle stelle.

Intanto gli spettroscopii venivano grandemente migliorati e ridotti all'uso positivamente astronomico. Quelli a visione diretta costruiti con forti prismi da Hofman e da Merz, furono trovati molto utili e di comodo servizio. Il signor Huggins preferì la forma comune a prismi angolari come quelli di chimica, adattandone le dimensioni agli oculari. Noi abbiamo usato di ambedue i sistemi senza trovarci una preponderanza considerabile per questi ultimi; giacchè quello che nei primi si perde per assorbimento è compensato dagli altri, per ciò che perdesi in riflessioni troppo oblique. È vero però che è più facile avere un buono spettroscopio a prismi angolari che uno a visione diretta.

Gli spettroscopii a visione diretta sono più comodi, ma allungando molto lo strumento, in certi casi, per la strettezza delle cupole mobili possono divenire inservibili. Di più si può facilmente togliere un prisma agli angolari e diminuirne la dispersione il che non può farsi con i diretti, e così adattarli agli oggetti i più deboli.

[19] Vedi *Comptes Rendus* tom. LV, pag. 576.

[20] Vedi *Bullettino Meteorologico del Coll. Romano* vol. II, n. 1 e n. 14, Tav. II, 1863.

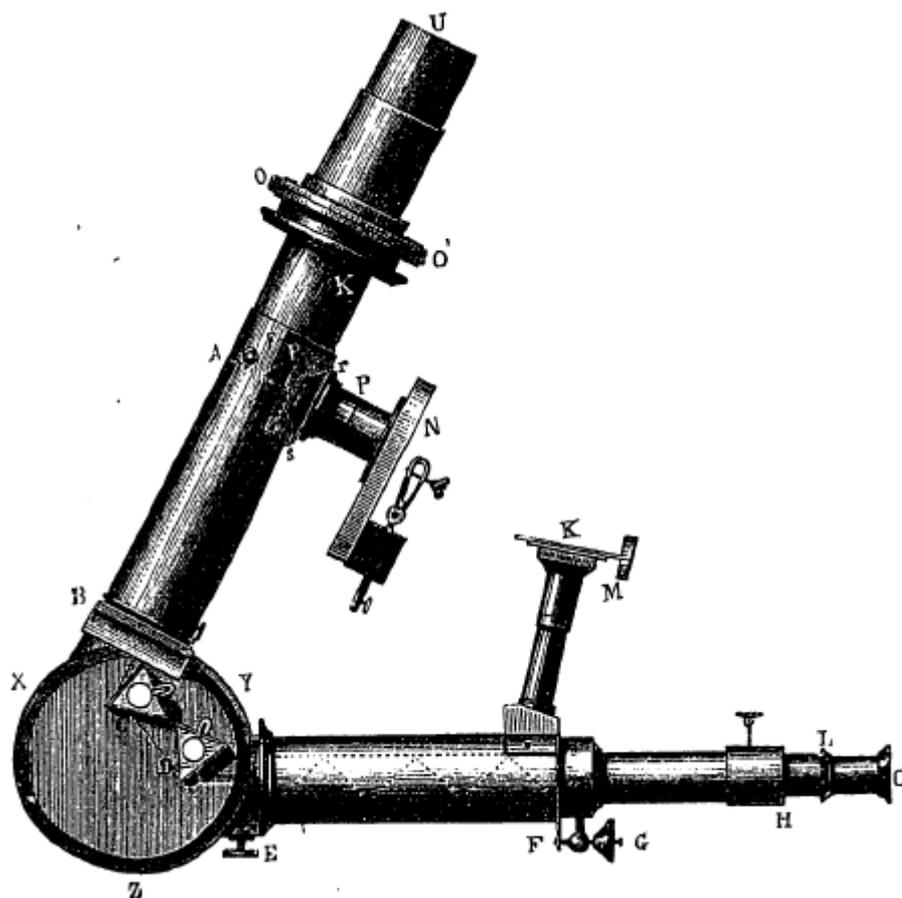


Fig. 10.

La costruzione fondamentale di questi spettroscopii a prismi angolari è come si vede nella fig. 10^a. *UKB* è un tubo che avvita al cannocchiale per mezzo di un pezzo *OO'*, che permette tutti i movimenti intorno all'asse ottico dello strumento come un micrometro di posizione. Al tubo suddetto è attaccato un piatto circolare *XYZ* che porta due prismi *C, D*. Dentro il tubo precedente *KB* è collocato il collimatore, composto della fessura *F* che sta nel foco commune *F* del grande obiettivo del refrattore e dell'obiettivo *B* del collimatore, destinato a rendere i raggi paralleli. I raggi luminosi passati per i prismi *C, D* entrano nel secondo tubo *EHL*; questo tubo nella sua prima parte più larga contiene un prisma a visione diretta, la seconda più stretta costituisce il cannocchiale analizzatore. Il pezzo contenente il prisma può levarsi affatto e allora resta solo cannocchialino per gli oggetti più deboli, che si invita direttamente nel piatto *XY*. Il braccio obliquo *K* contiene all'estremità una capsula con una scala graduata che è riflessa nell'oculare dalla faccia del prisma. Siccome questa scala dava troppa luce nel campo, io vi sostituii una semplice fessura che poteva trasportarsi con una vite micrometrica; questa dando nel campo un semplice filo lucido non turbava l'immagine negli oggetti più deboli, come p. es. le Nebulose. In *N* è un paio di morsette sostenute da un pezzo di ebonite, che portano i fili tra quali scocca la scintilla elettrica colla quale si illumina la fessura per avere i termini di confronto, e può sostituirvisi un'altra luce qualunque per paragone. Questa luce laterale è inviata lungo l'asse dello spettroscopio dal piccolo specchietto o prisma *P'* che sta avanti alla fessura, come negli apparati di chimica, e come si è detto per lo spettroscopio a visione diretta: vedremo a suo luogo un miglior metodo di illuminazione. Per le stelle si mette avanti alla fessura una lente cilindrica la quale raccoglie i raggi di tutto il cono incidente, e facendo in modo che la sua linea centrale cada sulla fessura, si ha un allargamento conveniente allo spettro. Questo allargamento però può ottenersi anche con una piccola lente cilindrica posta tra l'obiettivo e l'oculare del cannocchialino analizzatore. A questo oculare ancora si possono mettere le solite aggiunte di micrometri muniti di fili o meglio di punte metalliche fine^[21] come si suole d'ordinario negli strumenti di precisione.

[21] I fili di ragno per lo studio degli spettri delle stelle sono affatto inutili perchè non vi è luce sufficiente per vederli: perciò noi introducemmo l'uso della fessura riflessa e delle punte.

Tale è lo strumento. Però ad intenderne bene certe particolarità per l'uso della spettroscopia stellare, sono necessari alcuni schiarimenti.

Primieramente guardando una stella nel cannocchiale, la sua immagine è un punto; se si fanno passare i raggi per un prisma il punto si allunga in una linea distinta dei colori dello spettro, ma su questa linea per la sua strettezza è impossibile riconoscerne le lacune; quindi vedemmo da Fraunhofer introdotto l'uso della lente cilindrica ritenuta da tutti in appresso. Questa lente dilata in un senso l'immagine focale del cannocchiale grande, e crea un foco *lineare* invece di un punto. Infatti quando il cono dei raggi di una stella raccolto dall'obbiettivo è ricevuto da una lente cilindrica poco prima del piano di convergenza dei raggi, si formano dietro la lente due fochi lineari separati, che sono posti a distanze differenti dall'obbiettivo. Uno è un foco accorciato dalla lente cilindrica secondo la sua curvatura, e la linea è parallela all'asse del cilindro. Più lungi e normalmente a questa linea se ne forma un altro nel luogo del foco naturale dell'obbiettivo. La prima è preferibile anche perchè ivi sono molto minori le vibrazioni atmosferiche. Alcuni astronomi hanno asserito che potea farsi a meno della lente cilindrica, giacchè il prisma genera da sè una nappa dilatata; ciò è vero, ma in pratica noi non abbiamo trovato utile questa pretesa semplificazione, ma invece abbiam sempre veduto migliore l'immagine colla lente e perciò l'abbiamo preferita.

In secondo luogo volendo identificare le righe spettrali delle stelle colle sostanze chimiche, la fessura è indispensabile e perciò è necessario avere i mezzi da introdurre le luci artificiali dentro lo strumento col che si fa a meno di qualunque scala. Però attesa la debolezza degli spettri nelle stelle minori, è necessario spesso ricorrere ad altri artifizi. Per ciò riconosciute che siano queste righe in alcune stelle principali, si può lavorare sulle altre per semplici misure differenziali, purchè si abbia un modo da riconoscere la posizione della stella diretta rapporto ad un punto definito del campo. Come ciò possa farsi lo vedremo fra poco. Allora si può sopprimere la fessura e il collimatore stesso e così semplificando lo strumento avere molta maggiore luce per l'esame delle stelle di minori grandezze. Quindi gli spettroscopii possono dividersi in assoluti e differenziali.

Il migliore spettroscopio differenziale per le stelle è il prisma obiettivo usato già da Fraunhofer, che pei maggiori strumenti non deve avere che un mediocre angolo refringente. Se l'angolo refringente fosse forte assai, lo spettro sarebbe dilatato anche senza la lente cilindrica, ma i prismi ordinarii sarebbero troppo piccoli per dare luce sufficiente. Per tale studio pertanto ordinammo al signor Merz di Monaco un prisma di sei pollici (162 millimetri) di diametro con un angolo refringente di circa 12° da applicare avanti al grande obiettivo del refrattore di Merz, ma che può ancora applicarsi ad uno Cauchoix di sei pollici pure di diametro e sette piedi di lunghezza focale^[22]. Questo prisma dà veramente spettri stupendi, ma per vederli bene bisogna dilatarli con una lente, o a dirittura usare un oculare fatto con lenti cilindriche. Applicato al grande refrattore di 14 piedi dà uno spettro enorme, superbo, ma la dispersione essendo troppo forte, la luce delle stelle minori resta però troppo indebolita. Con esso la distanza tra le righe D e b in Arturo o Aldebaran, è di 315 secondi di arco, e gli spettri sono tanto allargati che non solo si sdoppia la D , ma tutti i gruppi del ferro specialmente quelli tra b ed E dello spettro solare. Lo spettro di Antares impiegava $1^m 30^s$ a passare e quello della α Lira due minuti (non ridotti all'equatore), onde la posizione relativa delle righe si poteva prendere comodamente anche solo col tempo dei passaggi! Come saggio della bellezza degli spettri ottenuti con questo strumento può vedersi quello di α Orione e di Sirio, come furono disegnati al cannocchiale di Cauchoix negli atti dell'Ac.^a Pontif.^a de' N. Lincei 24 marzo 1872.

La costruzione di questo pezzo di ottica assai raro è interessante, e ne diamo il disegno nella fig. 12. La base circolare è una specie di coperchio da porsi avanti al grande obiettivo che ha un foro di sei pollici di diametro. Contro questo foro è sospeso il prisma sostenuto da una leggiera armatura consistente in un circolo portato da due perni mobili, mediante i quali può mettersi al minimo di deviazione dei raggi. I due pezzi sono rappresentati separati: la fig. 13 dà la montatura, la 14 il solo prisma con perni. Accanto al prisma grande, è un piccolo prisma acromatico P , la cui deviazione dei raggi è uguale alla deviazione cromatica media del prisma principale. Lo scopo di questa aggiunta sarà indicato appresso.

^[22] Benchè avessimo letto la memoria di Donati ove parla del prisma obiettivo di Fraunhofer, noi realmente non ne fummo colpiti, e quando facemmo questa risoluzione non avevamo punto presente il già fatto da lui: e fu bene, perchè altrimenti forse non lo avremmo ordinato, e ciò perchè esso sempre si lagna della poca luce avuta col prisma che in realtà avea un angolo refringente troppo forte.

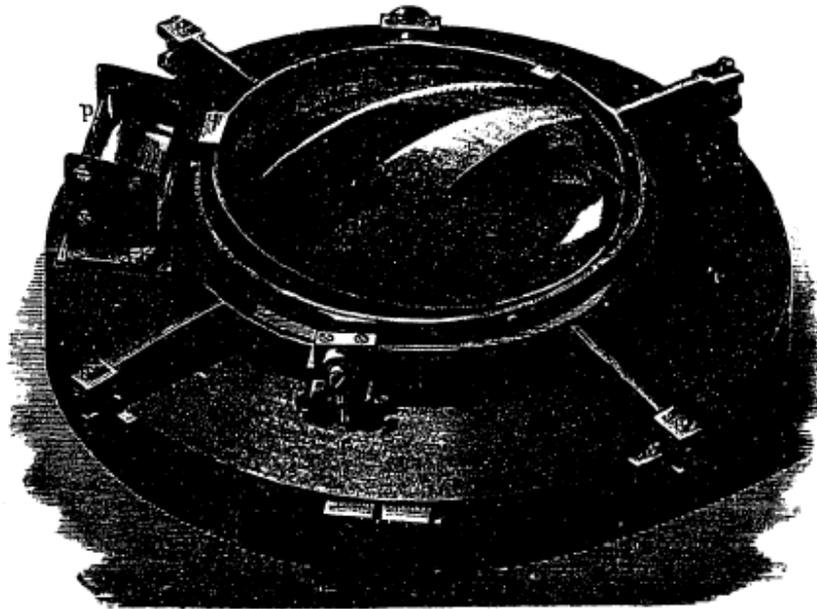


Fig. 12.

Il pezzo della fig. 14 posto sopra cerchio speciale si adatta direttamente al Refrattore di Cauchoix a modo di un coperchio ordinario, come si disse. Era persuasione comune che per fare un prisma da servire per un obiettivo di nove pollici ci sarebbe voluta una massa di flint enorme, ma dalla sperienza attuale si vede che per 14 piedi di lunghezza focale basterebbe un angolo refringente di 5 in 6 gradi, perchè coll'ingrandimento dell'oculare può supplirsi alla quantità diretta della dispersione; e con esso allora si potrebbero esaminare con agio tutte le stelle; nè la massa di flint sarebbe stranamente difficile ad aversi. Per comodità di trovare le stelle abbiamo montato sul corpo del grande cannocchiale un secondo cercatore, che fa col solito di cui è fornito l'equatoriale un angolo di circa 13° , cioè quanta è la deviazione del prisma; questo secondo cercatore è disposto in modo che quando la stella è nel campo del primo, girando l'equatoriale in ascensione retta, la stella viene nel campo del cercatore spettrale, e quindi il suo spettro sta nel centro del campo del refrattore grande.

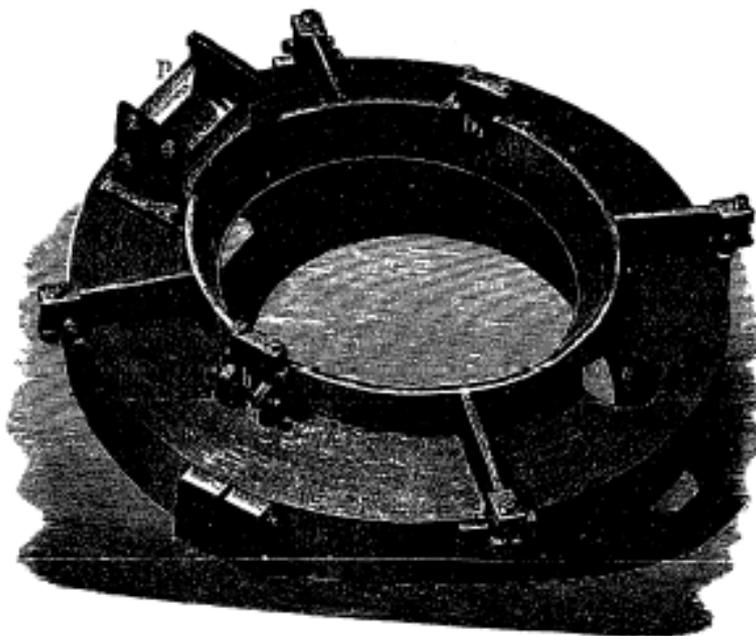


Fig. 13.

Il collocamento esatto di questi pezzi si ottiene facilmente di giorno usando il Sole. Così le osservazio-

ni sono facili e le stelle non possono equivocarsi. Soltanto resta l'incomodo che questi pezzi addizionali esigono la giunta di nuovi contrapesi alla macchina, onde non possono montarsi e smontarsi con tanta facilità come si vorrebbe.

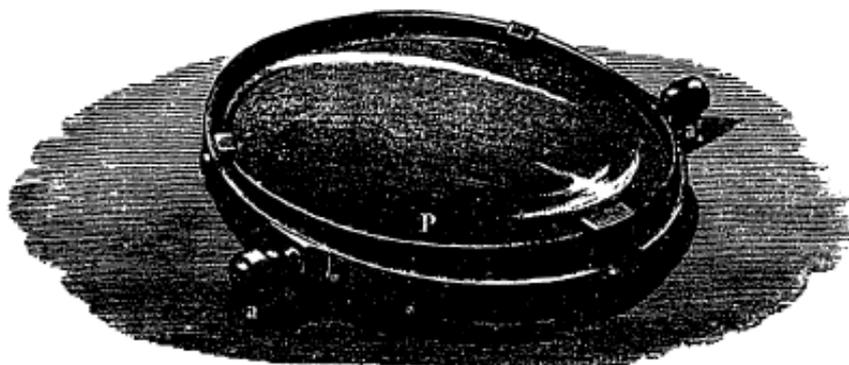


Fig. 11.

Però, benchè sì eccellente, questo strumento è molto costoso, e non era sperabile che venisse molto diffuso, ed essendo non molto comodo per le ricerche ordinarie, abbiamo cercato un mezzo molto più semplice ed economico, e siamo riusciti ad ottenere uno spettroscopio che raccogliendo interamente la luce delle stelle permette di esaminarne fino talune di nona grandezza.

Questo strumento è semplicissimo, ed è disegnato in sezione, nella fig. 15. Esso consiste in un prisma a visione diretta P, Q, P', Q', P'' dietro il quale è una lente cilindrica C coll'asse perpendicolare al piano di dispersione del prisma. La lente può stare vicinissima al prisma, purchè resti 2 in 3 centimetri prima del piano focale comune all'obiettivo e all'oculare, in un punto ove per tentativi si riesce ad avere una visione netta dalle oscillazioni dell'aria atmosferica, e dagli anelli di diffrazione dell'immagine principale. In tal posizione lo spettro è molto vivo, largo e ben distinto, e quantunque non abbia la grandezza dello spettro del prisma obiettivo, occupa però un campo assai esteso. Nell'interno dell'oculare sono delle punte fine metalliche mobili da viti micrometriche $V V'$, come i fili di ragnò ordinarii, e inoltre l'oculare ha un moto di trasporto pel bottone B . L'oculare è positivo, e di fatto di lenti cilindriche per avere maggiore luce, ma può usarsi anche un oculare sferico.

Questa combinazione differisce assai come si vede da quella immaginata già da Lamont, benchè sembri identica al primo aspetto. Infatti usando il prisma angolare *abbiamo veduto* che i piani focali delle diverse parti dello spettro sono assai distanti uno dall'altro, talchè la precisione è diversa nelle varie regioni del medesimo: quindi bisogna continuamente spostare l'oculare nel passare da un colore all'altro, onde due linee lontane sono sempre vedute malamente e mentre una è netta l'altra è confusa. Inoltre le linee sono curvate, e la vibrazione atmosferica ha una influenza enorme. Per evitare questa anche col prisma a visione diretta è mestieri che la lente cilindrica resti discosta dall'oculare, onde la linea focale non si formi nella regione dei circoli di diffrazione che circondano l'immagine della stella. La mancanza di queste condizioni fece che Lamont fallisse nel suo tentativo. Le linee essendo curve col prisma angolare, le misure delle distanze sono impossibili, mentre col prisma diretto esse sono dritte e le misure facilissime e le scintillazioni non fanno alcun danno.

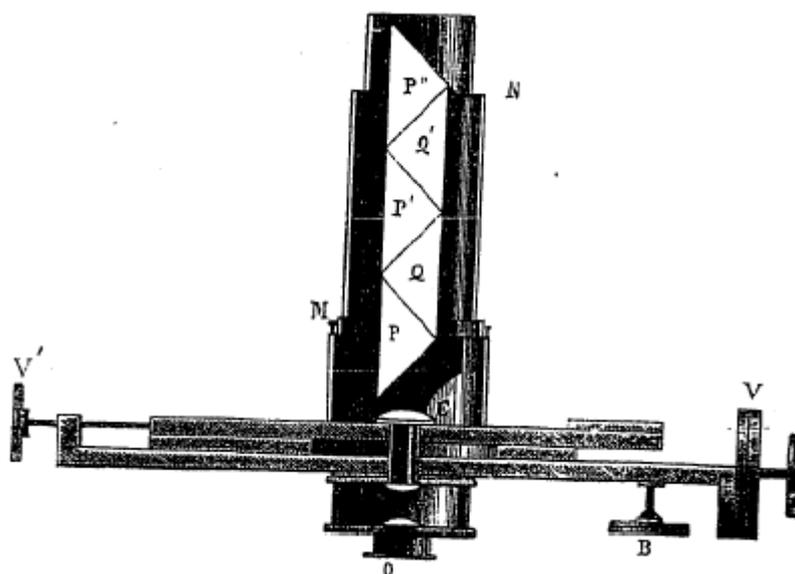


Fig. 15.

È chiaro che le misure di confronto colle righe spettrali de' corpi chimici non si possono avere nè con questo nè col prisma obiettivo. Però con un certo artificio si possono avere le posizioni delle righe rapporto alla luce diretta della stella. Col prisma obiettivo si può avere la deviazione assoluta rapporto alla luce diretta profittando dell'immagine diretta veduta nel cercatore, come faceva Fraunhofer. Ma qui oltre l'incomodo di dover usare un assistente che punti nel cercatore, mentre l'osservatore punta alle righe spettrali, non si può esser mai sicuri della stabilità relativa dei due cannocchiali. Quindi noi tentammo di mettere accanto al prisma maggiore un altro minore ed acromatico, ma avente la stessa deviazione di raggi del prisma obiettivo. Però il risultato pratico non corrispose all'aspettazione, atteso che esso era posto troppo eccentricamente all'obiettivo, e l'immagine mancava di precisione ed era fortemente colorata.

Più facilmente ci riuscì l'intento col piccolo prisma a visione diretta. Questo fu collocato nel tubo del porta oculare alquanto eccentricamente, e profittando della circostanza che il prisma era fuori del piano focale, si poté collocare in modo che collo spettro si avesse nel campo l'immagine diretta della stella formata da alcuni raggi passati fuori del prisma e sopra di esso. Così si vede nel campo lo spettro e la stella diretta uno sopra l'altra. Con una lente concava si corresse la differenza di focalità nei raggi prodotta dal prisma e l'immagine diretta della stella si trovò nitida quanto quella delle righe spettrali.

Per prendere le misure differenziali delle righe il micrometro è fornito di due punte metalliche, e una si pone sulla immagine diretta l'altra su di una riga spettrale ben definita, e si fissa così la distanza relativa della riga colla immagine diretta. Ciò fatto si passa ad un'altra stella, e condotta la sua immagine bianca sopra la stessa punta si vede ove cada all'altra, e così si riconosce immediatamente se le righe sono identiche. Ciò per le ricerche più delicate, per le ordinarie basta il confronto della stella posta sotto i fili del cercatore, donde si rileva subito a qual punto del campo spettrale corrisponda una riga forte mentre la stella sta sotto la croce dei fili del cercatore stesso.

Questo è il metodo che abbiamo seguito nello studio delle stelle minori che non ammettevano l'uso della fessura. Le strie principali essendo determinate dianzi delle stelle grandi, si rilevava facilmente la loro natura nelle piccole per mezzo di misure differenziali.

Passiamo ora ad esporre i risultati ottenuti.

§. IV.

Risultati spettrali — Natura delle righe — Tipi stellari.

È nota ai nostri lettori l'importanza degli studi spettrali del Sole, mediante i quali si è giunto a riconoscere la natura chimica delle sostanze che trovansi incandescenti nell'astro: uno studio simile doveasi pertanto eseguire sulle stelle. Due erano le cose principali da investigare: 1.º quali fossero le sostanze costi-

tutive delle loro atmosfere incandescenti; 2.° se esse atmosfere erano identiche o no in tutte le stelle.

Il primo studio fu per alcune stelle a meraviglia eseguito dai sigg. Huggins e Miller, i quali parte con osservazioni di confronti diretti degli spettri chimici, parte colla comparazione dello spettro solare, vi provarono definitivamente l'esistenza di varie righe solari e quelle di molte sostanze chimiche. Così in Sirio mostrarono che le righe principali erano dell'idrogeno, e che probabilmente eravi anche il sodio e il magnesio. Le nostre osservazioni ci fecero scoprire la quarta riga dell'idrogeno in allora ancora ignota ai chimici, e misero fuor di dubbio che esse righe erano molto larghe e sfumate. Da principio il celebre sig. Huggins, credette questo dovuto a difetto del nostro strumento, ma ora ha convenuto ancor esso della verità delle sfumature, donde segue che l'idrogeno ivi trovasi sotto una pressione considerabile. Dalle nostre prime osservazioni fu pure dimostrata in α Orione la presenza dei metalli, sodio, ferro, magnesio, ecc. e due belle tavole diede il sig. Huggins di questa stella e di Aldebaran da noi estese e aumentate. Noi trovammo che l'idrogeno in α Orione non mancava, ma le sue righe erano confuse nelle grandi zone scure di cui è fornita questa stella, e che l'indebolimento loro poteva provenire dal dare quella stella uno spettro in parte diretto. Un confronto accurato fatto dello spettro di Arturo e di Aldebaran, di Polluce e della Capra con quello del Sole mediante il prisma obiettivo, ci mostrò più di 60 righe francamente riconoscibili come coincidenti colle metalliche solari, e quindi l'esistenza in quelle stelle del sodio, del calcio, del ferro. Per questa sostanza sono specialmente notabili le righe del verde che ivi formano una numerosa serie di gruppi identici, che costituiscono una bella *persiana*. Riducendo lo spettro solare a debole intensità, vedemmo risaltare anche meglio l'identità degli spettri stellari e solari in queste stelle.



Fig. 16.

Ma una cosa caratteristica degli spettri stellari è che moltissime stelle oltre le righe fine metalliche danno zone molto fosche come vedesi in α Orione, in β Pegaso, *Omicron* Balena ecc. Curiosissime oltremodo si mostrano certune come α Ercole, la 12561 di Lalande, ecc. i cui spettri sono fatti a dirittura a colonnato, o piuttosto come un nastro iridato avvolto con successive pieghe cilindriche. La fig. 16 mostra lo spettro di α Ercole formate di sette belle colonne vedute in fuga di prospettiva: l'altra stella ne presenta invece tre sole, senza che esse si possano risolvere in vere righe metalliche nere o brillanti. È difficile colle descrizioni dare un'idea di queste apparenze. Il lettore può consultare le tavole cromatiche n. III e IV ove sono delineati i tipi principali di questi spettri. Affinchè poi esso possa meglio conoscere questi tipi, abbiamo riprodotto nella prima figura tav. III le righe principali dello spettro solare dato da Fraunhofer, che per il confronto di queste stelle è sufficiente.

Queste figure danno una idea di ciò che si vede nel campo dello strumento: ora veniamo ad alcuni risultati più particolari.

Il fatto più saliente verificato in queste ricerche è stato questo: che mentre le stelle sono numerosissime, pure i loro spettri si riducono a poche forme ben definite e distinte, che per brevità noi chiamammo *Tipi*. L'esame delle stelle ci ha occupato per parecchi anni: furono esaminate quasi tutte le principali, e moltissime altre; almeno 4000 in tutto, perchè oltre alla stella principale si esaminava tutto il suo contorno. I risultati furono pubblicati in diverse memorie inserite per estratto nei *Rendiconti* dell'Accademia di Parigi, e per esteso nelle *Memorie* della Società Italiana, Ser. III, Tom. I e II, ed in quelle dell'Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei, Tom. XXV, 24 Marzo 1872.

Crediamo far cosa grata ai nostri lettori dando un sunto di questi lavori che non sono ancora compiuti; ma che le nostre forze non ci permisero di continuare ulteriormente e ci obbligarono a interrompere. Il compianto D'Arrest vi si applicò appresso, e riconobbe l'esattezza dei nostri risultati, e li estese non poco,

ma prevenuto da morte non potè compirli nemmeno lui^[23]. Il Vogel pure se ne è occupato, e l'Huggins si è segnalato non tanto per la copia, quanto per la esattezza e delicatezza delle sue ricerche, che sono classiche.

Ecco pertanto le principali conclusioni. — Tutti gli spettri stellari, tranne pochissime eccezioni possono ridursi a 4 Tipi principali che sono descritti nelle due tavole cromolitografiche qui inserite.

1.° Il primo tipo è quello delle stelle bianche o azzurrognole (Tav. III, fig.2) come Sirio, α Lira, β , γ , δ , ϵ , ζ , η dell'Orsa Maggiore, Castore, Markab, α Ofiuco ecc. Lo spettro di queste è quasi continuo: soltanto esso è solcato da quattro forti righe nere che sono quelle dell'idrogeno, ma rovesciate secondo il noto principio spettrale dell'assorbimento. Tutte e quattro queste righe possono vedersi nelle più lucide; nelle più deboli non è ordinariamente visibile che la $H\beta$, ossia la F del Sole, ma in genere questa è molto larga e dilatata e spesso sfumata agli orli, specialmente in Sirio. Questa sfumatura è indizio di elevatissima temperatura e di forte densità dell'atmosfera idrogenica delle stelle di quest'ordine. Vi si vedono anche tracce di altre linee come del Magnesio, del Sodio e alcuna del Ferro, ma esse sono debolissime e richiedono aria squisita. A noi però non è mai riuscito di avere queste righe secondarie *costantemente* nette e precise come in altre stelle di cui facemmo i disegni. In Sirio e in Vega talora esse sono ben distinte, ma per lo più sono appena discernibili anche ad aria ottima; quindi ne segue che queste loro atmosfere sono certamente alquanto variabili. Le figure dello spettro di questa classe che circolano nei libri di spettroscopia carichi di numerose e grosse righe nere, per noi sono assolutamente erronee o almeno esagerate: e si che non abbiamo risparmiato mezzi di ricerche anche fortissimi. Alcune però di quelle righe possono essere dovute all'assorbimento atmosferico tellurico, poichè in Sirio le abbiamo vedute soventi quando la stella era bassa, ma raramente al meridiano. In α Lira, le abbiamo vedute anche al meridiano (27 giugno 1869). Che le sfumature delle linee principali dell'idrogeno nelle stelle grandi fossero reali e non illusione, nè difetto di strumento, si provò da ciò che mentre col prisma obiettivo in β Gemelli le sue righe fine erano nettissime, in Sirio e α in Lira erano invece diffuse e larghe in tal grado che non potevano attribuirsi a difetto dello strumento.

Molte stelle minori bianche paiono avere spettro continuo e senza righe, ma studiate con cura si trovano di questo tipo colle righe però molto fine.

Questa classe è numerosissima e abbraccia più della metà delle stelle visibili. Per fissare lo stato loro presente e così assicurarci sei mai col tempo avvenissero cambiamenti di grande entità, ne diamo qui sotto una lista. Questa è certamente incompleta, ma tuttavia è sufficiente a fissare per l'epoca nostra il loro stato.

È bene avvertire che in parecchie di questo tipo, come in Procione, α Aquila, α Vergine ecc. si scorgono molte righe fine abbastanza ben visibili, ai luoghi stessi dove appena si scorge traccia nelle altre: talchè queste sembrano esser casi di transizione da questo tipo al seguente, ma si sa che queste stelle sono leggermente variabili, e per ciò anche il tipo non ha sempre la stessa purezza.

2.° Il secondo tipo è quello delle stelle gialle: esse hanno righe finissime; le righe dell'idrogeno pure vi sono, ma sono sottili e non punto così marcate come nelle precedenti, e lo spettro è perfettamente eguale a quello del Sole (V. fig.1, Tav III cromolit.); la Capra, Polluce, α Balena, α Orsa Maggiore e molte altre di color giallo sono di questo tipo. La finezza delle righe esige che l'aria sia molto buona e quieta per vederle distintamente. Il sodio, l'idrogeno, il ferro, il magnesio sono visibilissimi. È un fatto molto importante che al variare di colore di certune di queste stelle, le righe dello spettro cambiano d'intensità. Così in Arturo e Aldebaran nel loro periodo di luce rossa le righe aumentano notabilmente di larghezza e nerezza, e talune diventano perfino sfumate come la D , e presentano tracce di zone a colonne, accostandosi al 3.° tipo. Anche le stelle del 2.° tipo sono molto numerose. Nel confronto di alcune di queste stelle fatto in epoca diversa, abbiamo trovato tali differenze che non potremmo attribuirle tutte ad errore di osservazione. Sembra pertanto che molte variabili passino dal 2.° al 3.° tipo; facilmente tale forse è α Idras.

[23] V. *Astronomische Nach*, N. 2009, 2016, 2032, 2011.

Catalogo di alcune stelle principali disposte secondo la classe dei loro tipi di 1° e 2°.

Costellazione	Tipo 1° di α Lira	Tipo 2° Solare
Andromeda	$\alpha, \theta, \iota, \mu, \nu, \omicron, \kappa$	$\beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \lambda, \omicron, \pi, R$
Antinoo	η, θ, λ	ι, κ, π
Aquario	γ, ζ, η	α, β
Aquila	α, δ, ζ	$\beta, \gamma, \epsilon, \mu$
Ariete	β, γ	α
Balena	$\gamma, \lambda, \mu, \kappa$	$\beta, \delta, \zeta, \eta, \theta, \iota, \tau$
Bilancia	α, β	.....
Boote	γ, ν^1, τ	$\alpha, \beta, \delta, \epsilon, \eta, \rho, \sigma, \nu^2$
Cane Maggiore	$\alpha, \beta, \gamma, \epsilon, \eta$	δ
Cane Minore	α, β	γ
Capricorno	δ, ϵ	$\alpha^1, \alpha^2, \beta, \zeta, \xi$
Cassiopea	β, δ, ϵ	$\alpha, \zeta, \eta, \kappa$ (H. 35)
Cavallino	α, γ	β, δ
Cefeo	α, ϵ	$\beta, \gamma, \delta, \zeta, \eta, \iota$
Cigno	δ, ι, λ	$\alpha, \beta, \gamma, \epsilon, \zeta, \eta, \mu, \xi, \theta, \sigma, \tau, \omega$
Cocchiere	β, η, θ	$\alpha, \delta, \epsilon, \zeta, \tau$
Corona Bor.	α, β, γ	δ
Corvo	$\alpha, \gamma, \delta, \eta$	β, ϵ
Cratere	β, α, ζ	$\delta, \zeta, \gamma, \xi$
Delfino	α, ϵ, ζ	β, γ
Dragone	$\alpha, \zeta, \nu^1, \nu^2$	$\beta, \gamma, \eta, \theta, \iota, \xi, \kappa$
Ercole	$\gamma, \delta, \iota, \mu, \nu^1, \omicron, \rho, \upsilon$	$\beta, \zeta, \eta, \nu^2, \xi, \pi, 80$
Eridano	.....	$\gamma, \delta, \epsilon, \tau, \eta, \zeta, 40$
Gemelli	$\alpha, \gamma, \delta, \theta, \xi$	β
Idra	δ, η	$\alpha, \epsilon, \zeta, \mu, \lambda, \nu, \text{var.}$
Leone	$\alpha, \beta, \delta, \zeta, \eta, \theta, \rho$	γ, ϵ, μ
Lepre	$\alpha, \epsilon, \zeta, \eta$	β, γ, δ
Lira	α, γ, ϵ	$\delta', 5$
Lucertola	3, 5	7
Mosca	11, 35	39
Ofiuco	α, λ, ν	ϵ, κ
Orione	[$\beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \pi, \tau, \kappa$]	.....
Orsa Maggiore	$\beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \text{alcor}, \rho$	α
Orsa Minore	δ, ζ, η	α, β
Pegaso	$\alpha, \gamma, \zeta, \kappa, \omicron, \tau$	$\epsilon, \eta, \xi, \lambda, \mu, \pi, \upsilon$
Perseo	$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \omicron, \tau, \tau', \rho'$	$\epsilon, \zeta, \eta, \xi, \kappa, \rho''$
Pesce australe	α	.....
Pesci	α	η
Sagittario	$\zeta, \eta, \sigma, \phi$	\omicron, τ
Scorpione	β	δ
Serpente	ϵ, μ	α, δ
Toro	$\beta, \delta'', \delta''', \eta, \theta$	.....
	$\tau, \xi, \kappa, \upsilon, \tau', \text{Pleiadi}$	$\alpha, \gamma, \delta', \epsilon, \omicron, 10$
Triangolo	$\beta, \gamma, \delta, \eta$	α
Vergine	α, γ, ζ	β, ϵ
Somma	168	154

3.° Il terzo tipo è quello che si trova nelle stelle ranciate e rosse; esso è formato di linee nere e lucide interpolate a zone o *bande* scure, sfumate, che quando è completo sono in numero di nove disposte come

altrettante colonne scanellate vedute in fuga e aventi la luce illuminante dal lato del rosso. Insigni sono specialmente il prototipo di questa classe α Orione; simili sono α Scorpione, *Omicron*, Balena, β Pegaso, α Ercole e molte altre belle, di cui diamo qui appresso un piccolo Catalogo.

Catalogo di alcune stelle più belle di 3° tipo.

Nome delle stelle	Ascensione retta 1870	Declinazione	Grandezza
o Balena	2 ^{or} 12 ^m 47 ^s	+ 3° 34'	variabile
α Balena	2 55 29	+ 3 34	id.
s Perseo	2 56 51	+ 38 15	id.
Schjell. 44	4 45 11	+ 14 2	5
46	4 46 36	+ 2 17	5. 5
59	5 24 36	+ 18 30	5. 5
α Orione	5 48 0	+ 7 23	1. variabile
67	5 50 17	+ 45 55	5. 6
120	9 2 50	+ 31 29	6
α Idra	9 21 12	- 8 6	
nova	9 17 +	- 21 42	1
137	10 ^{or} 53 ^m 6 ^s	- 15 39	6
δ Vergine	12 48 4	+ 4 6	
160	13 22 37	- 22 36	variabile
162	13 43 14	+ 16 27	4
Arturo	14 9 44	+ 19 52	1
178	15 30 27	+ 15 32	7. 5
Antares	16 21 27	- 26 8	1
α Ercole	17 8 43	+ 14 33	variabile
nova	18 14 40	+ 25 2	6
234	19 58 58	- 27 36	7. 5
254	21 39 48	- 2 49	6. 5
β Pegaso	22 57 28	+ 27 23	2
266	23 00 27	+ 8 42	5. 5
267	23 11 44	+ 48 18	

Gli spettri di terzo tipo sono rappresentati nella Tav. III cromolitografica, fig. 3 e 4, da due figure importanti, α Orione, e α Ercole. In fondo essi sono formati di forti linee fosche sfumate che separano dei tratti più luminosi di ineguali densità e luce e che danno allo spettro l'aspetto più o meno netto di colonne scanalate vedute in prospettiva. Queste colonne sono nettissime e ben visibili in α Ercole, e possono ridursi al tipo teorico qui indicato fig. 17^[24].

Però queste due figure sono come limiti: nella prima, di α Orione, le righe nere sono intensissime, e le zone sono deboli: ma la stella essendo variabile, le zone diventano fosche assai quando essa è molto rossa e piccola. Diminuiscono poi di nerezza e anche di larghezza quando è gialla e grande. α Ercole invece ha le zone fortissime, e le righe a scannellature delle colonne così delicate, che talora è impossibile a separarle, e in genere sono piuttosto semplici diminuzioni di luce che vere linee nere nette. La stella *Omicron* della Balena quando è grande ha spettro a colonne scanellate: quando è piccola si riduce a sole poche righe lucide ai posti delle parti vive dello spettro di questo tipo.

^[24] Non essendo sempre facile di riprodurre queste sfumature con precisione a chiaroscuro nella debita proporzione, si è adottato l'uso di rappresentare con curve l'intensità loro nei vari gradi di luce.

Le ordinate delle curve sono prossimamente proporzionali all'intensità della luce, e le lettere poste sotto, sono quelle delle righe principali dello spettro solare: del sodio *D*, del magnesio *b*, *F* e *C* dell'idrogeno collocate al posto relativo che esse hanno su questi spettri quando si ricevono ambedue sulla fessura, col meccanismo già descritto del piccolo prisma posto avanti alla medesima.

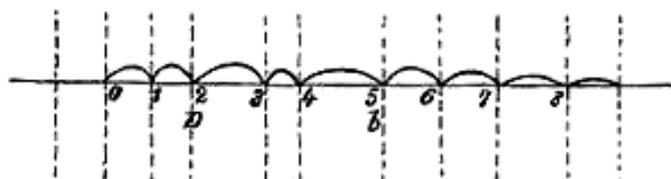


Fig. 17.

Questi spettri devono considerarsi come realmente composti di due altri sovrapposti; uno formato di zone larghe sfumate gradatamente che fanno l'effetto delle ombre in una colonna scannellata, l'altro formato di linee metalliche nere d'assorbimento. Il prima per la struttura delle zone larghe ha per tipo α Ercole ove le scannellature sono ordinariamente irresolubili anche col gran prisma obiettivo, però talora e principalmente nei periodi che la stella avea un color rosso vivo, vi abbiamo potuto anche distinguere le linee nere benchè sempre assai deboli. Però col detto prisma obiettivo queste non apparivano vere linee filari e taglienti, ma semplici sfumature ed ineguaglianze di luce. Le linee di rovesciamento dell'idrogeno sono assai deboli e talora mancanti, ed è invece fortissimo il Sodio, il Ferro e il Magnesio, o piuttosto in luogo di questo qualche zona forte del carbonio vicina di posizione alle righe di questo metallo. L'idrogeno in queste stelle vi è, ma è difficile a vederlo, perchè è in parte rovesciato, cioè luminoso.

Per vedere meglio la complicazione e ricchezza di questi spettri, rimettiamo il lettore alla figura di quello di α Orione in iscala convenientemente ingrandita, inserita nel Tomo XXV dell'*Ac. de' N. Lincei*, ove indicasi l'intensità relativa delle zone lucide con un'altezza maggiore delle altre.

4.° Il quarto tipo è assai bizzarro e vario. Potrebbe credersi a prima vista che esso risulti dal terzo sopprimendo alcune delle linee scure. Così nella figura precedente sopprimendo le linee 1, 4 e 6 si ha una figura molto vicina a questo tipo; però questo solo non basta, atteso che le colonne qui sono illuminate in senso contrario, cioè che mentre nel 3° tipo la luce è più viva dal lato del rosso, v. fig. 18, nel 4.° invece è più viva dal violetto, v. fig. 19. Inoltre la riga scura del giallo non coincide col sodio, ma è meno refrangibile, benchè al luogo della *D* vi sia traccia di zona scura. Finalmente nei suoi particolari questo tipo è sommamente vario. Il più regolare è il tipo della fig. 1, Tav. IV cromolitografica, ma ha diverse varietà su cui torneremo appresso.

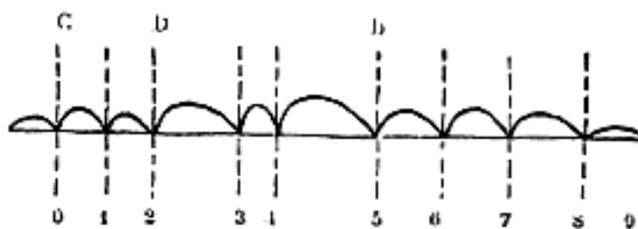


Fig. 15. Curvo della luce nel 3° tipo.

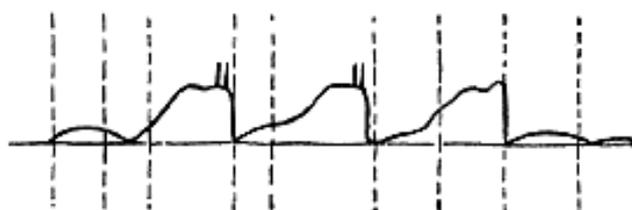


Fig. 19. Curve della luce nel 4° tipo.

Questo tipo raccoglie alcune stelle assai curiose, che sono per lo più di color rosso di sangue e di piccola grandezza. Non ne conosco alcuna superiore alla 5^a. Esse hanno poche zone delle quali alcune coincidono nei loro limiti con quelle del terzo tipo ed hanno larghezza quasi doppia, le linee sono assai vive malgrado la piccolezza delle stelle. In alcune la zona media è divisa in più righe separate, in altre è tutta uniforme. In altre vi sono delle linee lucide, ma in genere sono assai rare e deboli. Col prisma obiettivo queste linee lucide si risolvono soltanto in zone più vive del resto e non in vere linee metalliche. Ecco una lista delle più belle, e molte altre ne troverà il lettore nel gran catalogo finale.

Catalogo di alcune stelle principali di 4° tipo

N. del Catalogo di Schjellerup	Ascensione retta 1870	Declinazione	Grandezza	Note
41	4 ^{or} 37 ^m 47 ^s	+ 67° 56'	6 ^a	bella
43	4 43 23	+ 28 18	8	
51	4 58 41	+ 0 59	6	
78	6 27 36	+ 38 33	6 ½	bella
89	7 1 59	- 11 43	7 ½	
124	7 45 4	- 22 25	6 ½	
128	10 6 12	- 34 41	7	
132	10 31 9	- 12 43	6	bella
136	10 45 18	- 20 34	6 ½	
152	12 39 1	+ 46 9	6	superba
159	13 19 52	- 12 2	5 ½	
163	13 47 39	+ 40 59	7	
229	19 26 10	+ 76 18	6 ½	
238	20 9 30	- 21 43	6	
249	21 26 3	+ 51 1	9	
252	21 38 59	+ 37 16	8. 5	
273	23 39 45	+ 2 46	6	bella

Una idea degli spettri di quest'ultime due categorie che per brevità diremo a *colonnato*, si può avere guardando lo spettro dell'azoto nei tubi di Geissler eccitati con mediocre scintilla elettrica, in cui si hanno gli spettri rigati a persiane lucide sfumate, aggruppate in *colonne* separate da zone scure graduate. Alcuni però di questi colonnati stellari sono affatto irresolubili in linee fine, e questi spettri non sono facili a riscontrare in chimica; sulla natura ed origine di tali spettri discorreremo appresso. Tali sono i quattro tipi principali che racchiudono quasi tutte le stelle.

5.° Ve ne sono però alcune poche, le quali non entrano in queste categorie, perchè hanno righe semplici isolate, e mostrano linee lucide invece delle nere, non diverse però di posizione e possono formare un 5° tipo a righe lucide.

La più insigne fra le eccezionali è la stella γ (gamma) di Cassiopea che presenta le righe spettrali dell'idrogeno non nere per rovesciamento, ma lucide dirette, la quale curiosità finora è unica in tutto il cielo. Solo vi è β Lira che talvolta pure le ha mostrate lucide, ma non sempre, essendo essa variabile.

Le diversità degli spettri stellari rilevate nei colori relativi al nostro Sole, sussistono anche per l'azione chimica. I signori Draper e Huggins che hanno ottenuto fotografie di Sirio e di α Lira trovarono nel violetto e ultra violetto zone affatto diverse dal Sole. Tali osservazioni sono difficili e si richiede per l'impressione fotografica da 20 a 30^m di tempo con immobilità assoluta dell'aria e moto perfetto dello strumento. Cosa ben rara ad aversi.

Lo studio degli spettri ci ha mostrato diversità interessantissime nelle stelle variabili e che ci possono dar la chiave per la spiegazione di questi fenomeni che sono stati finora soggetto di tante congetture, ma di questi parleremo quando tratteremo di tali stelle. In queste principalmente e soprattutto nelle piccole di 8^a e 9^a si osservano sovente gli spettri diretti, cioè composti di poche righe lucide le quali sono date dalle sostanze gassose direttamente incandescenti.

Lo studio spettrale de' corpi celesti è appena abbozzato, e già ha fornito immensi risultati. Noi vediamo con piacere che esso si va apprezzando e stendendo. La Società Reale di Londra ha messo a disposizione del signor Huggins un equatoriale di 14 pollici di apertura per questo studio esclusivo. Il signor Vogel e il D'Arrest vi hanno applicati refrattori di 10 e 12 pollici. Se vi si applicheranno i grandi strumenti a riflessione, come quelli di Lord Rosse, quello a vetro inargentato di Parigi, quello di Lassell, non chè i grandi refrattori di Washington, di Porro, ecc. essi sveleranno certamente meraviglie inaspettate; soprat-

tutto se questi strumenti si collochino in siti opportuni, come sarebbe per esempio sull'Etna o altri monti elevati ove l'atmosfera sia veramente pura, e gli astronomi non si ostinino a stare in mezzo alle capitali o nelle loro vicinanze, ove l'atmosfera oltre la sua spessezza è ingombra di mille sozzure e vapori assorbenti.

Gli esposti fatti ci mostrano una grande analogia fra il Sole e certe stelle: è quindi mestieri dare un cenno della costituzione di questo astro per intendere quella degli altri.

§. V.

Breve esame della costituzione fisica del Sole.

Il Sole essendo pure una stella, ma a noi più vicina e meno inaccessibile, ci fornirà la spiegazione di ciò che avviene nelle altre.

È dimostrato oggidì che il Sole è una massa incandescente la cui superficie esterna è mobilissima, e presenta tutte le accidentalità proprie di una massa fluida gassosa o analoga alle nostre nubi. Del suo interno nulla sappiamo, ma la struttura esterna fa supporre che tal condizione si estende a grande profondità.

Lo strato superficiale luminoso dicesi *fotosfera*. La sua struttura è quella di una massa flocculenta a modo di granelli sospesi in un fluido meno luminoso, onde esso presenta un aspetto granuloso e reticolato. Le linee nere che trovansi nello spettro solare, conosciute col nome di linee di Fraunhofer, sono linee di assorbimento, cioè che i raggi mancanti nello spettro sono assorbiti da vapori costituenti un involuppo solare, che è invisibile comunemente, ma che pure si manifesta in alcune circostanze. Senza questo involuppo il Sole ci presenterebbe uno spettro continuo come conviene ai gas incandescenti sotto forti pressioni, o tutto al più sarebbe solcato da righe più lucide. Nelle eclissi solari si è potuto vedere questo strato assorbente e si è trovato che in genere è assai poco elevato, e solo si solleva notabilmente in occasione di alcune crisi che costituiscono quelle che noi chiamiamo *eruzioni*.

È parimenti dimostrato che ogni riga nera è formata dall'assorbimento di quella stessa sostanza che, se fosse veduta incandescente direttamente, darebbe una riga lucida di posto e rifrangibilità identica alla nera. Così, per esempio, la fiamma ad alcool nella quale brucia il sal comune, dà una riga luminosa doppia nel giallo, prodotta dal vapore del sodio; se essa si collochi tra una fiamma viva a luce continua (come i carboni dell'arco elettrico) e lo spettroscopio, apparirà al suo posto una riga nera, perchè il vapore sodico assorbe a preferenza i raggi emessi dalla fiamma che hanno la stessa sua refrangibilità e quindi la stessa sua lunghezza di onda: il ferro, il magnesio, il tallio fanno lo stesso, ma non è dimostrato ciò rigorosamente per tutte le sostanze.

Se nello spettroscopio si introduca la luce della fiamma sodica accanto alla luce del Sole, mediante lo specchietto o il prismetto posto avanti alla fessura, si vedrà che le righe luminose del sodio e le *D* del Sole sono perfettamente coincidenti. Ma se il raggio solare attraversi la fiamma stessa del sodio ardente, le righe *D* del Sole diventano assai più fosche e sfumate. Se invece della fiamma ad alcool salato si usi lo stesso metallo sodio ardente, i fenomeni saranno anche più cospicui, e al posto delle righe del sodio si formeranno non solo moltissime righe nere di assorbimento, ma nere zone larghe e sfumate in quelle stesse regioni dove il sodio diretto dà righe lucide dilatate. Da questi fatti conclusero i fisici che le righe *D* del Sole sono prodotte dal vapore del sodio. Quindi generalizzarono il principio *che una data riga nera nello spettro solare indica nell'atmosfera dell'astro la presenza del vapore di quella stessa sostanza che veduta a parte darebbe la stessa riga lucida*.

È dietro tal principio che si è fondata l'analisi spettroscopica del Sole, e si sono definite numerose sostanze che trovansi nella sua atmosfera, o piuttosto alla sua base, in uno strato composto di vapori di diversi metalli, comparativamente sottile, cioè alto due in tre secondi al più^[25] che si rende visibile solo nel momento in cui nelle eclissi solari il lembo del Sole si nasconde dietro quello della Luna: questo strato allora apparisce formato di tante righe lucide, quante sono le nere che vedonsi ordinariamente nello spettro. Così si è trovato che le righe *C* ed *F* sono dovute all'idrogeno, con altre; le *b* al magnesio, le *D* al so-

^[25] Nel Sole un secondo in arco s'intende 715 chilometri: quindi questo strato è alto al più 1430 a 2860 chilometri (mille a due mila miglia).

dio, la *E* e molte vicine al ferro, e via discorrendo. Anche fuori delle eclissi può riconoscersi la presenza di questo strato dal fatto che all'orlo estremo del sole mancano realmente le linee nere che vedonsi dentro e fuori di esso. Così noi avevamo annunziato la presenza di questo strato prima che il Signor Young lo riconoscesse nell'eclisse del 1870. (Vedi perciò l'opera *le Soleil*).

Al di sopra però di questo strato di vapori metallici ve n'è un altro d'idrogeno alto circa 8 in 10 secondi, misto ad una sostanza che dà una riga gialla viva presso al sodio sconosciuta ai nostri chimici, che fu chiamata *Helium* per convenzione. Questo strato vedesi facilmente esplorando il Sole collo spettroscopio tenendo la fessura tangente all'orlo del disco: esso dicesi la *cromosfera*, e talvolta contiene anche il magnesio e altre sostanze. Al di sopra di questo, e misto all'idrogeno, è un altro gas più leggero che dà principalmente una riga nel verde la cui lunghezza d'onda è 5315,9 dieci milionesimi di millimetro, e che costituisce in massima parte l'aureola visibile attorno al Sole nelle eclissi, detta la *Corona* e distinguesi nel catalogo di Kirchoff col numero 1474. Questa aureola mostra ancora altre righe, ma che finora non sono bene assicurate, nè definite.

Tale è pertanto la costituzione nota fin qui degli involucri solari. Le righe costantemente visibili al bordo del Sole sono indicate nella nostra tavola cromografica col prolungamento lucido delle rispettive linee nere. (Vedi Tav. III crom., fig. 1).

Nelle eclissi solari si vede ordinariamente il Sole circondato dall'aureola o corona luminosa e inoltre da vive fiamme rosse di forme assai variate e capricciose, le quali furono dette *protuberanze*.

Nella figura 1 della Tavola V diamo una figura del Sole eclissato quale fu fotografato nel 1871 dal sig. Tennant alle Indie, simile a quella ottenuta dall'astronomo spedito colà da Lord Lindsay. In essa vedesi l'aureola composta di raggi sfumati curvilinei più bassi al polo, e fortemente rilevati alle medie latitudini; le loro curvature sono indizio di numerose correnti che si trovano circolare nell'atmosfera solare.

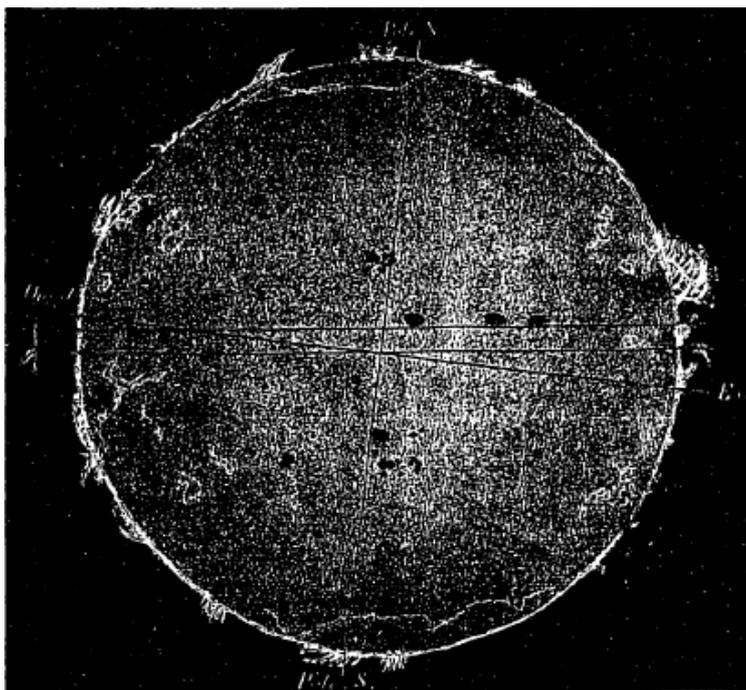


Fig. 20. Disco solare colle protuberanze osservato il 23 luglio 1871.

Le protuberanze vi sono delineate quali si videro quel giorno stesso nei comuni strumenti durante la totalità, o negli spettroscopii. Queste analizzate collo spettroscopio, si trovarono contenere l'idrogeno, l'*Helium* ed altri vapori metallici, come sodio, ferro, magnesio, ecc.

Si deve al signor Janssen l'aver insegnato come esse si potevano vedere anche fuori dell'eclisse mediante lo spettroscopio. Queste si vedono facilmente (quando vi sono) dirigendo lo strumento sull'orlo del Sole con fessura alquanto allargata. Dico *quando vi sono*, perchè esse non sono punto costanti, ma vanno e vengono e durano poco, e cambiano rapidamente. La fig. 20 mostra la serie delle protuberanze osservate in pieno Sole in Roma nel giorno 23 luglio 1871 allo spettroscopio con l'Equatoriale del Collegio Romano.

Veggonsi in essa non meno di 17 prominenze a modo di fiamme e nubi più o meno ramificate la cui descrizione è data nell'opera *le Soleil*, pag. 131, Vol. II.^[26]

È notissimo che in alcune regioni del corpo solare si vedono delle chiazze più oscure chiamate *macchie*: alcune sono disegnate nella fig. 20 precedente, da queste macchie si riconobbe che il Sole gira attorno al proprio asse in 25 giorni e mezzo circa. Queste macchie per lo più sono tonde, ma spesso hanno figure irregolarissime. La struttura di una di queste è data nella fig. 21 che rappresenta quella osservata il 14 aprile del 1869, e mostra il carattere loro sovente assai complesso: diamo questa, perchè essa racchiude un tipo di molte forme insieme riunite, e fa vedere la struttura granulosa della fotosfera e delle sue correnti e delle parti costitutive delle macchie.

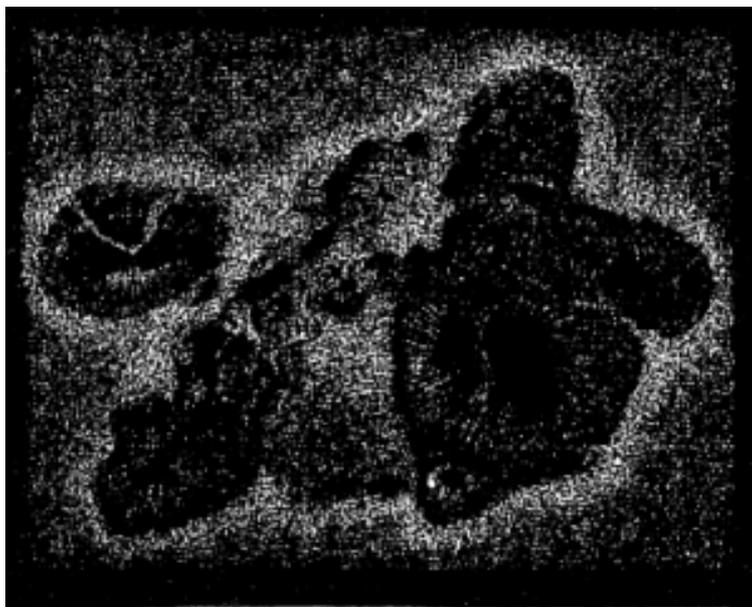


Fig. 21. Macchia solare complessa.

Le macchie mostrano allo spettroscopio una composizione chimica differente dal fondo generale dell'astro. Primieramente nel loro mezzo più scuro, che dicesi *ombra* o *nucleo*, le righe del sodio e di altri metalli, come calcio, ferro, magnesio, ecc., si veggono più dilatate e rinforzate e spesso sfumate agli orli; in secondo luogo le righe dell'idrogeno vi appariscono per certi tratti talora luminose e non tutte nere come da per tutto sul resto del Sole, il che avviene per la forza assorbente di questo gas il quale è basso dappertutto, ma nelle macchie talora si alza moltissimo facendo le protuberanze. Finalmente vi si vedono ancora molte zone ombrate che sono più fosche e sfumate, singolarmente nella regione meno refrangibile, e queste danno allo spettro una struttura a zone chiare e scure che mostrano grande analogia con quelle delle stelle rosse come sono Antares e α Orione ed altre del terzo tipo.

Se si osserva collo spettroscopio il luogo dove una macchia grande sta precisamente sull'orlo del Sole, sia nascendo, sia tramontando, si vede ordinariamente un fenomeno assai singolare^[27]. Ivi l'idrogeno della cromosfera trovasi assai sollevato e sovente forma dei getti altissimi, talora colossali, simili a quelli che si vedono nelle eclissi a modo di fumi o fiamme, che sono alti 2 in 3 minuti e più, cioè da 85800 a 128700 chilometri e anche più, cioè parecchi diametri terrestri^[28]. Nella Tavola V fig. 2 e 3 diamo alcune di quelle fiamme osservate allo spettroscopio nel color rosso. Simili forme si hanno nelle altre righe idrogeniche, e dell'Helium. Esse fiamme danno le righe vivissime dirette del gas idrogeno e dell'Helium fuori del disco e talora anche per qualche tratto dentro di esso. Inoltre insieme colle righe di questo gas si ve-

^[26] Dobbiamo questa figura e le tre seguenti alla gentilezza dell'editore francese sig. Gauthier Villars. A quest'opera rimettiamo il lettore per una più piena notizia di questi fenomeni.

^[27] Quando la macchia sta proprio sull'orlo del Sole essa ci si presenta per taglio, e realmente è invisibile, ma dalle leggi della rotazione solare si può conoscere quando essa si trovò in tale posizione, ovvero quando vi dovrà aggiungere. Talora però le macchie sono così grandi, che mentre una lor porzione è all'orlo, un'altra resta ancora visibile, e allora non vi è nessuna difficoltà a riconoscerle sull'orlo stesso.

^[28] Il diametro terrestre veduto dal Sole s'estende 19",7 ed è in numeri tondi 12 755 chilometri.

dono sovente dei gruppi di altre righe metalliche dove dominano quelle del sodio, del ferro, del magnesio, del calcio, del cromo, ecc. Il tutto come si è veduto accadere nelle protuberanze durante le eclissi. La violenza e la rapidità dei loro sollevamenti e i grandi mutamenti intestini che si osservano in brevissimo tempo, non che la forma religiosa dei getti, le fecero paragonare alle nostre eruzioni vulcaniche, e quindi si dissero *eruzioni*. Oltre il saggio dato nelle figure della Tavola V diamo le fig. 22 e 23 qui sotto, rimettendo pel resto il lettore all'opera *le Soleil*.

Queste due ultime figure mostrano una eruzione spirale del 15 ottobre 1871, e il cambiamento che essa fece nel brevissimo tempo di 15 minuti. Le altezze loro talora sono enormi, ne abbiamo misurate di quelle che erano 8' cioè un quarto del diametro solare. La velocità di innalzamento si è talora trovata superiore a chilometri 900 per secondo.



Fig. 22. Eruzione solare 15 ottobre 1871.



Fig. 23. La stessa eruzione 15 minuti dopo.

Dall'esame spettroscopico di queste eruzioni esplorate fuori dell'orlo del disco, si è rilevato che le macchie non sono originate se non dall'assorbimento della luce della fotosfera solare, prodotto da queste masse vaporose eruttate dall'interno. Queste masse quando sono all'orlo, sono visibili fuori del corpo solare come fiamme, perchè allora sono proiettate sul fondo relativamente oscuro del cielo, ma quando per la rotazione del corpo solare esse vengono ad esser proiettate dentro il disco, e sulla vivissima fotosfera, allora trovandosi frapposte tra l'astro e l'occhio nostro producono un forte assorbimento, perfettamente analogo a quello che accade quando la fiamma del sodio si interpone tra il Sole e lo spettroscopio. Però non è necessario per produrre tale effetto che la massa vaporosa sia sollevata sopra la fotosfera: sovente si vede che essa è immersa in essa e vi riempie delle cavità nelle quali affluisce in correnti la materia lucida.

Le macchie non sono permanenti, e la forma e la quantità loro è variabilissima: talora, e anche per lunghi intervalli non ve n'è alcuna, mentre altre volte si contano a centinaia e coprono una parte sensibile della superficie solare. È chiaro che se esse crescessero a dismisura, potrebbero cambiare notabilmente la natura dello spettro solare su tutto l'astro, come lo cambiano in alcune piccole regioni.

Le macchie non si osservano su tutti i punti del Sole, ma solo in due zone parallele all'equatore solare

e distanti da esso di circa trenta gradi, ma la posizione di queste zone è pure variabile: però non trovansi oltre 40° che in casi eccezionali. La quantità delle macchie è soggetta ad un periodo di massimo e minimo che si compie in 11 anni e un terzo circa, ma con grandi irregolarità.

Oltre le macchie vi sono nel Sole delle parti più lucide dette facole, e queste generalmente accompagnano le eruzioni idrogeniche semplici. Le facole sembrano una esagerazione delle granulazioni lucide, come le macchie sono una esagerazione del reticolato oscuro posto tra le granulazioni. Se questo diventasse più denso il Sole cambierebbe di spettro.

Il numero più o meno abbondante delle macchie dipende dalla copia delle eruzioni solari, e quindi dalla attività interna dell'astro che produce tali esplosioni. Sulla causa di queste variazioni periodiche noi siamo perfettamente all'oscuro.

Tale è in poche parole la costituzione del Sole che risulta dal complesso di tutte le ricerche più accurate fatte fino al presente. Vediamo ora come da questo si possa trar lume per intendere i fenomeni che ci presentano le stelle.

§ VI.

Applicazione de' precedenti risultati alla costituzione fisica delle stelle.

La conseguenza che sorge spontanea da questi fatti è in primo luogo, che la natura della materia costitutiva del Sole e di molte stelle è identica in tutto. Gli spettri del secondo ordine essendo di natura solare può dunque asserirsi senza tema di errare che queste stelle hanno non solo la stessa composizione chimica del Sole, ma anche lo stesso grado approssimativo di densità atmosferica e di temperatura.

Ma, come è ben naturale, non è da aspettarsi che tanti e sì svariati corpi abbiano tutti rigorosamente la stessa proporzione di qualità e densità di sostanze. Quindi, per esempio una grandissima parte delle stelle sono dotate di un'atmosfera idrogenica più densa, mentre in altre invece essa è più scarsa e dominano altri vapori assorbenti metallici o no. La maggior densità idrogenica rilevasi dal fatto che le linee spettanti a quel gas sono assai dilatate e sfumate. Provarono infatti il Plucker e il Cailletet che sotto una pressione considerabile le linee dell'idrogeno si dilatano e si sfumano agli orli, fino che sotto fortissime pressioni costituiscono uno spettro continuo. Da tale estremo siamo molto lungi per tutte le stelle visibili, (salva forse γ Cassiopea) onde si ricava che le pressioni non sono molto superiori al valore di poche atmosfere quali valutiamo noi sulla nostra terra. Però non tutto è effetto della pressione, perchè è dimostrato che anche l'innalzamento della temperatura dilata le righe, onde la causa potrebbe essere anche questa, o meglio ambedue insieme, perchè anche colla temperatura cresce la tensione molecolare del gas e quindi la pressione. Così le stelle di primo tipo sarebbero dotate di atmosfere idrogenica più densa e più calda. Le righe metalliche in queste sarebbero più difficili a vedere, forse per l'impedimento che offre al passaggio de' raggi la grande estensione di questa atmosfera idrogenica; onde esse appena si vedono indicate. Il vedere però che molte di queste stelle hanno righe più distinte e sono intermedie al primo e al secondo tipo, conduce alla conseguenza che la costituzione dei due tipi è identica in quanto alla natura delle materie e che differiscono solo nel grado di maggiore o minore densità atmosferica e elevazione di temperatura.

Anche la difficoltà di distinguere in certi casi il secondo tipo dal terzo, e il vedere come quelle di secondo cambiando colore tendano a divenire del terzo tipo, mostra una graduata scala di trasformazioni derivanti non da sostanze assolutamente diverse, ma dal predominio di una sull'altra. Il fatto poi che alcune, come Aldebaran e Arturo si accostano al terzo e mostrano traccie di zone quando si vedono di color rosso carico, prendendo così lo spettro analogo a quello delle macchie solari, prova che anche in esse stelle si hanno delle vicende periodiche di eruzioni simili a quelle del nostro Sole, e il loro tipo essendo allora analogo a quello che si trova nel mezzo dei nuclei delle macchie, prova che quelle stelle sono fornite di dense atmosfere di vapori metallici con eruzioni ed emissioni variabili col tempo. In esse dominano il sodio, il ferro e il calcio ed altre materie assorbenti e forse anche hanno una minore temperatura come le macchie del Sole. Così le variazioni di queste stelle avrebbero origine da una semplice variazione di assorbimento ora maggiore ora minore.

Abbiamo già accennato che la stella omicron della Balena è nel suo minimo composta di semplici righe staccate forse per il forte aumentarsi e dilatarsi delle sue zone di assorbimento. È probabile che le

stelle di 4° tipo ed altre stelle ci appaiano piccole per solo assorbimento.

Gli spettri però delle stelle del terzo e quarto tipo sembrano indicare una costituzione alquanto diversa e specialmente un eccesso di certi elementi che mancano o sono scarsissimi nei due tipi precedenti. Come già dicemmo, tali spettri non sono realmente spettri semplici, essi sono composti di due, uno formato di righe di assorbimento metallico, l'altro di zone continue e sfumate a un dipresso come nello spettro di certe sostanze chimiche. Queste stelle hanno delle zone sfumate che realmente non sono decomponibili in linee: gli spettri di questa specie non sono frequenti in chimica e resta a cercare a che sostanze possono appartenere.

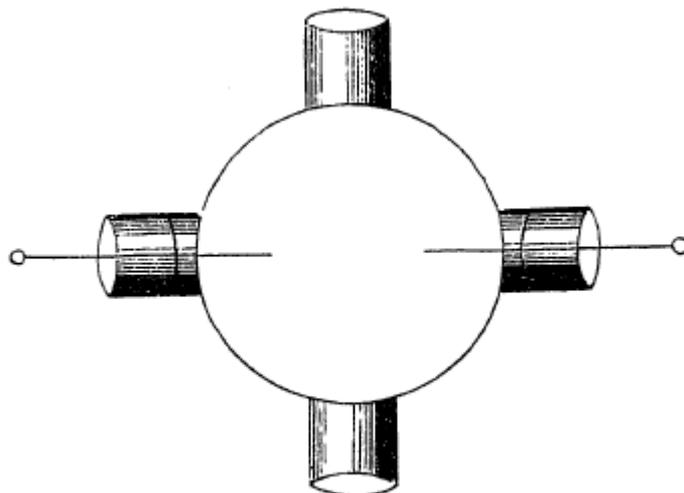


Fig. 24.

Noi ne ottenemmo uno assai simile a quello di alcune stelle rosse, come la 152 di Schjellerup e alcune altre a tre zone, mediante la scintilla elettrica scaricata nel vapore di Benzina misto ad aria atmosferica. La maniera più semplice per ottenerlo, è di lanciare la scintilla di induzione dentro un bicchiere nel fondo del quale è un poco di Benzina liquida. L'apparato più comodo per l'uso col cannocchiale è quello qui disegnato (fig. 24). Consiste in un globo fornito di 4 tubature, in due delle quali entrano i reofori di platino; delle altre due una si mette alla bocca del tubo che si avanti allo specchietto dello spettroscopio, l'altra opposta serve per lasciar libero l'accesso all'aria, e per evitare l'esplosioni che accadono spesso. Un poco di benzina messa nel globo, evaporando, dà l'atmosfera necessaria allo spettro. Nelle figg. 25 e 26 sono messi in confronto reciproco gli spettri ottenuti dalla benzina e da queste stelle.

Le zone sono complementari come si vede e dietro misure esatte i limiti furono trovati perfettamente corrispondenti. Con fortissimi mezzi le zone stellari paiono rigate, ma queste linee sono semplici variazioni d'intensità simili alle scannellature dell'azoto nello spettro di 1° ordine e non linee taglienti, come ce ne siamo assicurati esaminando le zone della 152 Schjellerup col prisma obiettivo.

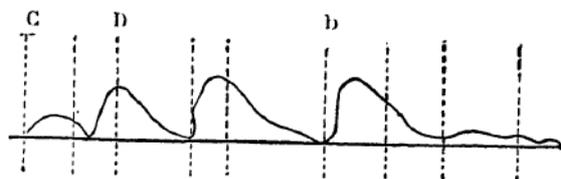


Fig. 25. — Spettro della Benzina.

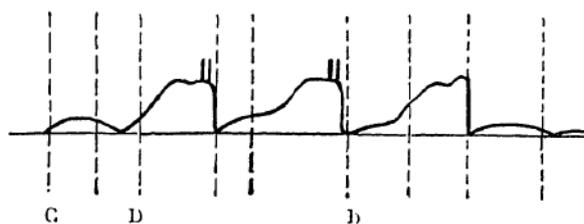


Fig. 26. — Spettro stellare di 4° tipo.

Questo spettro adunque è in base certamente quello carbonio. Già la posizione delle righe presa al micrometro ce lo avea indicato, e la sovrapposizione ad esso dello spettro della Benzina ce l'avea confermato. Ma non vedendo le solite scannellature dello spettro carbonoso qual si ha alla base della fiamma e nei tubi di Geissler, volemmo assicurarcene meglio mediante il nastro luminoso che scocca tra i carboni di una potente pila. Per fare questa osservazione in modo concludente proiettammo il nastro che separa i carboni, (mediante la solita lanterna elettrica che serve alla proiezione de' carboni) sopra un cartone forato al centro, dietro il quale stava la fessura di un forte spettroscopio. Allora facendo cadere la parte centrale del nastro sulla fessura in modo che riuscissero assai lontane le immagini dei due carboni, si vedeva nel campo uno spettro bellissimo che doveasi al carbonio e al suo ossido. Ecco la figura di questo spettro.

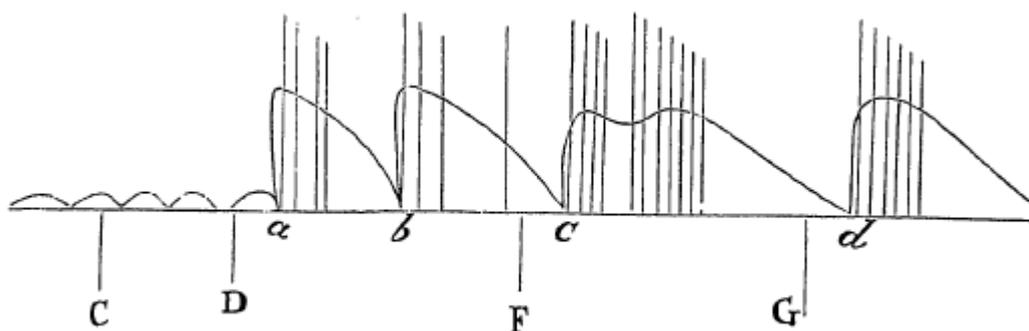


Fig. 27. Spettro del carbonio nell'arco elettrico.

Esso è formato di zone continue sfumate e di righe lucide brillanti graduate in intensità. Le zone sono indecomponibili in linee distinte nello spettro di questo arco. Ma questo spettro prende un aspetto differente nei varii casi pratici secondo le combinazioni adoperate del carbonio. Nei tubi ordinari di Geissler, nella fiamma della candela alla base del lucignolo nella luce bleu che ivi si vede, esse sono scannellate, cioè solcate da zone minori. Lo stesso accade per le diverse combinazioni dell'ossigeno e dell'idrogeno col carbonio, come è, per esempio, l'acetilena o anche per le semplici impurità dei tubi adoprati; onde gli spettri del carbonio dati dai diversi autori sono differentissimi. Probabilmente le diverse righe lucide che vediamo in questi spettri sono le linee stesse vive metalliche che si vedono nello spettro dell'arco elettrico, ma che riescono diffuse per la mancanza di temperatura sufficiente a dare le linee del carbonio pure e separate affatto da quelle del suo ossido. Parrebbe pertanto che le tre zone principali delle stelle di 4° tipo fossero le *a*, *b*, *c*, dello spettro del carbonio: le ultime non si vedrebbero per la loro debolezza.

Intorno alla natura di questi spettri concluderemo che lo spettro a colonnato irresolubile sembra dovuto ad ossidi, le linee fine taglienti invece alla sostanza elementare. Di più queste linee stesse sono diverse secondo la temperatura della sostanza, e il modo di trarne la luce, e secondo il componente che si associa al carbonio ne' gas che sono composti. Se però nell'arco elettrico lo spettroscopio si dirige non sulla parte centrale gassosa, ma sui carboni che sono sempre impuri e perciò misti di varie polveri metalliche, si hanno anche qui gli spettri sovrapposti a zone e a righe di diversi metalli oltre quelle del carbonio. I recenti studii chimici fatti dal Lockyer alla zecca di Londra hanno mostrato vero l'indicato sospetto che gli spettri a zone scannellate sono dovuti agli ossidi, e le linee alle sostanze elementari. Gli ossidi possono sussistere quando non è molto forte la temperatura; laonde può credersi che le stelle che presentano queste zone sieno meno calde che quelle che danno sole righe metalliche lineari. Diremo qui incidentalmente che nella fusione del platino nei crogiuoli di calce si hanno le linee dell'ossido di calcio sfumate, ma nel sole si hanno quelle del metallo lineare. Dal che si conchiude che il Sole e certe stelle hanno temperatura superiore al platino fondente.

Lo spettro del quarto tipo sembra dunque del carbonio in qualcheduna delle sue molteplici forme. Non è da dissimulare che non sempre si è trovata esatta la coincidenza delle righe stellari con quella del gas, come si richiederebbe per stabilire tale identità cogli spettri terrestri, ma questo non ci sembra fare una seria difficoltà. Primieramente esse sono assai vicine e dentro il limite della precisione delle misure; secondo, questa sostanza ha spettro variabilissimo secondo gli elementi coi quali trovasi associata. Onde non devono sorprenderci varie differenze nelle zone. D'altra parte le distanze di queste zone, seguendo la stes-

sa proporzione di distanze nelle stelle e nel gas, almeno per certi composti, riesce difficile negare la identità della loro origine per una qualche piccola differenza di confine, la quale, può spiegarsi in altra maniera. Non deve poi sorprendere che si trovi questo elemento assai copioso nelle stelle, dopo che esso si è trovato abbondante in certi aeroliti e dopo che le comete ci hanno mostrato lo spettro diretto di questa sostanza combinata coll'ossigeno e coll'idrogeno. Si è rilevato che i meteoriti carbonosi non contengono realmente che una dose molto scarsa di carbonio, e che nel resto non differiscono molto dagli altri^[29]. Così potrebbe essere in queste stelle. Una piccola addizione di carbonio agli elementi chimici comuni, produrrebbe immense varietà stante la natura proteiforme di questo elemento. Il carbonio dà uno spettro così diverso per ogni minima sostanza che vi sia mista che è difficile a stabilire in che condizioni ivi si trovi, e da ciò nascono probabilmente tutte le divergenze trovate. Così per esempio l'ossido di carbonio e l'idrogeno carburato hanno le stesse zone, ma in uno la zona media è la più viva, nell'altro all'incontro è la più debole.

È molto importante il confronto dei due tipi terzo e quarto, i quali al primo aspetto sembrano analoghi, ma non lo sono realmente. Prenderemo a base del 3° tipo quella di α Ercole, e del quarto la stella 152 del catalogo di Schjellerup come la più bella di questa specie (posta in Asc. Retta = $12^h, 39', 1''$; $D = +46^\circ 9'$) che perciò fu anche detta la *superba*. Ecco come questa stella fu da noi descritta appena trovata: «Magnifico oggetto di quarto tipo: è veramente singolare per la sua vivacità. Il suo colore è rosso di sangue. Lo spettro è composto di tre zone assai vive e larghe. Una gialla, l'altra verde, la terza bleu. (Il rosso essendo un colore debole ed oscuro, vi è ma brilla poco). Sono tutte vivaci assai, taglienti verso il violetto e sfumate dal lato del rosso. Il ciglio delle zone è rinforzato da righe vive all'estremo, e nel giallo paiono come due fili d'oro: così anche nel verde e nel bleu, benchè non siano così vive. Vi paiono altre zone ancora, ma sono difficili a riconoscersi. È notevole che mentre le curve della luce o le scannellature in questo quarto tipo piegano al violetto, nel terzo piegano al rosso. (V. Tav. III crom. fig. 3 Tav. IV fig. 1), le linee divisorie del resto non combinano tutte nei due tipi, ma alcune sì, e pare a due a due. Vi è analogia fra questo spettro e quello delle comete». Questa è la stella 4287 B. A. C. Da numerosi confronti si ebbero poscia questi altri risultati, comparandola prima con Arturo e poscia con α Ercole.

1°. La D del sodio non combina punto colla prima linea scura della 152 Sch. ma però combina con una zona più debole, ma la b di Arturo combina bene colla nera della 152 che sta nel verde. Ora in Arturo b è del magnesio, ma che pochissimo distando dal carbonio, la coincidenza non prova che anche quella della 152 sia magnesio e potrebbe essere carbonio. (Questa conclusione prima fu tratta dallo spettroscopio semplice, e poscia confermata col carbonio stesso usando lo spettroscopio a fessura). In Arturo la D corrisponde alla zona debole della stella 152 che è del carbonio, ma questa non è vera riga ma una semplice sfumatura scura, — Addì 15 maggio 1869 fu fatto un confronto tra le righe del carbonio, del sodio e del magnesio. Alla sera furono misurate le medesime distanze delle linee metalliche sulle righe della stella, e si trovò una coincidenza perfetta in tutte le linee principali del carbonio che si poterono misurare, solo vi fu un piccolo spostamento costante per tutte, che si attribuì a cambiamento dello spettroscopio.

2.° Lo spettro della stella è inverso di quella della benzina come si vede nelle figure date di sopra V. fig. 25 e 26; tale rovesciamento è perfetto nelle due prime zone ma meno soddisfacente nella terza. Mancano inoltre nella stella le righe vive dell'idrogeno C che sono nella benzina; e un'altra c oltre il giallo (forse dell'aria, o la diretta del carbonio puro). Inoltre ha un tratto di rosso vivo che però non sostiene misura e ci richiama la riga C dell'idrogeno^[30]. Furono fatti dei confronti diretti della stella colla benzina, e si vide bene la coincidenza delle zone tenendo però conto del loro rovesciamento: ma erano assai difficili perchè lo spettro della stella poco sostiene l'illuminazione e lo spettro della benzina si trasforma in uno spettro a linee per ogni eventuale alterazione di temperatura e movimento d'aria. All'estremità delle parti chiare vi sono sulla stella delle linee più vive, ma esaminate col prisma obiettivo si vide che non erano vere linee metalliche, ma soltanto zone sfumate più vive^[31].

[29] V. *Americ. Journal of science*. May 1876, p. 391.

[30] Vedi gli studii dettagliati di questa stella a pag. 32 della memoria IV degli spettri prismatici dei corpi celesti, inserita negli *Atti dell'Ac. Pontif. de' N. Lincei*, 1872.

[31] Il signor Huggins si è occupato di questa stella e mette un rosso molto sviluppato e in esso molte righe nere al luogo ove per noi sono semplici sfumature. Noi non abbiamo potuto verificare queste sue aggiunte. Però il carattere generale da lui dato sulla stella combina col nostro. Può essere che le differenze siano anche qui come in altri casi effetto di variabilità reale della

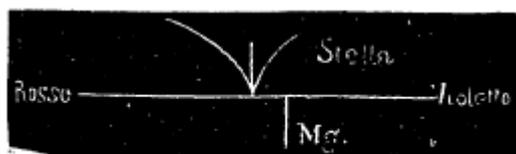


Fig. 28.

Nella stella del terzo tipo e principalmente in α Ercole la nera del verde non coincide precisamente col magnesio ma è un poco verso il rosso (v. fig. 28) ma non molto più di quello che dista il carbonio dal magnesio, ma la D è al posto suo: già sappiamo che anche nella 152 qui vi è una debole sfumatura scura. Talchè la sostanza sembra anche qui carbonio: in α Ercole la zona larga unica sarebbe divisa profondamente colà ove già si vede una piccola depressione anche nel carbonio al luogo presso D . Anche la lucida viva che sta nello spettro della benzina presso c coincide con una nera di α Ercole e genera divisione di colonna. Molte misure hanno provato che gl'intervalli tra certe zone nere delle due stelle combinano perfettamente con quelle del carbonio, talchè malgrado le piccole differenze di coincidenza le zone dei due tipi dipendono certamente dal carbonio (probabilmente l'ossido). Soltanto vi sarebbe l'importantissima differenza che nel terzo tipo le zone sono dirette, nel quarto rovesciate. Di più nel terzo vi sono esagerate delle zone secondarie che sono debolissime nel quarto. Chi conosce le infinite varietà dello spettro carbonoso trovate finora dai chimici non sarà sorpreso di queste differenze.

Noi non vogliamo trattenere ulteriormente il lettore su questi dettagli. Esso è con ciò messo abbastanza sul limitare di questa vastissima scienza e ne avrà già da sè rilevata l'immensa portata, tutta nuova ed inaspettata.

Laonde per concludere diremo: «*Gli spettri stellari di 1° e 2° tipo hanno linee di assorbimento dovute a vapori metallici come il Sole; quelle di 3° e principalmente di 4° tipo oltre le righe metalliche hanno anche quelle di altri gas e molto probabilmente del carbonio in istato di ossido o di altre combinazioni, e perciò devono avere minore temperatura di quelle degli altri due tipi.*

Lo spettroscopio ci ha rivelato ancora in cielo un altro fatto importante. Questo si è che per lo più le stelle di uno stesso tipo sono molto numerose nella stessa parte del cielo. Così, per esempio, nelle Pleiadi, nel Toro, nell'Orsa Maggiore domina lo spettro di primo tipo. Nell'Eridano, nell'Idra, ecc. dominano le gialle. In Orione sono di primo tipo generalmente, ma con finissime righe tanto che potrebbero anche mettersi al secondo, ma con rosso proporzionalmente scarso, e paiono come vedute attraverso un velo verde. Sarebbe ciò effetto della massa nebulosa attraverso alla quale sarebbero vedute? Inoltre è caso frequente trovare due o tre stelle rosse vicine ad una principale dello stesso colore. Di qui si potrebbe raccogliere come le stelle sono distribuite in gruppi naturali formanti grandi sistemi, e vedremo questa conclusione convalidata da altri fatti.

Dallo spettroscopio abbiamo ancora la spiegazione di altri fenomeni stellari, alcuni de' quali sono passeggeri, come la scintillazione delle stelle; altri permanenti come quelli della loro variabilità. Passiamo ora a trattare di questi.

§ VII.

La scintillazione delle stelle.

Fra i fenomeni più belli della contemplazione del Cielo, vi è la scintillazione delle stelle: quella luce che si slancia or fiacca or viva a lampi intermittenti, or bianca or verde or rossa a guisa di riflessi di un vivo diamante, rapisce il più indifferente osservatore, e costituisce questo superbo fatto la cui spiegazione non è ancora scevra da tutte le difficoltà. Noi abbiamo aspettato a trattarne in questo luogo perchè la sua analisi sarebbe stata incompleta prima di conoscere gli studi spettrali.

In primo luogo è cosa indubitata che il fenomeno non è dovuto alla stella in sè stessa, ma è prodotto nel passaggio de' suoi raggi attraverso la nostra atmosfera; esso ne segue le condizioni e le variabilità.

stella osservata in epoche diverse e in parte dovute agli strumenti, perchè gli spettroscopi con prismi a visione diretta restringono più il rosso che non i prismi angolari: ora io uso i primi, ed egli i secondi.

Sulla cima de' più alti monti secondo i rapporti de' più esperti osservatori, e in ispecie sull'Etna, al dire del Tacchini, la luce delle stelle è calma e tranquilla come quella dei pianeti; così pure essa è tranquilla in quelle ore di calma che precedono generali annuolamenti con quiete di ogni vento; esse pure sono calme nelle alte e quiete regioni equatoriali. La vibrazione ordinariamente è più vivace presso l'orizzonte, e diminuisce coll'altezza dell'astro, cioè col diminuire la spessezza dello strato atmosferico agitato che attraversano i raggi: però nelle giornate di forte vento, specialmente se boreale, essa si scorge fortissima fino a grande altezza e anco allo zenit. Da questo pertanto si rileva che il movimento delle onde atmosferiche è una condizione necessaria.

Ma l'occhio nudo è incapace di studiare accuratamente tutte le sue fasi, e gli strumenti ne svelano meglio il meccanismo. Guardando le stelle nelle sere agitate e di molta scintillazione con un grande strumento, si vede la loro immagine diffusa, mal terminata, e circondata da raggi e quasi composta di molte immagini sovrapposte e rapidamente saltellanti. Non presentasi affatto quel piccolo e netto disco circondato da placidi anelli che sono effetto della diffrazione prodotta dall'apertura dell'obiettivo, ma che sono nel tempo stesso una misura della tranquillità dell'aria. Con mediocri strumenti capaci di maggior campo de' grandi, si trova che data una leggera scossa al cannocchiale l'immagine unica si trasforma in una curva luminosa, il cui perimetro è tutto formato di archi successivi distinti de' colori dell'iride. Il fatto di questa curva colorata indicato pel primo da Nicholson, in fondo non è diverso da quello che accade quando girasi rapidamente un carbone nell'aria che genera un arco continuo, per la persistenza dell'immagine nel fondo della retina: nel carbone il colore è costante perchè non varia la sua tinta, ma nella stella gli archi sono differentemente colorati perchè essa cambia successivamente di colore durante il brevissimo tempo che il telescopio oscillante trasporta l'immagine da un punto all'altro nel campo visuale. Questo esperimento è di sua natura poco esatto, ma è stato ridotto a regola dal sig. De Montigny coll'introdurre nel cannocchiale a certa distanza dall'oculare una lente concava ed eccentrica all'asse dello strumento dotata di rapida rotazione mediante un meccanismo conveniente; così egli ha potuto ottenere delle immagini giranti con certa regolarità e misurare molte particolarità del fenomeno, e stabilire fra le altre cose che le stelle gialle e rosse di 2° e 3° tipo scintillano meno rapidamente che le stelle bianche di 1° tipo, e che il cambiamento di colore arriva a farsi fino a 50 e a 70 volte per secondo di tempo.

Ad occhio nudo sembra che la stella muti continuamente posto, ma ciò non è vero in realtà. Le stelle subiscono certamente delle oscillazioni pei moti atmosferici, come si vede bene nella polare al meridiano: anzi a queste oscillazioni sono dovute in gran parte le inesattezze delle osservazioni di posizione assoluta, ma la semplice oscillazione è piccola cosa, e, non superando pochi secondi di arco, riuscirebbe impercettibile ad occhio nudo. Nei cannocchiali stessi si vede che essa è un fenomeno ben distinto dalla scintillazione e dal cambiamento di colore che l'accompagna, perchè spesso la stella oscilla senza cambiar colore, nè avere immagine variante. I pianeti spesso oscillano all'orlo e sono come *bollenti*, ma pure non scintillano, tranne Venere in casi eccezionali e specialmente quando ha fase assai stretta.

Questa diversità tra i due fenomeni è messa in piena evidenza mediante lo spettroscopio.

Fino dalle nostre prime ricerche spettrali e appena che avemmo inventato lo spettroscopio semplice a visione diretta di cui abbiamo detto sopra, restammo sorpresi dal seguente fatto. Guardando una stella scintillante vicino all'orizzonte il cui spettro fosse fornito di righe nere forti, come per esempio Sirio, queste restavano sensibilmente immobili, mentre lo spettro era percorso di grandi ondate luminose. Questa immobilità delle righe spettrali in mezzo al movimento delle ondate fu accertata al nostro stesso strumento da vari astronomi e tra gli altri dal chiarissimo sig. Prof. Respighi, che poscia studiò più accuratamente questo fenomeno. Queste ondate vanno scorrendo tutto lo spettro, indebolendo e rinforzando successivamente tutti i colori, andando ora verticalmente, ora in senso inclinato. La stabilità delle righe nere era pertanto un indizio sicuro che la stella realmente non si muoveva, ma che tutto il fenomeno consisteva in un rinforzo successivo e in un indebolimento che subivano i colori spettrali la cui variazione è la causa primaria della scintillazione.

In cotali movimenti ondulatori fino al 1886 fissammo alcune leggi, confermate dal Respighi.

1.° Spettro verticale, stella a levante: le onde spettrali camminano verso il rosso, qualunque sia la posizione dello spettro prodotto dal prisma, sia esso col rosso collocato in alto o in basso.

2.° Spettro verticale, stella a ponente: camminano verso il violetto; sia pure questo colore in alto o in basso.

3.° Spettro orizzontale, le onde vanno per la diagonale progredendo verso il rosso o verso il violetto, secondo chela stella sta a levante o a ponente.

Talchè le onde nel loro andamento sono indipendenti dalla posizione del prisma e dipendono dall'esser la stella a levante o a ponente.

Qual sia l'origine di queste onde non è difficile il definirlo. Sappiamo infatti che l'atmosfera presso l'orizzonte fa l'ufficio di un prisma, e che essa produce uno spettro perfettamente misurabile. Questo spettro nel cannocchiale ha il violetto in basso, e il rosso in alto, e siccome il telescopio rovescia, esso ha in realtà il rosso in basso, il violetto in alto; il raggio più refrangibile essendo il più sollevato, come appunto accade guardando la stella con un prisma che abbia l'angolo in alto.

La lunghezza di questo spettro fu trovata da Bessel di parecchi secondi. Struve a $88^{\circ} 33'$ di distanza zenitale lo trovò di $22''$ in diametro verticale, mentre nel diametro orizzontale era $8''$ restando così $14''$ per la dispersione vera. Noi lo misurammo più volte nel 1855 e fra il rosso medio e il bleu medio a 80° di distanza zenitale lo trovammo di $2''$, 8. Teoricamente secondo i calcoli del sig. Montigny dal rosso al violetto deve essere di $5''$, 5, a 80° di altezza. Le dimensioni però di questo spettro presso l'orizzonte non sono mai stabili, perchè esso si allunga e si accorcia visibilmente e talora perfino del doppio. In queste dilatazioni il violetto sembra perfino staccarsi dagli altri colori: cosa pure notata dal Donati indipendentemente da noi^[32]. In questo spettro naturale si osservano le medesime ondate che nella combinazione spettroscopica, benchè esse siano meno sensibili. Nello spettroscopio abbiamo adunque la sovrapposizione di due spettri, cioè uno dovuto alla dispersione del prisma, l'altro dovuto alla dispersione dell'atmosfera. È facile scorgere materialmente che in una posizione del prisma lo spettro della stella è più lungo perchè le dispersioni si sommano, e nell'opposta è più corto perchè le dispersioni si compensano in parte, essendochè la dispersione atmosferica è ben piccola a fronte di quella del prisma. Se i due spettri si mettono ad angolo retto ne nasce uno spettro disposto per la diagonale, come quando si mettono due prismi ad angolo retto. Diagonale però che non è nel caso nostro rigorosamente a 45° perchè le dispersioni sono disuguali.

Da questi fatti risulta che le onde luminose che si vedono scorrere sullo spettro della stella presso l'orizzonte nascono evidentemente dalle variazioni che soffre lo spettro della stella prodotto dalla nostra atmosfera. Infatti le palpitazioni dello spettro atmosferico or lungo or corto or interrotto combinandosi collo spettro costante del prisma, devono produrre in questo delle variazioni di intensità luminosa e di tinte secondo che i colori si sommano o si distruggono.

Dietro tali fatti la spiegazione della scintillazione è ridotta a definire «qual sia la causa che produce l'oscillazione de' colori nello spettro stellare atmosferico».

Arago suppose che ciò derivasse da interferenza de' raggi vicini passati attraverso strati di aria di ineguale densità; per tal ineguaglianza rallentatosi uno de' raggi di mezz'onda sull'altro, venivano a interferire le onde di una certa lunghezza, e rimanendo le altre, la stella appariva del colore complementario di quello che era distrutto. Se era distrutto il rosso la stella restava verde ecc. Benchè ingegnosa questa spiegazione, non soddisfece, perchè era difficile trovare nel tramestio delle onde aree, le delicate condizioni dell'interferenza de' raggi.

Il Montigny indicò la diversa refrazione che soffrono i raggi passati attraverso diversi strati d'aria. Notò esso come lo spettro che entra nell'occhio è formato da' raggi che hanno attraversato diverse colonne d'aria.

Questo si rende manifesto considerando (come faceva il Donati) il meccanismo della visione della stella attraverso il prisma atmosferico. — «Un raggio che prima era bianco viene attraverso l'atmosfera a decomporsi in vari raggi elementari diversamente colorati e fra loro divergenti, onde se di questi raggi elementari giungerà all'occhio dell'osservatore per esempio il rosso, non potrà parimenti giungervi il violetto, che essendo più refratto andrà più in basso. Il raggio violetto che arriva all'occhio dell'osservatore non appartiene quindi allo stesso raggio bianco da cui è pervenuto il rosso, ma sibbene ad un altro raggio bianco egualmente emanato dalla stella, ma che è penetrato nell'atmosfera da un punto situato al disopra di quello per il quale è penetrato il raggio bianco che ha prodotto il rosso esistente nello spettro stellare»^[33].

[32] V. *Nuovo Cimento* del Matteucci, Vol. II. Pisa 1885.

[33] N. Cim. L. cit. pag. 311.

Il Mossotti cavò dal calcolo^[34], che i raggi che davano il rosso ed il violetto estremo a $83^{\circ} 33'$ doveano essere nel loro ingresso nella atmosfera distanti di $8^m. 78$. Avendo pertanto i raggi che arrivano all'occhio percorse diverse vie nell'atmosfera e questa essendo lungo esse diversamente densa e rifrangente, non è meraviglia se siano diversamente deviati e che producono quelle variazioni di refrazione e di posto che abbiamo indicato.

Per ben comprendere questa teoria è necessario richiamare il meccanismo della visione attraverso i prismi. Se un raggio di Sole entra per una fessura e dopo attraversa un prisma il cui spigolo refringente è parallelo alla fessura stessa è rivolto in alto, si avrà su di un cartone lo spettro col rosso in alto e il violetto in basso (fig. 29).



Fig. 29.

Ma se al luogo del cartone mettesi l'occhio e si guardi la fessura attraverso il prisma essa fessura apparirà col rosso in basso e col violetto in alto (fig. 30); perchè è evidente che essendo lo spettro più largo della pupilla, questa non può tutto riceverlo, e se lo vede per tutto si è perchè arrivano a lei dei raggi che sono caduti sul prisma con diversa obliquità.

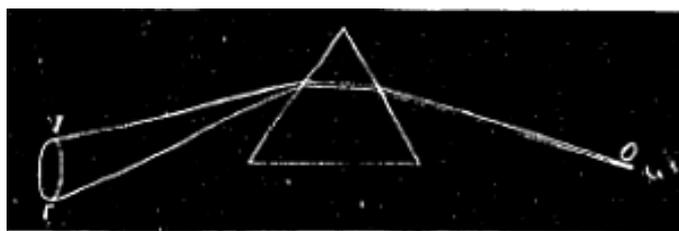


Fig. 30.

Questo è il caso della stella, onde si vede che il raggio r che viene all'occhio è partito da un punto più alto che il raggio r' .

Il Montigny non contento di ciò ricorse anche alle riflessioni totali dentro l'aria che potevano deviare il raggio anche completamente fuori dall'occhio. Tuttavia paiono sufficienti alla spiegazione del fenomeno le semplici ondulazioni atmosferiche, le quali così agirebbero nel modo stesso che farebbero delle onde di acqua.

Se in un serbatoio d'acqua tranquilla cadono i raggi solari, il fondo sarà illuminato uniformemente, ma se vi si destino delle onde alla superficie, vedrannosi sul fondo delle liste di colori prismatici che vanno scorrendo rapidamente. Un punto bianco fisso su di esso viene così colorato successivamente in rosso, giallo, verde, bleu ecc. Un occhio posto in quel punto vedrebbe l'oggetto luminoso comparire ora rosso, ora verde ecc. secondo il raggio che lo percuote senza mutar posto affatto. Altrettanto succede quando si vede un lume lontano attraverso un prisma gigante, come per esempio quelli di cui si ornano i lampadari. Un raggio luminoso partito da una stella attraversando la massa atmosferica viene deviato più o meno in alto o in basso secondo che incontra un sistema di onde che per la loro densità aumentano o diminuiscono la refrazione, e quindi alzano o abbassano lo spettro prodotto nell'atto istesso del rifrangersi. Questo spettro mobile passando avanti all'occhio dell'osservatore gli porta la sensazione di un colore o di un altro, lasciando quasi immobile la stella, che cambia colore, ma non di posto.

Se non che abbiamo veduto che le righe spettrali della stella restano immobili nello spettroscopio, mentre che nel caso qui contemplato esse righe dovrebbero cangiare colla natura del raggio illuminatore che arriva all'occhio, e quando si ha per esempio il giallo dovrebbe vedersi la riga D , e col bleu la F . Ora ciò non accade e le righe son fisse. Per dar ragione di questa immobilità, è necessario ricordare l'altro fat-

^[34] Ibid. pag. 318.

to già accennato dianzi. Questo è che la stella veste bensì successivamente diversi colori, ma che essi si succedono con tanta rapidità, che la maggior parte di loro si ricompono per ricostituire il bianco, e abbiamo veduto che per separare questi colori bisogna dare un rapido moto all'immagine. La luce naturale della stella deve adunque considerarsi come composta di due parti: una bianca e costante, benchè prodotta come dicemmo da continua ricomposizione de' raggi spettrali semplici, l'altra variabile la quale va percuotendo il nostro occhio ora con un colore ora con l'altro. Alla prima di queste masse di raggi si deve l'immagine persistente che vedesi nello spettroscopio colle righe fraunhoferiane sensibilmente fisse: all'altra si deve lo spettro atmosferico che va scorrendo sullo spettro fisso fatto dal prisma, ed è questa seconda parte che ora rinforza ora indebolisce un dato colore. Perchè se il rosso cadrà sul rosso sarà questo ravvivato, se però cadrà sul verde sarà indebolito restituendo così una luce bianca che andrà a far parte dello spettro fisso della stella fatto dal prisma.

Tale pertanto è la spiegazione del fatto fondamentale della scintillazione che riunisce le idee di diversi fisici emesse anche prima della invenzione dello spettroscopio.

Vi sono però altri accessori rivelati da questo strumento che esigono una spiegazione. Abbiamo detto che le ondate luminose vanno percorrendo lo spettro in una data direzione: che per le stelle a levante è verso il rosso, e per quelle a ponente in senso inverso, cioè al violetto. Benchè ciò non sia rigorosamente costante, poichè spesso si vede il contrario, e specialmente nelle sere di aria molto agitata non è facile il definire il verso del movimento; tuttavia questo andamento è generalmente costante in aria calma. Esso deve nascere primieramente dalla successione relativa delle onde aeree le quali s'incalzano con certa regolarità in una data direzione. Osserveremo dapprima che tutte le precipitate nostre osservazioni sono fatte di sera, quindi essendo l'atmosfera più calda a ponente dell'osservatore ove sia il Sole, che a levante, il corso dell'aria deve avere un andamento opposto ai due lati pure opposti all'orizzonte. Ma ciò malgrado la cagione sembra più sistematica.

Il chiarissimo Prof. Respighi ha invocato il moto di rotazione della terra come causa influente in tale movimento ottico. Secondo noi questo potrebbe così concepirsi. L'aria facendo sempre uffizio di prisma, la stella a ponente abbassandosi per la rotazione della terra tenderà ad accrescere la refrazione, e ad alzare tutto lo spettro, talchè questo camminerà verso il violetto: a levante all'incontro alzandosi la stella diminuirà la refrazione e tenderà ad abbassarlo, e con ciò a camminar verso il rosso. Se l'aria fosse immobile questo movimento si farebbe con una continuità rigorosa, ma per le oscillazioni dell'aria si fa a salti, onde avviene che sospeso per un istante in una fase dell'onda viene poi spinto più rapido nella seguente, e così si produce quel moto progressivo. Ma siccome il moto delle onde spettrali è incerto e spesso contrario quando i venti sono forti, è evidente che almeno questa causa non è la sola e forse non è la principale.

Allo zenit l'oscillazione è assai piccola e per lo più si riduce a dare delle righe longitudinali allo spettro. Ma qui vi è un'altra causa la quale benchè agisca sullo spettro anche all'orizzonte, pure essendo ivi molto inferiore di forza può trascurarsi. Questa è la diffrazione de' raggi nell'immagine telescopica. L'immagine spettrale della stella è necessariamente nei nostri apparati sformata dalla lente cilindrica, e perciò essa è fuori di uno de' due fuochi che ha il cannocchiale munito di tal lente. Quindi essa cade nello spazio del piano focale ove sono gli anelli secondari di diffrazione molto ingranditi e diffusi. Di tali anelli si ha un'idea guardando una stella fuori del fuoco del telescopio. Ora quest'immagine è in continua agitazione e a questo movimento devonsi principalmente attribuire le strie longitudinali che presenta la stella nel suo spettro allo zenit.

In conclusione: 1° Il fenomeno della scintillazione è atmosferico. 2° Esso consiste in un cambiamento successivo di intensità e di colore nella stella, solo con minima variazione di posto. 3° Essa dipende dalla forza dispersiva della nostra atmosfera. 4° L'ondulazione aerea facendo che pervengano all'occhio successivamente i vari raggi colorati dello spettro della stella prodotto dall'atmosfera ne fa variare il colore. 5° Se l'ondata è molto forte può anche sviarsi affatto dall'occhio l'immagine ed eclissarsi la stella per un istante, ma ciò è raro. 6° La stella rimane sensibilmente immobile perchè l'aria fa le veci di un prisma lontanissimo che coi suoi piccoli moti in un angolo mandi all'occhio i vari raggi differentemente colorati dello spettro, mentre la parte principale dell'immagine risulta da una continua ricomposizione de' vari colori rapidamente sovrapposti.

Veduta così la sorgente delle variazioni accidentali delle stelle possiamo a studiare le variazioni reali.

§ VIII.

Variabilità delle stelle.

Nella contemplazione del cielo stellato in una notte serena nulla vi è di più ovvio a presentarsi alla mente quanto il pensiero, se in quel cupo silenzio, in quella immensità dello spazio, tutto sia quiete e morte, ovvero regni anche colà l'attività e la vita che vediamo nel nostro sistema. Ma se non bastassero a dissipare il dubbio i passeggeri fenomeni di fuochi istantanei che *sembran stella che tramuti loco*, ben altri di più alta sfera ce ne presenta la natura nella comparsa di vere stelle che dopo aver brillato immobili al loro posto per mesi ed anni, ed esser passate per le fasi di un mondo in formazione, svaniscono senza lasciar traccia visibile della loro esistenza, ma dandoci la prova di una immensa attività colà permanente che l'occhio umano anche armato de' più potenti suoi mezzi non arriva abitualmente a scorgere.

Tali comparse in mezzo alla mirabile stabilità della sfera stellata, quando accadono son fatti troppo singolari per non eccitare l'attenzione dei dotti, e la curiosità del volgo, e perciò la storia non ha mancato di registrarne parecchie. Ma fuori di que' rari casi in cui la nuova stella superava notabilmente le altre conosciute non era sperabile che vi si facesse attenzione. Però ben più esteso e generale è il movimento che regna effettivamente nella profondità dello spazio di quello che si manifesta in questi casi assai rari.

Non tutte le stelle conservano la stessa grandezza, ma molte cambiano di splendore col tempo. Forse non ve n'è alcuna perfettamente costante, ma l'attenzione degli astronomi fu fissata specialmente sopra alcune più singolari che vennero appunto per ciò chiamate *variabili*. Essendo già tanto difficile come vedemmo il determinare l'intensità della luce delle stelle, questo studio è soggetto a molte incertezze; ma i casi di cui trattiamo principalmente sono sì notabili che non può sopra di essi cadere dubbio alcuno. La scoperta di questi oggetti è tutta dovuta agli astronomi moderni, e gli antichi non ci hanno lasciato che qualche memoria incerta di quelle che già scomparvero, e così mal sicura che non possiamo nemmeno riscontrarne il posto.

Questo studio è stato coltivato con grande amore da molti e distintissimi astronomi de' giorni nostri, quali sono Argelander, Hind, Heis, Schmidt, Schoenfeld, d'Arrest, Birmingham, Webb, e molti altri diletanti, dai cui lavori si è fatta così ampia messe di fatti pei quali è venuto a formarsi un corpo di scienza precisa, la quale congiunta alla spettroscopia, condurrà certamente a svelare quel mistero che avvolge ancora queste singolari variazioni ed apparizioni.

Per procedere con qualche ordine parleremo prima delle stelle passaggere, o come le chiamano *temporarie*, indi delle stelle periodiche, e finalmente di alcune vicende ancor problematiche accertate su varii corpi della sfera celeste, e che hanno relazione con noi stessi perchè relativi al nostro Sole.

Stelle temporarie.

La più antica stella comparsa d'improvviso di cui rimanga memoria nelle nostre tradizioni è quella che brillò ai tempi di Ipparco nel 125 G. C., e che a detta di Plinio lo determinò a fare il suo catalogo per lasciare ai posteri una memoria se mai anche le stelle dette fisse fossero soggette a moti e a sparizioni. Un'altra non meno famosa fu quella che comparve all'improvviso nell'anno 1572 ai tempi di Ticone nella costellazione di Cassiopea e destò immensa ammirazione. La sua comparsa fu così repentina che quel celebre astronomo fu prevenuto dal pubblico. Splendette come Venere per 17 mesi e dopo esser passata pel bianco, giallo e rosso, e poi tornata bianca, sparì del tutto, o almeno non ne rimase che traccia minima che non può identificarsi rigorosamente con nessuna delle esistenti per le imperfezioni delle antiche determinazioni. Tuttavia alla distanza di circa un minuto in arco dal luogo indicato da Ticone, D'Arrest trovò una piccola stella rossa che da taluni si crede poter essere la temporanea di Ticone. Rimane memoria pure di stelle vedute similmente in Cassiopea negli anni 945 e 1264 il che fa sospettare che sia la stessa ricomparsa. Gli annali Cinesi parlano di molte stelle comparse e poi svanite; molte sono comete certamente, ma di alcune non può dubitarsi che non fossero vere stelle; però la incertezza delle posizioni impedisce ogni confronto.

Chi più desidera sulla storia di questi fenomeni consulti il *Cosmos* di Humboldt Tom. III ove sono raccolti importanti documenti e studi astronomici. Noi qui faremo un sunto delle stelle più famose e principalmente delle antiche menzionate nella enciclopedia cinese di Ma-tuan-lin tradotta per questa parte da Biot, aggiungendovi le apparizioni più importanti registrate negli annali Europei e le altre accadute ai

tempi nostri.

Anno 134 av. G. C. Nello Scorpione tra β e ρ . Questa probabilmente è quella stessa di Ipparco. La vivacità e la scintillazione di cui si parla negli annali Cinesi escludono che fosse una cometa.

Anno 123 dopo G. C. nel Serpentario tra α Ercole e α Serpentario. Forse vi fu un'altra apparizione di stella verso l'anno 130 se pure non è la stessa.

Anno 173 nel Centauro tra α e β , comparsa il 10 Dicembre, durò 8 mesi dopo aver mostrato i *cinque colori l'uno dopo l'altro*: probabilmente le fasi sono quelle mostrate dalla stella di Ticone, se pure non allude alla scintillazione.

Anno 369? non è indicato il luogo, durò dal Marzo fino all'Agosto.

Anno 386 tra λ e ϕ del Sagittario, luogo indicato positivamente, dove dimorò dall'Aprile al Luglio 386. Era dunque fissa.

Anno 389. Nell'Aquila presso α ; segnalata da Cuspiniano, ai tempi di Onorio: essa brillava come Venere: sparì tre settimane appresso. È incerto l'anno. V. Cassini *Elem. Astr.* 1740 pag. 59.

Anno 393 nel Marzo, ancora nello Scorpione, ma nella coda. Ann. Chinesi.

Anno 827; anno incerto, ma sicura l'epoca entro la prima metà del secolo IX e ne parlano gli astronomi Arabi sotto il regno del Califo Almamoun. La sua luce era vivissima quanto la luna al 1° quarto! Durò 4 mesi.

Anno 945; tra Cefeo e Cassiopea, posa sulla testimonianza di Leovitius che la estrasse da una cronaca manoscritta ora perduta. Essendo sui confini della via lattea e favorendo le idee di Ticone, questi appoggiò vivamente la notizia.

Anno 1012 nell'Ariete alla fine di Maggio. Relazione del Cronista Epidamo monaco a S. Gallo, morto nel 1088. Era lucidissima, ma subì molte variazioni di splendore e alternativamente crescendo e calando sparì dopo 3 mesi. Hind la crede simultanea a una cinese del 1011 nel Sagittario, ma forse sono due distinte.

Anno 1203 alla fine di Luglio. Stella pallida senza nebulosità e simile a Saturno; Ann. Chinesi.

Anno 1230 tra il Serpentario e il Serpente alla metà di Dicembre, sparì alla fine di Marzo 1231.

Anno 1264 altra stella ricordata da Leovitius: essendo notata una cometa nella stessa epoca non poteva esser questa altro che una vera stella fissa.

Anno 1572. 11 Novembre: Stella di Ticone di cui si disse sopra.

Anno 1578. Gli Ann. Chinesi senza indicare il luogo dicono la stella grande come il sole! (?)

Anno 1584 presso π del Serpentario. Ann. Chinesi.

Anno 1600 nel Cigno alla radice del collo di 3^a grandezza, trovata da Janson scolare di Ticone. La stella andò diminuendo di grandezza soprattutto nel 1619 e finì per sparire nel 1621. D. Cassini la rivide nel 1655 di 3^a grandezza, e sparì quindi nuovamente. Nel 1665 fu veduta da Evelio, ma non giunse alla 3^a grandezza; nel 1677, e 1682 era di sesta ed è restata tale col nome di P Cigno.

Anno 1604. Dopo la bella di Ticone la più insigne fu quella che ai tempi di Keplero nel 1604 comparve nel piede del Serpentario: questa era da principio quasi tanto lucida quanto Venere e passò dopo l'intervallo di 5 mesi circa alla 3^a grandezza. Essa scintillava fortemente onde mostrava varii colori, e tra il Febbrajo e il Marzo del 1606 sparì senza lasciare traccia. Sembra che anche di questa sia menzione negli Ann. Chinesi.

Anno 1670 scoperta dal Certosino P. Antelmo nella testa della Volpetta accanto al Cigno, ora detta l'11 della Volpe. Essa avea luce bianca ed arrivò alla terza grandezza, poscia si indebolì, e ricrebbe, e dopo varie oscillazioni sparì. Hind trovò nelle vicinanze del sito di questa stella una piccola stelletta variabile e crede che essa sia il residuo della antica.

Nel 1690 i missionari Europei a Peking ne osservarono una nel collo del Sagittario, ma pare che le notizie esatte di essa si siano perdute.

Dopo la grande stella di Keplero nessuna ne fu veduta sì grande e solo fu nel 1848 che ricominciarono a rinnovarsi queste apparizioni, ma tutte in iscala ben minore e dopo quella del 1690 passarono 158 anni senza nessuna novità.

Anno 1848. In quest'anno il signor Hind all'osservatorio di Bishop in Londra scoprì nel Serpentario una nuova stella ($\alpha = 16^h 52^m 37$, $\delta = - 12^\circ 42'$) che era di 5^a grandezza e di color rossastro: essa diminuì ben presto, ed ora è di 11^a e va ancora diminuendo.

Finora gli astronomi non avevano potuto che ammirare le fasi di tinta generale e le grandezze di queste stelle, ma d'ora in poi lo spettroscopio ha loro aperto un campo ben più largo di ricerche. La prima stella a cui toccò in sorte questo studio fu quella del 1866, col che si inaugura veramente un nuovo ordine di cose.

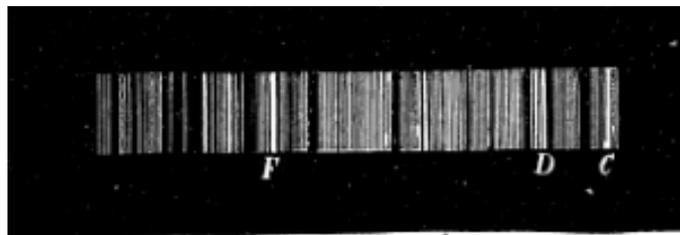


Fig. 31. Spettro della stella del 1866. [1].

[35]

Anno 1866. In quest'anno il signor Birmingham di Tuam nel Maggio ne scoprì una nella Costellazione della Corona che fu detta T. Essa comparve improvvisamente di 2^a grandezza e diede uno spettro composto delle linee dirette luminose dell'idrogeno C ed F assai vive, insieme con altre lucide più deboli: le righe lucide erano stese sopra un fondo luminoso frammiste ad altre nere analoghe a quelle del Sole che non furono ben determinate. In 12 giorni, la stella passò dalla 2^a alla 6^a grandezza, e poi ritornò alla sua piccolezza di 8^a. Lo spettro di questa stella fu studiato quasi esclusivamente dal signor Huggins che ne diede la figura qui sopra 31. Quando giunse a noi la notizia essa era assai indebolita, ma pure potemmo verificare la presenza delle linee lucide. La presenza di tali righe è di grande importanza ed è un fatto che mette la scienza sulla via di interpretare questi fenomeni. Questo infatti non fu che un vero incendio, che durò breve tempo, facendo passare la stella per tutte le fasi d'incandescenza, salendo alla 2^a grandezza, e discendendo poscia si ridusse di nuovo alla 8^a. Si poterono studiare bene le fasi di decrescimento, ma di quelle del suo aumento nulla sappiamo: probabilmente, come molte altre, essa si accese in brevissimo tempo.

Ticone credeva che la stella del tempo suo fosse formata dalla condensazione della materia nebulosa della via Lattea. Questa idea era ardita all'epoca sua, e non è ora sostenibile, sapendosi che la via Lattea è fatta di stelle distinte, ma estendendone il campo alle nozioni moderne, essa è probabile in altri termini, potendo questi incendi nascere dalla combinazione chimica delle materie gassose di cui sono composte le masse nebulose in genere. Siccome le nebulose, come vedremo contengono molto idrogeno, quindi si capirebbe perchè in queste stelle dominino le righe di questo elemento.

Anno 1876. Un caso simile a quello di 10 anni fa si è rinnovato nel Novembre dell'anno scorso 1876. Il sig. Schmidt ben conosciuto pei molti studi fatti sulle stelle variabili, esaminando la costellazione del Cigno trovò presso la stella ρ ai 24 Novembre una stella nuova di 3^a grandezza pari in splendore alla μ di Pegaso. Egli era sicuro che in quel posto nulla eravi dianzi, perchè nella sera del 20 essa non fu veduta. La posizione della stella era $AR = 21^h 36^m 50^s$; Declin. = $42^\circ 16' 9''$ e nessun catalogo vi assegnava stella alcuna. Era dunque una stella nuova. Presto però cominciò essa a calare e il 5 Dicembre essa era già di 5^a. Il tempo cattivo ci impedì di osservarla e alli 11 dello stesso mese noi la trovammo di 6^a. Il signor Cornu a Parigi ne studiò lo spettro e lo vide formato di linee lucide e di zone oscure. Vi rilevò l'idrogeno, e forse il magnesio, il sodio o l'Elio. Quando potemmo noi esaminarne lo spettro e fu (a cagione del tempo cattivo e della Luna) solo ai 5 Gennajo 1877 era di 7^a e accertammo la figura 32 seguente: in essa si trovarono le linee F e C dell'idrogeno, la b del magnesio o almeno una molto vicina ad essa. Una viva nel giallo che forse era sodio o l'Elio della cromosfera solare. In fine altre linee lucide di incerta natura con zone difficili a verificare per la loro debolezza. Una sera il fondo ci parve debolmente lucido, ma non sempre tale, e in fine mostrò parecchie differenze nelle sere seguenti.

[35] Questo spettro è posto per inavvertenza col rosso a destra contro il solito.

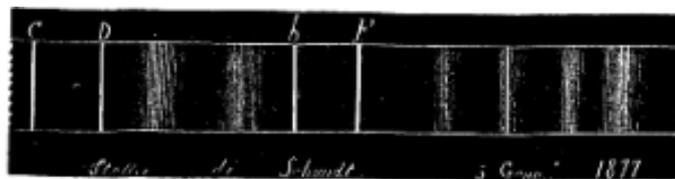


Fig. 32.

Gli spettri di queste due stelle temporanee sono adunque simili, e forniti di righe lucide, il che conferma l'idea di violenti incendi.

Tale è la storia delle principali stelle passeggero o temporarie. Ma può qui domandarsi: sono realmente nuove queste stelle, ovvero semplici esagerazioni in luce di stelle minori? La risposta è impossibile a darsi per le antiche, perchè mal determinate: per le moderne lo è pure perchè non è possibile dire che una stella sia nuova solo perchè essa non istà nei cataloghi: essa poteva trovarsi fra le tante minute che non si registrano; onde è facile che esse già esistessero e fossero delle più minute di cui nessuno può garantire la non esistenza precedente.

Del resto è certo che fra le stelle le più minute ve ne sono delle variabili a periodi incerti, e che hanno uno spettro pure a linee lucide. Benchè esse siano piccole pure le loro linee sono brillanti e facilmente riconoscibili. Nè è da maravigliare che di stelle così piccole si possa avere lo spettro, riflettendo che la loro luce non si diffonde in uno spazio continuo, ma si raccoglie in poche linee, che conservano per ciò grande intensità.

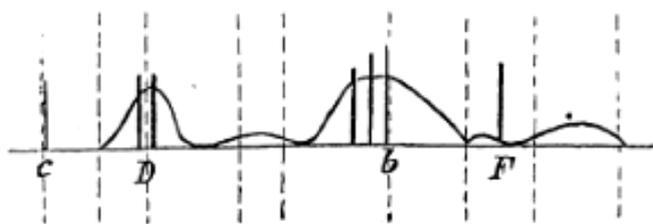


Fig. 33. Spettro della stella R dei Gemelli.

Una stella di questo genere molto importante è la *R* dei Gemelli ($\alpha = 6^h 58^m 37^s$; $\delta = +22^\circ 55'$). Questa stella scoperta variabile da Hind ha un periodo incerto, si accosta a 371 giorni, e varia dalla 7^a alla 10^a grandezza, ed è di colore rosso.

Lo spettro di questa stella è dato nella figura 33 come si vedeva nel Febbrajo 1869. In essa vi era lucido l'idrogeno *C*, (Le zone lucide sono rappresentate nella figura colle curve) il sodio *D*^[36], altre del carbonio *b* o del Magnesio, e una viva nel bleu, forse la *F*. Queste erano tutte linee brillanti: di più avea alcune zone vive che richiamavano il 4° tipo, ma colla giunta delle linee lucide. Presto però la stella calò e dopo una mezza lunazione rimasero le righe lucide appena discernibili.

Meritano attenzione le piccole stelle scoperte dal Wolf astronomo di Parigi ($\alpha = 20^{\text{or}} 4^{\text{m}} 49^{\text{s}}$; $\delta = +35^\circ 45'$). V. catal. n. 374, 376, 377). Tutte queste tre stelle sono di 8^a in 9^a. Lo spettro è a zone disperse molto irregolari, e sono della categoria della variabile sopra descritta. Da principio noi non potemmo trovarle, forse perchè essendo diminuite assai, erano sparite: poscia avendole rinvenute, vedemmo che tutte e tre hanno una riga bleu assai viva, e un altro gruppo brillante nel verde giallo; la distanza che separa questi gruppi è riempita da un debole spettro continuo. Ma il secondo gruppo non è identico in tutte: nella 2^a pare composto di righe vive. La riga lucida principale non pare la *F* dell'idrogeno. Essa n'è lontana assai verso il violetto, e sembra coincidere colla 3^a riga del medesimo colore nello spettro delle stelle di 4° tipo. Il posto di queste righe è difficile a determinarsi a cagione della debolezza di queste stellette, ed anche a cagione di altre stellette vicine che entrando nel campo sturbano l'osservazione. Per riuscirvi si è cominciato dal mettere le punte del micrometro sopra le linee più lucide della stella rossa dell'Orsa Maggiore di 4° tipo posta in $AR = 12^{\text{or}} 38^{\text{m}} 30^{\text{s}}$, e $D = +46^\circ 13'$. Messe le punte in modo che una coincidesse colla immagine diretta della riga del bleu, e l'altra punta con quella del giallo: si passava alle stellette di Wolf. Si

[36] Forse era l'Elio o altra vicina.

trovò così:

1.° che la prima stella ($\alpha = 20^{\text{or}} 5^{\text{m}} 22^{\text{s}}$, $\delta = + 35^{\circ} 48'$) ha le sue due righe principali in coincidenza con le due suddette della stella campione dell'Orsa. Nell'intervallo non vi sono righe distinte, ma uno spettro continuo. Il tipo si accosterebbe al 4°, ma manca quella del verde intermedio.

La seconda stella ($20^{\text{or}} 6^{\text{m}} 50^{\text{s}}$; $+ 35^{\circ} 50'$) ha la riga bleu più verso il violetto, di tutta la sua larghezza. La gialla è multipla: ha zone lucide nell'intervallo, ma troppo deboli per essere determinate.

La terza ($20^{\text{or}} 9^{\text{m}} 39^{\text{s}}$; $+ 36^{\circ} 16'$) è simile, ma più difficile a determinarsi per la stella vicina che turba. È notevole la presenza di tre stelle dello stesso tipo straordinario così vicine. Il loro colore è un giallo ranciato. Ognuno comprende che attesa la difficoltà dell'osservazione, le posizioni delle righe sono molto approssimate e che queste ricerche richiedono strumenti di maggior forza, che non può avere un obiettivo di soli 9 pollici.

Tutte queste si trovano nel Cigno, e il lettore avrà già da sè notato come questa costellazione sia feconda di tali oggetti singolari.

Stelle periodiche. Ma oltre queste stelle istantanee e di breve durata a tempi incerti, molte altre ve ne sono che mostrano dei periodi regolari e costanti.

Una delle più famose è la Omicron della Balena, la quale fu detta MIRA, *la Mirabile* appunto per queste variazioni. Essa nel periodo di 331 giorni e 8 ore diminuisce dalla seconda grandezza fino a sparire ad occhio nudo. Fu scoperta da Fabricio nel 1596. Decresce per circa tre mesi, e rimane quasi o del tutto invisibile per cinque mesi e ritorna a ricrescere per altri tre mesi. Argelander che ha studiato questa stella, crede che al periodo breve sia associato un periodo più lungo di 88 anni che ne varia i massimi e la loro durata di circa 25 giorni. Nella sua piena luce è gialla, ma quando è piccola è rossastra. Lo spettroscopio ci ha mostrato che quando è lucida il suo spettro è rigato di terzo tipo, e che col diminuire della luce conserva tutte le righe lucide principali ridotte a fili sottilissimi.

La figura 34 qui sotto mostra la natura di questo spettro a colonnato. Stante la sua importanza soggiungiamo alcune osservazioni spettrali di questo insigne oggetto:



Fig. 31. Omicron Balena.

«27 novembre 1867. La luce è uguale a ζ Balena onde è di terza grandezza decisa. Il colore è un bel rosso rubino. Lo spettro è magnifico e del tipo di β Pegaso (3.° t.), ma colle righe lucide più decise, e gli intervalli più neri.

«29 novembre. Coll'oculare cilindrico si vede un oggetto superbo e tutto a colonnato. Le colonne parziali sono tutte decomponibili in linee. Tutte le colonne parziali sono tutte decomponibili in linee. Tutte le colonne sono più vivaci dal lato del rosso, le linee limiti sono nere assolutamente, ma fine: solo la linea 5 è larga: ecco una distinta di queste zone.

(0.1) Magnifico rosso cupo.

(1.2) Rosso vivace chiaro e ranciato.

(2.3) Aureo e giallo.

(3.4) Verdino delicato.

(4.5) Verde deciso suddiviso da altre linee fine solite del tipo; questa zona è separata da una forte linea nera assai larga del magnesio (? o carbonio).

(5.6) Bleu bello deciso.

(6.7) Indaco.

(7.8) Viola; indi segue uno strascico luminoso debole.

«13 dicembre. È il massimo di bellezza che possa idearsi, le linee lucide sono più larghe e vive dal lato del rosso. Coll'oculare sferico ordinario si perde moltissimo, ma col cilindrico o un forte sferico si possono contare tutte le righe, mettendo un fortissimo oculare sferico, il verde è decomposto e mostra un risalto presso le linee 6 e 7 e distinte così (v. fig. 35); le zone sono decomposte come una fila di colonne diseguate a bulino sul rame. Ora è maggiore che di terza e quasi arriva ad α Balena, ma è minore di β .



Fig. 35.

Adesso si che si può dire veramente *mirabile*. (Estratto del giornale di osservazioni).»

Il suo periodo da alcuni è spiegato coll'ammettere una rotazione del corpo della stella attorno al proprio asse, supponendo che da una parte essa sia coperta di macchie come il nostro Sole. Questa è una ipotesi plausibile, ma che non è esclusiva. Il risultato spettrale può anche spiegarsi con ammettervi una emissione periodica di vapori, come sono le eruzioni che producono le macchie del nostro Sole.

Le stelle colorate in giallo-ranciato e rosso, in genere possono dirsi tutte variabili: tali sono α Orione che cambia irregolarmente quasi di una grandezza, e così pure α Toro che varia altrettanto. Arturo pure non è costante. Un fatto bene assicurato, collegato con questa variabilità, è la natura dello spettro. Quando sono nella massima luce sono gialle; le loro righe sono fine, e lo spettro si accosta al secondo ordine ben deciso, ma quando sono nel minimo di luce presentano righe nere rinforzate e larghe e spesso vere zone, e grande dilatazione specialmente in quelle del sodio. Il periodo di queste stelle maggiori non è ancora ben noto.

α Ercole è pure variabile e passa dalla terza alla quarta grandezza in un tempo non ancora ben definito. Il suo spettro è nell'epoca del minimo più profondamente solcato che nel massimo, ed allora le righe fine secondarie sono difficili a vedersi. Citeremo fra le variabili più importanti le seguenti:

ν Idra va dalla quarta alla decima in 449 giorni.

η Aquila dalla terza e mezza alla quarta e mezza in 7 giorni.

δ Cefeo; il suo perielio è di $5^{\text{g}} 8^{\text{or}} 47^{\text{m}} 39^{\text{s}}$, e varia dalla terza alla quinta grandezza. L'intervallo tra il massimo e il minimo è di $3^{\text{g}} 19^{\text{or}}$, e quello dal minimo al massimo è $1^{\text{g}} 14^{\text{or}}$; fu scoperta da Goodricke nel 1784: questo passaggio più rapido dal minimo al massimo che non dal massimo al minimo ha qualche analogia con quello delle macchie del nostro Sole. Malgrado questa irregolarità è probabile che la variabilità dipenda da una rotazione.

La stella β della Lira è pure variabile; ha un doppio periodo, formato di due massimi separati da due minimi disuguali, ma distanti quasi ugualmente in tempo. Il periodo generale è di $12^{\text{g}} 21^{\text{or}} 53^{\text{m}}$. Nel massimo è di terza in quarta, nel primo minimo di quarta in terza, e nel secondo minimo di quarta in quinta. Questa stella ci presentò una volta nel massimo di sua luce le righe lucide dell'idrogeno come γ Cassiopea, cosa che non abbiamo più potuto vedere, benchè l'abbiamo cercata più volte.

Una stella assai importante è Algol, ossia β Perseo che sta nella testa di Medusa. Questa stella è abitualmente di seconda grandezza, e resta nel suo massimo splendore costante per 2^{g} e 13^{or} , poi comincia a calare lentamente, fino a tanto che in $3^{\text{or}} 30^{\text{m}}$ è ridotta a un minimo di appena quarta grandezza. In questo stato dura brevissimo tempo, cioè 7 a 8^{m} al più, e in altre 3^{or} e 30^{m} ritorna allo stato di prima. La durata totale del periodo completo è $2^{\text{g}} 20^{\text{or}} 48^{\text{m}} 55^{\text{s}}$; la variabilità di questa stella fu scoperta dal Montanari nel 1669. Lo studio spettroscopico fatto più volte su questa stella nelle varie fasi, non ha mostrato variazione di spettro. Essa è di primo tipo, e lo ha sempre conservato costante anche nel suo minimo. Questo fatto congiunto all'andamento del suo periodo mostra che qui l'origine della variazione non è una emanazione di vapori, nè potrebbe conciliarsi con una rotazione qualunque, ma deve dipendere da un astro oscuro che l'occulta parzialmente durante un certo tempo, producendo un vero eclissi parziale. Uno studio accurato di questo periodo ha provato che non è costante, e adesso sembra più corto, ma non essendo con andamento costante forse anche esso è periodico, e dovuto, o al moto della principale, o a perturbazione prodotta dall'attrazione di altri satelliti oscuri che la circondano. Algol è dunque finora la sola stella di cui possa affermarsi con qualche sicurezza che ha dei satelliti oscuri che le girano attorno.

Una stella assai importante per le sue variazioni è η di Argo nell'Emisfero Australe. Halley nel 1667 la mise nel suo catalogo come di quarta grandezza; nel 1751 La Caille la fece di seconda; nel 1814 era ancora di quarta, secondo Burchell; fu di seconda nel 1822 al 1826, secondo Brisbane; nel 1827 apparve di prima a Burchell, e nel 1834 di prima in 2^{a} ad Herschel, che nel Dicembre del 1837 la vide di prima e superiore ad α Centauro: diminuì nel 1850 e nel 1875 era nuovamente di 4^{a} . Sembra avere un periodo di 70 anni con fluttuazioni di 23 anni. Lo spettro di questa stella pare a zone, ma non è stato ancora studiato ab-

bastanza.

Il sig. Schoenfeld ha formato un catalogo delle più regolari che presentiamo ai lettori in fine dell'opera. Sono stati notati i loro periodi, e si è rilevato che in genere esse più presto salgono dal minimo al massimo che non discendano dal massimo al minimo: cosa analoga a quanto accade per le macchie del nostro Sole. Di più tutte presentano dei periodi secondarii inseriti nel periodo principale come accade pure per le macchie solari. Questo lascia ancora in sospeso la spiegazione di questi fenomeni, ma è già molto aver rilevato il parallelismo fra tali fatti.

Raccogliendo in breve il detto finora noi vediamo che vi sono tre specie di variabilità dovute a tre cause diverse.

La prima è quella di un periodo più o meno corto determinato dalla occultazione della stella per un corpo opaco. Tale è Algol. La seconda quella di una rotazione dell'astro che ci presenta diverse faccie, o una periodica emissione di materie assorbenti. Il terzo di incendi assoluti a distanze di tempo più o meno irregolari e indeterminate. La prima cagione non avrebbe grande influenza nel sistema dominato dalla stella, ma la 2^a e la 3^a l'avrebbero invece incalcolabile. Qual vita regolare può aversi in un sistema regolato da un Sole sì incerto e variabile nelle sue influenze? In quanto alla 3^a giustamente avverte G. Herschel che la mente si perde a concepire un tale fenomeno e ci stupisce la grandezza di un incendio che possa esser veduto a tanti milioni di miglia di distanza! Ma tali fatti sono anche più sorprendenti per un altro titolo. Essi ci rivelano che lo spazio è seminato da innumerevoli corpi oscuri che noi non vediamo se non quando accadono in essi di cotali spaventevoli catastrofi e che noi conosciamo solo forse dopo secoli che esse sono accadute. Vedremo in altro luogo che non manca forse prova diretta dell'esistenza di tali masse oscure, e che per conseguenza accendendosi possono spiegare apparizioni di nuove stelle.

Molte stelle notate negli antichi cataloghi sono ora perdute, nè si possono tutte credere errori d'osservazioni: talune certamente erano pianeti, e si ravvisarono essere Urano e Nettuno, come si poté provare con calcoli retrogradi dietro gli elementi delle orbite loro dopo che furono riconosciuti, ma per le altre pare che siano realmente scomparse; annientate certamente non furono, resta adunque che siansi estinte, cioè ridotte a corpi oscuri come i pianeti.

Nè questi fatti mancano di suggerire qualche riflessione per noi stessi e pel nostro astro dominatore.

Il Sole è pur esso una stella variabile. Le variazioni undecennali delle sue macchie, e delle protuberanze o eruzioni provano che esso non ha un'attività costante, e che perciò esso deve variare, anche nella intensità della luce. Ma la valutazione diretta della quantità di questa variabilità e dei suoi limiti è quasi impossibile a farsi. La luce non si può misurare con precisione e la grandezza delle macchie non prova che essa sia minore quando esse sono molte, perchè quantunque sia provato che nelle macchie vi è minor luce e minor temperatura, pure la maggiore intensità nelle parti luminose può compensare quella che manca nelle oscure; anzi ciò è molto probabile attesa la sua maggiore attività ora ben provata nei tempi delle macchie. Eguale difficoltà si trova a determinare l'intensità della sua radiazione termica per la quale abbiamo pure mezzi più precisi: perchè ogni nostra osservazione dovendosi fare attraverso l'atmosfera terrestre, la variabilità sua continua impedisce la misura esatta dello stato collettivo della sua temperatura. Si è cercata una prova di questa variabilità nelle temperature medie climatologiche annuali e nella quantità della pioggia, ma non in tutti i siti tali variazioni corrisposero al periodo suaccennato. Si è cercata da Meldrum nella frequenza delle burrasche cicloniche dell'Equatore, ma essa pure non è abbastanza sicura. Essendo ben dimostrato che le periodicità delle macchie vanno d'accordo con quella del magnetismo terrestre, e questo parendo dipendente dalle vicende termiche del globo, è chiaro che anche il Sole nella sua luce e calore deve esser variabile. Talchè una variabilità qualsiasi è certa, ma il dimostrarla direttamente è difficile. Soltanto si può assicurare che il color gialliccio della zona perimetrale del Sole dovuto all'assorbimento della sua atmosfera, sembra maggiore nelle epoche di poche macchie. Ma anche su di ciò mancano misure precise. L'enorme intensità stessa della sua luce è un ostacolo alle misure e la superficie delle macchie non essendo che piccolissime in confronto del resto del disco essa può avere poca influenza. Il sig. Langley crede che essa non possa esser più di 29 centesimi di un grado centigrado pel nostro globo. Quantità affatto impossibile a riconoscersi coi nostri mezzi attuali meteorologici.

Lo stesso si dica della intensità della luce solare. Essa rapporto alle stelle si valutò da Wollaston a 20 mila milioni di volte quella di Sirio, ma altri la stimarono 60 mila milioni, onde si vede quanto siano lungi dall'accordo. Solo le ricerche spettrali facendo meglio conoscere l'indole di queste variazioni, potranno

forse darcene una qualche dimostrazione o misura. E già fin d'ora qualche cosa può congetturarsi; poichè si è veduto che le eruzioni sono scarse assai all'epoca in cui mancano le macchie, ed è probabile con ciò la diminuzione di attività, e quindi di luce e calore: tuttavia la cromosfera è assai bella e viva anche in queste epoche. Onde nulla può asserirsi di certo: ma se sfugge ai nostri mezzi la variazione del Sole a brevi periodi, chi può dire che esso non possa variare nei lunghi e fino al punto di influenzare la vita sul nostro globo? Chi sa che i periodi glaciali subiti dalla terra non abbiano avuto tale origine? Noi lasciamo ad altri le ardue risposte a questi problemi, e basti averli accennati per vedere l'importanza che ha lo studio della variabilità delle stelle.

Lo studio delle stelle variabili, è stato molto coltivato in questi ultimi tempi, come pure quello de' loro colori. Gli studi spettrali hanno mostrato la grande affinità che passa tra queste due qualità stellari, talchè come si disse quasi tutte le stelle o rosse o fortemente colorate sono variabili, e viceversa, onde lo studio di una concorre allo studio dell'altra. E non solo le grandezze, ma anche gli spettri sono certamente variabili, onde lo studio è ora raddoppiato.

A facilitare queste ricerche pertanto soggiungiamo in fine dell'opera un catalogo delle stelle variabili, dopo quello delle stelle colorate.

Combinando questi due cataloghi con quelli delle stelle di primo e secondo tipo dati nei § precedenti il lettore ha qui un primo lavoro che può servire di base ad una classificazione fisica delle stelle, tentativo finora non fatto da veruno, e che ora appena abbozzato merita grandemente di esser completato.

§ IX.

Gruppi Stellari.

A compiere la descrizione fisica del cielo stellato dobbiamo qui parlare di due categorie di oggetti importantissimi, cioè i gruppi stellari e le nebulose.

Oltre le stelle brillanti si trovano in cielo molte macchie le quali ad occhio nudo sembrano semplici nebbie luminose; tale è principalmente la *via lattea*, tali sono le Pleiadi nel Toro, il Presepio nel Cancro, l'Elsa della Spada d'Orione, la Chioma di Berenice, ecc. Questi oggetti si dissero *Nebulose* dagli antichi; ma fin dai tempi di Galileo, coll'aiuto di quegli imperfetti cannocchiali, fu provato che molte di queste regioni sono per lo più formate da ammassi di minute stelle tanto vicine tra loro, che l'occhio nudo non riesce a separarle, ma sono facilmente distinte dagli strumenti. La Via Lattea fu la prima ad esser riconosciuta così tutta composta di stelle. È difficile farsi oggidì un'idea della sorpresa che tale scoperta eccitò nei contemporanei, poichè con un solo sguardo al *prodigioso* strumento restavano sciolte infinite questioni agitate da secoli su questa misteriosa nebulosità. Noi avremo occasione di ritornarci sopra per iscandagliarla: per ora basti questo cenno. Così si risolvertero pure le Pleiadi e il Presepio, oggetti che fanno anzi ben poco effetto nei cannocchiali, tanto le loro componenti sono separate. Magnifico però anche con buoni strumenti moderni riesce il doppio gruppo di Perseo, di cui la fig. 36 dà la parte centrale del pezzo principale dedotta da misure fatte da noi nel 1885. (A. R.= 2^h 10^m Decl.= +56° 34').



Fig. 36. — Una porzione del Gruppo di Perseo.

La piccola nebulosa visibile appena ad occhio nudo che sta nella Via Lattea nel Sagittario presso la stella μ (μ), è un intreccio sorprendente di curve, archi e circoli che sfida ogni descrizione. È posta in A. R = $18^{\text{or}} 9^{\text{m}}$ e Decl. = $-18^{\circ} 50'$: (V. *Memorie dell'Osserv. del Coll. Romano*, 1852 per le misure effettive).

Questa nebulosa che è grande meno della metà del disco lunare veduta con discreto ingrandimento all'Equatoriale di Merz si divide in una moltitudine di gruppi particolari formati di minute stelle di grandezza 9^{a} alla 11^{a} e in giù. Noi ne abbiamo figurato e misurato alcuni di essi perchè possono un giorno dar luogo a sapere se vi è movimento nelle loro componenti.

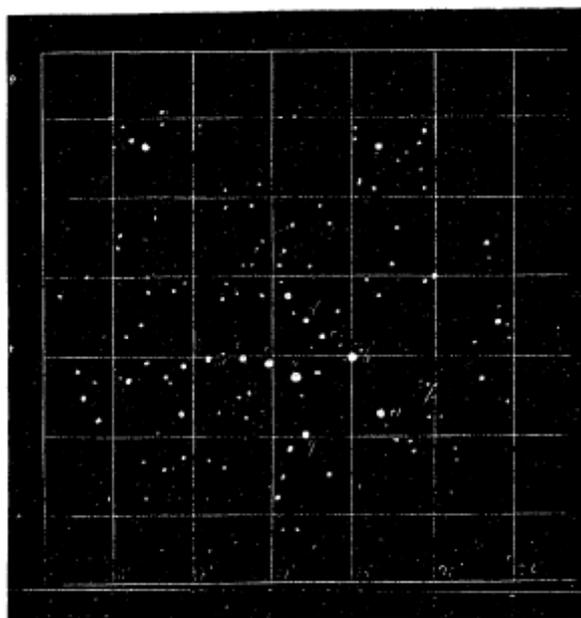


Fig. 37. — Gruppo delle Caustiche.

Uno di questi gruppi rappresentato nella fig. 37 consiste di molte stelline disposte sopra certi archi curvilinei ben distinti che dalla loro forma furono detti le *caustiche*. Tutte furono misurate e riferite ad alcune stelle principali.

Sotto vicino a questo è un altro gruppo formato di una specie di circolo di belle stelline disposte attorno a una più bella di esse notata a , e da cui divergono parecchi raggi, tre de' quali sono distintissimi in alto v. fig. 38.

La stella principale a sta in AR $18^{\text{h}} 9^{\text{m}}$ e decl. $-19^{\circ} 6'$, dalla quale partono come raggi le linee az , as , am , ao ecc.

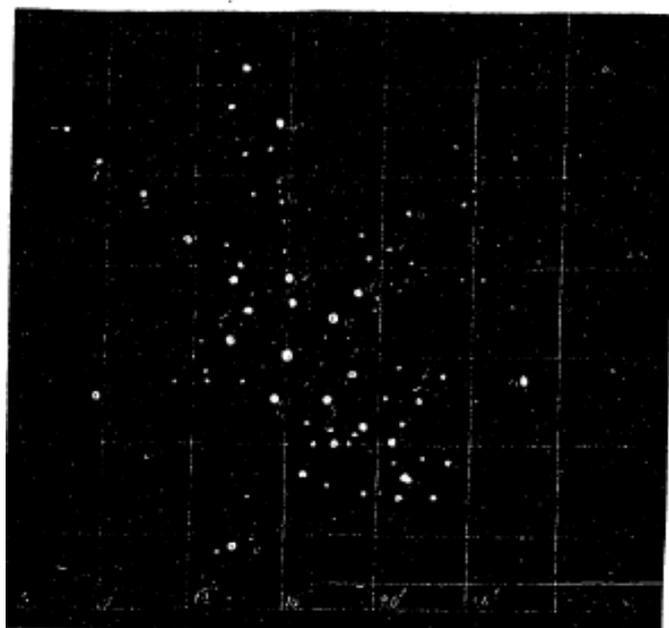


Fig. 38. Gruppo a raggera.

Accanto a questo è un magnifico sistema di archi incrociati in molti modi, la principale stando a circa A.R. = $18^{\text{h}} 20^{\text{m}}$, e decl. $-18^{\circ} 53'$. Il campo intermedio è seminato di minuti punti che non soffrono misura. E tutto ciò in una piccola nubecola che appena è visibile ad occhio nudo all'orlo della via lattea, dalla quale appena si separa, ed occupa uno spazio pari alla metà del disco lunare! Saremmo infiniti se volessimo anche solamente sfiorare questa materia che solo può gustarsi e non descriversi. E la via lattea e le Nubi di Magellano possono dirsi formate tutte su questo tipo; ma su queste torneremo appresso. Nè in essi gruppi è mirabile soltanto il numero delle stelle, ma la varietà de' colori è non meno sorprendente. Tale è p. es. quello posto a $17^{\text{h}} 52^{\text{m}} 5$ e decl. $-27^{\circ} 51'$ che brilla di numerose stelle di 8^{a} 9^{a} e 10^{a} grandezza tinte de' più vaghi colori disposte attorno ad una stella di un bellissimo color rubino, e infiniti altri. Quante volte il monotono lavoro delle misure ci fu interrotto dall'incantesimo di veder sfilare nel campo del telescopio tante meraviglie specialmente nella regione del Sagittario!

Tutti questi oggetti possono esser decomposti con mediocri ingrandimenti. Galileo quando scoprì tante meraviglie formò il concetto di dare de' disegni di questi nuovi mondi, ma ben presto vi rinunciò vista l'impossibilità. Ma posteriormente perfezionati che furono i cannocchiali si ebbe un altro campo ben più vasto di oggetti di questo genere, benchè di minor dimensione apparente e quasi tutti invisibili ad occhio disarmato. Messier et Lacaille fin dal tempo loro ne stesero una bella lista, alcuni de' quali erano separabili in istelle dai loro strumenti ed altri no. Era riservato ad Herschel I di studiare a fondo anche questo ramo di astronomia stellare, ove raccolse immensa messe. Molti degli oggetti creduti irresolubili dai suoi contemporanei furono perfettamente risolti dai suoi potenti strumenti. Ambedue gli emisferi furono trovati ricchi di tante meraviglie che sfidano ogni arte ed ogni descrizione. Quale si presenta come un fondo tutto sparso di polvere stellare: quale come un globo formato tutto di stelle, impenetrabile al centro: quale come un ammasso fantastico di gemme preziose i cui colori sono inimitabili, come, per esempio, quello presso κ (Cappa) della Croce nel Sud.

Non si aspetti qui il lettore una rassegna adeguata di queste ricchezze celesti: esse riempiono di già molti e molti volumi, benchè gli astronomi abbian fatto il possibile per restringerne le descrizioni in un linguaggio simbolico e convenzionale. Si consultino le opere degli Herschel pei due emisferi^[37] di Smyth^[38] di Auwers^[39] di Schultz^[40] di D'Arrest^[41] di Holden^[42] di Lord Rosse^[43] di Lassell, ed altri mol-

^[37] Le fatiche del primo Herschel e della sua sorella Carolina sono inserite nelle *Transazioni filosofiche* di Londra: quelle del secondo Herschel fanno il volume monumentale delle osservazioni fatte al Capo di Buona Speranza, e tutti questi lavori ed altri successivi furono da lui epilogati nel gran catalogo delle *nebulose e gruppi stellari* che formano la 1^a parte del volume delle *Trans. Filos.* pel 1864 che contiene 5979 oggetti. Opera immortale.

^[38] Smyth *Celestial cycle tom. II*. Opera senza pari per brio dello stile e che meriterebbe esser portata a livello de' lavori moderni.

tissimi che se ne sono occupati. Noi qui cercheremo soltanto di informare il lettore sulle classi più importanti di questi oggetti, e di dargliene una qualunque idea, la meno imperfetta che sia conciliabile colla brevità impostaci dal nostro programma.

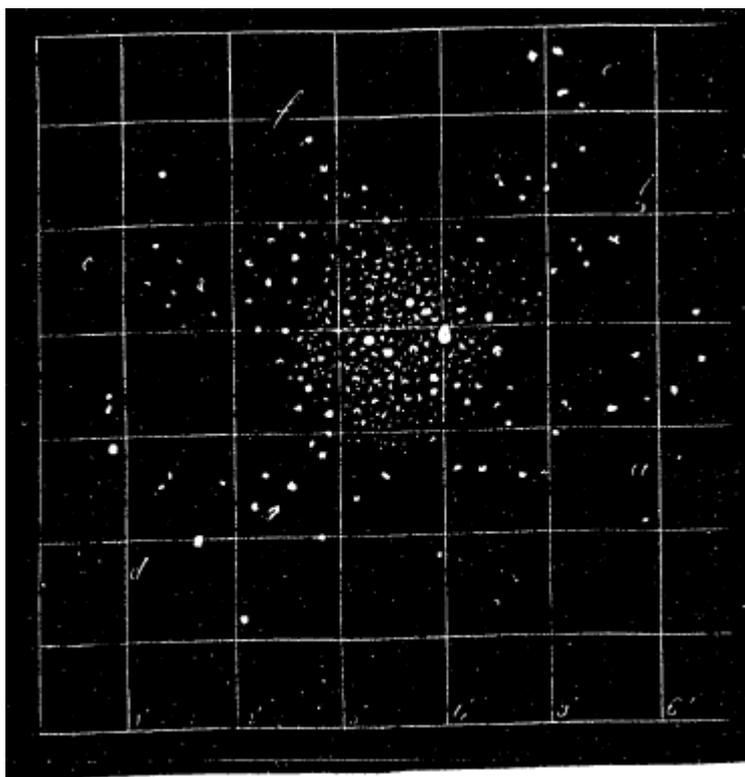


Fig. 39. Gruppo di Ercole.

Molti di questi aggruppamenti di stelle formano una categoria speciale detti *clusters* da Herschel^[44] e più comunemente diconsi *gruppi* o *ammassi globulari*, i quali sono formati da moltissime stelle tutte minutissime disposte a modo di globo e condensate tanto verso il centro da formare una luce bianca. Le fig. 39 e seg. ne danno una idea. Il più bello del nostro emisfero è quello di Ercole in A. R.= 16^{or} 37^m e Decl. + 36° 42'. Esso è notevole pei suoi raggi curvilinei esteriori ad archi di spirale, ed empie un campo di 8 in 10 minuti. La figura però non rappresenta che le stelle principali suscettibili di distinzione, lasciando molte minutissime che formano il fondo *polviscolare* della regione centrale. Poichè accade qui quello che avviene a chi tenta di contare le stelle ad occhio nudo che moltissime gli spariscono guardandole ad occhio in pieno che si vedono benissimo di sghembo, o come dicesi colla *coda dell'occhio*.

Nella Libra ve n'è un altro non meno bello e più largo e più risolubile di lui. Alcuni di questi gruppi sono irresolubili completamente al loro centro, e presentano una luce uniforme, ma non danno che spettro stellare continuo, e non spettro a righe lucide come vedremo accadere nelle nebulose. Uno solo, quello della chioma di Berenice 53 M. dà tre zone più chiare. Forse quello del Delfino ha pure righe lucide e in questi è probabile una massa centrale gassosa.

[39] Auwers, *Verzeichniss von Nebelflecken und Sternhaufen* - Koenisberg 1862.

[40] Schultz, *Micrometrical observations of 500 nebulae*. Upsala 1874.

[41] D'Arrest, *Siderum nebulosorum Observationes Haenienses* - Havniae 1867.

[42] Sappiamo che il sig. Holden sta preparando una rivista delle nebulose al grande refrattore di Washington.

[43] Rosse *Philosph. Transactions*. 1811 P. II. p. 321 et 1850.

[44] Letteralmente *grappoli*.



Fig. 40. M. 2. Gruppo dell' Aquario.

Nella fig. 40 è disegnato il gruppo dell' Aquario che sembra un globo composto di una parte centrale nebulosa formata di minutissimi oggetti, e di un'altra gran massa di stelle maggiori che la circondano. La stella grande è certamente accidentale e proiettata su di esso da enorme distanza. Questi gruppi sono a stento visibili ad occhio nudo come stelle di 6^a in 7^a appannate.

Anche il gruppo di Levrieri è degno di attenzione pei suoi bei raggi convergenti al centro che formano una vaga stella a più raggi formata di minutissimi punti, circondati da molte belle stelline di undecima grandezza disposte anch'esse a raggi (vedi fig. 41).



Fig. 41. M. 3. Gruppo dei Levrieri.

Ma l'emisfero Boreale non è il più privilegiato per queste bellezze. L' australe è assai più ricco. Ivi due specialmente sono sorprendenti: quello del Toucano e l' altro di ω Centauro, in cui le stelle sono a migliaia: l' ultimo occupa almeno 20' ed è composto tutto di stelle di dodicesima e tredicesima grandezza.

Ecco una lista dei più belli oggetti di questa specie. Per dare una descrizione di tutti non basterebbero

molte figure e molte pagine. Meglio è vederli in un buono strumento competente, ricorrendo per molti altri al catalogo di tali oggetti che diamo appresso.

Catalogo dei principali gruppi globulari di stelle

M ^[45] 5	in Libra	A R = 15 ^{or} 11 ^m Decl. =	+ 2° 37
M 13	in Ercole	16 37	+ 36 43
M 92	in Ercole	17 13	+ 43 16
M 10	in Serpentario	16 50	- 3 52
M 9	in Serpentario	17 11	- 18 23
M 14	in Serpentario	17 30	- 3 9
M 2	in Acquario	21 26	- 1 27
M 3	in Levrieri	13 36	+ 29 5
H 3275	Croce	12 45	- 59 35
H 2322	Toucano	0 17	- 72 51
H 3504	ω Centauro	13 18	- 46 35
M 11	Antinoo	18 44	- 6 26
M 15	in Pegaso	21 23	+ 11 33
....	nel Delfino	20 27	+ 6 57

In questa lista sono compresi alcuni gruppi che nei piccoli strumenti sembrano globulari, ma nei grandi si trova che essi sono ben altrimenti organizzati. Tale è il gruppo di Antinoo (A. R.= 18^h 44^m; Decl. = - 6° 26'). V. fig. 42.

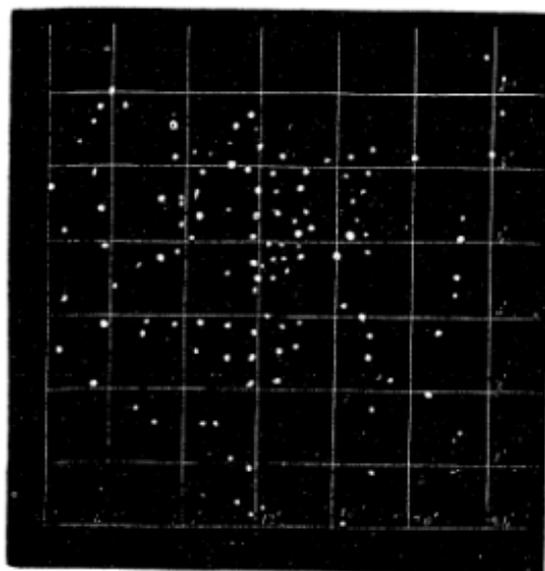


Fig. 42. Gruppo di Antinoo.

Esso invece di esser condensato nel centro ha quivi anzi uno spazio vuoto a modo di foglia trilobare. Le stelle sono mirabili per la loro quasi eguaglianza non essendo che di 10^a a 11^a. Nella figura è disegnata la parte principale^[46]. Altri sono composti di pezzi staccati come p. es. M. 9 che rassomiglia a due triangoli congiunti. Tra i gruppi di questa specie è degno di osservazione quello posto in A. R.=7^h 35^m e decl= - 14° 35' (H. 1565). esso ha circa 20' di diametro ed è composto di minutissime stelle distribuite quasi uniformemente.

Esso è mirabile, malgrado che il pezzo di cielo circostante sia pure magnifico, e una delle più belle re-

^[45] La lettera M indica il catalogo originale di Messier, la H il grande catalogo generale di G. Herschel.

^[46] Nella linea orizzontale per errore sono messi apici invece dell'indice *s* dei secondi in tempo. I numeri di questa linea devono essere 1^s, 8^s, 12^s, 13^s, 20^s, 21^s.

gioni della Via Lattea. Ma ciò che più sorprende è che su di esso è proiettata una piccola nebulosa ovale anulare, che sembra un fiocchetto di bambagia, o una bolla di sapone ivi deposta. È un oggetto de' più vaghi, e della nebulosa riparleremo.

La contemplazione di questi oggetti suggerisce molte riflessioni. 1.° Il costante compagno di stelle disposte a raggi porta alla induzione che anche queste appartengano alla massa integrale, la quale si è andata condensando e solidificando in astri speciali, mentre la centrale non è ancora completamente compatta. 2.° La loro densità apparente diversa dipende certamente in gran parte dalle distanze: essi sono a distanze stellari certamente, onde è impossibile conoscere le differenze delle lontananze, e finora di essi non si conoscono nè moti nè parallassi. 3.° La parte centrale non è gassosa perchè tranne in uno o due ove si sospettano linee vive gli altri hanno spettro continuo: ciò però non vuol dire che una parte aeriforme non vi possa essere, e soltanto essa sarebbe ad insufficiente temperatura per dare spettro lineare. 4.° Finalmente essi trovansi quasi tutti sulla zona delle stelle grandi, il che si presta ad idee teoriche di cui diremo in altro sito.

Ma di altri oggetti anche più misteriosi è seminato il cielo, che confusi dapprima coi gruppi, ora è indubitato che formano una classe o parte, cioè le *Nebulose* di cui passiamo a parlare.

§ X.

Le Nebulose.

La potenza degli strumenti Herscheliani non riuscì in risolvere a stelle tutti gli oggetti caratterizzati comunemente come nebulosità, ma restava sempre il dubbio se questa differenza fosse difetto di potenza negli strumenti, o realtà di natura. Questo dubbio è stato finalmente risolto a giorni nostri. Intanto per via quasi provvisoria si stabilì un criterio di differenza fondato sulla potenza degli strumenti più forti, e quelli che poterono risolversi furono detti *gruppi*, agli irresolubili si restrinse il nome di *Nebulose*. Di queste vi sono tre categorie: 1.^a le Nebulose planetarie, 2.^a le ellittiche, 3.^a le irregolari.

Le prime furono così chiamate perchè nel campo del cannocchiale si mostrano come dischi più o meno ben terminati, di una luce quasi uniforme come quella di un pianeta. Il loro colore è verde-azzurro. Una bella serie di questi oggetti è disegnata nelle figure della Tavola VI che dà i tipi delle più notabili. Però quella uniformità non è che una illusione derivante dallo strumento, e con vari artifizi si può scoprire la loro organizzazione interna la quale con tali mezzi trovasi molto complicata. Uno è quello di illuminare leggermente il campo del cannocchiale, col che le parti più deboli svaniscono restando vive le più forti, ovvero di osservarle colla luna presente. Una imperfetta definizione nello strumento congiunta a grande apertura che raccolga molta luce, fa similmente sparire molte minuzie della loro struttura. Nella maggior parte di queste si scoprono punti luminosi aggruppati, il che le fece credere composte di stelle, ma questo aspetto non è sufficiente a definir la questione come vedremo; con occhio inteso fortemente su di un oggetto discretamente luminoso è facile avere una scintillazione che è mero fenomeno fisiologico. Quindi gran cura si deve avere nello studio di tali oggetti.

Le figure dicono più che molte parole e perciò ne diamo qui alcune, fatte al nostro refrattore nel 1853 al 56, le quali danno numerosi dettagli non indicati prima, e poscia confermati da più grandi istrumenti. La fig. 1 Tavola VI rappresenta la magnifica planetaria del Sagittario posta a $19^{\text{h}} 36^{\text{m}} 3^{\text{s}}$ Decl. $- 14^{\circ} 28' 52''$ n.° 4510 del gran catalogo generale di Herschel che indicheremo con H. Essa è circolare, e con minori ingrandimenti pare di vedere Giove tra le nubi, che gli diano un bel colore azzurro di mare. Sopporta l'illuminazione dei fili, ma allora diviene sfumata agli orli, e tradisce la sua globosità: con fortissimo ingrandimento 1000 apparisce lacera agli orli.

La parte seguente pare più chiara della precedente e in quattro luoghi collocati quasi oppostamente in croce si veggono scintillare punti lucidi, il centro è alquanto meno luminoso. Il diametro è $= 25'',8$, il che vuol dire che se questa massa fosse solamente anche alla unità delle distanze stellari, cioè di 1" di parallasse annua, ella avrebbe una grandezza quasi quanto è l'orbita di Urano. Ma essa è probabilmente molto maggiore, perchè assai più lontana.

La fig. 2 è quella scoperta da Struve, planetaria insigne che è in A. R. $18^{\text{h}} 5^{\text{m}} 18^{\text{s}}$ e Decl. $6^{\circ} 49' 6''$ (H. 4390). Essa è sfumata all'orlo, mentre pure presenta una parte centrale netta, talchè la Nebulosa al primo

aspetto si presenta come il pianeta Saturno nell'epoca in cui l'anello ha l'apertura mezzana, cioè come un globo circondato da un ovale; ma esaminata meglio, ha la figura come nel disegno: cioè è formata di una massa molto densa al centro, sfumata agli orli, e allungata forse nella direzione del suo equatore. Benchè paia un disco, pure colla luce nel campo si vede che resta solo la parte centrale, ed è perciò un vero globo: questa regione ha per diametro maggiore $7''{,}60$ e per minore $7''{,}22$: la luce è azzurra al solito.

A questa classe appartiene quella del Delfino (H. 4572, A. R. = $20^h 16^m 8^s$ Decl. + $19^\circ 39' 41''$) la quale sembra uniforme, ma con la luce nel campo si scopre sfumata agli orli, e ciò la rende di misura difficile: essa ha due regioni più vive e richiama la famosa della Volpetta (*Dumb-bell* degli inglesi). Il suo diametro = $41''{,}34$: corpo enorme!

Di queste masse alcune sono decisamente conformate a modo di anello vuoto nell'interno. Singolare è fra tutte quella della Lira (H. 4447 A. R. $8^{or} 48^m 20^s$ Decl. + $32^\circ 51' 3''$) fig. 6, che presenta un anello ellittico che nel centro ha appena qualche bagliore di luce, dove è una stella minutissima e forse anche due. Lord Rosse trovò le regioni dell'asse maggiore sfrangiate: noi abbiamo veduto talora le frangie, ma stabilmente una semplice protrazione di nebulosità: a Washington vedono come noi. Le parti più dense sono nella direzione dell'asse minore, ove brillano punti distintissimi e si crederebbe stellare e risolubile, le dimensioni sono: asse maggiore $72''{,}2$: asse minore $60''{,}4$. Fuori vi è una stellina più viva che potrà servire a scoprire se vi è moto relativo.

Un'altra simile è nell'Aquario, (H. 4628 A. R. $20^h 56^m 31^s$ Decl. = $21^\circ 55' 5''$) ma essa è più difficile; la sua luce è più debole pure sull'asse maggiore, ed ha una sfumatura nella parte seguente. Diametro maggiore $25''{,}37$; minore $17''{,}23$: ha punti lucidi all'asse minore: fu figurata nelle nostre *Memorie* del 1853.

È degno di nota che gli archi presso l'asse minore in tutte queste sono più lucidi; mentre presso al maggiore sono meno brillanti, cosa che pare in opposizione colla proiezione di un semplice anello!

Le nebulose anulari sono molte, ma non tutte sono così semplici di struttura come le precedenti. Esempio primo sia la fig. 4 in Andromeda (H. 4964. $\alpha = 23^h 19^m 10^s$; Decl. + $41^\circ 46' 3''$). Lord Rosse fu il primo a indicare un foro nel centro di questa planetaria, ma con forte ingrandimento 1000 è risolta in punti luminosi e diventa una magnifica corona di piccoli brillantini: però non è tutta eguale: un grand'arco, come un ferro di cavallo, si presenta così punteggiato, nel resto si ha solo luce continua. Essa è sfumata dentro e fuori, come apparisce illuminandola, e il foro centrale è più lucido che in quella della Lira. Essa è leggermente ovale, ed ha luce mancante dalla parte superiore e inferiore dell'anello. La prima parte però è supplita da un arco addizionale eccentrico. La linea di direzione della minor luce è 297° . Diametro maggiore della parte più viva = $22''{,}32$, minore $13''{,}12$. Ha una stellina doppia vicina in direzione 66° , 1 e non avrebbe cambiato da H. I. in poi. Colla luce nel campo la nebulosa riesce sfrangiata notabilmente. È azzurra.

Non meno importante è la planetaria dell'Idra (H. 2102 A. R. $10^h 18^m 2^s$ Decl. $\delta = -17^\circ 55' 50''$). Essa fu descritta da H. I. come un globo di luce uniforme. A noi si è presentata come nella fig. 5. Rassomiglia ad una corona irregolare di stelle in forma di orecchio, cinta da nebulosità; colore di un mirabile celeste. L'anello nell'interno è quasi circolare, nebuloso leggermente: nel mezzo vi è una bella stellina un poco eccentrica. L'anello sembra composto di gruppetti, la figura è assai fedele, ma nulla si vede di questi dettagli nelle figure pubblicate finora. Ecco alcune misure di questo oggetto sorprendente:

Diametro dell'Aureola esteriore	33". 42
Asse minore dell'anello stellare (?)	15. 81
Asse maggiore dello stesso	23. 83
Direzione del diametro maggiore del foro interno	146°. 2

Si misurarono gli angoli alle stelle vicine, e furono trovati identici con quelli di H. I. Quindi questi corpi devono essere lontanissimi.

Finiremo questo saggio colla graziosa nebulosetta fig. 7 (H. 1565, A. R. = $7^h 35^m 25^s$, Decl. = $-14^\circ 24' 39''$). Essa trovasi in un superbo ammasso di stelle minute di cui abbiamo già parlato (V. pag. 69). Essa è chiaramente forata: si è detta anulare, ma il centro non è nero, e gli orli interni sono molto sfumati, mentre gli esterni sono netti. Dentro vi è una stella di 12^a un poco eccentrica e due altre minutissime appena visibili.

La nebulosa è forse accidentalmente proiettata sul gruppo. La nettezza delle stelle e dell'orlo esterno suggerisce l'idea che essa sia una sfoglia sferica lontana più del gruppo. La figura è in iscala più piccola

delle altre. La sua grandezza angolare è = 40" in diametro maggiore, perchè non è perfettamente circolare.

Qui facciam punto per non esser indiscreti; ma il lettore comprende quante idee si sveglino su questi sistemi, e quanta sia l'imperfezione della meccanica nostra in interpretarne la struttura. Il cenno qui esposto che siano sfoglie sferiche è certamente assai ingegnoso, ma non tutte certamente sono sfoglie: altre sono anelli, altre ammassi decomponibili entro involuppi indecomponibili!

Veniamo a quelle che si dissero stelle nebulose, e sono semplici stelle cinte da aureola luminosa di vasto diametro. Una è figurata al numero 8 (H. 1533. A. R. = $7^h 20^m 54^s$, Decl. = $+21^\circ 11' 27''$). Questa è una stella cinta da una bella nebulosità reale, poichè le vicine di egual grandezza nulla hanno di simile. La nebbia pare staccata dalla stella centrale e formare un anello, ma ciò può essere illusione della luce della parte centrale che faccia sparire la regione più vicina. L'aureola è diffusa, la stella ammette disco nettissimo. La parte esterna è sfumata assai. Essa ricorda la teoria della luce zodiacale attribuita a una atmosfera solare.

Più bella assai è la stella in fig. 3 (H. 4514, A. R. = $19^h 41^m 7^s$, Decl. = $+50^\circ 18' 18''$). Con mediocri ingrandimenti essa mostra una semplice nebulosità, ma coi più forti scopre molti punti luminosi nel suo interno. Anzi spingendo questi non diviene che più bella e viva, il fondo è scintillante. Con 1000 volte il centro non prende la forma di un disco, ma diventa invece irregolare, e quasi multiplo, onde non pare semplice stella, ma una massa brillante nebulosa.

Un'altra stella cinta da nebulosa anulare è in (H. 2017. A. R. = $10^h 1^m 8^s$, Decl. = $-39^\circ 49' 5''$), ma non si distingue se siano connesse fisicamente poichè la nebulosità non è simmetrica: fu disegnata nelle *Memorie* del 1852, è grande e bella benchè assai bassa. Da Herschel fu detta uniforme: ciò non può essere a meno che non abbia variato.

Ommettiamo molti altri oggetti simili per venire alla grande questione se esse siano tutte ammassi di stelle, ovvero masse gassose fisicamente irresolubili.

Benchè praticamente irresolubili queste masse, pure coi forti strumenti si riesce come dicemmo a vederci una certa scintillazione, la quale farebbe credere essere esse pure formate di stelle. Questa apparenza si confermò assai per le ricerche di Bond col grande refrattore di Cambridge U. S., ed è confermata per alcune altre dal grande refrattore di Washington di 26 pollici e dal più grande riflettore che si sia costruito, cioè quello di Lord Rosse; ma lo spettroscopio è venuto a disingannarci, rivelandoci una cosa inaspettata, cioè che esse sono masse di puro gas, confermando così quel *sentimento* vago che faceva credere ad Herschel e a noi stessi di non esser tutte risolubili in istelle (V. *Mem.* Del 1852).

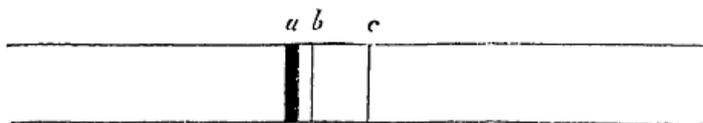


Fig. 43. Spettro delle nebulose

[47]

Herschel I avea già perduto ogni speranza di risolvere certe nebulosità, e negli ultimi anni di sua carriera insistè sulla natura di una materia diffusa di cui doveano esser formate. Il signor Huggins applicando lo spettroscopio a questi oggetti, trovò che il loro spettro si componeva di tre sole righe, una nel bleu e due nel verde, disposte come qui si vede fig. 43, e meglio come sono disegnate nella fig. 4 della Tavola IV cromolitografica.

È cosa che al primo aspetto desta sorpresa, come degli oggetti così deboli possano dare uno spettro sensibile; ma cesserà lo stupore se consideriamo che essi sono forniti di non debole luce intrinseca, e che nello spettro questa non si diffonde in uno spazio continuo allargato come nelle stelle, ma si raccoglie tut-

[47] Per fissare la posizione di queste righe, ecco ciò che troviamo nelle nostre memorie. Fissata nella sera la posizione del micrometro col filo sopra (c) della Nebulosa, e lasciato intatto fino al giorno appresso, si trova sul Sole che (c) corrisponde alla F, e fu verificato questo anche col tubo di Geissler coll'idrogeno: la principale (a) cade vicina ad una oscura ben forte che è presso al mezzo tra b e F solari, ma la linea della nebulosità cade un poco a sinistra verso F e non coincide con alcuna: sembra una dell'azoto. Col tubo di Geissler a scintilla forte e rinforzata dalla bottiglia la lucida è vivissima, ma non si confonde con essa. La fina (b) sta ad $\frac{1}{5}$ dell'intervallo (ac) sulla Nebulosa. Il sig. Huggins vi fece uno studio molto profondo.

ta nelle prefate poche righe, onde conserva tutta la sua intensità, che riesce poi comparativamente molto maggiore di quella delle stelle di eguali grandezze. Accade qui a un dipresso quello che accade colla cromosfera solare, in cui la luce dell'idrogeno ridotta a poche righe prevale sulla luce generale del fondo del cielo. Insigne fra le altre per questa analisi è la nebulosa della fig. 2 Tavola VI scoperta da Struve la quale è tanto lucida che sostiene la illuminazione del campo. Dalla natura di questo spettro possiamo argomentare la natura dei gas. Uno di essi è certamente idrogeno, poichè oltre la coincidenza della linea con la *F* solare si nelle più vive si è riuscito tanto da noi che dal sig. Vogel a trovare tracce della riga di color rosso *C*. In quanto alle altre una è vicinissima alla doppia dell'azoto che sta nello spettro di secondo ordine di questo gas; ma non essendo perfettamente coincidente con nessuna delle due che compongono quella linea, resta ignota la sostanza. Alcuni l'hanno creduta del ferro. Tra le luci artificiali che più si accostano a questa vi è una riga del piombo, ma non pare probabile tale identità. La terza riga più sottile è affatto ignota.

La scintillazione delle nebulose non è dunque un criterio rigoroso di decomponibilità in istelle, cioè in corpi solidi e composti come noi rilevammo essere i Soli. Esse ci avvertono che vi possono essere masse gassose vive e isolate da imitare lo splendore discontinuo stellare. Le stelle nebulose però come la fig. 3 e altre danno uno spettro misto come qui sotto si vede fig. 44.



Fig. 44. Spettro delle stelle nebulose.

Questa è una delle più importanti rivelazioni che la scienza deve allo spettroscopio, che basterebbe a rendere immortale il suo scopritore il sig. Huggins.

2.° Le Nebulose ellittiche sono masse allungate per lo più assai deboli e diffuse estremamente all'orlo. Una insigne di queste è nella Cintura di Andromeda che si scorge ad occhio nudo *a guisa di un lume visto a traverso una lamina sottile di corno*, come la qualificò il suo scopritore Fabricio. La sua estensione è notabilissima: essa è di 1° 30' in lungo e 24' in largo. Bond di Cambridge agli Stati Uniti vi ha fatto uno studio profondo e ha trovato che può estendersi in lunghezza a 4°, e a 2° ½ in larghezza, ma agli estremi è sfumatissima. Inoltre essa è lungi dall'essere gradatamente luminosa, ma ha come due stretti canali oscuri, non rigorosamente paralleli. La parte centrale sotto fortissimi ingrandimenti si riduce a piccoli fiocchi ineguali sfumati entro una massa di forma a coda di rondine, e non punto simile alla forma generale. Non ha scintillazione vivace e non resiste all'ingrandimento quanto le planetarie. I due canali neri erano sfuggiti al Devico che molto la studiò, e sono una conformazione assai misteriosa. È difficile credere che una massa così aerea possa esser divisa realmente da canali vuoti! A noi pare più probabile che essi possano esser due zone oscure di materia non luminosa che accidentalmente siano proiettate sulla nebulosa: noi vedremo che simili casi si trovano sulla via lattea. Sulla nebulosa sono molte stelline, ma essendo sulla via lattea, è dubbio se siano solo proiettate ivi per caso o facciamo parte del sistema nebulare. Il suo spettro si trovò esser continuo, onde resta ignota la natura dei suoi componenti. Questo però non prova che essa non sia gassosa, potendo la natura del gas dare uno spettro continuo per la sua bassa temperatura. Ad ad ogni modo qui siamo in un caso diverso dalle planetarie. La nebulosa principale è accompagnata da un'altra piccola vicina, della stessa struttura.

Un'altra assai bella, apparentemente ovale è nel Toro (H. 1157. AR = 5^h 26^m 4^s Decl. = + 21° 54' 50"). Questa però veduta con forti ingrandimenti ha delle ramificazioni, curvilinee, ma non tutte in un verso che la fanno rassomigliare ad un fiore assai singolare, come si vede nella figura 2 Tavola VII. Lord Rosse col suo colossale strumento ha riconosciuto che queste ramificazioni sono tracce di archi spirali.

Le nebulose rigorosamente ellittiche sono molto numerose, e generalmente del tipo della figura 5 Tavola VII.

Un numero grande di queste piccole Nebulose si trovano principalmente nella regione della Chioma di Berenice e nelle Ali della Vergine. Esse sono in genere condensate al centro e molto diffuse all'orlo, ove si passa per tutti i possibili gradi di densità dalle minime sfumature a quelle che hanno una assai bella luce centrale: in genere sono troppo deboli per dare spettro di sorte alcuna, e sono irrisolubili. È cosa singolare

che le Nebulose ellittiche furono già caratterizzate in genere per irresolubili da Herschel. Anzi può notarsi la differenza che mentre nei gruppi globulari il contorno è tutto formato di stelle più belle e più grosse delle centrali, nelle nebulose ovali invece il bordo è il più diffuso e meno vivo che il centro.

Molte di queste estremamente deboli si vanno quotidianamente ritrovando. Tanto a Marsiglia che al Collegio Romano ne sono state trovate diverse, e probabilmente cresceranno in numero colla potenza degli strumenti. Evidentemente l'ellitticità di queste masse dipende dalla forza centrifuga che le domina. Noi le vediamo più o meno obliquamente al loro piano di rotazione. Alcune sono vedute di costa e paiono quasi lineari; altre quasi perpendicolarmente e allora mostrano delle forme spirali. Lord Rosse coi suoi giganteschi strumenti ha fatto vedere che la forma spirale è più comune di quello che si credeva. Esempio magnifico di questa struttura è quella de' Levrieri, la figurata al n.° 4 Tavola VII, che mostra un doppio vortice, che si avvolge attorno a una massa centrale multipla, con una massa minore lontana ed eccentrica (H. 3572. AR = $13^{\text{h}} 23^{\text{m}} 54^{\text{s}}$ Decl. + $47^{\circ} 54' 56''$. M. 51). Tali forme sono manifestamente indizio di una forza centrale attrattiva combinata con una tangenziale, il risultato delle quali sarà la costruzione di un astro definitivo. Ambe le nebulose e gli archi spirali sono perfettamente riconoscibili nel nostro equatoriale e nel 1855 l'angolo di posizione relativa era $15^{\circ}, 54'$, e la distanza $4' 23''$. Non sostiene ingrandimento notabile. Il suo spettro fu trovato uniforme. Quindi è forse di bassa temperatura.

Altre nebulose ellittiche sono le seguenti H. 2377. A. R. = $11^{\text{h}} 12^{\text{m}} 48^{\text{s}}$. Decl. + $13^{\circ} 44' 43''$; H. 2373. A.R. = $11^{\text{h}} 11^{\text{m}} 37^{\text{s}}$ Decl. + $13^{\circ} 51' 14''$, esse sono rapidamente condensantisi al centro, simili, e similmente orientate: forse sono in reciproca dipendenza. La prima ha lunghezza circa $7'$ e larghezza $2'$, la direzione è 155° ; la seconda e più piccola, e ha direzione 145° . Parecchie altre sono in queste vicinanze.

3.° Le Nebulose *irregolari* sono non meno numerose e celebri. La più insigne tra le visibili in ambidue gli Emisferi è quella dell'Elsa nella Spada di Orione, e che involge la stella multipla θ' . Questa stella è composta di 4 stelline principali disposte in forma di *Trapezio* con due altre più minute che sono oggetti de' più difficili a riconoscersi e servono a misurare la forza degli strumenti: sono veri *oggetti di prova* (*test objects*). La parte centrale della nebulosa che sovrasta a queste stelle, è formata come di fiocchi di cotone accumulati a modo di piramide luminosissimi, e siccome tutto il campo è pieno di tal nebbia lucida, ma più debole, per contrasto domina principalmente il gran *seno* oscuro che forma le *fauci*, le quali rassomigliano la gola di un fantastico animale. Ne diamo la figura nella Tavola VIII. Le forme di queste e di tutte le altre nebulose di questo genere variano molto nelle sfumature, secondo la forza dei cannocchiali: e i grandi riflettori di L. Rosse, Lassell, Ellery danno un aspetto più tagliente alle masse che i piccoli strumenti; onde i disegni poco combinano fra di loro. Però con tutto il rispetto dovuto a questi giganti dell'ottica, osiamo dire fondati su buone ragioni che certi disegni fatti in modo così tagliente che rassomigliano a piante di città, non rappresentano punto la gradazione reale che hanno queste masse. Lo studio da noi fatto a cielo scuro, e a cielo illuminato dalla luna in varie fasi, ci ha persuaso che le sfumature sussistono realmente, e che la troppa forza de' grandi strumenti le può mascherare completamente, essendo che tutti sanno che male si distinguono le gradazioni in una luce forte, mentre si distinguono bene in una debole; e perciò i minori strumenti non devono dispregiarsi.

Questa nebulosa nelle parti più vive sotto forti ingrandimenti e aria buona si è trovata scintillare e dare segni di risoluzione stellare (Bond, Rosse, Secchi). Ma come dicemmo ciò non prova che siano que' punti vere stelle in senso ordinario: analizzata collo spettroscopio, essa dà spettro lineare, come le planetarie, laonde essa è gassosa. Questa condizione della materia non esclude una qualche agglomerazione, tale che possa unirsi in masse più dense e vive da simulare piccole stelle, onde la scoperta di Bond non deve dirsi illusione, e noi possiamo dire di avere verificato più volte questa scintillazione, anche nelle planetarie (v. figure precedenti 1, 2, 4, 5, 6, Tavola VI), e a Washington si è pure verificata in altre nebulose.

L'estensione di questa Nebulosa è assai considerabile, perchè oltre la massa centrale e considerata comunemente come quella che costituisce la nebulosa ordinaria, noi abbiamo potuto tracciare le sue numerose lacinie da $-0^{\circ} 50'$ fino a $-7^{\circ} 30'$ in declinazione e comprende l'area triangolare limitata dalle stelle di Orione ζ , 49, e ν in declinazione; ed in A. R. si estende da 79° fino 84° ^[48]; cioè di $6^{\circ} \frac{1}{2}$ in Decl. e 5° in A. R. Anzi tutta questa regione di cielo ci pare invasa da uno strato nebuloso, e le stelle di Orione sembrano esser vedute attraverso di esso, e presentano un eccezionale tinta verde con rosso assai scarso, il che

[48] V. Mem. dell'Oss. del Coll. Romano, 1852-53.

può attribuirsi all'esser vedute attraverso questa massa di pronunziato color verde. La strettezza singolare della riga *F* in queste stelle dipenderebbe forse dalla sovrapposizione della riga lucida della materia nebulosa avente eguale refrangibilità e ad essa sovrapposta? È molto probabile.

Si è detto che attorno al trapezio di θ' la nebulosità non esisteva. Ciò non è esatto. La nebbia vi è certamente perchè lo spettroscopio qui dà lo spettro delle stelle intersecato dalle righe della nebulosa: ma per la luce viva delle stelle essa apparisce più debole. L'idea che ivi manchi la nebbia, perchè si sarebbe condensata in istelle, non è ancora abbastanza solida. Una stella molto viva, eclissando la Nebulosa, la fa sparire: così accadeva alla Nebulosa di Argo quando la stella η (eta) era di prima grandezza; ora che è divenuta di quarta la nebulosità vi è marcatissima. Si è detto avere la Nebulosa d'Orione subito cambiamenti, ma finora tutto essendo basato sulle osservazioni fatte cogli strumenti antichi, assai imperfetti, nulla è sicuro. I più forti rendono visibili diverse parti che sfuggono nei più deboli, e per tal modo può spiegarsi tutto. Anche ai tempi nostri i disegni pubblicati da Lord Rosse e da Struve, appena rassomigliano al nostro ed a quello di Herschel e di Bond; molto più poi ne differiscono quelli di Ugenio che la scoprì il primo, e di Devico. Tuttavia l'Holden crede reali alcuni cambiamenti.

Molte sono le nebulose di questa categoria e vastissime. Si consulti l'opera di Herschel fatta al Capo di B. Speranza ove sono disegnati gli oggetti più insigni.

La nebulosità in alcune regioni del Sagittario è estesa ben più che in Orione, e il fondo chiaro del cielo dà indizio di linee spettrali. La luce di questo fondo è così uniforme, che appena si rileva la sua presenza da alcuni *fori neri* che si trovano quà e là per esempio a $17^{\text{h}} 52^{\text{m}}$ e $-27^{\circ} 51'$. Noi non possiamo qui parlare di tutte. Ne toccheremo alcune.

Una assai vasta è quella dell'emisfero australe in forma di Ω omega maiuscolo, che dà righe spettrali gassose. Essa sta in A. R. = $18^{\text{h}} 12^{\text{m}} 33^{\text{s}}$, 1 Decl. $-16^{\circ} 13' 36''$. In questa è ammesso un cambiamento reale dal sig. Holden: Egli si fonda su ciò che certe stelle segnate fuori dell'arco nebuloso dai primi osservatori ora sono dentro. Ma ciò secondo noi mostra troppa fiducia negli antichi disegni, quando l'arte di questi lavori non era così ricercata come ora.

Fra le Nebulose irregolari visibili nelle medie latitudini Nord deve mettersi la Nebulosa del Sagittario 4361 disegnata nelle osservazioni al Capo di B. S. posta in A. R. $17^{\text{h}} 55^{\text{m}}$ Decl. $-24^{\circ} 21'$, ed essa pure dà linee vive dello spettro. Così pure molte altre delle Nebulose disegnate da Herschel nella medesima opera, come la posta in A. R. 18^{h} , 11^{m} , Decl. -16° , $15'$ ecc. Molte regioni infine della Via Lattea nel Sagittario danno tutte la riga più viva delle Nebulose allo stesso posto (*V. Mem. Spettrosc.*, p. 36). Onde esiste in quello spazio latteo una massa diffusa pesante gassosa.

Una Nebulosa non meno importante è quella che circonda η Argo nell'Emisfero Australe, posta in A. R. = $10^{\text{h}} 39^{\text{m}}$. Decl. $-56^{\circ} 47'$ che è vasta quasi quanto quella di Orione. Essa è assai singolare perchè nel mezzo ha un'ampia lacuna a modo di lemniscata, della qual forma è ben difficile darne ragione. Si è sospettato un cambiamento anche in questa Nebulosa, ma finora la cosa può essere apparentemente dovuta all'effetto degli strumenti diversi, e come dicemmo poco fa, alle variazioni della stella immersa in essa la quale ai tempi di Herschel era di 1^{a} e ora è di 4^{a} soltanto.

Una delle più importanti nel nostro emisfero è quella della Volpetta (fig. 1 Tavola VII) detta dagli inglesi *Dumb-bell*; questa sembra al primo aspetto una semplice ovale, ma realmente si trova composta di due grandi settori curvilinei assai vivi nella direzione dell'asse minore: essa è seminata di stelle forse accidentali, il suo spettro è di una sola linea verde. Due disegni ne ha dato Lord Rosse uno nel 1844 l'altro nel 1850, e un altro Lassell, ma nell'ultimo di L. Rosse è quasi svanita la regione ovale che da noi si vede benissimo. Ma il suo disegno è dichiarato da lui stesso incompleto. Essa è enorme: il diametro minore = $104'' 44$. La direzione dell'asse minore = 6° , del maggiore 97° .

Tra le nebulose irregolari ve ne sono molte che coi forti strumenti di Lord Rosse hanno manifestato una struttura spirale simile a quella de' Levrieri descritta di sopra.

Questa struttura così moltiplicata ci richiama alla mente la potenza delle forze centrali che tenderebbero a riunire in un sol centro stellare le masse diffuse gassose. Questo suggerisce delle idee cosmogoniche analoghe a quelle già emesse da Kant, Herschel e Laplace, che suppongono le stelle formate dalla materia nebulare. Ma su queste ritorneremo a luogo più opportuno.

Vi sono poi delle Nebulose doppie e triple, di cui è un saggio nella fig. 6 Tavola VII le quali però finora non han dato segno di legame fisico, ma sono probabilmente connesse. Di queste parleremo a suo luogo.

go.

Altre Nebulose sono congiunte in modo curioso colle stelle, tale è la fig. 3 Tavola VII (H. 1437 posta in A. R. = $6^{\text{h}} 31^{\text{m}} 31^{\text{s}}$, Decl. + $8^{\circ} 51' 40''$) che sembra una coda di cometa attaccata alla stella, tali le tre linee stellari che partono dalla nebulosità in A. R. = $21^{\text{h}} 32^{\text{m}} 26^{\text{s}}$ Decl. = $- 23^{\circ} 47' 59''$; ma che forse sono solo accidentalmente connesse: però la figura di H. è assai differente da quella che abbiamo veduto noi (v. *Mem.* del 1852 al 1855) e forse vi è cambiamento. Noi vi trovammo una massa irregolare nebulosa da cui partivano tre raggi di stelle in direzione $166^{\circ}, 5$; $146^{\circ}, 1$; $187^{\circ}, 5$ i tre raggi hanno un punto di convergenze molto lontano. Ulteriori osservazioni potranno decidere se le stelle vi siano fisicamente connesse o no.

Chi desidera vedere una numerosa raccolta delle forme bizzarre di questi oggetti, oltre le memorie originali di Herschel e Lord Rosse, Lassel ed altri, può consultare le figure raccolte da varii autori, ma in queste è da stare assai in guardia contro le esagerazioni numerose delle luci, e di alcune può dirsi che sono vere mostruosità.

Una descrizione di tutti questi oggetti eccede i limiti di quest'opera: a supplire in qualche modo soggiungiamo in fine una lista de' più belli e più importanti estratta pure, come le due precedenti, dall'opera del sig. Chambers.

Capo III.

MOVIMENTI STELLARI.

Dopo studiata la distribuzione e la natura fisica delle stelle è mestieri entrare ad investigare la meccanica generale dei loro sistemi e dei loro movimenti. Questa parte è una materia tutta differente dalla prima, ed esige misure assolute di grande precisione. Quindi anche questo è uno studio tutto nuovo, e che costituisce un ramo di scienza esatta, di cui gli antichi non ebbero idea. Considereremo in prima i moti generali delle stelle, le loro cause primarie, e poscia i moti sistematici dipendenti dalle mutue forze attrattive.

§ I.

Moti propri delle Stelle.

Gli astri che adornano il firmamento fino dai più remoti secoli furono divisi in fissi ed erranti. I fissi furono detti *Stelle*, gli altri *Pianeti* e *Comete*. Nell'infanzia della scienza, quando la sfera celeste si concepiva una volta solida le stelle erano necessariamente stimale fisse, e per giunta credute *affisse* alla medesima in modo invariabile. Nè poteva essere altrimenti, poichè anche quando lo spirito umano ebbe fatto il gran passo di figurarsi la Terra sospesa nello spazio, non seppe darsi ragione del come essa si reggesse, se non supponendola nel *centro* del mondo. Fu solo dopo un gigantesco progresso della scienza che la Terra potè concepirsi stabile nella sua mole e insieme girante intorno al Sole, il quale alla sua volta divenne il centro del mondo. Ma una volta entrata la mente in quest'ordine di idee, e compreso che la stabilità delle cose su di un corpo celeste era compatibilissima col suo trasporto nello spazio; ne venne per conseguenza che il Sole stesso con tutto il suo sistema poteva essere in moto, e col Sole tutte le stelle, giacchè la sfera solida era già svanita per sempre e le stelle non potevano più immaginarsi che come tanti Soli indipendenti dal nostro e collocati a distanze immense e da noi inconcepibili.

La mobilità delle stelle era così un corollario della teoria cosmica prevalente. Il genio di Halley in questo come in tante altre cose ebbe il primato. Confrontando esso le posizioni date dai primitivi cataloghi, di Sirio, Arturo, Aldebaran ed altre stelle, vide che dopo tenuto conto di tutte le variazioni progressive dovute alla precessione degli equinozi e dei moti annuali periodici, esse erano differenti dalle osservate a' suoi tempi di 37' 42" e 33"; quantità le quali non potevano attribuirsi ad errori di copisti, nè di osservazioni. Il cambiamento di Aldebaran è anche confermato da una occultazione osservata nel 509 dopo G. C. l'11 marzo ad Atene, cose che secondo la teoria lunare non poteva accadere se la stella avesse avuto allora il posto che ha adesso.

Da questi fatti la probabilità di un moto nelle stelle era divenuta certezza, ma le osservazioni grossolane de' tempi anteriori, e la piccolezza di questi moti non lasciavano sicurezza veruna alle conseguenze pratiche. Era riserbato ai tempi moderni il fare osservazioni di tal precisione che si potesse con fondamento sicuro definire le leggi e tirarne le conseguenze, anche per una distanza di tempo non lunghissimo tra le osservazioni.

Per comprendere la difficoltà del soggetto basta riflettere che nella maggior parte delle stelle questi moti non raggiungono la grandezza di 1" all'anno, e che i massimi tra essi non eccedono 6" e 7"; e questi si trovano solo in pochissime stelle eccezionali. Finchè dunque le osservazioni non erano tali che fossero sicure entro un piccolissimo numero di secondi, tali moti si doveano confondere per moltissimi anni cogli errori di osservazione. Per fare una buona osservazione non basta l'abilità dell'astronomo, si esige anche una grande perfezione nello strumento, e questi non si ebbero competenti che all'epoca di Bradley, poco più di un secolo fa, quando Graham e Bird perfezionarono le divisioni dei circoli, gli orologi e gli strumenti de' passaggi. Allora si cominciò realmente a mettere i fondamenti necessari per riuscire in questo dedalo. I moderni profittando di questi dati anteriori han potuto determinare questi movimenti con grande precisione, e li vengono sempre meglio fissando col progresso del tempo. Così Argelander confrontando le sue osservazioni con quelle di Bradley, ed altri appresso di lui poterono avviare la scienza alla soluzione precisa del gran problema. La tavola seguente tratta dall'opera di Struve, intitolata *Stellarum fixarum*

in primis duplicium atque multiplicium positiones mediae ecc., pag. CLIII e seguenti, *Petropoli* 1852, contiene una lista di quelle stelle che hanno un moto proprio maggiore di 10" in 70 anni e sono delle più lucide. La lista originale è molto più copiosa, e contiene molti movimenti più piccoli di questi, ma abbiamo creduto che questa bastar potesse per i nostri lettori.

TAVOLA DE' MOTI PROPRI DELLE STELLE PRINCIPALI.

Nome delle Stelle	Posto della Stella 1790, 0		λ	Moto proprio osservato		Nel circ. massimo II	Moto proprio particolare		Moto particolare nel circ. massimo	
	α	δ		in AR p	in Decl. p'		in AR q	in Decl. q'	probab. σ	minimo τ
β Cassiopea	23 ^{or} 58'	58° 0	0,488	+ 39", 5	- 13", 8	41, 8	+ 29", 6	- 11, 1	31", 6	3", 1
η Cassiopea	0 37	56, 7	256	+ 79, 7	- 36, 2	87, 5	+ 74, 8	- 34, 0	82, 2	0, 7
β Andromeda	58	34, 5	488	+ 13, 7	- 4, 4	14, 4	+ 4, 7	- 0, 1	4, 7	1, 8
ζ Pesci	1 3	6, 5	240	+ 10, 6	- 3, 8	11, 3	+ 6, 2	- 2, 5	6, 7	0, 8
δ Cassiopea	12	59, 1	362	+ 23, 2	- 3, 6	23, 5	+ 16, 7	+ 0, 4	16, 7	8, 8
α Ariete	55	22, 5	0, 555	+ 13, 9	- 9, 7	16, 9	+ 5, 2	- 4, 6	6, 9	1, 5
\circ Balena	2 9	- 3, 9	256	+ 0, 8	- 13, 9	13, 9	- 3, 0	- 13, 0	13, 3	13, 2
θ Perseo	30	48, 3	240	+ 25, 0	- 7, 8	26, 2	+ 21, 7	- 4, 3	22, 1	12, 7
γ Balena	32	2, 3	0, 362	- 9, 4	- 10, 0	13, 7	- 14, 2	- 8, 1	16, 3	13, 7
40 Eridano	4 5	- 8, 0	256	- 162, 6	- 256, 7	303, 9	- 164, 2	- 256, 2	304, 3	304, 3
α Toro	24	16, 1	940	+ 4, 4	- 11, 0	11, 8	- 0, 0	- 1, 5	1, 5	0, 4
ω Cocchiere	45	37, 6	257	+ 8, 1	- 7, 0	10, 7	+ 7, 4	- 2, 9	7, 9	6, 9
Capra	5 1	45, 8	1, 250	+ 6, 2	- 30, 4	31, 0	+ 4, 6	- 8, 0	9, 2	4, 1
β Toro	13	28, 4	0, 555	+ 4, 2	- 14, 0	14, 6	+ 3, 9	- 6, 3	7, 4	3, 9
Sirio	6 36	- 16, 5	2, 000	- 38, 6	- 90, 3	98, 2	- 24, 8	- 92, 5	95, 8	25, 2
Castore	7 21	32, 3	0, 770	- 15, 2	- 3, 5	15, 6	- 7, 1	+ 6, 8	9, 8	9, 6
Procione	28	5, 7	1, 030	- 51, 4	- 77, 1	92, 7	- 40, 0	- 70, 6	81, 1	41, 5
Polluce	32	28, 5	0, 830	- 48, 3	- 3, 4	48, 4	- 38, 8	+ 6, 6	39, 3	32, 7
ζ Cancro	8 0	18, 3	217	+ 7, 3	- 8, 8	11, 4	+ 10, 1	+ 6, 8	12, 2	11, 5

TAVOLA DE' MOTI PROPRI DELLE STELLE PRINCIPALI (*Continua*)

Nome delle Stelle	Posto della Stella 1790, 0		λ	Moto proprio osservato		Nel circ. massimo II	Moto proprio particolare		Moto particolare nel circ. massimo	
	α	δ		in AR p	in Decl. p'		in AR q	in Decl. q'	probab. σ	minimo τ
ι Orsa Magg.	8 13	61,4	0,326	-9,4	-9,1	13,1	-4,8	-4,2	6,4	0,7
ϵ Idra	36	7,2	274	-14,2	+0,5	14,2	-9,9	+2,2	10,1	5,7
ι Orsa Magg.	45	48,9	362	-35,0	-20,3	40,5	-29,1	-15,8	33,1	5,2
θ Orsa Magg.	9 19	52,6	362	-73,7	-41,7	84,7	-67,3	-37,8	77,2	2,9
ν Orsa Magg.	36	60,0	284	-19,7	-12,0	23,1	-14,4	-9,2	17,1	1,2
Regolo	57	13,0	840	-20,5	-2,5	20,7	-4,4	+7,6	8,8	8,7
λ Orsa Magg.	10 4	44,0	326	-13,0	-3,6	13,5	-6,6	-1,0	6,7	1,9
γ Leone	8	20,9	588	+20,8	-9,4	22,8	+32,3	-5,6	32,8	23,1
α Orsa Magg.	51	62,9	555	-9,0	-6,4	11,0	+2,2	-4,1	4,7	4,2
ξ Orsa Magg.	11 7	32,7	284	-33,6	-43,8	55,2	-27,8	-42,5	50,8	35,2
ι Leone	13	11,7	0,265	+10,0	-2,1	10,2	+15,4	-0,8	15,4	10,7
β Leone	11 38	15,7	0,555	-38,7	-5,9	39,1	-27,4	-3,7	27,6	1,8
β Vergine	40	2,9	0,326	+55,1	-18,7	58,2	+61,7	-17,2	64,1	58,6
δ Orsa Magg.	12 5	58,2	326	+9,5	-3,2	10,0	+16,0	-3,6	16,4	10,1
γ Vergine	31	-0,3	448	-40,8	+1,9	40,8	-32,0	+4,0	32,2	11,5
12 Levrieri	46	39,5	338	-18,5	+5,6	19,3	-12,1	+5,2	13,2	4,7
ζ Orsa Magg.	13 15	56,0	531	+10,5	-1,4	10,6	+20,0	-4,5	20,5	10,9
Arturo	14 6	20,3	1,320	-84,1	-146,1	168,6	-64,1	-146,5	159,9	147,3
θ Boote	18	52,8	0,284	-19,7	-29,2	35,2	-15,6	-31,7	35,3	34,8
γ Boote	24	39,2	0,411	-0,4	+13,2	13,2	+5,3	+10,8	12,0	12,0

TAVOLA DE' MOTI PROPRI DELLE STELLE PRINCIPALI (*Continua*)

Nome delle Stelle	Posto della Stella 1790, 0		λ	Moto speciale osservato		Nel circ. massimo II	Moto proprio particolare		Moto particolare nel circ. massimo	
	α	δ		in AR p	in Decl. p'		in AR q	in Decl. q'	probab. σ	minimo τ
μ Boote	15 ^h 17	38, 1	0,256	- 11, 2	+ 9, 1	14, 4	-8, 6	+ 7, 2	11,2	1,3
γ Corona	15 34	27, 0	0, 265	- 7, 3	+ 8, 0	10, 8	-5, 0	+ 6, 9	8,5	4,5
α Serpente	34	7, 1	0, 488	+ 12, 7	+ 6, 9	14, 5	+17, 0	+ 8, 0	18,8	15,0
ζ Ercole	16 33	32, 0	378	- 32, 1	+ 34, 5	47, 0	-30, 7	+ 32, 0	44,3	10,6
δ Ercole	17 16	25, 1	262	- 7, 4	- 8, 8	11, 5	-7, 1	- 10, 4	12,6	11,1
α Ofiuco	25	12, 7	555	+ 6, 2	- 12, 9	14, 3	+5, 8	- 12, 8	14,0	10,8
μ Ercole	38	27, 9	274	- 27, 7	- 53, 1	59, 9	-28, 2	- 54, 6	61,3	59,7
ψ Dragone	46	72, 2	256	- 2, 5	- 18, 7	18,9	-3, 2	- 23, 3	23,5	18,8
70 p. Ofiuco	55	2, 6	556	+ 15, 8	- 81, 3	82, 8	+14, 9	- 80, 3	81,7	42,3
χ Dragone	18 25	72, 6	0, 284	+ 37, 9	- 26, 9	46, 5	+36, 2	- 31, 7	48,1	46,8
α Lira	30	38, 6	1, 300	+ 15, 2	+ 22, 4	27, 1	+6, 8	+ 11, 5	13,4	1,0
δ Dragone	19 12	67, 3	0, 362	+ 8, 7	+ 5, 2	10, 1	+5, 1	- 0, 2	5,1	4,8
α Aquila	41	8, 3	840	+ 40, 5	+ 30, 7	50, 8	+30, 4	+ 32, 5	44,5	37,2
β Aquila	45	5, 9	256	+ 4, 9	- 33, 2	33, 6	+1, 8	- 32, 4	32,4	31,0
γ Delfino	20 37	15, 4	284	- 3, 3	- 12, 5	12, 9	-7, 7	- 12, 2	14,4	13,0
ε Cigno	38	33, 2	411	+ 26, 7	+ 26, 5	37, 6	+20, 2	+ 25, 2	32,3	20,3
η Cefeo	41	61, 0	284	+ 5, 9	+ 60, 7	61, 0	+1, 4	+ 58, 2	58,2	49,8
61 Cigno	58	37, 8	1, 690	+ 304, 9	+ 236, 0	385, 6	+276, 4	+230, 6	359,7	168,8
δ Cavallino	21 04	9, 2	0, 248	+ 5, 7	- 20, 7	21, 5	+1, 4	- 20, 0	20,0	19,7
1 Pegaso	12	18, 9	0, 217	+ 10, 2	+ 8, 1	13, 0	+ 6, 4	+ 8, 3	10,5	8,5

TAVOLA DE' MOTI PROPRI DELLE STELLE PRINCIPALI (*Fine*)

Nome delle Stelle	Posto della Stella 1790, 0		λ	Moto proprio osservato		Nel circ. massimo II	Moto proprio particolare		Moto particolare nel circ. massimo	
	α	δ		in AR p	in Decl. p'		in AR q	in Decl. q'	probab. σ	minimo τ
α Cefeo	21 ^h 14	61, 7	0,411	+ 11,0	+ 0,2	11,0	+ 3,8	- 2,7	4, 7	4, 3
μ Cigno	35	27, 8	274	+ 15,1	- 16,9	22,7	+ 10,0	- 16,9	19, 6	17, 0
β Lacerta	22 15	51, 2	0,232	- 2,7	- 13,5	13,8	- 7,3	- 13,8	15, 6	14, 0
ζ Aquario	18	- 1, 5	294	+ 11,4	+ 3,6	12,0	+ 5,6	+ 5,0	7, 5	6, 0
ι Cefeo	42	65, 1	284	- 6,8	- 10,2	12,3	- 12,6	- 10,4	16, 3	12, 3
ψ Aquario	23 5	- 10, 2	217	+ 28,3	+ 0,8	28,3	+ 23,9	+ 1,8	24, 0	6, 9
λ Andromeda	27	45, 3	256	+ 11,4	- 29,6	31,7	+ 6,2	- 28,6	29, 3	27, 1
γ Cefeo	31	76, 5	326	- 4,9	+ 12,2	13,1	- 11,6	+ 13,0	17, 4	12, 8
α Andromeda	58	27, 9	710	+ 8,5	- 9,5	12,7	- 5,8	- 5,4	7, 9	6, 9

In questa tavola la prima colonna contiene il nome della stella, la seconda la sua posizione approssimata in Ascensione retta α in ore e minuti, e la Declinazione δ in gradi e decimi soltanto, la quarta un coefficiente λ di cui daremo appresso il significato, la quinta e sesta il moto proprio osservato in Asc. Retta, in Declin. e nel circolo massimo, cioè la sua grandezza apparente risultante in secondi di arco in 70 anni. Delle altre colonne daremo appresso la spiegazione. La piccolezza dei moti è qui posta in evidenza. Un esame più attento ci svela altre particolarità importanti.

1.° È impossibile non riconoscere in questa lista una legge nei segni. Nelle Ascensioni Rette i segni sono quasi tutti + nelle prime 6 ore, e sono - nelle altre 6; ritornano + dalle 12 alle 18, e finalmente prevalgono i + in fine. In Declinazione i moti dominanti sono -ⁱ nelle prime 12 ore, e +^{vi} nelle ultime. Da questa sistematica distribuzione di segni è facile presumere che vi deve essere qualche causa comune che loro dia tal legge, e che *a priori* non può attribuirsi ai moti singolari delle stelle i quali di lor natura dovrebbero esser diretti per tutti i versi.

2.° Il signor Proctor ha graficamente costruito in alcune tavole i moti proprii principali di molte stelle, ed è arrivato alla conseguenza importante che le direzioni di questi moti sono identiche in certi gruppi naturali di stelle vicine. Così, per esempio, nel gruppo delle 7 stelle dell'Orsa le cinque $\beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta$, e alcune compagne di questa vanno tutte nello stesso senso: mentre le altre due α ed η vanno in senso opposto. Vedemmo già che α è di tipo spettrale diverso dalle altre, e che per ciò non sembra appartenere allo stesso gruppo. Ciò mostra che le prime fanno un sistema comune a cui non appartengono le altre due. Nelle Pleiadi metà vanno in un senso, metà in un altro; nei Gemelli moltissimi gruppi hanno la stessa direzione di moto che varia però da un gruppo all'altro.

3.° Esaminando teoricamente tali movimenti è facile comprendere che essi possono essere o reali o apparenti, o l'uno e l'altro insieme. Nel primo caso non potrebbe aversi una legge definita senza che le stelle visibili facessero un sistema particolare da noi perfettamente penetrabile e soggetto a certa legge di moto comune, cosa assai difficile ad ammettersi. Ma possono anche essere apparenti e dovuti al moto dell'osservatore nello spazio, cioè al moto del Sole che trasporta tutto il sistema; e finalmente può esser vero l'uno e l'altro. È dunque mestieri studiare a fondo le particolarità di questi movimenti, e perciò l'importanza di questi fatti è assai grande. Ma essa apparirà maggiore quando avremo studiato questi moti in relazione di altre particolarità delle stelle.

4.° Una cosa importante da studiare si è il rapporto che passa tra i moti proprii e le grandezze delle stelle. Qui però è da avvertire che bisogna prendere il risultato che deriva da un gran numero di stelle unite insieme, perchè venendo ai casi particolari vi è una troppo grande irregolarità. Infatti una occhiata data alla tavola precedente ci mostra che in generale le stelle maggiori hanno bensì moti proprii maggiori, ma ve ne sono di quelle, come la 61 Cigno, 1830 Groombridge, 40 Eridano che sono assai piccole, eppure hanno moti molto grandi.

W. Struve da una discussione de' moti proprii delle stelle più lucide di Bradley in numero di 180 ha concluso i valori seguenti:

I. ^a	Categoria	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Moto in A R} \\ \text{» in Decl.} \\ \text{» in Circ. mass.} \end{array} \right.$	= 11", 60	$\left. \begin{array}{l} \text{Nel tempo di} \\ \text{75 anni con} \\ \text{180 stelle.} \end{array} \right\}$
	grandezza		= 11, 46	
	media 2 ½		= 16, 67	

Per le stelle minori di grandezza media 5 ½ incirca ritrova

II. ^a	Categoria	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Moto in A R} \\ \text{» in Decl.} \\ \text{» in Circ. mass.} \end{array} \right.$	= 4", 60	$\left. \begin{array}{l} \text{In 75 anni con} \\ \text{con 206 stelle} \end{array} \right\}$
	grandezza 5 ½		= 3, 53	
			= 6, 71	

Tutte poi quelle di queste due categorie prese in media indistintamente danno

Moto	in A R	= 7", 94	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{In 75 anni}$
»	in Decl.	= 7, 29	
»	in Circ. mass.	= 11, 87	

Considerando poi le stelle più piccole non comprese nelle osservazioni di Bradley, ma osservate da Lalande Groombridge e Piazzini, si trova che in 30 anni danno

Moto in A R	= 1", 117
» in Decl.	= 0, 821

e ricapitolando e riducendo tutte all'intervallo di 30 anni si ha

	GRAND.	MOTO IN A.R.	IN DECLIN.
I. ^a classe 180 lucide	2, 75	4", 64	4", 58
II. ^a » 260 lucide	5, 65	1, 87	1, 41
III. ^a Rimanenti 1276 piccole	10,34	1, 12	0, 92

Donde risulta che i moti proprii sono in proporzione delle grandezze. Separando però le stelle in semplici e doppie, risulta che le stelle doppie hanno moti in genere più grandi delle semplici e sarebbero in medio per le semplici 9",28, per le doppie 15",01, con rapporto 1,618.

Da questa discussione risulta 1.° che le stelle grandi hanno moti più grandi: 2.° che a pari grandezza le doppie hanno moto più grande delle semplici. L'ultima conclusione poteva aspettarsi perchè la divisione di una massa cosmica in due potè esser nella sua origine facilitata da un'impulsione primitiva più energica, ed eccentrica; vedremo fra poco l'importanza della prima di queste conseguenze.

Sia dunque che i moti siano veri e proprii delle stelle, sia che essi dipendano meramente dal moto dell'osservatore secondo il principio delle probabilità, si rileva da questo solo dato che le stelle più grandi devono essere più vicine, atteso che lo spazio lineare percorso da un corpo qualunque (*ceteris paribus*) deve apparire tanto più grande quanto esso è più vicino. Ma per decidere se il moto sia dovuto all'una o all'altra causa è mestieri studiare più addentro e per altra via il problema e cercare 1.° quale altro criterio si possa avere per conoscere la distanza relativa delle stelle: 2.° vedere quali movimenti sistematici nelle apparenze deve introdurre la considerazione di un moto proprio dell'osservatore. Di questi due punti ci occuperemo nei prossimi articoli, qui faremo soltanto una digressione indispensabile sul modo di valutare se sia possibile il moto assoluto delle stelle anche nella direzione del raggio visuale, poichè i moti proprii rilevati cogli ordinari strumenti astronomici non danno che la componente angolare del movimento perpendicolare al raggio suddetto, e nessun indizio ci mostrano del moto longitudinale secondo il raggio medesimo, nè della loro velocità lineare.

§ II.

Come lo spettroscopio possa far rilevare i movimenti stellari.

È opinione di molti valenti spettroscopisti che le misure spettrali ci possano dare un mezzo delicatissimo da conoscere anche i moti assoluti nella direzione del raggio visuale. Essendo questo un punto assai delicato, crediamo necessario esporre la cosa con tutta imparzialità. Ecco brevemente il come. Fino dal 1842 Doppler fece osservare che se una stella aveva un moto proprio qualunque, essa doveva cambiare di colore. Infatti si sa che i moti vibratorii si propagano con uniforme velocità nello spazio libero; onde se il corpo vibrante sia fisso, e la durata della sua vibrazione sia costante, il mezzo scosso è distinto in tante zone dette *onde*, tutte di eguale lunghezza, e può definirsi l'onda «*lo spazio percorso dal moto ondulatorio durante il tempo di una vibrazione della molecola.*» Ma se la molecola vibrante sarà in movimento verso l'osservatore (sempre secondo Doppler) le onde si troveranno *accorciate*, rapporto a quelle fatte quando la molecola era in quiete, poichè dovrà sottrarsi dalla loro lunghezza primitiva lo spazio percorso da essa molecola durante la vibrazione. Viceversa se la molecola si allontana, le onde si allungheranno di questo stesso spazio. Quindi, se si tratta di suono il *tono* (*pitch* in inglese, *hauteur* in francese) monterà nel primo caso, e si abbasserà nel secondo. Lo stesso accadrà se l'osservatore cammina verso l'origine del moto vibratorio, o se ne allontana. Queste variazioni pel suono furono comprovate sperimentalmente da

Fizeau, ed ognuno può verificarle nel fischio della locomotiva che presenta tono ben diverso nell'accostarsi e nell'allontanarsi quando il treno passa fischiando avanti all'osservatore. Tale è la teoria di Doppler, ammessa da moltissimi scienziati: però non sono mancati oppositori. Alcuni hanno ammesso solo l'influenza pel moto dell'osservatore, e negata per quella del moto del punto vibrante, specialmente per la luce in cui le vibrazioni sono trasversali, benchè l'ammettano pel suono in cui esse sono longitudinali^[49].

Stabilito questo principio Döppler arguiva che pel moto delle stelle dovea accadere altrettanto, e che per conseguenza se la combinazione portava che le onde si accorciassero, la stella avrebbe perduto il rosso che sarebbesi per esempio, trasformato in ranciato o in giallo, e nell'allontanarsi avrebbe perduto il violetto che sarebbe divenuto bleu o verde. Quindi un cambiamento generale nel colore della stella. Fu però da noi^[50] e da altri fatto osservare che tal conseguenza non reggeva, poichè essendovi raggi oscuri invisibili oltre il rosso e il violetto, questi al cambiamento delle onde avrebbero preso le tinte che doveano scomparire pel rosso e pel violetto rispettivamente, talchè il colore generale non sarebbe cambiato. Aggiungevamo però che tal moto potevasi svelare mediante lo spettroscopio. Infatti se il giallo per esempio per tal moto fosse diventato verde questa mutazione non avrebbe però potuto sostituire le linee nere di Fraunhofer pel magnesio o pel sodio, e i raggi mancanti nelle righe *b* e *D*; talchè accorciate tutte le onde, anche quelle del magnesio e del sodio si sarebbero accorciate mutando refrangibilità, e per ciò non sarebbero più al posto del magnesio o del sodio chimico bruciato sul nostro globo; talchè queste righe sarebbero spostate nella stella rapporto ai nostri metalli in un senso o in un altro; e se la stella si accostava a noi esse sarebbero andate verso il violetto, se discostavasi verso il rosso. Quello che si dice del sodio deve dirsi dell'idrogeno e altre sostanze chimiche che noi possiamo confrontare colle stelle. Non solo ne additammo il fenomeno, ma cercammo anche di verificarlo colla sperienza, ma i nostri mezzi strumentali erano per ciò troppo grossolani. Per dare una idea della difficoltà dell'esperimento facevamo osservare che per fare accorciare l'onda di 40,63 milionesimi di millimetro e fare che la riga E passasse ad F la stella dovea avere una velocità di 32000 chilometri per secondo, cosa molto improbabile a trovarsi. Ma gli spettroscopii attuali potevano indicare spostamenti assai minori, e per spostare della quantità di cui sono separate le due *D*₁, *D*₂ del sodio bastano 304 chilometri per secondo, e il decimo di questo spazio sarebbesi ottenuto con non più che la velocità della nostra terra attorno al sole. I nostri nuovi esperimenti non furono

[49] A questa teorica, e specialmente alla sua prima parte può ragionevolmente opporsi quanto segue. Dopo fatta la prima vibrazione che sarà accorciata (il che è vero), la vibrazione successiva nata dalla prima percorrerà nel tempo Θ della vibrazione molecolare lo spazio che le è dovuto secondo la velocità di propagazione propria alla elasticità del mezzo, senza sentire l'influenza del raccorciamento che ha provato la prima. Infatti, per la definizione dell'onda data nel testo, se nel tempo Θ dell'oscillazione molecolare il centro vibrante si sposta di $+\omega$ nel senso della visuale, detto σ lo spazio che percorre la trasmissione del moto vibratorio nel mezzo durante esso tempo Θ , la lunghezza della prima onda sarà $(\sigma - \omega)$ ciò è chiaro; ma non segue da ciò che anche le altre onde seguenti che successivamente nascono nel mezzo debbano essere accorciate, perchè nel tempo Θ in cui si fa la seconda vibrazione, benchè essa pure non abbia che una lunghezza $(\sigma - \omega)$ tuttavia nulla impedisce che intanto l'onda prima che trovasi liberamente formata nel mezzo fluido non percorra il suo spazio σ , e quindi conservi la sua lunghezza normale dovuta unicamente alla elasticità del mezzo e non all'impulso della molecola vibrante. Laonde la traslazione del centro vibrante non avrebbe alcuna influenza nella lunghezza delle onde che si formano successivamente, se non qualora il moto della molecola vibrante avesse maggior velocità della propagazione ondosa nel mezzo trasmittente, come accade nell'onda solitaria alla prora delle navi. Si vede pertanto che definendo l'onda, come abbiám detto noi — «lo spazio che percorre il moto vibratorio nel mezzo durante il tempo della vibrazione molecolare» — non si deve verificare la variazione della lunghezza di onda, nè lo spostamento delle righe.

Ciò si capisce meglio supponendo che la molecola si fermi dopo finita la prima ondulazione, poichè tutte le onde che nasceranno dalla prima si propagheranno percorrendo necessariamente uno spazio σ nel tempo Θ .

Tuttavia è pure evidente che spostandosi il centro vibrante, le origini delle onde varieranno, e che una incalzerà l'altra con legge diversa da quella che avrebbe luogo pel punto quieto. Si capirà ciò che deve accadere, esaminando ciò che accadrebbe se la molecola camminando non potesse scuoter l'etere che a un'onda sì, e a un'onda no: in questo caso le onde non varierebbero di lunghezza, ma si succederebbero come nel caso in cui succedonsi quelle che nascono in un sistema di più punti, uno de' quali fosse distante dall'altro dell'intervallo ω (dello spazio cioè percorso dal mobile) ora queste onde si sovrappongono e si compongono, ma non si accorciano nello spazio. Se il mobile si allontana, l'onda sarà tutta spostata, ma non allungata. Ne segue ancora che la forma dell'onda sarà cambiata dal moto del punto vibrante, e la curva delle sue ordinate molto mutata, perchè in una fase la velocità molecolare e la traslatoria si sommano mentre nell'altra si sottraggono. Ma questa modificazione è cosa ben distinta dall'allungamento o scorcimento dell'onda.

Laonde la questione è ridotta a sapere = se queste onde che successivamente si incalzano aventi origine in punti diversi dello spazio, e sulle quali arriva la seconda avanti che la prima sia sviluppata, di sapere dico, se questo incalzarsi possa equivalere o no, per l'effetto ottico, ad un accorciamento di onda nel mezzo in cui esse si svolgono =.

Il moto dell'osservatore però deve produrre l'effetto di allungamento o di accorciamento nell'onda per il fatto che nel medesimo tempo esso riceve più pulsazioni o meno secondo che si accosta al centro vibrante, o se ne scosta. Tal'è, se non erriamo, l'obiezione mossa alla teoria comune dal signor Van Der Willigen. Noi ignoriamo se altri lo abbia chiaramente confutato.

[50] Vedi *Comptes Rendus* 1863 2 Marzo, *Bullettino Meteor.* Del Coll. Rom. 31 Luglio 1863.

potuti eseguire che nel 1868, e trovammo allora che mentre la F coincideva con H β dell'idrogeno nella Lira, essa non vi coincideva nell' ϵ Orsa Maggiore e in altre stelle, ma sempre la mediocrità de' nostri mezzi lasciava dubbia la quantità dello spostamento, e spesso anche il verso. Laonde abbandonammo il lavoro, per allora.

Il signor Huggins intanto dopo di noi fornito di migliori strumenti ha ripreso le ricerche e ha dato risultati, nei quali mostra molta fiducia. Per esso fu acquistato dalla Società Reale di Londra un Refrattore parallattico di 15 pollici di apertura, corredato di tutti i più squisiti apparati e mezzi necessari a tal uopo. Ecco alcuni di questi movimenti delle stelle: Sirio si allontana dalla terra di -27 chilometri per secondo (corretto del moto dovuto alla traslazione della Terra stessa). Betelgeuse si scosta di 20^k , Rigel di 15, Regolo di 28, Castore di 15, quelle dell'Orsa β , γ , δ , ϵ , ζ , ecc. si scostano: si accostano invece Arturo di 55, Vega di 46, α Cigno di 39, α Orsa Mag. di 6^k , γ Leone, ϵ Boote α Pegaso, γ Pegaso, α Andromeda, tutte si accostano.

Ma appena furono pubblicati questi risultati del signor Huggins, si vide che erano contrarii agli ultimi nostri e ciò fece una difficoltà. Il signor Vogel si occupò pure di questo soggetto e trovò per alcune stelle risultati conformi ai nostri ed altri contrarii. A Greenwich si sono ripetute alcune osservazioni che danno per la Lira -19_k , per varie stelle tutti moti negativi, cioè di allontanamento: per l'Aquila moto incerto, per α Pegaso -20 . Le stelle β , γ , δ , ϵ , ζ dell'Orsa Maggiore si allontanano di 20 miglia al secondo mentre α e η si accostano. Stante questi risultati contrarii ottenuti bene spesso nello stesso osservatorio, e per la stessa stella, come si vede nei quadri di Greenwich e le enormi aberrazioni tra una osservazione e l'altra, non che pure la copia dei moti negativi, tutto ciò induceva a sospettare di qualche errore sistematico.

Intraprendemmo pertanto una ricerca conscienziosa sulle cause di errore che potevano aver luogo in queste osservazioni. Benchè queste ricerche non siano finite, possiamo però assicurare di essere stati condotti alla conclusione, che *molte di queste deviazioni possono essere vero difetto degli strumenti*, e che per ora anche prescindendo dal dubbio che regna sul principio teorico^[51], noi manchiamo di un mezzo pratico abbastanza sicuro per determinare tale elemento. Dopo queste nostre riflessioni il sig. Christie a Greenwich ha ripetuto le osservazioni, e sarebbesi adesso trovato d'accordo col sig. Huggins. Il sig. Langley avrebbe trovato la conferma della teoria nella rotazione del sole, da noi pure già indicata. Ma malgrado tutti questi risultati tutti i dubbi non sono ancora dissipati trattandosi di quantità estremamente piccole. Inoltre è da avvertire che il risultato sperimentale non basterebbe a risolvere il dubbio teorico, giacchè le variazioni spettrali dipender potrebbero solo dal moto vero della terra che si allontanerebbe o accosterebbe alla stella, e non dalla stella che si moverebbe realmente nello spazio. Facciamo questa dichiarazione con tanto maggior franchezza, in quanto noi siamo stati i primi forse ad attirare l'attenzione dei dotti su questo soggetto^[52]. Tuttavia se queste difficoltà pratiche potranno superarsi, e se sarà messa fuor di dubbio la teoria, noi potremo per tal mezzo arrivare ad esplorare il moto proprio anche nella direzione del raggio visuale, e componendolo col moto laterale dato dalle osservazioni meridiane, si potrà determinare la risultante complessiva almeno per approssimazione. Ma per ora la piccolezza della deviazione, congiunta coi dubbi teorici, e colla difficoltà degli esperimenti, non inspira per questo metodo la medesima fiducia che pel comune.

Per far vedere che non esageriamo in ciò le difficoltà, diremo che mentre alla Cometa di Coggia del 1874 lo spettroscopio assegnava un avvicinamento alla Terra di 46 miglia inglesi per secondo, in realtà esso non era che di 24.

§ III.

Moto proprio del Sole.

Se le stelle hanno dei moti di traslazione loro proprii è ben naturale supporre che anche il Sole deve averne, e che per conseguenza tutto il suo sistema sia mobile nello spazio.

[51] Vedi la nota precedente

[52] Vedasi il *Bull. Meteorolog.* dell'Osservatorio del Collegio Romano 1863, numeri 15, 16, 17, anche i *Comptes Rendus* de l'Accad. di Parigi. Marzo 1863.

A questa conclusione erano giunti naturalmente gli astronomi non appena ebbero una idea esatta del sistema solare; ma il verificare tal moto, assegnandone la direzione e la sua grandezza, era problema che esigeva un patrimonio di osservazioni di ben altra precisione di quella che non si possedeva da essi. W. Herschel tuttavia cercò di risolverlo, e riuscì non solo a tracciarne la via, ma anche a darne un risultato soddisfacente.

Per comprender questo, è mestieri presupporre che quando le stelle non siano collocate tutte ad una stessa distanza, cioè fissate sopra una sfera unica geometrica (cosa assurda), se il nostro Sole è in moto, per questo solo fatto appariranno tutte in movimento; a quella guisa che chi cammina in una selva o in una campagna qualunque tutti gli alberi ed altri oggetti posti a differenti distanze, benchè fissi gli sembrano in movimento. Potrebbe quindi accadere che una gran parte dei movimenti stellari, di cui abbiám parlato dianzi, non fossero che dovuti alla traslazione del nostro Sole, ossia non fossero che moti apparenti, e come dicono gli astronomi *parallattici*. Ma se una gran parte di tali movimenti è dovuta a tal cagione, certamente non lo saranno tutti, e perciò complicandosi il problema del moto apparente col reale, la soluzione diventa più difficile.

A fine di riuscire nell'intento malgrado tali difficoltà, analizziamo separatamente i fatti, e cominciamo dal supporre immobili tutte le stelle, benchè poste a distanze diverse, e vediamo quali sarebbero le conseguenze dovute al solo moto solare.

1.° Primieramente il moto apparente si farà sempre in un piano che passerà per la stella, e per la linea percorsa dal Sole ossia (il chè è lo stesso per il noto principio meccanico del moto relativo) il trasporto starà sempre in un piano che passa pel Sole e per l'arco di circolo massimo percorso apparentemente dalla stella.

2.° Per un'altra stella (sempre supponendo questa priva di moto particolare) accadrà lo stesso, e siccome i due piani s'intersecano nella stessa linea percorsa dal Sole, i due circoli massimi si taglieranno in un punto medesimo sulla sfera celeste, che costituirà quello che dicesi *vertice di traslazione*.

3.° Presa una terza stella (pure giudicata immobile) anche questo terzo piano dovrà tagliare i due altri nella loro linea comune, sicchè confrontando fra loro tutte le stelle supposte immote, tutti i piani dei loro moti apparenti avranno una stessa intersezione comune, cioè un apice o vertice unico di convergenza; e questo apice segnerà sul cielo il luogo verso cui è diretto il Sole.

4.° I moti apparenti saranno soggetti ad una legge molto semplice: le stelle sembreranno *divergere* dal lato *verso* cui cammina il Sole, e *convergere* dal lato opposto, come accade a chi cammina in un viale costeggiato da due file parallele di alberi, che quelli davanti vanno divergendo, quelli di dietro convergendo.

Questo è quanto deve accadere nella ipotesi che siano fisse le stelle e tutti i moti siano apparenti. Ma se esse pure fossero in moto, la faccenda sarà complicata dalla velocità propria della stella: e il moto particolare della stella potrà comporsi coll'apparente, mascherarlo e anche rovesciarlo. Siccome questo è il caso pratico, quindi a risolverlo occorre un altro principio. Questo è che secondo tutte le probabilità le stelle particolari avranno movimenti diretti per tutti i versi possibili, o che essendo esse moltissime vi sarà in genere una compensazione, talmentechè la risultante di tali moti apparirà nulla, mentre invece risulterà in piena evidenza il moto unico dovuto alla traslazione solare.

Tal'è il principio che guida la discussione teoretica di questi movimenti. Si devono pertanto definire i moti complessivi delle stelle, e trovare la loro risultante assoluta, e questa si potrà considerare come la risultante definitiva del moto solare, gli altri movimenti dovendosi considerare come accidentali e compensantisi reciprocamente. L'analisi matematica de' moderni dà regole precise per fissare tale risultante, e qui noi non possiamo svilupparle.

Herschel però non usò tal metodo di precisione, ma semplicemente tracciando sulla sfera celeste i circoli massimi spettanti ai moti proprii di varie stelle; vide che le intersezioni dei piani dei loro movimenti prendendo le stelle a due a due andavano a convergere verso la costellazione di Ercole, e fissata la posizione più centrale di tale area, ebbe per coordinate del vertice di traslazione del Sole nello spazio i valori seguenti

$$A R = 245^{\circ} 52', \text{ Declin. } N = 49^{\circ} 58';$$

confessando però esser questa una semplice approssimazione.

Dopo Herschel il primo che se ne occupò seriamente fu l'Argelander. Confrontando le posizioni stellari del catalogo fatto sulle proprie osservazioni con quello di Bradley, concluse il moto proprio di molte stelle, e ne trasse per coordinate del vertice di traslazione

$$A R = 257^{\circ} 49', \text{ Decl. N.} = 28^{\circ} 50',$$

e Ottone Struve da più elaborate ricerche trovò

$$A R = 261^{\circ} 23', \text{ Decl. N} = 37^{\circ} 35',$$

a questi lavori tenne dietro quello di W. Struve che assegnò per tali coordinate:

$$A R = 259^{\circ} 9' \text{ e Decl. N} = 12^{\circ} 51'$$

facendo però notare che qualche variazione dipendeva da alcune incertezze di cui erano affette le osservazioni di Bradley, e mostrando che la differenza in declinazione riuscir poteva grandissima da una piccola differenza della latitudine geografica dell'osservatorio di Greenwich.

Questi lavori erano tutti fondati sulle osservazioni dell'Emisfero Nord. Galloway volle discutere le osservazioni dell'Emisfero Sud, e partendo dalle osservazioni di Lacaille confrontate colle recenti, determinò le coordinate dell'apice o vertice di traslazione in

$$A R = 259^{\circ} 46', \text{ Decl. N} = 32^{\circ} 29';$$

valore che è quasi il medio di tutte le precedenti determinazioni. Ultimamente mentre scrivo il sig. Leo de Ball dalla discussione delle osservazioni fatte negli osservatorii dell'Emisfero australe, ha concluso i valori seguenti:

$$A R = 269^{\circ} 33'. \text{ Decl.} + 23^{\circ} 11'.$$

Siccome in tutti questi valori l'error probabile sta tra i 3 e i 5 gradi, quindi si vede un accordo assai soddisfacente tra questi risultati, il cui medio è

$$\text{in } A R = 261^{\circ} \text{ e } \frac{1}{2}; \text{ Decl.} + 27^{\circ} \text{ in numeri tondi.}$$

Pare pertanto non potersi dubitare che assai vicino al vero è un tale risultato. Si vede inoltre che per trovare la direzione di questo moto non è mestieri conoscere la distanza delle stelle, ma che essa risulta dal semplice spostamento apparente.

È però necessario saper le distanze stellari per valutare il moto assoluto del Sole nello spazio. Struve fondandosi sui principii delle distanze stellari, che esporremo nei paragrafi seguenti, trovò che il moto proprio del Sole veduto da una stella di 5^a grandezza posta nel piano dell'equatore celeste in direzione a quel moto perpendicolare, sarebbe di 3",508 in 70 anni in Asc. R. e 0",800 in declin e di 3",597 nel circolo massimo^[53].

Considerando questo moto nello spazio dietro le distanze ipotetiche suddette, risulterebbe essere di poco più che un raggio e mezzo (1,623) dell'orbita terrestre in un anno, ossia 240 milioni di chilometri all'anno; ma tal valore è molto precario per l'ignoranza delle distanze assolute delle stelle.

Naturalmente tal moto non può essere rettilineo e la direzione varierà col tempo; ma su di ciò la risposta ai tardi nepoti. Ove sia il centro di tale movimento è affatto ignoto, se pure vi è un centro materiale, e la curva non dipende dalla risultante combinata dall'azione di più centri; i tentativi fatti per definirlo sono riguardati come sforzi prematuri.

Stabilito così il moto del Sole, se si ritorna ai moti delle stelle si potrà sottrarre la parte che è di apparenza, e quel che resta mostrerà la porzione del moto particolare delle stelle.

I moti così trovati formano uno de' fenomeni residui delle osservazioni, ed essi solo dopo una enorme durata di secoli si potranno ridurre a qualche legge: per ora dobbiamo considerarli come accidentali. Questo è quello che ha fatto Struve e supponendo gli ordini diversi delle stelle alle distanze r dal sole, mettendo per le varie stelle un coefficiente $\lambda = 1/r$ ha calcolato i varii moti *particolari* che sono inseriti nella tavola data di sopra pag. 185 nelle colonne 7, 8, 9 sotto le lettere q , q' e σ . Siccome però questo valore dipende dalla distanza supposta, ed essa è incerta, esso ha calcolato un valore di σ che è il più piccolo possibile ad ammettere e questo sta nella colonna τ . Pertanto osserveremo che Struve e Proctor hanno dimostrato che la direzione del moto solare poco altera i moti particolari, come può rilevarsi dalla tavola stessa,

[53] Op. cit. pag. CLI.

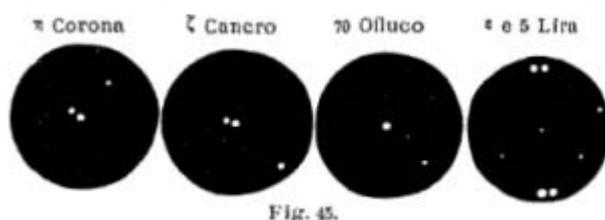
confrontando il moto della colonna II con quello della σ , nella quale è come si disse il moto proprio delle stelle spogliato del moto parallattico dovuto al trasporto del sistema.

Affinchè non rechi sorpresa una tal moltitudine di movimenti passiamo a far vedere che là dove crediamo esser quiete e silenzio eterno, vi è una attività appena concepibile, e che vi sono centri di moto, e orbite con velocità ben più considerabili che quelle che si trovano nel nostro sistema planetario.

§ IV

Stelle doppie.

Molte stelle che vedute ad occhio nudo sembrano semplici, osservate cogli strumenti si trovano esser composte di due e talora di tre e più, vicinissime tra di loro, di grandezze talora uguali, talora diversissime; queste si dissero stelle *doppie* o *multiple*. La fig. 45 mostra alcune di queste combinazioni.



La vicinanza di tali corpi può derivare primieramente da un semplice effetto di prospettiva, in quanto che due stelle tra loro lontanissime si trovano proiettate quasi sulla stessa visuale; ma può anche derivare da una connessione fisica che sia tra i due corpi per mezzo di una forza qualunque che li ritenga uniti, come per esempio il Sole e i pianeti. Nel primo caso si dicono *doppie ottiche*, nel secondo *doppie fisiche*. Lo stabilire se vi sia un tal legame o no, è opera di delicate osservazioni e calcoli laboriosi. Vediamo brevemente i risultati di questi studi.

Già fin da oltre un secolo fa Mitchell (nel 1767) avea sospettato un tal legame considerando la probabilità di una certa vicinanza che si avrebbe da mera combinazione accidentale spargendo le stelle a caso nello spazio: esso trovò che per riuscire ad avere le Pleiadi così vicine per semplice accidentalità, i casi contrari sarebbero 500,000 contro 1 favorevole per 1500 stelle visibili. L'improbabilità cresce ancora se trattasi di stelle di 2^a e 3^a grandezza visibili entro 5 in 6 secondi di distanza e meno ancora, come ha dimostrato Struve. Ora di tali ne abbiamo più di un esempio, come α Centauro, Castore, ecc.

Ma questa probabilità non basta a stabilire il fatto. Un argomento più consistente si ha dalla considerazione de' moti proprii. Se le stelle sono congiunte accidentalmente, siccome esse in generale sono di grandezza diversa, i loro moti proprii tanto reali, quanto apparenti (V. § precedente) devono risultare diversi; perciò col tempo esse dovrebbero separarsi: ora avviene che varie di queste stelle dotate di moti considerabili conservano sensibilmente la stessa distanza per lunghissimo tempo. Tali sono le due succitate di α Centauro, le due di Castore, la γ (Gamma) della Vergine, ζ (xi) dell'Orsa Maggiore, e una infinità di altre le quali sono disuguali. α Centauro appena separabile al tempo di Lacaille ha tal moto proprio che le due dovrebbero ora esser distanti di 6' ove non avessero moto proprio comune.

Però anche questo sarebbe un criterio non infallibile, perchè potrebbe essere che i moti proprii si manifestassero solo con piccolissime differenze malgrado la loro diversità e la loro reale grandezza. Ma il carattere che risolutamente decide la questione è il fatto positivo che una stella gira attorno all'altra in un'orbita chiusa descritta secondo le leggi dello forze centrali.

Questa grande scoperta è dovuta pure a W. Herschel. Quando questo astronomo ebbe perfezionato i suoi strumenti fino a poter penetrare più di tutti i suoi predecessori nella profondità dello spazio, si propose di risolvere il problema delle parallassi stellari partendo dal principio di Galileo che vedremo fra poco. Scelse per questo varie stelle assai belle che egli trovò accompagnate da altre piccole vicinissime e non distanti che di pochi secondi. Ne misurò le distanze quanto meglio potè, e mediante un micrometro *di sua invenzione* determinò l'angolo che l'arco condotto per le due faceva col circolo orario, che chiamasi *an-*

golo di posizione^[54]. Se eravi una parallasse annuale qualunque, essa doveva manifestarsi o nella variazione della distanza o nella variazione dell'angolo. Ma dopo molte ed accurate misure fatte in stagioni differenti, non potè scorgere nulla di sicuro, onde per allora abbandonò il soggetto. Avendo nel frattempo meglio perfezionato i suoi strumenti, tornò alla carica colla speranza di avere risultati più felici. Ma qual non fu la sua sorpresa in vedere che alcune stelle le quali prima gli erano apparse doppie ora erano divenute semplici, e che altre aveano notabilmente variato di posizione e di distanza!

Se della parallasse annua era così svanita ogni speranza, aveasi però indizio di una parallasse di ordine superiore dovuta, sia al moto generale del sistema, sia al moto particolare delle stelle. A sostenere l'osservatore in queste ricerche non fu certamente estranea la teoria di Mitchell del mutuo legame delle stelle, ed infatti dopo diversi anni di assidue ricerche potè annunciare al mondo scientifico nel 1802 la grande scoperta: che realmente alcune stelle aveano dei Satelliti luminosi che giravano loro attorno in tempi comparativamente assai brevi, come per esempio ζ Ercole in 36 anni, η Corona Boreale in 44, la ξ Orsa Maggiore in 63; nè solo eranvi sistemi binarii, ma anche ternarii, come ζ Cancro, dove la minore circolava attorno alla maggiore in 59 anni, e via discorrendo.

Come era ben naturale, le prime determinazioni di questi moti si riducevano a semplici frazioni di giro, ma erano sufficienti a far conoscere con sicurezza la natura curvilinea dell'orbita apparente, che col tempo vennessi sviluppando, e ora alcune di quelle hanno già compiuto più di un giro. Il numero delle stelle congiunte fisicamente trovate da Herschel, piccolo da principio, si è andato sempre aumentando, sia col crescere il numero delle binarie vicinissime trovate col migliorarsi degli strumenti, sia col crescer in estensione gli archi descritti dalla minore attorno alla maggiore. Dopo W. Herschel se ne occuparono suo figlio e gli astronomi South, Dawes e molti altri, ma specialmente W. Struve che col superbo refrattore di Dorpat fece un ricchissimo catalogo di 3112 stelle, che si venne col tempo aumentando successivamente, e ora se ne valutano più di 6000, di cui almeno un decimo sono in movimento.

Ma non tutte le stelle vicinissime sono congiunte fisicamente fra loro, però la maggior parte può dirsi che lo siano, come vedremo fra poco. Nella rivista che noi abbiamo fatto del Catalogo di Struve, abbiamo trovato che di 1082 stelle di questo Catalogo da noi misurate, circa 25 anni dopo di lui, 181 di esse si sono mosse notabilmente, e può presumersi di moto orbitale, in altre 291 la variazione è dubbia, e in altre 606 non è stata sensibile perchè non supera gli errori probabili delle osservazioni. È da avvertire che i semplici spostamenti angolari o in distanza possono essere effetto dei moti proprii e non di forze centrali, onde qualora i luoghi successivi della stella non presentino una curva sensibile si rimane in dubbio, e tale sembra essere il caso di 61 Cigno dietro gli ultimi lavori di Flammarion.

È adunque interessante di stabilire primieramente la natura della curva *apparente* descritta dal Satellite attorno alla primaria, per poter stabilire la realtà di un legame fisico qualunque; poi di riconoscere la curva *reale* descritta nello spazio dal Satellite medesimo onde stabilire la natura della forza, dietro i principii

[54] Herschel fu il primo ad immaginare il micrometro detto di *posizione*. Consiste questo in un micrometro ordinario, nel quale sono tesi due fili ad angolo retto AB, CD fig. 46; tutto il sistema è rotabile attorno al tubo del cannocchiale, e mediante un indice che percorre un circolo graduato può leggersi l'arco di rotazione, cui si è girato lo strumento. Se si ha da determinare la posizione di una stella *S* rapporto ad un'altra *O*, si comincerà dal determinare la direzione del parallelo celeste mettendo il filo A B in modo che esso sia percorso esattamente da una stella entrando ed uscendo dal campo, quindi letto il circolo questa posizione si conterà come 90° in ascensione retta seguente: con ciò l'altro filo *CD* sarà nel circolo orario e segnerà zero al punto Nord. Girato allora tutto il sistema si porterà il filo AB sulle stelle *O* ed *S* simultaneamente: l'angolo percorso *COS* sarà l'angolo di posizione. In questa pratica si considera il centro di rotazione posto nella stella principale. Bisogna avvertire che il cannocchiale rovescia; onde la compagna è al Sud apparente, quando realmente sta al Nord.

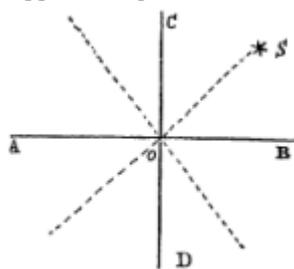


Fig. 46.

della meccanica. L'osservazione ha dimostrato che la curva apparente è ordinariamente una ovale che si accosta al sommo ad una ellisse e per la maggioranza de' casi è perfettamente ellittica. Ma lo stabilire con precisione questa curva non è cosa facile. Le distanze essendo minime, un errore nelle misure di una frazione di secondo, è già una quantità enorme, e ben maggiore pel caso presente che non erano in errore le osservazioni de' vecchi astronomi prima di Keplero per le osservazioni solari e planetarie. Onde è mestieri premunirsi da tali errori col moltiplicare non solo le osservazioni, ma anche con una conveniente e saggia riduzione. Non solo in queste misure differiscono i varii osservatori tra loro sistematicamente; ma lo stesso osservatore in diversi tempi e posizioni dell'astro differisce da sè stesso, onde la ricerca della semplice orbita apparente è già una cosa di non piccola difficoltà.

Il metodo più acconcio per trovarla, è quello di costruire graficamente in una scala arbitraria le posizioni assegnate in angolo e distanza (vedi fig. 47 ove è tracciata la curva data da Struve per le due più vicine di ζ cancro) e tirare liberamente tra queste una curva che le rappresenti alla meglio che sia possibile, e passi tra tutti i punti col minimo di differenze. Si vedrà così a colpo d'occhio se la curva ha un contorno chiuso o aperto: se iperbolico o rettilineo.

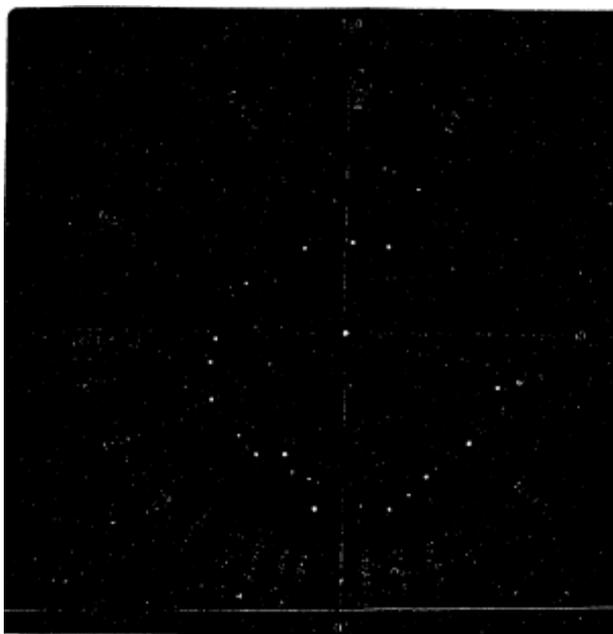


Fig. 47. Orbita di ζ Cancro.

Nel caso più frequente della curva chiusa si vedrà se l'equazione teorica generale delle linee di secondo ordine

$$ax^2 + by^2 + cxy + dx + cy + l = 0$$

soddisfa al perimetro trovato, e quando ciò si verifichi la curva sarà una ellisse e se la curva venga aperta si vedrà se sia un'iperbola secondo il valore de' coefficienti. Siccome sono cinque le costanti che definiscono tal curva, così teoricamente bastano cinque punti noti della medesima per definirle, ma in pratica se ne prendono quanti più si possono e col metodo dei minimi quadrati, o altra maniera di interpolazione se ne determinano i valori più probabili.

Fissata così la curva apparente, deve cercarsi la curva reale, e questa parte del problema, essendo indeterminata, è necessario supplirvi con qualche considerazione teorica.

L'orbita apparente che noi vediamo non essendo che la proiezione dell'orbita vera sulla sfera celeste, molte curve poste nello spazio potrebbero dare l'ellisse per proiezione: per esempio, potrebbe essere un circolo, una ellisse ed anche una curva a doppia curvatura; ma l'ultima specie di curva sarà scartata se noi confrontando i varii settori dell'orbita apparente li troveremo proporzionali ai tempi impiegati a descriverli, perchè sappiamo che ogni qualvolta questa proporzione si verifica in una proiezione qualsiasi dell'orbita su di un piano, deve esservi una forza centrale, e perciò la curva deve pure esser piana. Il cal-

colo delle osservazioni provando che esiste in pratica tale proporzione delle aree ai tempi, siamo assicurati che l'orbita è piana.

Ma non per questo è tolta ogni indeterminazione del problema. L'ellisse di proiezione può nascere da più specie di forze: 1.° da una forza tendente al centro, e attraente in ragione *diretta* semplice delle distanze; 2.° da una forza tendente al fuoco e in ragione *inversa* del quadrato delle medesime distanze, come quella dei pianeti; 3.° da una forza residente in un punto interno qualunque dell'ellisse, purchè essa vari oltre la ragione inversa del quadrato delle distanze anche conformemente ad una funzione dell'angolo che fa il raggio vettore con una direzione fissa. Ma in pratica si risolve facilmente questa indeterminazione.

Infatti basta riflettere che l'orbita apparente è la base di un cilindro che partendo dall'occhio dell'osservatore è tagliato normalmente dalla sfera celeste, che qui si confonde col suo piano tangente: l'orbita vera poi è un'altra sezione di questo stesso cilindro; ma fatta con un piano inclinato diversamente all'asse. In queste due sezioni però l'asse del cilindro determina un centro comune alle due ellissi, onde se la stella principale sta nel centro dell'orbita vera, essa dovrà stare anche nel centro dell'orbita apparente; e se la stella primaria è fuori di questo centro, la forza non sarà certamente della prima specie ma della seconda. Ora questo è il caso pratico ordinario, cioè la stella è eccentrica nell'orbita apparente. Veggansi, per esempio, le due figure 48 e 49 che rappresentano le orbite di ζ Orsa Maggiore e di ζ Ercole. In queste figure *NS* e *EO* rappresentano gli assi coordinati presi nel piano tangente la sfera celeste, uno secondo il circolo orario, l'altro perpendicolarmente o viceversa.

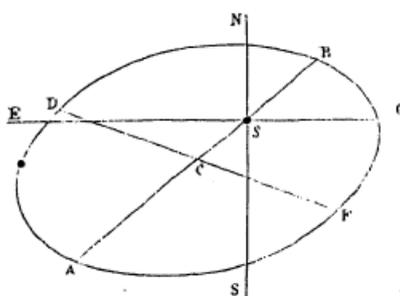


Fig. 48. Orbita di ζ Orsa Maggiore.

Restano adunque solo le altre due ipotesi di forze; ma la seconda è garantita dal caso dei pianeti; dell'altra non si ha esempio nella meccanica celeste, ma solo nelle azioni delle correnti elettriche, onde solamente dovrà tentarsi se riesca la seconda a rappresentare i movimenti.

Ciò stabilito consideriamo l'orbita apparente (fig. 48).

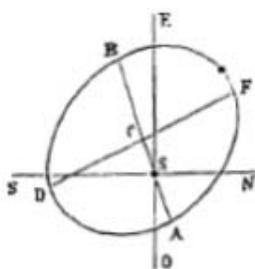


Fig. 49. Orbita di ζ Ercole.

Dal calcolo delle costanti dell'equazione generale facilmente si determinano le coordinate del centro *C* dell'ellisse apparente che come dicemmo è anche quello dell'ellisse vera^[55]. Allora siccome la stella principale *S* deve stare nel fuoco della ellisse vera, tirando la retta *CS* e prolungandola fino al perimetro, la retta *AB* sarà la proiezione dell'asse maggiore dell'ellisse vera.

Ora per la teoria dell'ellisse si sa che gli assi di una ellisse obliqua alla sua proiezione si proiettano sopra due diametri coniugati nella ellisse di proiezione, onde conoscendo la posizione di questi diametri si

^[55] Questo calcolo è esposto nei trattati delle linee di second'ordine di varii autori. Vedi, per esempio, Boucharlat: esso poi è applicato nella memoria intorno al metodo del *Calcolo delle Orbite dalle Stelle doppie* data da I. Herschel, V. Mem. Astr. Soc., Tomi V e XVIII.

ha colle formole note la posizione degli assi dell'ellisse proiettata, e quindi l'eccentricità e la sua inclinazione al piano di proiezione. Così adunque si conoscono gli elementi *geometrici* della curva, cioè le sue dimensioni e la sua posizione nello spazio. Quanto agli elementi meccanici, essi sono il tempo periodico e quello del passaggio al perielio, e questi si calcolano facilmente dalle epoche delle osservazioni colle formole che servono al moto ellittico de' pianeti.

Questa idea generale della soluzione del problema basti per noi; quanto al risultato esso è contenuto nella seguente tavola ove sono raccolte alcune delle orbite più accreditate di stelle pubblicate ultimamente da vari astronomi. Molte orbite calcolate da più autori, trovansi differire notabilmente. Ciò in parte è dovuto alla imperfezione generale delle osservazioni, ma in particolare è dovuto all'incertezza sovente in 180° nelle antiche osservazioni di Herschel. Col tempo spariranno certamente tali differenze.

Vi è però un caso che non si può esaurire con tali principii, ed è quando l'orbita vera si proietta in una linea retta, sulla quale il piano dell'orbita passa per l'occhio dell'osservatore. Allora si deve ricorrere ad altri espedienti e bisogna aspettare che la stella o rallenti il moto, o ritorni indietro nella sua direzione di movimento. Ma per ora tali casi sono rari.

ELEMENTI DELLE ORBITE DELLE PRINCIPALI STELLE DOPPIE
SECONDO I CALCOLI FONDATI SULLE ULTIME OSSERVAZIONI.

Nome della Stella	Semi-asse trasverso in secondi	Eccentricità	Posizione del nodo	Distanza del periastro dal nodo	Inclinazione	Periodo in anni	Passaggio al periastro	Calcolatore
	<i>a</i>	<i>e</i>	<i>v</i>	<i>λ</i>	<i>γ</i>	<i>P</i>	<i>T</i>	
η Cor. Bor.	1".018	0.4740	10°.31	227°.90	65°.39	42.50	1805.67	Villarceau
44 Boote	3.093	0.7100	65.59	1.30	70.09	261.12	1783.01	Doberck
η Cassiopea	9.83	0.5763	39.93	223.32	53.85	222.435	1909.24	Doberck
σ Cor. Bor.	6.91	0.7502	6.73	89.36	29.68	843.2	1828.91	Doberck
ζ Ercole	1.254	0.4482	34.21	104.54	43.43	36.36	1830.58	Villarceau
τ Ofiuco	1.193	0.6055	67.02	36.43	46.8	217.87	1818.50	Doberck
γ Vergine	3.580	0.8795	5.33	313.45	23.60	182.12	1836.43	Herschel
γ Leone	2.000	0.7390	111.83	194.66	43.81	402.62	1741.11	Doberck
ξ Boote	12.560	0.5937	359.59	100.59	80.10	117.14	1779.88	Herschel
ξ Boote	4.813	0.6781	12.02	130.9	37.9	127.91	1770.44	Doberck, 1877
ζ Aquario	7.64	0.6518	140.85	134.65	44.42	1578.3	1924.15	Doberck
36 Andromeda	1.54	0.6537	57.90	142.3	41.66	349.10	1798.80	Doberck
δ Cigno	1.811	0.5067	24.90	243.40	46.40	178.70	1862.87	Hind
ζ Cancro	1.292	0.2349	1.28	266.00	63.32	58.91	1853.37	Maedler
ζ Cancro	0.908	0.353	109.0	199.0	20.7	62.4	1869.3	Struve C. Rend. T. 79 pag. 1467
μ 2 Boote	1.500	0.617	182.99	17.82	44.58	290.07	1863.51	Doberck
ξ Orsa Magg.	3.278	0.3777	97.47	134.36	56.10	60.720	1816.73	I. Herschel
ξ Orsa Magg.	2.439	0.4315	95.50	128.58	52.19	61.58	1816.86	Hind
Castore	6.300	0.2405	11.34	356.6	43.21	632.27	1699.26	Villarceau
ω Leone.	0.857	0.6434	135.20	185.46	46.55	82.53	1849.76	Villarceau
ω Leone	0.890	0.536	148.7	121.1	64.1	110.82	1841.81	Doberck
α Centauro	15.500	0.9500	86.11	291.75	47.60	77.00	1851.50	Jacob
α Centauro	21.797	0.667	21.80	59.32	82.30	85.042	1874.85	Hind 1877
γ Corona aust.	2.400	0.6989	229.15	75.60	111.32	55.582	1882.77	Schiaparelli
ρ Ofiuco	4.392	0.4667	137.32	145.75	48.10	30.340	1807.66	Herschel
Σ 3062	1.255	0.4495	15.05	137.45	35.61	94.765	1837.41	Maedler
γ Corona Bor.	0.70	0.350	110.24	233.30	85.12	95.50	1843.70	Doberck 1877
ξ Libra	1.26	0.768	12.25	89.16	68.70	95.90	1859.62	Doberck 1877

Conosciuta l'orbita relativa resta a conoscere le dimensioni reali della medesima. Ma questo suppone nota la distanza della stella, cioè la parallasse; allora è manifesto che dal diametro apparente in secondi e dall'inclinazione dell'orbita si può conoscere la grandezza reale dell'orbita vera, e quindi anche la massa del sistema dietro la costante generale ammessa per l'attrazione della materia, e il moto medio o il tempo della rivoluzione.

Ma qui sventuratamente fa difetto la scienza. Le parallassi sono così piccole ed incerte che nulla può definirsi. La 61 del Cigno che si credette doppia fisica avendo una parallasse, avrebbe dato un risultato importante, ma ririlevandosi dai recenti studii che essa sembra soltanto doppia ottica tutto rimane incerto. La α del Centauro è finora la sola stella su cui possa farsi qualche assegnamento. Essa avrebbe una parallasse di 0",93^[56]. Se questa fosse sicura, siccome l'orbita avrebbe un semidiametro di 20",89 e un periodo di 77 anni risulterebbe che la orbita vera sarebbe circa 20 volte maggiore di quella della terra, e la massa $\frac{3}{4}$ di quella del Sole. Onde l'orbita in realtà sarebbe circa quanto quella della Cometa di Halley^[57], poichè questa ha una eccentricità di 0,96. Siccome la stella principale ha un moto proprio di 3",6, risulta che la sua velocità lineare è di 371 milioni di miglia inglesi all'anno questi elementi però sono stati recentemen-

[56] Nel Capo seguente esporremo la teoria di queste parallassi.

[57] Powell. Astr. Soc. M. N. XVI, pag. 170.

te molto mutati dal sig. Hind. (V. il quadro superiore) La parallasse accettata ora sarebbe = $0",928$, e la massa del sistema = 1,79 quella del sole e il semiasse maggiore dell'orbita 23,49 volte la distanza della terra al sole^[58]. Tali differenze nascono oltrecchè dalla imperfezione delle osservazioni da molte cause non ancora ben conosciute. Ne accenneremo alcune.

I movimenti proprii possono complicare notabilmente le apparenze dei movimenti anche per altre ragioni, che non sono tanto ovvie a comprendersi. La luce impiegando un tempo notabile a propagarsi dalle stelle a noi, se queste si accostano o si scostano, le fasi del movimento apparente non corrisponderanno più a quelle del movimento vero, ma accelereranno o ritarderanno secondo la direzione del moto dell'astro: ne nascerà un fenomeno simile all'aberrazione della luce de' pianeti nel nostro sistema. Aggiungasi inoltre la perturbazione che può venire alle stelle satelliti visibili dagli astri oscuri invisibili, e nelle triple e multiple dalle altre visibili; tal'è il caso, per esempio, della tripla ζ (Zeta) Cancro del cui sistema diamo la figura tolta da Struve C. R., Tom. LXXIX, pagina 1467, dove sembra realizzata per la stella più lontana una perturbazione periodica come si vede bene nella forma dell'orbita serpeggiante epicycloidale.

Abbiamo detto altrove che alcune stelle sembravano cinte da astri oscuri, come Algol. Il calcolo de' moti proprii ha fatto vedere che altre stelle erano influenzate dalla perturbazione prodotta da tali astri invisibili. I movimenti irregolari che manifestavansi in Sirio e Procione fecero credere che essi fossero da tal causa perturbati. Questa congettura è stata verificata pienamente, perchè si è ora scoperto che la prima di queste due stelle ha realmente un satellite, difficile a vedere, perchè immerso nei raggi della principale, ma che pure si è scoperto e misurato coi potenti refrattori moderni. Secondo le osservazioni fatte a Washington, la seconda ne avrebbe più d'uno ma tutti questi sono ora messi di nuovo in dubbio. Noi abbiamo potuto vedere quello di Sirio e misurarlo col sig. Struve, ma non mai quelli di Procione. Gli oculari, e forse anche gli occhi degli osservatori possono produrre in questo punto facili illusioni.

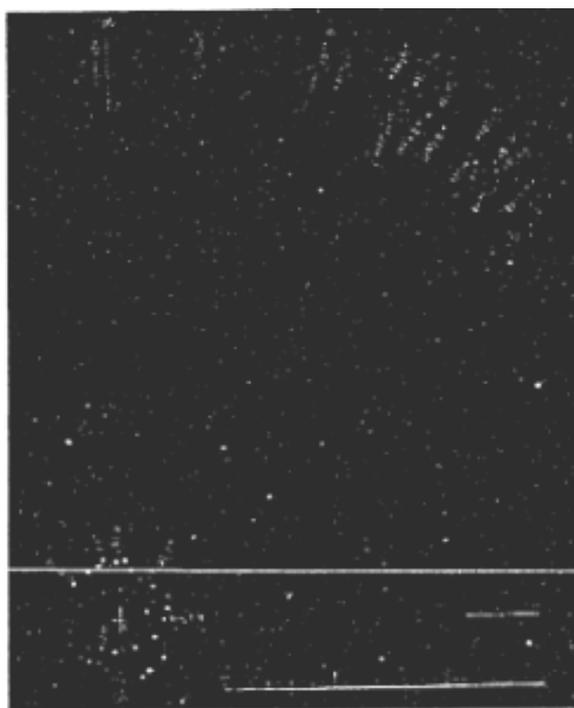


Fig. 50. Orbite della tripla ζ Cancro.

Considerando per un momento le conseguenze fisiche di questi sistemi luminosi multipli, e degli astri oscuri che li accompagnano, non possiamo a meno di non restare sorpresi. In un sistema di tanta eccentricità quanta α Centauro, i pianeti di questo sistema ora devono esser scaldati da due Soli vicinissimi, ora da uno vicino, e da un altro lontanissimo. Chi potrà calcolare le vicende della vita in tale periodicità? Solo la Sapienza di Colui che con una minima quantità di mezzi sa ottenere un infinita varietà nei risultati. Ag-

[58] M. N. Astr. Soc. Jan. 187, pag. 97.

giungasi a ciò che nelle stelle doppie bene spesso si hanno colori diversi e complementari: e allora la fantasia stessa di un poeta si troverebbe incapace di esprimerci le vicende di un giorno rischiarato da un Sole rosso, con una notte illuminata da uno verde, e di un giorno vivificato da due soli di vario colore, e da una notte preceduta da un crepuscolo dorato, con una notte seguita una aurora azzurra!

Un mezzo per conoscere le stelle fisicamente doppie potranno un giorno essere i loro colori; ma finora questo mezzo è assai poco studiato.

Pei colori delle stelle doppie osservate da Struve si ha la lista seguente:

Stelle nelle quali il colore è lo stesso nelle due compagne	{	Bianchissime	78
		Bianche	217
		Gialle belle	13
		Verde	5
Colori identici ma di forza diversa	{	Bianche	30
		Bianche-azzurre	53
		Gialle	13
		Azzurre	5
Colori affatto diversi	{	Gialla e azzurra egregie	52
		Gialla e azzurra smorta	52
		Verde e azzurra	16

Presso Struve scarseggiano i colori rossi, che abbondano in Herschel: la ragione è chiara da ciò che le lenti tingono un poco gli oggetti in verde, e gli specchi li tingono in rosso. Però certi colori di stelle rosse sono così belli da non poterne dubitare: le stelle azzurre sono minori in numero, anche per la debole forza illuminante de' raggi di questo colore. Sarà importante vedere se quelle che fanno colori egregiamente complementarii sono tutte binarie, dal che si avrà un altro criterio per scoprire le stelle binarie, cioè dal loro colore. Per ora non può dirsi altro se non che le poche così colorate che incontransi nella lista di Struve appartengono tutte alle stelle congiunte fisicamente. Questi colori sono talora bellissimi anche in quelle che stanno assai distanti come per esempio in O^1 , O^2 Cigno, ed altre.

§ V.

Numero probabile dei sistemi di stelle doppie.

Le stelle doppie di cui si è finora calcolato il periodo sono poche assai, e di queste stesse incerte sono non poche. Solo il tempo potrà renderci ricchi di nuovi sistemi svolgendo le orbite ora appena abbozzate.

Lo Struve però come in anticipazione di ciò ha voluto scandagliare dietro i moti proprii delle medesime doppie quanta sia la probabilità del numero relativo delle doppie apparenti e delle doppie fisiche, secondo il calcolo delle probabilità, già accennato da Mitchell. Esso dunque trova che rappresentando il numero delle stelle visibilmente doppie de' suoi primi tre ordini (vale a dire di quelle la cui distanza non supera 4") per 693, di queste 48 saranno doppie ottiche, le altre fisicamente congiunte. Questa proporzione diventa maggiore continuamente a favore delle doppie fisiche, essendo cresciuto il numero di queste dietro le recenti scoperte. Di questi primi tre ordini dalle nostre sole misure riescono i moti *certi* in 149 stelle anche senza ricorrere all'argomento indiretto dal moto proprio.

Per ciò che spetta ai moti proprii comuni, si ha questo memorabile risultato: «la probabilità che due stelle aventi moti proprii comuni *non* siano congiunte da legame fisico, è minore di quella del non avere a nascere domani il Sole in confronto di tutta l'esperienza storica che abbiamo di questo fatto!» Onde si ammette come postulato *che due stelle aventi moto proprio comune sono unite insieme da legame fisico.*

Per vedere il peso di questo argomento primieramente deve farsi una riflessione. È un fatto provato già (vedi sopra § I) che le stelle grandi hanno moti maggiori che le piccole, onde se non sarebbe difficile trovare due stelle uguali in grandezza con moto uguale o poco diverso (come 61 Cigno), è però molto improbabile che una piccola abbia moto uguale ad una grande: quindi per tutte le stelle disuguali un moto uguale comune è una probabilità di più in favore del loro legame fisico. L'osservazione ha confermato

questa maggiore probabilità. Infatti dall'esame dei moti proprii delle stelle doppie, le cui distanze sono minori di 4", risulta che non si è trovata nessuna stella doppia otticamente. Per gli ordini superiori che da 4" vanno a 16" di distanza, tra 66 stelle, 60 sono state trovate doppie fisiche e 6 sole ottiche. Le doppie apparenti poi si trovano più frequenti tra le stelle di grandezze molto disuguali, come è naturale, per esser le piccole in numero tanto maggiore delle grandi.

In secondo luogo si trova che i moti orbitali sono più frequenti nelle stelle più vicine, e il loro numero va decrescendo colla distanza: e che inoltre i moti proprii di quelle dei primi ordini (le più strette) sono anche maggiori. Dividendo le stelle in due categorie una de' moti proprii maggiori cioè dai 45 ai 10" in 25 anni; le altre di moti minori al disotto di 10" si trova il seguente risultato:

N. delle Stelle	Moti proprii medi	Doppie		Rapporto
		Fisiche	Ottiche	
86	da 10" a 0"	73	13	0, 177
103	da 45" a 10"	88	15	0, 184

Da questo quadro risulta che il rapporto tra le doppie fisiche alle ottiche resta lo stesso per le due classi di movimenti, il che vuol dire che *questo rapporto è indipendente dalle distanze*; supposti al solito i moti proprii in ragione inversa delle distanze.

Termineremo questo articolo col riportare alcune conclusioni di Struve intorno al numero delle stelle fisicamente doppie in proporzione del numero delle stelle visibili in genere sulla volta celeste.

I. Di 72500 stelle di grandezza da 1^a a 8^a ½ furono da Struve trovate doppie 1973 entro 16" di distanza; cioè una sopra 367. Di queste doppie, 1702 sono fisiche, 271 ottiche: ossia 1 ottica per 6 fisiche. E questo a tempo suo, ma dalle recenti misure questo numero delle fisiche è assai cresciuto, ma manchiamo di una più esatta statistica.

II. Per le stelle della 1^a alla 4^a grandezza il numero loro essendo 353 ve ne sono 75 congiunte fisicamente, cioè una ogni 4,71.

III. L'esistenza di un legame fisico non si limita alle stelle di distanza minima, ma ve ne sono dei casi di distanze considerabili, come è permesso rilevare da moti proprii identici tra le stelle molto distanti. Tali sono le piccole compagne di Castore, di 40 Eridano, di Alcor cioè la compagna di ζ Orsa Maggiore, e con essa tutto il gruppo β, γ, δ, ζ di questa costellazione, onde si conclude che *almeno una terza parte delle stelle visibili in cielo sono congiunte tra loro con legame fisico*; e forse non sarebbe esagerato il dire la metà^[59].

Stelle multiple. Oltre le doppie vi sono in cielo numerose combinazioni di più stelle che per la loro vicinanza sembrano legate fisicamente. Abbiamo già accennata ad alcune di esse. Tale è il gruppetto di θ Orione composte di 4 belle disposte a trapezio e due altre minutissime: tale ε Lira, ecc., ecc. Notabile è la tripla ζ del Cancro in cui la più lontana è certamente connessa colle due vicine, perchè ha descritto un arco non dubbio dopo le prime osservazioni di Struve. Anzi pare che questo sistema sia molto più complesso che non pare, perchè la lontana presenta secondo O. Struve un moto epicicloideale assai curioso (v. fig. precedente n.º 50) che indica avere essa un moto attorno a qualche centro oscuro che si va trasportando attorno alle due più vicine a ragione di ½ grado all'anno. Il citato gruppo di θ Orione restando invariato nelle misure, ad onta de' moti proprii generali, mostra che tutte le componenti sono legate fisicamente.

Molti altri gruppi importanti si troveranno descritti nel catalogo delle stelle triple e multiple che segue appresso alle doppie.

I sistemi stellari però non finiscono qui. Già abbiamo veduto che certe nebulose risolubili in istelle minute sono veri sistemi stellari i quali devono esser retti da leggi speciali. Infatti perchè tali sistemi siano permanenti è mestieri che stando ferma la legge della gravitazione universale essi diano nel complesso una risultante notabilmente diversa dalla legge elementare. Si sa che nell'interno di una massa sferica i cui punti elementari si attraggono in ragione diretta della massa e inversa del quadrato delle distanze, ne nasce una risultante che varia in ragione diretta della distanza dal centro, come ha luogo nell'interno del nostro globo terrestre. Quantunque il caso delle stelle nei gruppi globulari sia cosa alquanto diversa, atte-

[59] Vedi l'opera di Struve più volte citata *Stellarum duplicium* ecc. Petropoli, 1852.

sochè qui non si può considerare il corpo come soggetto a legge di rigorosa continuità nell'interno, pure qualche cosa di consimile deve aver luogo. Finora la teoria non ha studiato questo caso in concreto e l'osservazione non ha dato ancora risultati da cui si possa capire veruna legge nei loro movimenti.

Vedremo fra poco come la posizione di questi gruppi è tale che fa sospettare che essi tengano luogo di qualche stella grande semplice isolata a quella guisa che gli asteroidi tra Marte e Giove tengono luogo di un pianeta maggiore.

Finora manchiamo di ogni dato per sapere se moti reali si verificano nel loro interno, ma è da sperare che questi oggetti non siano più trascurati. È perciò che noi fino dal 1855 intraprendemmo le misure di alcuni di essi, e vediamo con piacere che altri vanno imitando il nostro esempio e questi studii saranno fecondi di grandi conseguenze. Un corpo centrale però non è sempre necessario in questi sistemi, mentre può tener luogo di esso la risultante nata da molti di essi vicini.

Anche senza entrare nei gruppi così densi come questi, si trovano in cielo dei campi di stelle singolari che involontariamente insinuano esser essi legati da una qualche connessione, presentandosi le stelle componenti come disposte attorno ad un centro a modo di corone quasi circolari corredate di frangie o strascichi lineari divergenti sistematicamente come sarebbero le posizioni dei nostri pianeti proiettati attorno al Sole. Un corpo centrale non sempre apparisce, sia perchè realmente non è necessario, sia perchè può essere di gran mole ma di minor luce.

Una idea di tali sistemi può aversi dalle stelle che formano alcune nubecole isolate come quelle da noi già descritte (v. capo precedente § IX) e altre innumerevoli se ne incontrano nella Via Lattea detti comunemente bei *campi stellati*.

La struttura spirale di molte nebulose, e le nebulose doppie, sono anch'esse opportune a provare l'esistenza delle forze centrali in queste masse non ancora apparentemente consolidate.

Le nebulose spirali, dove molte piccole nebulose si trovano far corteggio ad una grande centrale congiunta ad essa per archi estesissimi, convalidano l'idea dell'esistenza di numerosi sistemi in cui si aggruppano i corpi principali.

Da tutti questi dati noi cominciamo a intravedere la solidarietà reciproca dei corpi celesti, e la loro dipendenza sotto una legge di forze che è la stessa di quella che regge il nostro sistema.

L'importanza di questi studi non isfugge a veruno. Fortunatamente lo studio delle stelle doppie è oggi ampiamente coltivato, e ai lavori degli Herschel e degli Struve, di Maedler, Smyth, Dawes, South che ci hanno preceduto, dobbiamo molto ai signori Dembowski, Dunèr, Burnham, Powell, Doberck, ecc., de' quali chi colle osservazioni, chi col calcolo vanno estendendo le nostre cognizioni in questo vasto campo.

Ci dispiace che la natura di questo scritto non ci permette maggiore estensione in soggetto di tanta importanza, che da sè solo basta ad ampliare non solo i limiti del creato, ma anche a provare che nella profondità dello spazio regnano quelle stesse leggi delle forze che regolano i fenomeni a noi più vicini. Essi mentre stabiliscono questa identità di leggi, ci additano infiniti corpi che a noi restano ignoti ancora: e che tutto il nostro sistema solare col corteggio de' numerosi suoi pianeti, comete, asteroidi ecc. non è che un punto nello spazio indefinito, associato da miriadi di altri che tutti prendono la vita dallo stesso principio fisico e sono regolati dalle medesime leggi, unificate in tutto, come uno è il *Principio* che li trasse dal nulla.

Lo spettroscopio ci ha mostrato l'unità di materia, e le stelle doppie ci mostrano l'unità di forza: la geologia ci apprende le serie immensa di secoli che si svolsero perchè riuscisse a compimento lo stato di queste cose: l'astronomia stellare ci mostra lo spazio immenso occupato dal creato, del che ci persuaderà anche più lo studio della massa stellare di cui passiamo a trattare.

VASTITÀ DELLO SPAZIO STELLATO.

§ I.

Numero delle stelle.

Le stelle passano per essere innumerabili, e sono perfino un simbolo dei più enfatici che applicasi agli oggetti non aventi computo che li definisca. E ciò è vero. Ad occhio nudo poche se ne possono numerare distintamente, e parve già miracolo agli antichi quello d'Ipparco di averne fatto un catalogo di poco oltre a mille. Se non che questa impresa che parve degna di un nume, come la qualifica Plinio, non era una semplice nuda numerazione, ma una determinazione precisa delle loro posizioni: cosa ben più difficile.

Ma in realtà anche il semplice contare le stelle non è facile. La vista si confonde, e quando si è al trarre delle cifre precise il loro numero trovasi assai minore del vero, e si resta convinto che non tutte si sono certamente contate. E questo accade anche quando nei cannocchiali si vogliono contare quelle dei gruppi.

Il diligentissimo Heis assicura non esser computabili che 4 in 5 mila stelle nel cielo visibile dalla media Europa. Egli, fornito di vista acutissima, e usando cautele speciali, come sarebbe quella di rimuovere ogni luce artificiale, di limitare con un gran tubo nero la regione del cielo che si guarda, fare le carte nere e le stelle bianche, ecc. potè da Munster vederne 5421, e siccome da questa stazione sono visibili 8 decimi di cielo, così si argomenta che supponendo egualmente copiose quelle del resto dell'emisfero australe esse appena salgono a 6800^[60]. Ma queste non sono certamente tutte le stelle del cielo. L'occhio nudo ne vede realmente di più che non ne può *contare*, perchè al fissare dell'una al centro della retina sembrano svanire le altre che vedonsi nel suo contorno, o come si suol dire, *colla coda dell'occhio*. Gli strumenti ci disingannano a questo proposito in modo sublime. Il primo a dare il grande annunzio che le stelle erano realmente innumerabili fu Galileo, quando proferì che la Via Lattea era tutto un cumulo di stelle, troncando così le numerose questioni agitate fino allora su questa zona. Molte volte abbiamo noi fatto per diletto questa prova. Diretto al cielo l'Equatoriale di Merz, in qualche bel punto della Via Lattea, si guarda nel cercatore, ed è cosa comune di vedervi dentro tante stelle quante se ne vede in una occhiata generale del cielo ad occhio nudo immobile: questo cercatore ha soltanto 60 millimetri di apertura, e ½ grado di campo^[61]. Dal cercatore passando al cannocchiale grande di 250.^{mm} fornito di mediocre ingrandimento, con campo di 15' per la sua maggior forza penetrante, è facile vederne tante quante prima si vedevano nel cercatore, cioè in uno spazio 4 volte maggiore. Forzando l'ingrandimento e riducendo il campo a 5' accadeva di non scemar punto il numero delle stelle visibili benchè si restringesse il campo, aiutando la potenza penetrante dello ingrandimento a vedere le più minute che prima erano invisibili. Sicchè risulta che in alcuni luoghi del cielo in un campo appena di 5' si vedono tante stelle quante ad occhio nudo nel campo naturale della visione diretta. Ma è manifesto che in cotali luoghi un cannocchiale più grande per es. di 12 a 14 pollici, farebbe vederne di più, ed infine il più gigante di tutti il gran riflettore il Lord Rosse accrescerebbe il numero in proporzione.

Però non tutto il cielo è così ricco, in molti luoghi anche coi più potenti strumenti in un campo di 15' appena si trovano 5 o 6 stelle, onde da questi luoghi eccezionali non potrebbe concludersi il numero totale delle stelle. La numerazione telescopica delle stelle fu tentata dai due Herschel Guglielmo padre nell'Emisfero nord e Giovanni figlio nel sud. Essa è uno dei lavori più colossali istituiti in astronomia benchè non sia completa per la ragione che non poteva esserlo, non bastandovi la vita di un uomo.

La via tenuta dal primo Herschel è solo indiretta. Egli usò per ciò il suo telescopio a riflessione di 20 piedi di lunghezza focale, e 18 pollici di apertura, dirigendolo successivamente a varii punti del cielo, disposti con certo ordine regolare, dei quali notava l'ascensione retta e la declinazione. Questi punti erano distribuiti in modo che si venisse a coprire il cielo come di una rete sensibilmente uniforme per tutti i ver-

^[60] Heis *Atlas cœlestis Novus* pag. XIII.

^[61] Bisogna ben distinguere questa che diremo *occhiata* al cielo, da ciò che s'intende per veduta generale al cielo. In una occhiata non si può abbracciare che 13 in 14 gradi al più; girando l'occhio è chiaro che si può percorrere tutto il cielo.

si, fig. 51. Il campo del telescopio era di 15' 4" di diametro e l'ingrandimento di 120 volte. Egli contava in ciascun campo il numero delle stelle visibili, ed ove per la moltitudine loro ciò sarebbe stato impossibile, o sarebbe stato troppo lungo ne contava una proporzione. Queste enumerazioni egli chiamò *star gauges* o scandagli di stelle. Raccolti così parecchi di questi scandagli in una parte determinata del cielo, faceva la somma delle stelle trovate e divideva il loro numero per quello degli scandagli, e la cifra risultante rappresentava la densità media delle stelle nella vicinanza del luogo osservato.

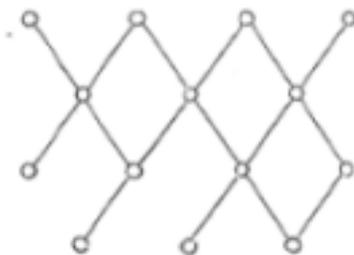


Fig. 51.

Questo metodo, il solo che possa adoperarsi in pratica, ha molti difetti, ma preso in grande scala dà buoni risultati. Accadrà spesso che vi sia un luogo popolatissimo di stelle, che vicino ne avrà uno quasi deserto, onde se in questo cada il cannocchiale si avrà risultato falso per difetto; ma essendovi altresì non pochi ammassi di stelle in luoghi deserti questi còliti del cannocchiale daranno un compenso. Abbiam detto che questa enumerazione delle stelle benchè incompleta forma uno dei più grandi lavori di astronomia. Per averne un concetto basta riflettere che coi suoi 3400 scandagli, molti dei quali essendo stati ripetuti non fanno che 683 scandagli indipendenti, Herschel non ha esaminato che 1/250 della volta celeste: l'esaminarla tutta avrebbe richiesto almeno 83 anni. Infatti il campo del telescopio avendo solo 15' 4" di diametro equivale a 1/832979 della volta celeste, onde supponendo che si facciano 100 scandagli per notte, e non potendosi contare più di 100 notti propizie al lavoro in un anno, ne risulta la cifra suddetta.

I risultati di questo gran lavoro sono esposti da W. Herschel nelle *Transazioni* filosofiche pel 1785, vol. 75, e per l'emisfero australe da G. Herschel nell'opera delle osservazioni fatte al Capo di Buona Speranza. Una immensa varietà di risultati si è ottenuta pei vari punti del cielo nei diversi scandagli. In alcuni luoghi il numero delle stelle è tale che se ne sono trovate non meno di 588 in un solo campo, continuando esse a passare con costante densità per molti minuti. In un luogo posto presso l'Asc. retta 19^{or} 27,^m dist. Pol. N. 72° 54' non meno di 116 mila stelle passarono in un quarto d'ora; mentre in altri punti del cielo il campo ne contava una o due. La legge di distribuzione di queste stelle sarà soggetto di un altro articolo; per ora diciamo che il numero visibile nel telescopio di Herschel si è calcolato ascendere a 20 milioni 374 mila 304 stelle.

Nell'emisfero australe i fenomeni si sono trovati avere una perfetta somiglianza con quelli dell'Emisfero Boreale. Ma è cosa fuori di dubbio che se le stelle visibili nei grandi strumenti possono dirsi un 20 o 30 milioni, le realmente esistenti sono molto di più: la sola Via Lattea in alcuni siti è perfettamente bianca, senza però dare spettro gassoso come le nebulose, il che mostra esser formata di stelle innumerabili.

Abbiamo già dato sopra la lista del numero delle stelle secondo la loro grandezza relativa secondo Heis, donde apparisce come il numero va crescendo col diminuire della grandezza. Ma per le stelle minori e telescopiche noi manchiamo di ogni dato preciso. Soltanto possono darcene una idea i grandiosi lavori dei cataloghi fatti per fissarne le posizioni.

Con tale scopo sono state fatte molte numerazioni di stelle distribuite a zone che pure servono a darci una idea del loro numero sterminato; ma è chiaro che volendo fissare la loro posizione non tutte riescono a pigliarsi. Lalande con tal metodo di zone fissò la posizione di oltre 50,000 stelle limitandosi alla 9^a grandezza, e lasciando tutte le secondarie nella vicinanza immediata di qualche altra più bella.

Le zone di Bessel danno un contingente di 52199 stelle solo fino alla 9^a grandezza nella zona posta tra + 15° e - 15° di declinazione. Quelle di Argelander danno la cifra spaventosa di 324198 stelle tutte catalogate fino alla 9^a in 10^a grandezza nel solo Emisfero Boreale coll'aggiunta di due soli gradi dell'Australe. Aspettiamo i risultati della grande disamina del cielo Australe (*survey*) fatta dagli America-

ni a Sant'Iago del Chili e quella intrapresa ad Harward College col grande equatoriale di 16 pollici. Questi lavori parziali non fanno che dimostrare come il risultato degli Herschel è ben lungi dall'esser esagerato, considerato nel modo in cui esso fu fatto, giacchè in esso si ebbe la visibilità delle stelle di almeno 15^a grandezza, stando alla più modesta stima del grado di penetrazione del telescopio Herscheliano in buone condizioni di pulimento.

Da queste cifre non si può facilmente rilevare la grandezza dello spazio in cui tanti corpi sono diffusi, se non si ha una approssimata misura delle distanze di un sistema dall'altro. A ciò pertanto aiuterà il conoscere primieramente le dimensioni del nostro sistema planetario, e per ciò abbiamo creduto necessario introdurre qui un esame ragionato della sua grandezza. Il che facciamo nella seguente digressione che un lettore più informato potrà tralasciare.

§ II.

Grandezza del sistema planetario.

Per formarsi una idea adeguata delle distanze stellari, è mestieri partire dalle dimensioni del nostro proprio sistema planetario, che forma il corteggio di quella stella che noi chiamiamo *Sole*. Questa cognizione poi ha per base le dimensioni stesse del nostro pianeta, e da questo dobbiamo dare principio.

Le prime nozioni che gli uomini ebbero della forma e delle dimensioni della Terra ci vennero conservate dalle tradizioni de' poeti. Per essi la Terra era una immensa pianura terminata per tutto dal mare, sul quale posava direttamente il cielo. Nell'Oceano gli astri si tuffavano o si estinguevano la sera per uscirne lavati o riaccendersi al mattino. Gl'Indiani che pur pretesero esser così savi, e tanto antichi volendo darsi ragione del corso del Sole nella notte, supposero la Terra separata dal cielo sostenuta da una colonna, la colonna posta su di un elefante, l'elefante su di una gigantesca tartaruga, ma dove questa posasse nol dissero o nol cercarono. Tutto questo era una conseguenza della difficoltà che si provava a concepire che la Terra potesse star sospesa nello spazio senza veruno appoggio.

Fu pertanto un progresso immenso quello, in cui si arrivò a concepirla librata in sè stessa, e sospesa nell'immenso vano: concetto che per essi traeva seco l'altro creduto indispensabile di esser dessa nel centro dell'Universo, senza di che le sue parti sarebbero state spinte da un lato o dall'altro con rovina dell'intera sua mole (V. Lucr. lib. IV). *Terraque ut in media coeli regione quiescat*, onde ne proveniva l'*Evanescere paulatim et decrescere pondus*. Benchè qualche lampo si affacciasse alla lor mente sulla vera struttura del sistema, tuttavia non ne ebbero mai sicura dimostrazione, e la Terra come centro dell'Universo fu il punto di partenza delle speculazioni di tutti gli antichi astronomi, i cui sforzi più ingegnosi furono diretti a cercare di capire come mediante movimenti di sfere concentriche alla medesima si potesse render ragione dei moti apparenti de' pianeti ora diretti ora retrogradi ora stazionarii. Restarono famose le sfere di Eudosso e di Calippo, le quali se non riuscirono all'intento, vi si accostarono però assai. In tale invenzione gli antichi geometrici diedero saggio di acume sublime: e se furono derise in altri tempi, ciò avvenne perchè non furono capite; ma eccitarono l'ammirazione dei geometri quando recentemente il Professore Schiaparelli di Milano le discusse e rimise nella loro vera luce.

Riusciti vani i tentativi di spiegare i moti celesti per sfere concentriche, gl'ingegni si rivolsero ai moti eccentrici, ma a tutti i tentativi di questa specie faceva estrema difficoltà il trovar modo di spiegare la sospensione della Terra fuori del centro del mondo: onde se pure ammisero gli eccentrici di primo e second'ordine pei pianeti, la Terra seguì ad esser sempre il centro di tutti i moti. Le menti non si quietarono se non quando Copernico fece osservare che la sua rotondità, e l'accogliersi ad essa *da ogni parte i pesi* non implicavano che essa fosse il centro dell'Universo, ma soltanto un centro qualunque di forza attrattente, non diverso in ciò da quello che ci mostrano in miniatura le minute stille dei liquidi, che ancor esse vedonsi in forma sferica conglobate.

La terra allora non divenne che uno dei tanti altri pianeti che circondano il Sole, nel che essa però nulla perdette della sua importanza per noi, essendo essa la sola base da cui possiamo partire per misurare l'universo.

Dimensioni della Terra.

Le dimensioni della terra considerate come una sfera non sono più difficili a determinarsi di quelle di un'altra palla qualunque, le quali sono conosciute qualora si conoscono le dimensioni di un suo circolo massimo. Il circolo che meglio si presta a questo effetto è il meridiano, e per averne la sua grandezza non è mestieri di misurarlo tutto, ma basta misurare una porzione aliquota, cioè uno o più gradi. L'osservazione pertanto dipende da due elementi ben distinti: 1.° di sapere quanti gradi si sono misurati: 2.° sapere quanta è l'estensione lineare in misure comuni o itinerarie di questi stessi gradi.

L'ampiezza dell'arco si ha dall'angolo che fanno fra di loro le verticali dei due punti estremi dell'arco, collocati sotto lo stesso meridiano, il che equivale alla determinazione della differenza delle loro latitudini geografiche. Sia $Z S C$ la verticale del primo sito, e $Z' A C$ quella del secondo, si tratta di trovare l'angolo di queste verticali.

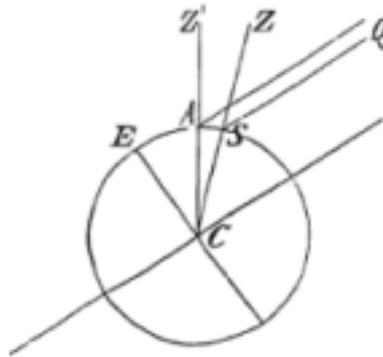


Fig. 52.

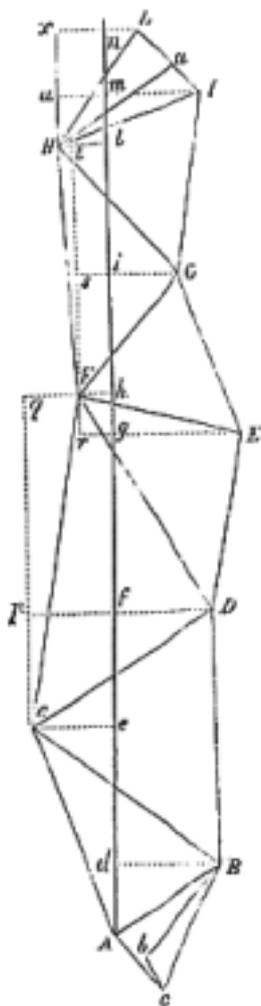
Eratostene, a cui la storia ascrive il merito di essere per il primo riuscito nella soluzione di questo problema si servì di un mezzo assai semplice. Sapevasi comunemente in Egitto che a Siene il giorno del Solstizio estivo i corpi verticali non gettavano ombra per nessuno verso, (*atque umbras nusquam vertente Syene*) e il fondo dei pozzi era illuminato completamente. Onde era certo che Siene stava sotto il tropico e la sua distanza dall'Equatore o *latitudine* era quella stessa del tropico celeste. Alessandria invece distava dal tropico di $1/59$ della circonferenza, ossia di $7^\circ 12'$: l'angolo dunque delle verticali $Z C Z'$ era supposto di $7^\circ 12'$. Dalle misure itinerarie sapevasi d'altronde che le due città distavano di 5000 stadi onde ne concluse che la circonferenza era 50 volte 5000 stadi cioè, di 250000. Però ben considerato tutto, questo risultato deve dirsi piuttosto un esempio del metodo da tenere per la soluzione del problema, che non un risultato pratico di alcun valore. Infatti nella misura delle distanze delle città non è tenuto conto nè della tortuosità delle vie, nè della loro differenza di meridiani, la quale pure si sa non esser qui trascurabile. Aggiungasi a queste le inesattezze delle latitudini e l'incertezza per noi del valore dello stadio antico, e si vedrà che allora la grandezza della Terra era ben poco conosciuta. Tolomeo assegnò 500 stadi al grado.

Gli Arabi sotto il Califfo Almamun cercarono farne una misura più accurata. Due squadre di geometri partirono da un punto delle pianure di Singiar, camminarono in senso opposto finchè la loro latitudine fosse cambiata di un grado per ciascheduna compagnia, e trovarono così che il grado era di miglia $56 \frac{2}{3}$ ^[62]. Gli antichi nulla ci hanno lasciato di più preciso. Vero è che se crediamo a recenti studi egittologici il cubito egizio impiegato come unità metrica nella costruzione della grande piramide, coinciderebbe colla 10 milionesima parte del semiasse polare della Terra, secondo il valore che attualmente gli si attribuisce dalle nostre misure, il che farebbe supporre che una misura del Globo assai precisa fu fatta da quella coltissima generazione; ma finchè nuovi elementi storici più chiari nol provino, tale coincidenza per noi deve considerarsi come una curiosità, e la misura come non avvenuta.

Fu solo nei tempi più recenti che questo problema venne ripreso seriamente, ed in prima dall'Accademia delle Scienze di Parigi, che dalla sua culla fino al presente ne fece una parte delle sue glorie, e fu continuato ed esteso da tutte le nazioni civili. Lasciando da parte la storia delle misure moderne ci limiteremo a dire: che le latitudini delle stazioni si determinano ora colla più grande precisione, onde l'angolo delle verticali si conosce colla massima esattezza. E la massima scrupolosità in ciò non è mai ec-

^[62] Queste miglia sono miglia arabiche, delle quali la vera lunghezza non è conosciuta. Se lo stadio di Tolommeo era $1/8$ di miglio romano il grado sarebbe 93250^m , cioè minor del vero.

cessiva perchè essendo un secondo in arco di latitudine poco meno che 31 metri in lunghezza, anche le frazioni di secondo sono considerabil cosa rapporto alle misure usuali. Siccome poi i metodi con cui si fanno le misure itinerarie sono troppo grossolani, si usano artifizi speciali di precisione per valutare le distanze.



Le misure dirette di archi grandi essendo impossibili, si fa uso di mezzi geometrici. Si comincia dal misurare un discreto tratto di terreno perfettamente rettilineo, e orizzontale che dicesi *base*, il quale coi metodi moderni si può misurare per l'estensione di 6 a 12 chilometri dentro limiti di precisione di pochi millimetri. Su questa base, come *Ac* (vedi figura 53) si costituisce una rete di triangoli *AcB*, *ABC*, *BCD*, *CDF*, *DFE*, ecc. colla quale si congiungono le stazioni estreme *L* ed *A*^[63]. I punti intermedi sono tutti distinti con segnali in muratura collocati sulle vette dei monti, dai cui vertici si misurano gli angoli colla massima accuratezza. Col calcolo trigonometrico quindi si rileva il valore di ciascun lato de' triangoli. Orientati che questi siano per mezzo di opportune osservazioni astronomiche, si determina precisamente la direzione del meridiano nel mezzo della rete, dai lati della quale si deducono le porzioni dell'arco intercetto *Ad*, *de*, *ef*, *fh*, ecc. e quindi la distanza lineare dei due paralleli che passano tra le stazioni estreme *A* e *L*, delle quali si conoscono le differenze di latitudine. Si ha così il valore in date unita di misura dell'arco lineare che separa le due verticali, donde si rilevano le dimensioni del grado e quindi della intera circonferenza del globo. Questi archi essendo stati misurati in molti luoghi distanti tra di loro, altri presso il polo, altri presso l'Equatore, altri nel mezzo, hanno rivelato che al polo essi sono più lunghi, e all'Equatore più corti, benchè comprendano un egual numero di gradi; donde si è concluso che la Terra non è sferica, ma schiacciata ai poli e rilevata all'Equatore. Dalle molte misure confrontate tra di loro si sono rilevati gli elementi seguenti:

Raggio equatoriale	metri	6377398,1
Raggio polare		6356079,9
Grado medio		111120,64
Schiacciamento		1/299,15
Miglio geografico		1852.01

Fig. 53.

Queste misure furono fatte dapprima sulla unità usuale della tesa di Francia di sei piedi di Parigi, e trovato così il numero de' piedi che entravano nel quadrante del meridiano terrestre, si divise questo numero per dieci milioni e una di queste parti fu chiamata *Metro*. Essa risultò di linee 443,296 del piede antico di Parigi. Ora però tutte le misure vengono riferite a questa unità legale depositata agli archivi di Francia. Essa però non riuscì ad essere rigorosamente la 10 milionesima parte del quarto del meridiano terrestre, ma ne differisce alquanto, essendo realmente il quadrante intero 10,000,856 metri legali. Tal differenza venne originata da alcuni difetti nelle osservazioni, e da sviste commesse nel calcolo delle misure dell'arco di meridiano francese.

Oltre questo difetto si riconobbe appresso che tra i diversi meridiani vi è una piccola differenza, talchè dalle più accurate ricerche moderne del Cap. James, risulterebbe esser la Terra non uno sferoide di rivoluzione attorno all'asse polare, ma uno sferoide a tre assi disuguali, con piccolissima differenza però tra i diametri equatoriali. Ma queste delicate conclusioni sono ancora incerte, stante che troppo scarse ed imperfette sono le misure prese nell'emisfero australe.

Attese queste diversità nei meridiani, sarebbe stato più ragionevole prendere come si pretende che facessero gli Egizi la 10 milionesima parte del semiasse polare. Ma checchè ne sia, il metro adesso è riguardato come una misura convenzionale, in sufficiente relazione pratica colle misure terrestri e nulla più.

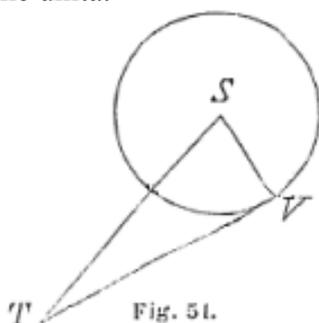
Si è cercato in ogni tempo di fissare delle unità metriche naturali invariabili e che fossero facilmente reperibili in ogni età e luogo, ma finora nessuna se n'è trovata che sia senza eccezione. Così fu proposta la lunghezza del pendolo che batte i secondi, ma essendo questa diversa nelle diverse latitudini, non è gene-

^[63] Questa figura è tratta dalla triangolazione realmente fatta dal Boscovich tra Roma e Rimini, ed è una delle più semplici e brevi.

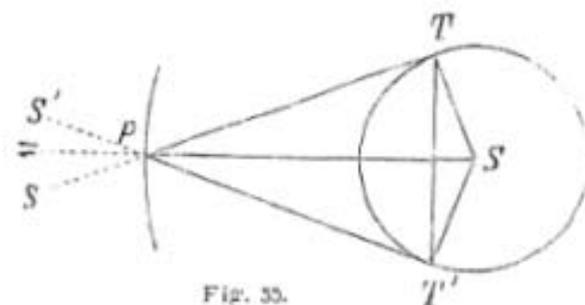
rale. Inoltre essa implica la misura del tempo, e questo non può definirsi che mediante la rotazione terrestre, la quale si suppone bensì costante, ma non è rigorosamente dimostrata tale; onde manca del carattere fondamentale di lunghezza assoluta. La lunghezza tipica più perfetta sarebbe la lunghezza delle onde luminose emesse nella radiazione di certe sostanze elementari, come per es: l'Idrogeno, il Sodio ecc. ma l'estrema piccolezza di queste quantità forma una difficoltà pratica molto rispettabile alla loro adozione. Tuttavia verrà probabilmente un giorno, in cui rese più facili queste misure, tali unità saranno forse una base generale e naturale de' sistemi metrici perfezionati, nè ciò deve sorprendere, perchè vi è più proporzione fra la lunghezza dell'onda luminosa e il metro, che non tra il metro e il quadrante del meridiano.

Distanza relativa del Sole e dei pianeti.

Costituita così la base fondamentale delle misure nella grandezza del globo terrestre, e conosciutane la sua dimensione in unità ordinarie, resta a cercare la grandezza assoluta del sistema solare. Questa si riduce a trovare la distanza della terra dal Sole, che è l'unità fondamentale, conosciuta la quale si ha tutta la grandezza del sistema espressa dalle stesse unità in cui si è definita la misura del globo. Del resto l'astronomia insegna facilmente a trovare le distanze relative dei pianeti espresse per la distanza stessa della Terra dal Sole presa essa stessa come unità.



Infatti i pianeti si distinguono in superiori ed inferiori: questi sono due, Venere e Mercurio, le cui orbite sono incluse dentro quella della Terra, gli altri includono nella loro l'orbita terrestre. La distanza relativa di un pianeta inferiore dal Sole si ha facilmente mediante le massime sue *elongazioni*. Sia (fig. 54) *S* il Sole *V* il pianeta *T* la Terra: tirando una retta *TV* tangente all'orbita del pianeta supposta circolare, quando il pianeta è nella sua massima elongazione dal Sole, si potrà misurare direttamente dalla Terra l'angolo *STV*, ed essendo allora retto l'angolo *SVT*, la distanza del pianeta *SV* sarà = $ST \text{ sen } STV$ che dà con facil calcolo la distanza *SV* in frazione di *ST*. Per i pianeti superiori questo metodo non può servire, ma Keplero ne immaginò ingegnosamente un altro, col quale potè concludere non solo la distanza relativa dei pianeti dal Sole, ma anche trovare la natura della loro orbita mediante la misura di parecchie di queste distanze, dalle quali rilevò essere una ellisse in uno dei cui fuochi sta il Sole. Il metodo è questo.



Astraendo per ora dalla piccola inclinazione che l'orbita del pianeta possa avere su quella descritta della Terra attorno al Sole: sia (fig. 55) *S* il Sole, *P* il pianeta osservato in un punto qualunque della sua orbita mentre la Terra sta in *T*. Facile è dalla osservazione determinare la distanza angolare del pianeta al Sole, ossia misurare l'angolo di *elongazione* *PTS*. Suppongasi ora che si abbia un'altra osservazione fatta quando il pianeta ha compiuto un intero giro attorno al Sole, cioè distante dalla prima precisamente quanto è il tempo della sua rivoluzione attorno al Sole: esso evidentemente sarà ritornato al punto identico *P* di prima sull'orbita sua: e per ciò che spetta questa operazione sarà come se fosse stato sempre immobile allo stesso luogo. Ai tempi di Keplero questa durata della rivoluzione era conosciutissima, perchè dalle osservazioni delle opposizioni de' pianeti col Sole si poteva determinare dall'osservatore in Terra il loro periodo, come se questi fosse sul Sole, in quella guisa che svilupperemo meglio fra poco.

Ma dopo un tal giro completo, la Terra, per la diversità del suo moto, sarà allora in un punto differente, per esempio T' . Ora tirando la linea TT' , è chiaro che il problema si riduce al più elementare di tutta la trigonometria; di trovare cioè la distanza di un punto inaccessibile, conoscendo la base del triangolo e i due angoli adiacenti. Per trovare gli elementi necessari alla sua soluzione, avvertasi che come dalla prima osservazione si cava PTS così dalla seconda l'astronomo ricava l'angolo $PT'S$, e inoltre dalle tavole solari può facilmente calcolare l'angolo TST' compreso tra le due posizioni della Terra rapporto al Sole nelle due epoche dell'osservazione; di più nel triangolo TST' conosce in parti della distanza media i due lati TS e $T.S'$ onde potrà concludere la corda TT' e gli angoli adiacenti STT' e $ST'T$: questi sottratti dalle due elongazioni STP $ST'P$, danno gli angoli dalla parte del pianeta PTT' , $PT'T$ che sono i due angoli cercati adiacenti alla base TT' donde immediatamente si ricaverà il lato PT o PT' , cioè la distanza del pianeta alla Terra: conosciuta la quale da uno dei triangoli PST o PST' si avrà il lato SP ; giacchè di questi si conoscono pure i due lati PT , TS , e l'angolo compreso. Mediante osservazioni consimili si poterono stabilire le distanze relative di Marte, Giove e Saturno, pianeti noti agli antichi.

Abbiam detto che i tempi delle rivoluzioni dei medesimi potevano pure determinarsi colla massima precisione mediante le osservazioni delle loro opposizioni col Sole: ciò è facile capire, ed ecco come.

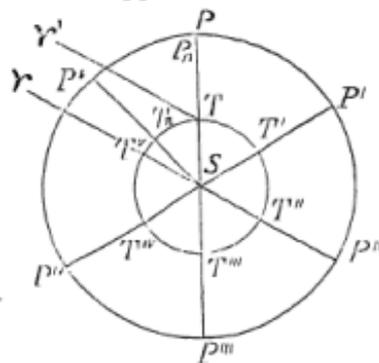


Fig. 56.

Sia (fig. 56) S il Sole, P il pianeta e T la Terra nel momento dell'opposizione, cioè quando il pianeta sta presso mezza notte diametralmente opposto al Sole in longitudine, presso al meridiano inferiore. È chiaro che l'osservatore in T vedrà il pianeta dalla Terra alla longitudine $\Upsilon'TP$ eguale a ΥSP alla quale sarebbe veduto da un osservatore nel Sole, poichè la direzione delle due rette $T \Upsilon'$, e $S \Upsilon$ condotte dal Sole e dalla Terra al punto di Equinozio sono parallele. Dunque la longitudine *geocentrica* del pianeta sarà uguale alla *eliocentrica*. Però i due pianeti avendo velocità assai diverse nelle loro orbite, mentre la Terra fa un giro, il pianeta non ne farà che una frazione, onde la seguente opposizione avverrà in un altro punto P' e tale che mentre la Terra ha fatto un giro più l'arco TT' , il pianeta non avrà fatto che l'arco PP' . I due movimenti possono benissimo paragonarsi ai giri delle due sfere dell'orologio, quella dei minuti rappresentando la Terra, e quella delle ore un pianeta superiore, per es: Giove. Così successivamente avranno le opposizioni in punti diversi P' , P'' , P''' , P^{IV} , P_n . Se l'ultima accada nel punto di prima P , ovvero vicinissimo ad esso, si potrà da essa facilmente concludere il tempo della rivoluzione del pianeta da un osservatore posto sulla Terra, come si sarebbe fatto da un osservatore posto sul sole. Così pertanto gli antichi dal confronto di moltissime opposizioni, rilevarono i valori delle durate delle rivoluzioni loro attorno al Sole, e lasciarono in ciò poco da fare ai moderni.

Keplero profittando di questi valori, e aggiungendovi quelli delle distanze da sè concluse, riuscì a questa legge importantissima che «*i quadrati dei tempi periodici dei pianeti, erano nello stesso rapporto che i cubi delle loro distanze medie dal Sole.*» Questa importantissima legge che ritiene il nome del suo scopritore, porta seco la conseguenza, che basta sapere la distanza dal Sole di un solo pianeta per avere quelle di tutti gli altri. Anzi, che basta sapere la distanza a cui arrivano due pianeti tra loro per avere quella di essi dal Sole, e tutta la scala del sistema^[64]. Questa grande scoperta è quella che rende tanto preziose le osservazioni dei passaggi di Venere, come vedremo fra poco.

[64] La legge di Keplero espressa in formola è la seguente.

Dette a e a' le distanze medie e T , T' i tempi periodici dei due pianeti, si ha

Distanze assolute dei corpi celesti dalla Terra.

La distanza di un astro qualunque è un problema geometrico che si riduce a determinare la distanza di un punto inaccessibile dietro alcuni dati su cui fondare i calcoli che si riducono ad avere una base e i due angoli adiacenti. Questo problema si scioglie sempre coi metodi già accennati ed usati dai geometri. Così se trattasi della distanza lunare, che è il corpo più a noi vicino, dovremo prima trovare una base opportuna, e su questa base imaginato il triangolo, ottenere la costruzione necessaria al calcolo. Il modo più semplice è il seguente.

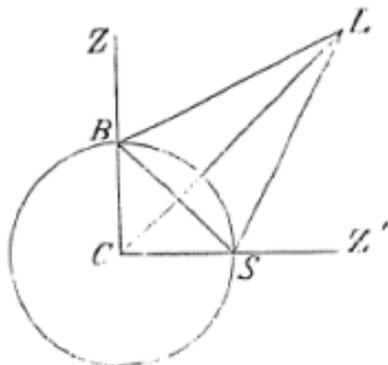


Fig. 57.

Due osservatori (fig. 57) in *B* ed *S* siano posti sotto del medesimo meridiano, e l'uno prenda la distanza zenitale *ZBL*, l'altro la *Z'SL* contemporaneamente. Si potranno da questi due angoli concludere i loro supplementi *LBC*, e *LSC*. Ora dalla posizione, nota sul globo dei due osservatori, si conoscono i due raggi *BC*, e *CS*, non che la somma delle loro latitudini geografiche *BCS*, avremo dunque i tre elementi per risolvere il triangolo *BCS*, e trovare il lato *BS*, e gli angoli *SBC*, *CSB*. Se questi due angoli si sottraggono rispettivamente dai due supplementi suindicati *LBC*, *LSC*, si avranno gli angoli *LBS*, *LSB* adiacenti alla base *BS*, donde essendo risolubile il triangolo *LBS*, si avranno *BL* e *SL* distanza degli osservatori dalla Luna. La distanza poi della Luna *LC* al centro della Terra si avrà dal triangolo *LSC*, ovvero dal *BLC*, in ciascuno dei quali si conoscono due lati e l'angolo compreso e ognuno vede che questo è un caso simile a quello trattato precedentemente pei pianeti: che però gli astronomi risolvono anche più speditamente colle loro formole.

Tal caso di osservazione rigorosamente simultanea, è quasi impossibile in pratica, ma vi si può supplire mediante osservazioni separate da qualche tempo, purchè si tenga conto del cambiamento di posto della Luna in cielo nell'intervallo delle osservazioni. Nelle ricerche fatte nel secolo scorso, i due osservatori in pratica si sono collocati uno a Berlino, l'altro al Capo di Buona Speranza che sono luoghi assai prossimi allo stesso meridiano.

$$\frac{a^3}{a'^3} = \frac{T^2}{T'^2} \text{ ossia } \frac{a}{a'} = \frac{\sqrt[3]{T^2}}{\sqrt[3]{T'^2}};$$

ora dalle proprietà delle proporzioni si sa che può scriversi

$$\frac{a - a'}{a} = \frac{\sqrt[3]{T^2} - \sqrt[3]{T'^2}}{\sqrt[3]{T^2}}$$

Se *a* è la distanza della Terra dal Sole e *a'* quella di Venere, la differenza *a - a'* sarà la distanza di Venere dalla Terra, onde conosciuta questa distanza de' due pianeti tra di loro, dalla equazione precedente si avrà *a* distanza del Sole dalla Terra.

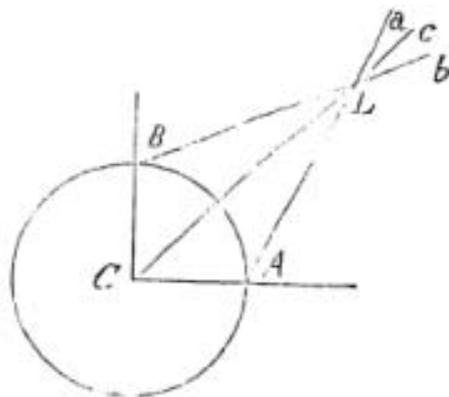


Fig. 54.

Dietro la figura è facile capire che gli osservatori A e B, (fig. 58) i quali guardano insieme la Luna L, la riferiscono in cielo a due punti diversi, cioè il 1° in a e il 2° in b, mentre un osservatore nel centro C la riferirebbe in c. Questo è il solo che vede la Luna nel suo luogo vero, gli altri la vedono spostata di una quantità maggiore o minore che chiamasi *parallasse*. Gli astronomi chiamano *parallasse* lo spostamento angolare apparente di un astro per il cambiamento di posto dell'osservatore; così se l'osservatore dal centro passasse realmente in A o in B vedrebbe la Luna apparentemente spostarsi di un arco ac o bc. Questo spostamento è tanto maggiore quanto l'astro è più vicino, e si può sempre determinare la distanza conosciuto che sia lo spostamento dell'osservatore, e l'arco di spostamento. Per ciò, trovare la parallasse di un astro o trovare la sua distanza sono frasi equivalenti.

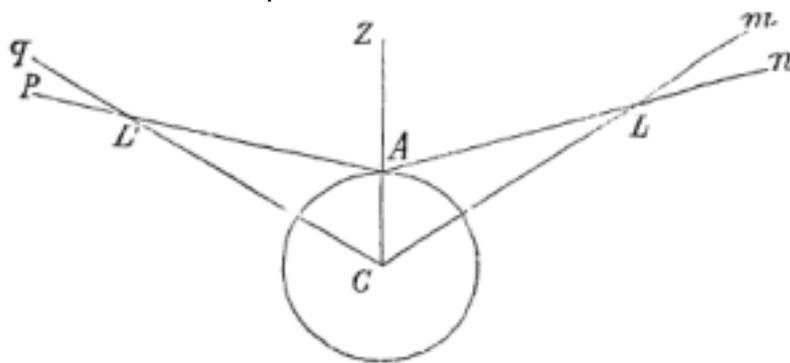


Fig. 56.

La supposizione di due osservatori sotto lo stesso meridiano e che facciano le osservazioni contemporanee, non fu possibile ridursi ad effetto che nei tempi moderni, perciò negli antichi tempi fu supplita con un'altra combinazione abbastanza esatta. Supponiamo che l'osservatore in A (fig. 59) osservi un astro L, distante dal suo Zenit, e posto a Levante nel primo suo verticale. Egli lo vedrà necessariamente abbassato in n, e la parallasse sarà m Ln ossia ALC: similmente ripetendo le osservazioni in simile posizione a Ponente avrà l'abbassamento q L' p = AL'C; sicchè la somma delle distanze zenitali che vedute dal centro sarebbero LCZ + ZCL, vedute alla superficie della Terra saranno L'AZ + ZAL' e perciò maggiori del vero della somma delle parallasse AL'C + ALC. Se dunque si conosca da un calcolo teorico preventivo quale dovrebbe esser l'angolo vero al centro tra le due osservazioni dell'astro in L e L' il suo confronto coll'angolo osservato farà conoscere le parallasse. Se l'astro L fosse immobile in cielo, l'angolo LCL' potrebbe facilmente dedursi dalla porzione della rotazione diurna fatta dalla Terra nell'intervallo delle osservazioni, se poi l'astro è mobile, bisognerà aggiungere a questo la quantità di cui esso si è spostato nell'intervallo. Se l'astro fosse fuori del primo verticale, si dovrà calcolare con apposite formole la componente della parallasse nell'angolo orario. È manifesto che può farsi il calcolo considerando l'angolo dipendente dalla parallasse da un solo lato, come p. es. ZAL come usarono per lo più gli antichi. Così un solo osservatore può bastare per trovare la parallasse di un astro, ma il metodo di due osservatori è molto più sicuro. Basti questo cenno per dare una idea delle operazioni da farsi per riuscire a trovare la distanza degli astri, ben inteso che abbiamo tralasciato molte minute particolarità, delle quali si deve tener conto nell'atto pratico del calcolo e della osservazione. Tale è soprattutto l'influenza delle refrazioni che alterano

notabilmente e rovesciano anche l'effetto delle parallassi quando si voglia far uso delle distanze zenitali assolute. Cassini fu il primo che adoprò pei pianeti tal metodo. Avendo trovato le regole con cui correggere le refrazioni, lo applicò alle comete, e confermo che esse erano corpi assai più lontani che non si credeva, come già aveva indicato Ticone e altri astronomi anteriori. L'applicò pure al pianeta Marte come vedremo per cavarne la distanza del Sole.

Distanza assoluta del Sole.

Il metodo indicato per trovare la distanza della Luna, può servire per tutti gli astri; e quindi anche pel Sole. Ma per questo astro la sua lontananza è così grande, e l'angolo di parallasse così piccolo che ogni misura diretta riuscì impossibile agli antichi, ed è molto difficile e poco sicura pei moderni, attesa l'influenza dei numerosi errori dell'osservazione diretta: quindi è che si è costretti a ricorrere ai mezzi indiretti.

Il primo a cui si attennero gli antichi fu di dedurre la distanza del Sole da quella della Luna: il metodo è però più ingegnoso che sicuro, ma merita di essere ricordato come saggio del loro acume.

Sia (fig. 60) *S* il Sole, *T* la Terra, *L* la Luna: questa si suppone sferica ed illuminata dal Sole sempre per metà, benchè a noi si renda visibile ora una parte maggiore ora una minore della parte illuminata. Se pertanto si colga il momento in cui il raggio condotto dalla Luna al Sole fa angolo retto all'altro raggio condotto da essa alla Terra, la linea terminatrice dell'ombra e della luce sulla Luna sarà perfettamente retta, perchè sarà la traccia di un circolo massimo della sfera lunare collocato nel piano che passa per l'occhio dell'osservatore, la cui proiezione allora è una linea retta. Quindi reciprocamente osservando il momento in cui la linea terminatrice della luce e dell'ombra sulla Luna è retta, avremo l'istante in cui la Terra ed il Sole veduti dal centro lunare sono ad angolo retto. In tale circostanza misurando dalla Terra l'angolo tra la Luna e il Sole, saranno conosciuti gli elementi necessari alla soluzione del triangolo *STL* rettangolo in *L*, e si avrà la distanza *ST* della Terra al Sole. Tale è la teoria, ma in pratica si trovano grandi difficoltà. Primieramente è difficilissimo definire il momento preciso in cui sulla Luna la linea terminatrice della luce è perfettamente retta; ad occhio nudo l'osservazione è assai grossolana e insufficiente; coi cannocchiali è anche peggio, perchè con essi si scoprono infinite irregolarità nel globo lunare, che impediscono di tracciare una tal linea. Di più l'angolo alla Terra *STL* pochissimo differisce dal retto onde non è facile valutarne la grandezza. Aristarco il quale pel primo usò questo metodo lo stimò $90^\circ - 3'$ il che darebbe la distanza del Sole 19 volte quella della Luna. Vendelino trovò coi cannocchiali che l'angolo era appena $90^\circ - 15'$, e le osservazioni di Riccioli lo portavano a credere che l'angolo era appena di $90^\circ - 30''$. A quest'ultimo angolo corrispondeva la distanza di appena un terzo del vero.

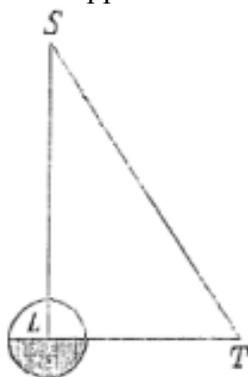


Fig. 60.

Cassini avendo provato inutilmente sul Sole il suo metodo delle parallassi degli angoli orari, adoprato già per le comete, si attenne al metodo indiretto di osservare la distanza di un pianeta della Terra. Scelse a questo effetto il pianeta Marte, che quando sta nella opposizione viene ad una distanza dalla Terra minore della metà di quella del Sole, e vi applicò il suo solito metodo e trovò pel Sole una parallasse di $12''$. Poesia colta l'occasione che Richer era spedito dall'Accademia di Francia alla Cajenna per farvi altre osservazioni nel 1672, lo incaricò di fare le osservazioni meridiane simultanee col metodo indicato di sopra.

Le osservazioni fatte a questo modo sono molto più sicure che non le altre fondate sulle distanze zenitali dirette. Il metodo si riduce a confrontare Marte colle stelle vicine, e prendere la sua distanza da esse (fig. 61).

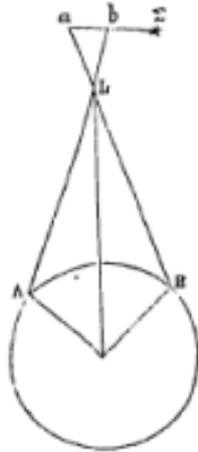


Fig. 61.

Questa riesce necessariamente diversa nei due luoghi lontani, perchè mentre uno p. es. da *A* lo vede in *b* e l'altro da *B* in *a*, lo spostamento *a L b* si misura direttamente nella sfera celeste rapporto alla stella, e dalla differenza trovata si conclude la parallasse. In questa maniera le refrazioni hanno piccola influenza perchè tanto la stella che il pianeta sono da essa egualmente spostati, e solo resta una piccola differenza di spostamento per la differenza delle altezze.

Da queste osservazioni la parallasse di Marte risultò circa 25" donde tenuto conto di tutte le correzioni, concluse la parallasse del Sole di 9" $\frac{1}{2}$. Più tardi nel 1751 si profitò ancora del viaggio di Lacaille al Capo di Buona Speranza per assicurar meglio questo risultato, e colle osservazioni di Maraldi, Pound e Bradley in Europa se ne concluse una parallasse di Marte = 26", 8 e di 10" 2 pel Sole. Questi risultati erano già importantissimi, e davano entro limiti assai ristretti la distanza della Terra al Sole: ma le discordanze delle osservazioni dal medio erano assai grandi, onde si reclamavano degli studi più precisi in una materia di tanta importanza.

Diremo qui anticipatamente che le opposizioni recenti di Marte nel 1862 in circostanze favorevoli hanno dato con questo metodo 8", 95 secondo Winnecke, e 8", 943 secondo Stone, onde i primi risultati di Cassini non erano poi tanto dispregiabili.

Uso dei passaggi di Venere per dedurre la distanza della Terra al Sole.

Fra i pianeti che nella combinazione de' loro movimenti si avvicinano alla Terra più del Sole trovasi Venere: questa quando sta nella sua congiunzione inferiore viene a un terzo circa della distanza della Terra al Sole, quindi la sua parallasse sarebbe tripla di quella del Sole. Ma Venere non ha il vantaggio di essere allora visibile di notte colle stelle, e perciò l'angolo non si potrebbe misurare ordinariamente colla facilità e precisione che si fa con Marte. Si può bensì riferire al Sole, ma sempre a grandi distanze e perciò in condizioni meno favorevoli, e siccome la parallasse agisce pure sul Sole, così la loro parallassi relativa è solo come 3 a 7. Ad onta di tali svantaggi pure le osservazioni di Venere fatte da Lacaille diedero una parallassi di 10" 38, la quale non differiva molto da quella già trovata con Marte.

Ma fu un inglese, il celebre Halley, che insegnò agli astronomi la vera maniera di servirsi di questo pianeta per avere la parallasse solare, e ciò senza l'uso di micrometri che misurassero la sua distanza al Sole, nè di altri mezzi di puntata incerta. Col suo metodo bastava soltanto avere un buon orologio, e un cannocchiale, e un secondo in arco di parallasse sarebbe dato per due o tre minuti di tempo. Talchè questa parallasse per piccola che fosse sarebbe data per una quantità notabilmente più grande di quella che si cercava, e se il dato dell'osservazione era di diversa natura, era però molto più facile a determinare.

Il metodo di Halley consiste nell'osservare il tempo che impiega il pianeta ad attraversare il disco solare, quando stando esso nella congiunzione inferiore viene a proiettarsi sul Sole. Venere apparisce allora come una macchia nera della grandezza circa di un minuto in arco, che si stacca mirabilmente sul fondo luminoso dell'astro, e l'entrata e l'uscita si possono avere con una grande precisione. Sfortunatamente questi passaggi sono assai rari, poichè non accadono che ogni secolo o poco più, e poi si rinnovano 8 anni appresso. Da quello del 1639 al 1761 corsero 122 anni, da questo al 1769 altri 8 anni, e da esso al 1874 105 anni, e il prossimo avverrà nel 1882 e via progredendo 122 anni appresso, e gli altri con simile periodo. Questa rarità del fenomeno lungi dallo scoraggiare gli astronomi, fu anzi un titolo di più per profittarne

con maggior alacrità, e le storie sono piene dei grandiosi preparativi che si fecero in ognuna delle tre epoche in cui l'astronomia risorta potè fruire di sì preziosa occasione.

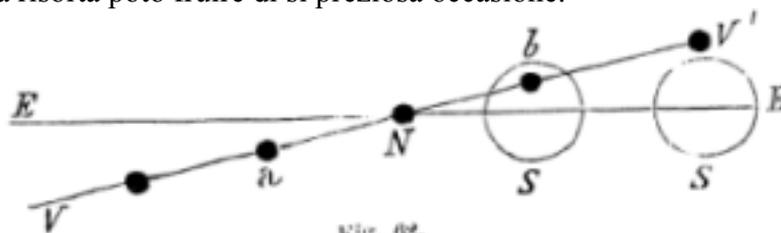


Fig. 62.

Per meglio intendere le circostanze di questo fenomeno, è da considerarsi, che se Venere e la Terra girassero attorno al Sole in un medesimo piano, la prima passerebbe avanti al Sole ad ogni rivoluzione sinodica, cioè ad ogni sua congiunzione inferiore. Ma il piano dell'orbita di Venere VV' (fig. 62) essendo inclinato all'eclittica EE , il passaggio non sarà proiettato sul Sole salvo che quando Venere sta o nel nodo N delle due orbite, o tanto vicino ad esso che la separazione dei due piani non superi un semidiametro solare più un semidiametro di Venere, cioè $16' 42''$: onde non esca fuori del disco solare S . Ora a ragione dei tempi periodici relativi di Venere e della Terra se un passaggio accade nel punto a presso il nodo ascendente, e sotto l'eclittica, un altro non potrà accadere che dalla parte superiore in b a distanza di 8 anni, nel qual tempo Venere ritorna in congiunzione dopo compiute 8 rivoluzioni della Terra: per tutto il resto dell'orbita le congiunzioni di Venere accadranno in punti troppo elevati sull'eclittica, e non si potrà vedere il pianeta sul Sole, se non quando Venere andrà dall'altra parte dell'orbita, nel nodo discendente, per poi ritornare il fenomeno all'ordine di prima. Tale giro richiede più di un secolo di turno.

Vediamo ora come da questi passaggi si potrà determinare la parallasse.

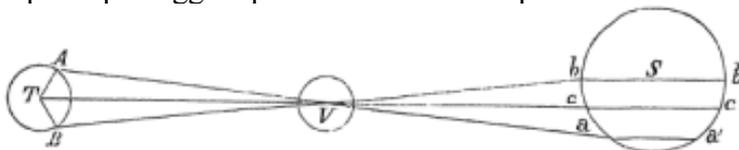


Fig. 63.

Siano T, V, S , (fig. 63) i centri dei tre astri: sulla Terra T siano due osservatori collocati nelle stazioni assai lontane A e B : è manifesto che proiettandosi da essi il pianeta sul Sole, ciascuno lo vedrà descrivere una corda differente. Da A si avrà la corda aa' e da B la bb' , le quali saranno differente ciascuna della corda cc' , che vedrebbe un osservatore collocato nel centro: e la differenza di lunghezza delle due corde estreme sarà evidentemente funzione dell'angolo aVb = all'angolo opposto al vertice AVB . La distanza delle due corde aa', bb' è manifestamente un effetto delle parallasse e conosciuta questa distanza si saprebbe la parallasse relativa. Questa si potrebbe concludere dalle misure micrometriche delle loro distanze all'orlo mp, mn , (fig. 64), ma ciò implicherebbe l'uso dei micrometri che appunto cercasi di evitare.

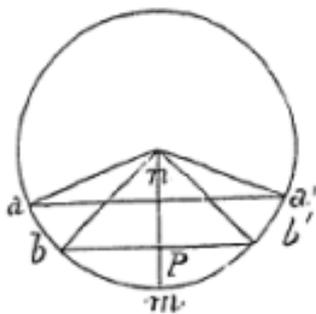


Fig. 64.

I moderni sperando molto sulla fotografia hanno cercato nel 1874 di fissare queste distanze con questo mezzo istantaneo, che permette di moltiplicare indefinitivamente le osservazioni. Ma ciò non poteva sognarsi ai tempi di Halley. Egli vide invece che la differenza di tempo osservata tra l'entrata e la sortita del pianeta nelle due stazioni, bastava a calcolarne la lunghezza, conoscendo la velocità di Venere relativamente al Sole; velocità che si ha dalle tavole dei movimenti planetarii. Conosciute queste corde dal tempo impiegato a descriverle è facile dedurne la loro distanza np , e quindi il numero dei secondi di cui sono separate, che è appunto la parallasse di Venere rapporto al Sole.

Questo è quello che si verifica per due osservatori collocati dallo stesso lato del meridiano terrestre: ma vi è una circostanza assai curiosa che può allungare od accorciare, con gran vantaggio dell'osservazione, questa durata. I passaggi di Venere accadono sempre nelle vicinanze dei solstizi, poichè i nodi dell'orbita corrispondono ai luoghi ove il Sole è in Dicembre e in Giugno: avviene pertanto che in tali stagioni mentre una stazione m ha il Sole al meridiano di sopra, un'altra n nelle calotte polari terrestri ha il Sole sull'orizzonte in una posizione corrispondente al meridiano inferiore dell'altra. (V. fig. 65).



Fig. 65.

Ora in queste due regioni la Terra ha una rotazione opposta rapporto ad un punto esterno; come accade in ogni moto circolare veduto dal difuori della sua periferia: quindi se in m il moto diurno della Terra si fa nel senso stesso del corso di Venere sul Sole, in n si farà nel senso opposto: se nella prima stazione la durata è allungata, nella seconda sarà ritardata e viceversa. Quindi le durate dei tempi in cui si descrivono le corde sono rese anche più sensibili. Questo accadde nel 1769 in cui mentre ad Haiti e altrove si osservava il moto diretto, a Whardous in Lapponia si osserva il moto rovesciato, e la differenza di durata del passaggio salì fino a 27^m, donde apparisce che i 9 secondi scarsi di parallasse solare venivano ad esser dati per tre minuti di tempo ciascheduno.

Però il metodo di Halley ha lo svantaggio che richiede una osservazione completa dell'ingresso e dell'egresso del pianeta fatta in ciascheduno dei due siti lontani. L'osservazione di una parte sola del fenomeno è affatto inutile alla soluzione del problema. Si deve al francese Delisle di aver trovato un altro modo di definire la durata dei passaggi anche con osservazioni parziali, purchè però si conosca la differenza delle longitudini delle due stazioni, che hanno osservato una l'uscita, e l'altra l'entrata. Questa cognizione delle differenze di longitudine dei due paesi era certamente una difficoltà non piccola ai suoi tempi, ma essa va diminuendo ogni giorno più, e oggidì può dirsi quasi svanita. Per ben comprendere il vantaggio di questo secondo metodo è bene considerare la figura qui appresso.

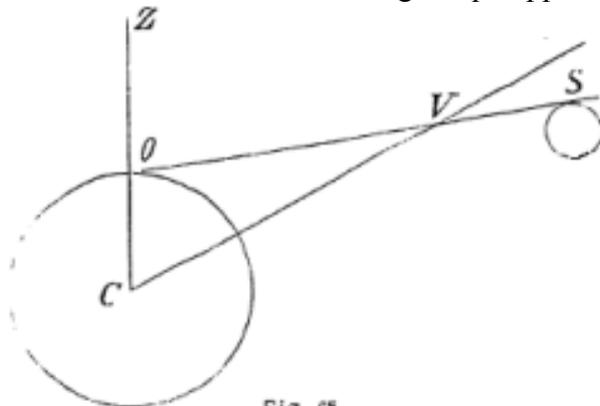


Fig. 66.

Sia C il centro della Terra, O l'osservatore, V il luogo a cui corrisponde nello spazio il centro di Venere o un punto del suo lembo (fig. 66). Siccome l'osservatore in O vede Venere abbassata dalla parallasse, è chiaro che esso dovrà in un certo istante vedere il suo lembo a contatto col Sole, mentre questo contatto non sarebbe ancora visibile per l'osservatore posto nel centro della Terra. Si avrà dunque per ciò un *ingresso accelerato* dovuto alla parallasse. Se consideriamo il fenomeno in un altro luogo dove Venere si trovi all'egresso, e dalla parte opposta in V , (fig. 67) avverrà che Venere per lo stesso abbassamento continuerà a vedersi sul Sole, mentre è già uscita per l'osservatore supposto nel centro, onde uscirà molto più tardi per l'osservatore in O , che per l'altro in C , e così la sua uscita sarà *ritardata*.

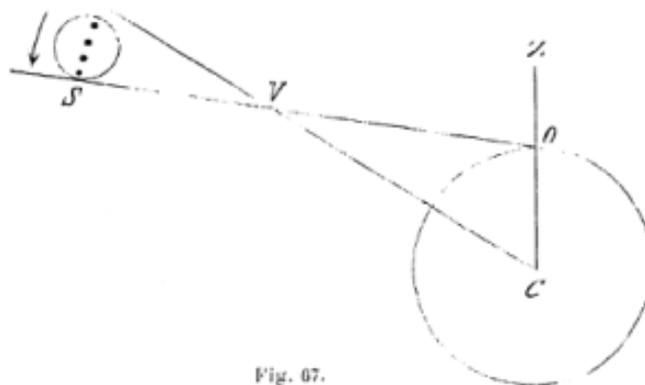


Fig. 67.

Ora durante il fenomeno vi sono in Terra delle stazioni che corrispondono al caso segnato a destra della (fig. 66) e delle altre al caso indicato a sinistra (fig. 67), quindi combinando l'osservazione di due stazioni scelte convenientemente la durata del passaggio sarà allungata notabilmente.

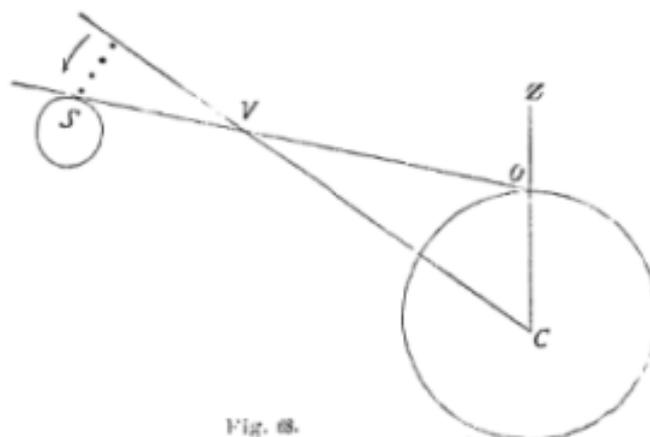


Fig. 68.

Al contrario vi sono delle località ove l'ingresso sarà *ritardato* e l'egresso accelerato, come si vede chiaramente dover accadere se l'ingresso accade nella regione del lato sinistro V' della (fig. 68) perchè allora accadrà alla superficie dopo che pel centro della Terra; finalmente se l'egresso è dal lato destro V uscirà Venere per l'osservatore O prima che per C (fig. 69) e in queste stazioni combinate sarà accorciato.

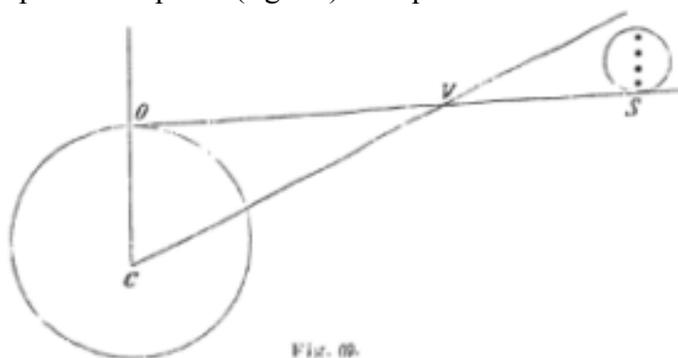


Fig. 69.

Delisle diede dei metodi assai semplici coi quali si possono trovare con facilità i luoghi geografici ove questi fenomeni possono vedersi, che perfezionati dagli astronomi moderni, rendono questo metodo assai fecondo e sicuro, ma di questi non possiamo qui occuparci. Diremo soltanto che conoscendo dalle tavole il momento della congiunzione del pianeta col Sole, e la sua velocità relativa al Sole, è facile determinar l'ora precisa rapporto ad un certo meridiano definito, (per es. quello di Parigi) in cui il disco di Venere dovrà toccare quello del Sole veduto dal centro della Terra all'entrata o alla sortita, e sapere in qual luogo della Terra il Sole starà allora allo Zenit, e definire così l'emisfero che vedrà il fenomeno, tanto all'ingresso che all'egresso, e scegliere le regioni in cui esso sarà più o meno comodamente visibile, e le stazioni geografiche più opportune sulle isole o sui continenti. Nell'ultimo passaggio del 1874 con questo

metodo poteronsi avere delle differenze teoriche nei passaggi di fino a 30^m ma è chiaro che non tutti questi luoghi erano in posizioni opportune od accessibili facilmente.

Si vede però in genere che la quantità della parallasse solare che non arriva a $9''$ in arco è determinabile per mezzo di una quantità che arriva a circa 30^m in tempo, onde se l'osservazione dei contatti potesse riuscire esatta a $10''$ di tempo, la parallasse lo sarebbe a $0,05$ ossia mezzo decimo di secondo (V. *Memoire* de M. Dubois pag. 68).

Però questa grande precisione che si aspettava non fu facile ad ottenerla in pratica per molte cagioni che rivelò l'esperienza. Primieramente dei 4 contatti di Venere col Sole i due estremi, cioè il primo e l'ultimo non sono di alcun valore, non potendosi apprezzare con precisione il momento di entrata, se non quando esso è già accaduto, e l'uscita essendo sempre incerta, atteso le ondulazioni del lembo solare. Restano dunque veramente utili i due interni, quando cioè il pianeta immergendosi tutto nel disco solare si chiude attorno ad esso la luce solare in un momento istantaneo a guisa di un lampo, e l'altro in cui uscendo il pianeta, il circolo si trova istantaneamente interrotto. Il momento della chiusura del circolo è quello del vero contatto interno (fig. 70).



Fig. 70.

Ma questo pure è soggetto a delle incertezze per le deformazioni che subisce il pianeta e soprattutto per quella apparenza conosciuta sotto il nome di goccia nera che tanto annoiò gli osservatori del 1769. Ecco la figura descritta del P. Hell nel 1769 che mostra un collo attaccato al globo nero del pianeta (fig. 71).



Fig. 71.

È manifesto che questa specie di *collo* o legamento nasce da una diffusione dell'orlo solare, e che il vero contatto non è quando Venere diviene tangente all'orlo apparente (fig. 72) ma quando essa tocca l'orlo vero indicato da una linea punteggiata. Tal goccia o legamento fu creduto effetto di una diffusione di luce attribuita all'irradiazione, ma sembra piuttosto che sia propria dei cannocchiali in genere ancorchè ottimi come ha mostrato M. Andrè e sia un fenomeno diffrazione, che è più sensibile nei meno perfetti e nei più piccoli, poichè non è stata avvertita che da pochi nell'ultimo passaggio. Ma anche senza ciò la lentezza del moto di Venere rende un poco difficile tale istantaneo apprezzamento, e non è difficile che due osservatori differiscano di 15 a 20 secondi, e probabilmente ciò deriva dalla diversa sensibilità del loro occhio, o anche dalla diversa luce che può avere il disco solare nei varii punti su cui Venere riesce proiettata.



Fig. 72.

Le osservazioni del 1761 diedero per parallasse solare dei valori varianti da $8''$ a $10''$, ma le circostanze erano poco favorevoli, quindi si ripeterono le osservazioni nel 1769, e si ottennero gli estremi $8''$, 56 a $8''$ 90 , e i decimi restarono ancora incerti: onde la sperata perfezione di Halley apparve illusoria. Tuttavia essendo questo il miglior metodo di osservazione, gli astronomi nel prossimo passato 9 dicembre 1874, se ne sono occupati con tutta la possibile premura.

Le stazioni più celebri sono state: nei mari del Sud l'isola S. Paolo, l'isola Kerguelen, l'isola Maurizio, varie città in Australia ecc. Nell'Emisfero Nord le stazioni di Yokohama nel Giappone, Pekino in Cina, molte nelle Indie, sul Mar Rosso, a Aden a Suez ecc, altre nell'Egitto e moltissime in Siberia.

I risultati non sono ancora calcolati, ma le prime approssimazioni dedotte confermano già che la parallasse 8" 88 è assai prossima al vero. M. Puiseux dal confronto delle osservazioni di Pekino con quelle dell'isola S. Paolo trova 8", 879; M. André trova 8", 88; M. Turquel 8", 82. Sicchè può dirsi che la incertezza ora non è che nei centesimi, e questi si otterranno dalle riduzioni finali che a suo tempo saranno pubblicate. Non deve sorprendere un tale ritardo nella pubblicazione di questi lavori, dovendosi ridurre non solo le osservazioni de' passaggi diretti di Venere sul Sole, il che sarebbe poca cosa, ma inoltre tutte le osservazioni lunari e cronometriche e fotografiche che sono state fatte dalle spedizioni diverse per avere non solo la parallasse, ma ancora le longitudini delle stazioni, onde il risultato definitivo si farà aspettare non poco.

Oltre le incertezze suindicate dell'ingresso di Venere, le ultime osservazioni ne hanno manifestato questa volta un'altra non sospettata prima. I forti strumenti usati hanno mostrato Venere cinta da una aureola luminosa fuori del disco solare, la quale è sensibile non solo nelle sue vicinanze, ma anche su di esso. Questa aureola è certamente dovuta alla atmosfera del pianeta, la quale produce una refrazione circolare e una specie di crepuscolo assai intenso da noi osservato già nel 1856 in pieno Sole, e che in una congiunzione inferiore assai lontana dal Sole si estendeva ad una falce di oltre 26° oltre i 180° geometrici. Questa luce è stata un poco di imbarazzo in determinare il momento dell'entrata del pianeta e la chiusura dell'arco.

Oltre le osservazioni astronomiche si sono fatte molte fotografie solari con Venere sul disco: ma queste esigeranno molti confronti e molte riduzioni e noi ne speriamo poco frutto, poichè è noto che il diametro solare in fotografia varia grandemente sulle lamine secondo la durata dell'esposizione, e per le molte deformazioni che subisce negli apparecchi che ingrandiscono l'immagine coll'oculare.

Dal passaggio del 1769 si era conclusa la parallasse seguente dai diversi calcolatori

Lalande	8", 50
P. Hell	8, 70 ^[65]
Hornsby	8, 70
Eulero	8, 82
Pingré	8, 88
Encke	8, 578
Leverrier	8, 95
Hansen	8, 916
Powalky	8, 91
Stone	8, 91

Alla parallasse 8", 91 corrisponde una distanza dal Sole dalla Terra di 23150 semidiametri terrestri, ossia 148 milioni di chilometri, il che è un numero realmente per noi incomprendibile, ma che guardasi come unità di misura nella scala del sistema solare.

Parallasse solare conclusa dagli altri pianeti.

Oltre Marte e Venere, viene a distanza minor del Sole Mercurio; ma restando esso sempre assai vicino al Sole stesso, l'effetto della parallasse relativa, è poco sensibile e nulla serve nella pratica: ma tra i pianeti superiori il signor Galle notò che Flora, la quale ha una distanza media dal Sole di 2,203, per la sua ec-

^[65] Nel passaggio del 1769 restarono molte incertezze perchè l'osservazione di Wardous fatta dal P. Hell, una delle più importanti fu creduta falsificata e perciò fu negletta. L'origine di questo ingiurioso sospetto venne principalmente da Lalande, il quale non potendo avere le primizie di questa notizia, come desiderava, se ne vendicò con questo brutto tiro contro l'osservatore. Ma il P. Hell per testimonianza anche di Delambre, certamente persona non sospetta, aveva ordine del governo Danese, a cui spese era fatta la spedizione, di non comunicare a nessuno le osservazioni prima che a lui; di qui il ritardo della pubblicità. Del resto il manoscritto del P. Hell trovato e commentato del signor Litrow di Vienna ha dissipato tutti i sospetti. Benchè in esso sianvi alcune correzioni, si vede che sono fatte sul luogo stesso delle osservazioni: e queste usate quali esso le diede, provano la loro verità, perchè chi le ha escluse ha trovato risultati erronei. (V. *Delambre Hist. de l'Astronomie au XVIII siècle*. pag. 556).

centricità veniva in certe opposizioni ad una distanza dalla Terra un poco minore di quella del Sole, quando essa stava nel suo perielio, e la Terra nell'afelio. Sebbene la sua parallasse fosse minore assai di quella di Marte, pure avvertì esso che per la piccolezza del suo disco le misure si potrebbero fare con molto maggior precisione, onde si avrebbe una compensazione. Dalle osservazioni pertanto fatte in Germania e nell'Emisfero australe, esso concluse dall'ultima opposizione di Flora una parallasse solare di $8''$,873.

È evidente da questo che la parallasse di Lalande e di Encke sono le meno probabili, malgrado che quest'ultima abbia avuto tanto favore per sì gran tempo. La correzione necessaria portò un cambiamento di circa 4 milioni di miglia nella distanza della Terra al Sole. Ciò per le persone estranee all'astronomia potrebbe far diminuire assai la stima di questa scienza che vantasi di tanta precisione; ma ben osserva il signor Airy che tal correzione dipende da un errore che nelle misure ordinarie sarebbe pari alla grandezza di un capello veduto (se fosse possibile) alla distanza di 40 metri, perciò arriva al limite delle quantità appena sensibili e quindi inevitabili ai sensi comuni.

Parallasse solare conclusa dalla velocità della luce.

La velocità della luce è così grande, che la sua propagazione fu per molto tempo creduta istantanea. Galileo cercò di determinarla sperimentalmente, ma non riuscì che a confermare come essa superava ogni possibile esperimento. Fu solo mediante le osservazioni celesti che si poté trovare il tempo che essa impiega a venire dal Sole a noi. La distanza del Sole alla Terra essendo conosciuta se ne cavò quindi la sua velocità. In questi ultimi tempi la fisica perfezionata riuscì a trovare mezzi abbastanza delicati e indipendenti dalla distanza solare per definire la velocità della luce, e allora dalla cognizione di questa si poté argomentare la distanza del Sole mediante il tempo impiegato a percorrerla; vediamo di far comprendere quanto è possibile questi delicati procedimenti.

Fra i lavori più insigni che resero immortale il nome di Domenico Cassini^[66], vi sono le tavole dei satelliti di Giove, da lui fatte prima di stabilirsi in Francia. Queste tavole erano le migliori che allora si possedessero, e per verificare la loro esattezza, egli fece e da sè e per mezzo dei suoi allievi in Francia moltissime osservazioni. Da queste risultò che le tavole erano esattissime quando la Terra stava nelle quadrature rapporto a Giove come in *P* e *Q* (fig. 73) ma che l'eclisse accelerava se la terra stava in *T* tra il Sole e Giove, e ritardava se essa stava in *R*, cioè al di là del Sole rapporto a Giove; e la somma dei ritardi e delle accelerazioni arrivava a circa un quarto d'ora cioè 16^m26^s . Cassini, all'uso degli antichi astronomi, si contentò di aggiungere alle sue tavole una correzione empirica dipendente dalla posizione relativa della Terra con Giove.

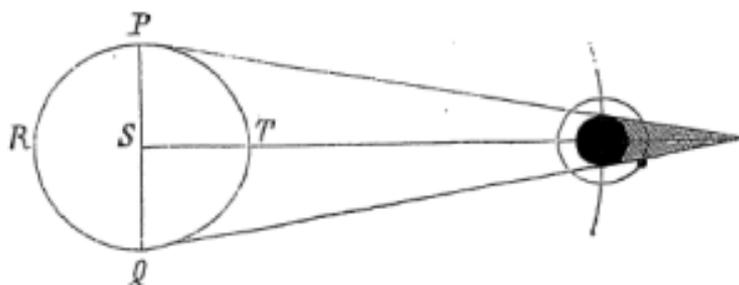


Fig. 73.

Questo termine soddisfaceva perfettamente all'osservazione. Ma Roemer assistente al Cassini non si contentò del semplice meccanismo astronomico, e volle investigarne la causa fisica, cosa che a Cassini poco interessava. Roemer pertanto (1675) dichiarò che queste differenze provenivano unicamente dal tempo che la luce impiegava ad attraversare l'orbita terrestre. Infatti queste tavole erano concluse da moltissime osservazioni di eclissi fatte in tutti i punti dell'orbita della Terra, tanto quando Giove era nell'opposizione, che quando era nelle vicinanze delle congiunzioni, per quanto potevansi in quel sito os-

^[66] È ormai un vezzo di tutti i moderni scrittori di Astronomia in Francia il deplorare la chiamata di Cassini colà, come fosse una disgrazia per la scienza. Noi crediamo questo un insulto non meritato dall'illustre astronomo. Non erano come si pretende i suoi lavori soltanto superficiali da divertire la corte, ma seri e profondi. Le scoperte sue sui satelliti di Giove: le ricerche sull'orbita del Sole, la teorica delle comete, inesatta, è vero, ma primo tentativo geometrico del loro corso; la teorica delle refrazioni, la misura delle parallassi, ecc. erano titoli abbastanza seri. Se concesse qualche cosa alla corte, con ciò stesso fu benemerito della scienza positiva, e non deve rimproverarsi per ciò, poichè senza tali concessioni moltissime spese fatte per la scienza vera, non sarebbesi fatte. Ogni tempo ha il suo *andazzo*, e Keplero diceva che *la figlia pazza* (l'astrologia), *manteneva la madre seria* (l'astronomia). Cosa ben un poco più grave. È facile sputar sentenze dopo due secoli di progresso: ma allora!

servare l'eclissi di satelliti, essendo Giove immerso allora nei raggi solari. Tale circostanza faceva che il lavoro delle tavole rappresentasse i fenomeni quali sarebbero stati veduti dal centro dell'orbita della Terra, ed il calcolo preventivo delle eclissi rappresentava il fenomeno quale l'avrebbe veduto un osservatore posto sul Sole; perchè l'effetto delle anticipazioni da una parte era distrutto dai ritardi dell'altra. L'ipotesi di Roemer pertanto rendeva conto perfettamente del fenomeno, e supponendo che la Terra fosse distante dal Sole 148,000,000 di chilometri, ne veniva che impiegando la luce per venire dal Sole a noi $8^m 13^s$, 2 ossia 493^s , 2 minuti secondi, essa percorre circa 300,000 chilometri al secondo. Tale fu l'importante conclusione che si ebbe sulla velocità della luce.

Viceversa pertanto conoscendo la velocità della luce si può calcolare la distanza del Sole, e la sua parallasse. Questa velocità si è determinata con esperimenti diretti, indipendenti da qualunque dato astronomico dai fisici francesi Fizeau (1849), Foucault (1862), et Cornu (1874): il primo trovò 315,000 chilometri per secondo, l'altro 298,000 e il terzo 300400 chilometri. Il mezzo usato dall'ultimo, identico a quello del Fizeau, consiste in questo. Si fissano ad una sufficiente distanza per es. 5 a 6 chilometri due cannocchiali, disposti in modo che uno guardi dentro dell'altro. Uno dei due obiettivi ha nel suo *foco principale* la fiamma di una viva luce, per esempio una luce elettrica, o luce Drummond, l'altro (il lontano) uno specchio. I raggi della fiamma uscendo dal primo obiettivo paralleli, potranno entrare nell'altro cannocchiale lontano e andare ad illuminare lo specchio, e riflettersi, e ritornando fuori dell'obiettivo, andranno a rientrare in quello donde sono partiti. Così la fiamma luminosa riuscirà visibile nel primo cannocchiale dopo che la sua luce ha fatto il tragitto della doppia distanza del primo al secondo cannocchiale. Con artifizi speciali si dispone tra l'oculare del primo cannocchiale e il suo obiettivo un piccolo diaframma fisso, e insieme una ruota fornita di denti alla sua periferia, collocata in modo che la luce della sorgente luminosa debba attraversare il diaframma e i denti della ruota. Stando la ruota ferma e guardando attraverso l'apertura di un dente la fiamma sarà certamente visibile, ma se la ruota è posta in movimento, e si regola la sua velocità in modo che nel tempo che la luce va e viene tra i due cannocchiali la ruota cambi posto di mezzo dente, allora allo intervallo aperto essendo succeduto il dente solido ed opaco, nulla potrà vedersi. Se si accelera il moto della ruota finchè nel suddetto intervallo dell'andare e venire della luce si abbia lo spostamento di un dente intero, allora ritornerà lo spazio aperto e si rivedrà la luce, e così via di seguito.

Con tale artificio conoscendosi la distanza delle due stazioni, e la velocità con cui gira la ruota, si può sapere qual frazione di secondo impiega un dente della ruota a passare nel campo di visione, e questo tempo esprime quello in cui la luce parte dal piano ove è la ruota stessa, e vi ritorna dopo percorsa la doppia distanza che è tra i due cannocchiali. Quindi si può calcolare la velocità della luce, ossia il viaggio che essa farebbe in un secondo: questo tempo fu trovato in media come sopra si disse, di circa 300,000 chilometri.

Foucault adoprò un metodo non meno ingegnoso. Esso faceva riflettere i raggi luminosi su di uno specchio girante con grandissima velocità. Il raggio partiva come dianzi da un centro luminoso; e attraversando l'obiettivo di un cannocchiale cadeva sullo specchio girante; dopo ciò il raggio riflettevasi su di un altro specchio concavo fisso che rimandava i raggi una seconda volta allo specchio girante e al cannocchiale primitivo dentro il campo oculare; ma attesa la rapida rotazione dello specchio i raggi nel secondo tragitto non trovando lo specchio nella posizione stessa del primo, formavano una immagine del punto luminoso a piccola distanza dall'immagine diretta. Da questo spostamento, conoscendo la distanza dello specchio concavo, e la velocità dello specchio rotante, si calcolava il tempo impiegato dalla luce a percorrere lo spazio e quindi si deduceva la sua velocità in un secondo. Sapendosi che la luce impiega 8^m e 13^s per venire dal Sole a noi, si avea la distanza del Sole, e quindi la parallasse solare, questa risultò di $8''$, $80^{[67]}$.

Distanza del Sole conclusa dalla aberrazione delle stelle.

Un altro fatto che interessa tanto le dimensioni dell'orbita terrestre quanto la posizione delle stelle, somministra ancora la distanza della Terra al Sole mediante la velocità di propagazione della luce. Questa è l'*aberrazione delle stelle fisse*. Ecco in che questa consiste:

[67] V. in Jamin *Petit traité de physique* pag. 592 le figure di queste macchine.

Appena Picard ebbe applicato il cannocchiale ed i fili micrometrici agli strumenti da misurare gli archi celesti, gli astronomi riconobbero che la posizione delle stelle non era invariabile in cielo. Riferendole al polo della sfera stellata, parve loro di vedere che esse se ne accostavano e scostavano periodicamente nell'intervallo di un anno per lo spazio di circa 40". Questo moto annuale dell'altezza della polare fu da alcuni creduto effetto delle refrazioni, da altri effetto di parallassi, ma le fasi del suo movimento esaminate più esattamente non combinavano con queste ipotesi. Di più tal moto era proprio non solo delle stelle circumpolari, ma più o meno di quasi tutte le stelle, onde l'ipotesi di una parallasse annuale generale diveniva assai improbabile. Bradley prese a studiarlo con precisione mediante un lungo cannocchiale verticale, chiamalo *Settore zenitale*, profittando della circostanza che la stella γ del Dragone passava allo Zenit del suo osservatorio: eliminò così completamente la refrazione, e dopo parecchi anni di osservazioni trovò le leggi seguenti:

- 1.° Che il movimento avea realmente il periodo di un anno.
- 2.° Che lo spostamento si faceva in modo che la stella era trasportata ad angolo retto rapporto al raggio vettore del Sole, e in direzione della tangente all'orbita terrestre nel senso del moto stesso della Terra.
- 3.° Che questo moto non era dovuto alla parallasse, perchè da questa la stella sarebbe stata spostata in un piano passante per la direzione del Sole.

Il fatto dunque era nuovo e non spiegabile coi moti già noti della Terra. Essendo allora recente la scoperta di Roemer della propagazione successiva della luce, Bradley ravvicinò i due fenomeni, e concluse che lo spostamento era apparente, e dovuto al moto successivo di questa combinato col moto traslatorio della Terra. Dicesi che venisse a ciò illuminato dall'incidente seguente.

Stando egli sulla sponda del Tamigi per esser trasportato all'altro lato dalla barca di traghetto, e pio-
vendo con gran calma e tranquillità di aria, fu sorpreso quando al muoversi della barca vide la pioggia scendere tanto obliquamente verso di lui che fu costretto ad internarsi dentro il casotto per ripararsi dall'acqua. Potevasi fin qui supporre sorto un vento repentino che trasportasse le gocce; ma giunto esso all'altra sponda trovò la pioggia calma come prima. Era dunque un fenomeno di composizione meccanica di movimento assai ovvio a concepire e che ogni giorno si prova andando in carrozza. La pioggia scendendo tranquillamente per la verticale AB (fig. 74) nel mentre che la barca camminava per CB , ne nasceva per le goccioline d'acqua un moto relativo inclinato AC che era diretto secondo la diagonale del parallelogrammo costruito sulle due rette rappresentanti la velocità della barca e della pioggia.

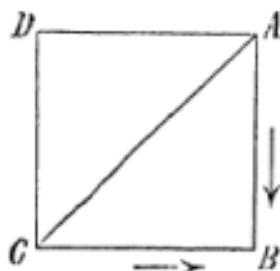


Fig. 74.

Checchè ne sia di questo aneddoto, la teoria è vera: alle gocce di pioggia si sostituiscono le molecole luminose, nelle quali allora si credeva consistere la luce, e alla barca si sostituisca la Terra; considerando una stella collocata presso il polo della eclittica in S , (fig. 75) essa invierà i suoi raggi SA normali al piano dell'orbita terrestre; l'osservatore in moto secondo la tangente dell'orbita AB , dovrà vedere la direzione del raggio luminoso inclinato secondo la diagonale AC , che nasce dalla combinazione del suo moto di traslazione AB con quello della luce emanata dalla stella secondo SA .



Fig. 75.

La proposizione non è meno vera se al moto lineare delle molecole luminose nella teoria dell'emissione si sostituisca il moto di propagazione nella nuova teoria delle onde. Ora siccome la velocità della luce è grandissima rapporto a quella della Terra, così il triangolo SAC sarà acutissimo, ed è perciò che la deviazione sarà piccolissima. Supponendo la velocità della luce di 184,000 miglia inglesi ossia 300,000 chilometri al secondo, e quello della Terra sulla sua tangente in media di circa 19 miglia inglesi, chilometri 30 circa, Bradley trovò che l'angolo era veramente di $20''$ e un quarto, quanto davano le osservazioni. Questa deviazione fu chiamata *aberrazione* della luce, e veramente essa spiegava perfettamente il fenomeno, dando ragione del continuo trasporto in avanti della stella. Per questo movimento stando la Terra in A , la stella dal suo luogo s (fig. 76) era trasportata in c lungo la sc parallela ad AB , e stando la Terra in C la stella da s era portata in e lungo se parallela a CD , cioè sempre di un quadrante, in avanti, e così descriveva un'orbita apparente simile nelle sue fasi all'orbita della Terra attorno al Sole, ma stando sempre avanzata di un angolo retto. Se la stella era fuori del polo dell'ecclittica, il movimento doveva pur essere sensibile, ma allora l'ellisse sarebbe veduta ridotta alla sua proiezione in cielo, e ciò spiegava come tutte le stelle avessero mostrato un simile movimento, benchè diverso in grandezza secondo la loro posizione rapporto all'ecclittica.

L'aberrazione della luce, essendo un fenomeno tanto generale che spostava tutte le stelle e dipendendo da due fattori, cioè lo spazio percorso della Terra, e quello percorso dalla luce, era chiaro che misurato esattamente il valore dello spostamento prodotto e conoscendo la velocità della luce, si poteva calcolare lo spazio percorso dalla Terra, e quindi il raggio della sua orbita, che misura la distanza dalla Terra al Sole. Assumendo pertanto per valore della velocità della luce il numero trovato dal signor Cornu 300400 chilometri e il valore dell'aberrazione $20''$, 445 ne risulta la parallasse solare = $8''$, 86.

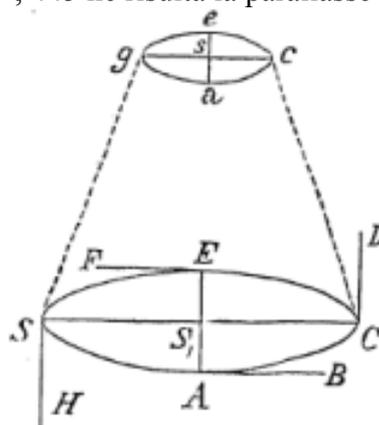


Fig. 76.

Altri metodi indiretti per trovare la distanza della Terra al Sole.

Oltre i metodi precedenti che possono dirsi diretti perchè fondati su fatti sperimentali immediatamente connessi colle dimensioni dell'orbita terrestre, gli astronomi hanno dedotto questo valore da altri fenomeni, i quali involvendo nel loro quantitativo questo elemento, possono servire a controllarlo e determinarlo. Tutti però sono fenomeni molto astrusi, e si riducono alla categoria delle perturbazioni che esercitano gli

uni sugli altri i corpi del sistema planetario, e che includono per ciò come elemento fondamentale la distanza della Terra al Sole. I principali sono il movimento della Luna e dei pianeti.

Tra le perturbazioni che soffre la Luna ve n'è una chiamata *equazione parallattica*, il cui valore dipende dal rapporto delle distanze tra il Sole e la Luna. Se questa ineguaglianza sia ben determinata sperimentalmente, conoscendo bene la distanza della Luna potrà aversi quella del Sole. Inoltre la Luna e la Terra facendo un sistema composto che gira attorno al Sole, avviene che non è propriamente il centro della Terra quello che descrive una ellisse attorno al Sole, ma il centro di gravità comune ai due corpi. Onde la Terra deve spostarsi ora da un lato dell'orbita descritta dal centro di gravità comune, ora dall'altro, secondo che la Terra sta da una parte o dall'altra. Conoscendo il valore della massa lunare rapporto alla Terra, e lo spostamento che soffre la Terra stessa dall'ellisse teorica, come pure il luogo del centro di gravità comune ai due corpi, potrà da esso dedursi la distanza del Sole dalla Terra. Da questi dati Hansen ricavò per parallassi solare il valore di 8", 91 e fu questo il primo passo che fece dubitare dell'esattezza della parallasse di Encke. Stone ripetendo i calcoli trovò 8", 85. Leverrier pure poco appresso dalla teoria dei moti planetarii trovò che la parallasse di Encke era troppo piccola, e la portò a 8", 850. Ma è chiaro che questi metodi indiretti non hanno lo stesso peso dei precedenti, poichè dipendono da elementi molto diversi e sui quali può regnare qualche incertezza, come sono per es. le masse relative degli astri perturbatori e perturbati, l'esistenza di cause estranee od ignote, e l'esattezza dei calcoli della teoria; onde la differenza potrebbe realmente dipendere da un altro qualsiasi di questi elementi e metter in dubbio il valore della correzione che si attribuisce alla parallasse. Tuttavia nello stato attuale della meccanica celeste, questi controlli formano una grande conferma dei risultati empirici.

Riassumendo pertanto il detto finora risulta che questo importante elemento è conosciuto con sicurezza fino ai decimi di secondo, e che può assumersi in media = 8", 91 a cui corrisponde una distanza lineare di 148 milioni di chilometri. Tal'è l'unità con cui si misura lo spazio celeste.

Corteggio solare.

Non possiamo entrare qui a descrivere il sistema planetario per minuto, ma ne daremo un cenno per completare questo articolo: chi ne desidera più diffuse notizie le troverà nell'opera *le Soleil*, Vol. II.

Il sistema solare si compone di varie categorie di corpi, come è notissimo.

1.° De' Pianeti principali i cui elementi delle orbite sono i seguenti:

Elementi principali delle orbite de' Pianeti primarii riferiti all'equinozio medio dell'epoca del 1.° Gennaio 1850 a mezzodì medio del meridiano di Parigi^[68].

Pianeti	Distanza media dal Sole in dist. media dalla Terra	Dist. dal Sole in milioni di chilometri	Durata della rivoluzione siderale in anni giuliani e giorni	Rapporto delle masse rispetto a quella del Sole
Mercurio	0. 3870987	57	0. ^{aa} 87 ^s . 9692580	1: 4348000
Venere	0. 7233322	107	0. 221. 7007866	1: 412150
Terra	1. 0000000	148	1. 0. 0063744	1: 324479
Marte	1. 523691	223	1. 321. 7296458	1: 2968300
Giove	5. 202798	770	11. 314. 8348212	1: 1050
Saturno	9. 538852	1412	29. 166. 9698174	1: 35296
Urano	19. 182639	2839	84. 5. 8208296	1: 220574
Nettuno	30. 03997	4441	164. 225. 72	1: 17500

^[68] Questi elementi sono estratti dal *Leverrier Annales de l'Observatoire de Paris* e le masse dall'*Annuaire del Bureau des Longitudes*, per l'anno 1876, a cui rimettiamo i lettori pei pianeti minori.

Fra Marte e Giove sono ora conosciuti fino ad oggi (1.°Gennajo 1877) 169 piccoli pianeti detti asteroidi, i quali sono distribuiti in una zona larga poco più che la distanza della Terra al Sole, collocati entro i limiti di una distanza media posta tra 2,201 (Flora) e 3,482 (Silvia).

2.° Pianeti secondari e satelliti.

Satelliti della Terra, uno — La Luna.

» di Giove, quattro.

» di Saturno, otto — più l'anello.

» di Urano, quattro.

» di Nettuno, uno.

3.° *Comete*. L'origine di questi corpi è forse estranea al sistema solare come vedremo al capo ultimo di quest'opera, ma ora molte di esse sono diventate inquilini permanenti, e circolano come pianeti attorno al Sole in orbite ellittiche: di queste sono conosciute come periodiche le seguenti i cui elementi sono desunti dall'Annuario di Parigi, 1877, pag. 142. V. qui appresso il *Quadro delle Comete*.

Da questo specchio si rileva che la distanza massima del pianeta Nettuno, che è il più remoto dal centro del sistema è 30 volte quella della Terra dal Sole; ma questa distanza può aumentarsi per le comete, giacchè la Cometa di Halley per la sua eccentricità va a un quinto di distanza più oltre di esso.

Tre zone nel sistema planetario meritano principale attenzione; la zona interna da Mercurio a Marte, ove i pianeti sono di mediocre grandezza e di grandi densità, circa 5 volte quella dell'acqua distillata. La seconda quella dei piccoli pianeti, notabile per l'incrociamiento, e intrigo delle orbite e nelle quali non è impossibile una instabilità di elementi e anche delle collisioni. La terza quella de' grandi pianeti da Giove all'estremo confine del sistema, ove le masse sono le più grandi, e le densità piccolissime talchè per alcuni è minore assai di quella dell'acqua stessa. È probabile che alcuni di questi corpi non sieno ancora ridotti a stato solido, ma siano ancora in istato caotico, o almeno cinti da una atmosfera densissima, ma non purificata.

QUADRO DEGLI ELEMENTI PRINCIPALI DELLE COMETE PERIODICHE.

N.	Nomi delle Comete	Direzione dei movimenti	Durata delle rivoluzioni siderali	Epoche dei passaggi al perielio	Distanze perielie	Distanze afelie	Eccentricità
			anni				
1	Encke	Dir.	3. 285	1875 Aprile 13 ^g 1 ^h 48 ^m	0.332932	4.089158	0.8494223
2	Brorsen	D	5. 483	1873 Ottobre 10 5 44	0.594532	5.616591	0.8085589
3	Winnecke	D	5. 727	1875 Marzo 12 4 24	0.828971	5.572658	0.7410126
4	Tempel	D	5. 971	1873 Maggio 9 0 29	1.769458	4.808438	0.4619988
5	D'Arrest	D	6. 644	1876 Maggio 10 8 8	1.318088	5.764689	0.6278048
6	Biela ^[69]	D	6. 587	1852 Settem. 23 17 14	0.860161	6.167319	0.7552007
	Biela ^[70]	D	6. 629	1852 Settem. 22 22 51	0.860592	6.196874	0.7561187
7	Faye	D	7. 412	1869 Luglio 18 11 50	1.682555	5.929208	0.5573833
8	Tuttle	D	13. 811	1871 Novem. 30 22 30	1.03011	10.48294	0.8210540
9	Halley	Retr.	76. 37	1835 Novem. 15 0 15	0.58895	35.41121	0.9672807

Luce zodiacale. Nelle eclissi solari abbiamo veduto che il Sole apparisce cinto da una corona di luce, dovuta ad una atmosfera gassosa. Questa sembra prolungarsi assai più oltre che non si vede allora per la debole luce residua nelle eclissi, e dar luogo alla così detta luce zodiacale. Da molte osservazioni sembra che questa materia luminosa si estenda fino oltre alla terra, e questa ne sia investita. Il suo spettro è conti-

[69] 1.° Nucleo più boreale.

[70] 2.° Nucleo più australe.

nuo come quello delle luci fosforiche e non ha le righe dell'aurora boreale come si è detto da taluno. Questa materia diffusa formerebbe del Sole una vera stella leggermente nebulosa.

Alcuni pretendono ora che questa luce sia un mero fenomeno terrestre, ma le loro ragioni non ci hanno punto convinto. Il dire che questa luce dovrebbe vedersi durante le eclissi non prova nulla, perchè è dimostrato che la luce del cielo in quell'occasione è più viva di quella Luna piena, e con questa sola già sparisce la luce zodiacale, come fu provato ai 27 di Febbrajo 1877 durante l'eclisse di Luna nel quale all'ora della totalità brillò vivissima la luce zodiacale che prima era impercettibile. Noi poi ricordiamo che nel marzo 1843 la luce zodiacale ci comparve estremamente viva nell'epoca in cui la cometa di quell'anno attraversò, per la sua vicinanza perielia, l'atmosfera solare. È estremamente probabile che tale eccitamento nella luce suddetta fosse prodotto appunto dall'agitazione che la cometa esercitò sull'atmosfera dell'astro; il che formerebbe una prova, (oltre le altre) che essa luce appartiene al Sole, benchè talora possa colla sua parte più tenue arrivare fino alla Terra.

Veduto questo cenno sulle vastità delle dimensioni del sistema di una stella, passiamo a studiare le loro reciproche distanze.

§ III.

Distanze delle Stelle.

La grandezza del Creato è una di quelle idee che spaventano la piccola mente umana. Quando si annunciò la prima volta, che rotte allo spazio etereo le barriere di una sfera materiale, le stelle erano tanti Soli, la mente restò sbalordita dalla vastità dell'Universo che gli si veniva logicamente presentando, e dalla copia sterminata de' corpi che lo costituivano. Essa cercò quasi di sfuggire a queste conseguenze col trincerarsi dietro male interpretate sacre parole! Non ci meravigliamo del passato, perchè anche oggidì si rinnova per la estensione nel tempo ciò che allora si fece per la vastità dello spazio, e si stenta a credere alle miriadi di secoli che deve avere attraversato il nostro globo per compiere le formazioni geologiche cui tocchiamo con mano. Ma una cosa aiuterà a comprendere l'altra, e saremo convinti che l'opera del *Creatore* è solo a lui commensurabile, se non nella infinità e nella eternità assoluta, almeno in tanta immensità di spazio e di durata, che noi saremo sempre incapaci di comprenderla interamente.

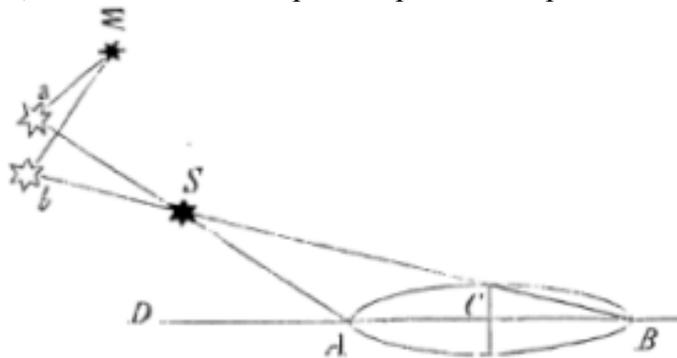


Fig. 77.

Le distanze degli astri in genere si calcolano mediante la parallassi; ma per le stelle, anche colle antiche idee, la parallassi diurna dovea essere minima, quindi si cercò di averne la parallassi annuale. Galileo pel primo fece osservare che detto AB (fig. 77) il diametro del grande orbe descritto dalla terra attorno al Sole, ed S una stella, se l'altezza sul piano della eclittica in una stagione era DBS , questa in un'altra opposta dovea esser diversa, se la stella era a misurabile distanza, e diventare p. es. DAS . E siccome la misura diretta ed assoluta di quest'angolo poteva esser difficile per la sua piccolezza, propose che si facessero misure differenziali, e a tal fine si scegliesse una piccolissima stella Σ che fosse accanto ad una grandissima S che essendo probabilmente più vicina a noi sarebbe proiettata in cielo in punti diversi nelle due stagioni. Onde da A la grande vedrebbe in a e da B in b . Quindi se si misurasse la distanza Σa e Σb nelle due stagioni opposte dell'anno, si avrebbe uno spostamento dovuto alla parallasse. Egli ci assicura di aver tentato questo metodo, ma senza aver trovato differenze sensibili. Avendo dunque provato in mol-

te stelle e trovati tali angoli apparenti *costantissimi*, ne concluse che le stelle erano a tal distanza che tutto il grand'orbe svaniva appetto alla loro lontananza. Questa conclusione spaventò i suoi contemporanei, ma era la sola legittima, che ingrandiva a milioni di volte l'opera di Dio. Però il suo strumento era ben lungi dal poter dar altro che misure a stima e grossolane, onde non ora da ciò veramente provata la cosa con rigore.

Tutti gli astronomi posteriori a Galileo tentarono la determinazione della parallassi, e quando Flamsteed, Roemer e Picard ebbero scoperta la fluttuazione annua delle stelle dovuta all'aberrazione della luce, Horrebowio credè di aver trovata la parallasse, non si accorgendo che lo spostamento nuovamente trovato si faceva in un piano perpendicolare a quello che era proprio della parallasse: facendosi cioè nel piano della tangente all'orbita terrestre, mentre la parallasse sposta nel piano del raggio vettore. (V. sopra fig. 76). È cosa degna di meraviglia che con queste fluttuazioni erasi già trovata veramente la prova tanto cercata del moto della terra, come poi fece vedere Bradley, ma non si capì per un gran pezzo. Tal prova era anche molto più sicura e grandiosa che non avrebbero dato le parallassi; ma essa non poteva definire le distanze stellari.

W. Herschel fidato sui nuovi suoi strumenti di forza non prima conosciuta, tentò il problema, ma indarno; fu però compensato ancor esso colla scoperta delle stelle doppie fisicamente, cioè di stelle che giravano una attorno ad un'altra in un periodo loro proprio di tempo, e della durata di molti anni, talchè la ricerca del problema delle parallassi ha portato due grandi scoperte cosmiche, restando esso stesso insoluto!

Era riservato alla perfezione de' moderni strumenti il dargli una risposta decisiva. Bessel col suo Elio metro, studiando la stella 61 del Cigno, e confrontandola colle vicine, vi riconobbe una differenza di posizione annuale di sette decimi di secondo circa, e ne fissò la parallasse annua a $0''$, 35. Da tale risultato si concluse la distanza di questa stella essere di 589043 raggi medii del grande orbe, e che la luce impiegava nove anni circa per venire da essa a noi.

La massima linea di cui possono disporre gli astronomi come base, non sottenderebbe adunque che appena due terzi di secondo veduta dalla suddetta stella. Così la distanza delle stelle diventa sì grande che l'unità che pur serve per iscala di tutto il sistema solare, si trova troppo piccola, ed è perciò che si usa piuttosto esporla pel tempo che la luce impiega a percorrere queste immense distanze. La velocità della luce essendo 300 mila chilometri per secondo, essa arriva dal sole a noi in 493^s , 3, ossia impiega 8^m 13^s , 3 a percorrere questa unità di misura ordinaria.

Quindi siccome la parallasse di un secondo suppone una distanza di 206265 di tali unità, si richiederanno 3 anni, 224 millesimi per percorrerla, ossia 3 anni e un quarto per arrivare da una tale stella a noi. Questa quantità che equivale circa a 5000 milioni (cinque miliardi) di raggi del globo terrestre, è presa per unità nel calcolo delle distanze stellari. Ma nessuna stella ancora, che si sappia, ha parallasse di un intero secondo; quindi sono tutte più lontane di questa prodigiosa grandezza.

Il successo di Bessel incoraggiò gli astronomi che tentarono lo sperimento in altre stelle, e specialmente nelle maggiori e in quelle fornite di maggiori moti proprii, supponendole più vicine, ma con ben poco successo. La sola che sembra aver risposto con sicurezza è l'Alfa del Centauro che avrebbe 9 decimi di secondo di parallasse; essa fu determinata prima colle osservazioni meridiane e poscia venne confermata con osservazioni differenziali. Noi diamo la lista seguente delle parallassi probabili di alcune stelle, ma avvertiamo il lettore che autorità non dispregevoli hanno gravi dubbi su questi valori. Il dottor Wichmann successore di Bessel ci confessò candidamente che nessuna parallasse esso teneva per sicura, non esclusa quella della 61 del Cigno, perchè troppi elementi possono falsare le osservazioni che si devono fare necessariamente in stagioni opposte e diversissime, nelle quali gli strumenti subiscono considerabili variazioni. Tuttavia senza essere così esclusivi, noi diremo che una parallasse che non superi un quarto di secondo, è cosa che difficilmente può oggi garantirsi dalla scienza come sicura.

Parallassi attribuite ad alcune stelle^[71].

^[71] Herschel *Outlines of Astronomy* n. 815.

α Centauro	0", 9113 Henderson.
61 Cigno	0, 348 Bessel.
α Lira	0, 261 Struve.
Sirio	0, 230 Henderson.
Stella 1830 del Cat.° di Groombridge	0, 226 Peters.
ι Orsa Maggiore	0, 133. id
Arturo	0, 127. id.

La Polare e la Capra avendo meno di un decimo di secondo, si lasciano. Ne segue pertanto che mancando le stelle generalmente di parallasse, la loro distanza deve essere non minore di dieci unità parallattiche, cioè 2,062,650, ossia in numeri tondi due milioni di volte quella del Sole, e che il tempo impiegato dalla luce per arrivare da esse a noi non può esser minore di 32 anni. Questa è la conclusione che si trae dal fatto finora accertato, e che riguarda le misure assolute. Che se soltanto si cerchino le misure relative, cioè se ci contentiamo di sapere con quale proporzione siano da noi lontane le stelle di varia grandezza la cosa è diversa, e qualche cosa di più può indicarsi; però anche questo problema non manca di difficoltà.

§ IV.

Delle distanze relative delle stelle.

Se le stelle fossero tutte di una stessa grandezza assoluta, la loro distanza relativa si potrebbe subito concludere dal rapporto delle loro luci, dovendo queste diminuire in ragione del quadrato delle distanze. Ma la uniformità di grandezza reale non è presumibile affatto, e perciò è irragionevole tale assunto. Tuttavia se ciò è vero per un numero limitato di poche stelle, la cosa è diversa quando si tratta di un numero molto grande di esse e in una media di moltissimi astri; allora le regole delle probabilità conducono ad ammettere che in *generale* le più grosse debbano essere le più vicine, e le più piccole, le più lontane.

Tal congettura è avvalorata dal fatto già indicato^[72] che le stelle dei varii ordini di grandezza si succedono con tal legge fotometrica, e il loro splendore medio è tale quale sarebbe se una stella di ordine superiore fosse allontanata del doppio, col che essa apparirebbe come stella dell'ordine immediatamente seguente. Fondati pertanto su questa regola di probabilità si è formata una scala di distanze relative che partendo da quelle di prima grandezza va fino agli ordini più minuti. Questa scala è nel quadro che più sotto soggiungiamo, (vedi il quadro appresso) e già ne esponemmo i principii nel Capo 2.° § I.° pag. 55.

Un altro elemento per giudicare delle distanze relative delle stelle, si ha dai moti proprii. Anche qui è evidente che se tutte le stelle avessero moti proprii eguali e perpendicolari alla visuale dell'osservatore, le più lontane darebbero moti apparenti più piccoli, e le vicine più grandi; ma qui la cosa è doppiamente improbabile; 1° perchè la velocità loro può essere infinitamente diversa; 2.° perchè la direzione del moto può mascherarne la grandezza quando siano i movimenti ridotti alla sola *componente* perpendicolare al raggio visuale. Ciò malgrado anche qui ci viene in aiuto la regola di probabilità, e considerando un numero stragrande di stelle, i moti loro parziali possono compensarsi in modo, che si può ammettere che restino soltanto, come residuo definitivo, i moti medii, i quali appariranno più piccoli per le stelle più lontane.

Fondati pertanto su questi principii, e utilizzando i numerosi lavori dei moderni, Struve ha computato una tabella dei moti proprii in proporzione delle grandezze fondandosi sui risultati già esposti al Capo III.° § I.° pag. 191, che diamo qui sotto in confronto con quella desunta dalla fotometria.

Tavola comparativa delle distanze stellari, concluse dalla fotometria e dai moti proprii.

Grandezza apparente	Distanze fotometriche	Distanze concluse dai moti proprii	
		Stelle semplici	Doppie

[72] V. sopra Capo II, § 1, pag. 53.

1	1,00	1,0	1,0
2	1,55	1,3	1,4
3	2,42	2,1	2,0
4	3,76	3,6	3,2
5	5,86	6,1	5,9
6	9,11	8,5	8,2
7	14,07	12,0	11,6
8	22,01	17,9	17,8
9	34,30	33,3	31,8
10	53,56		
11	83,00		
12	129,12		
13	200,90		
14	312,5		
15	486,1		
16	756,2		

Benchè le due serie presentino delle sensibili discordanze, pure è impossibile non vedervi una stretta relazione, e siccome esse provengono da due elementi che sono affatto diversi, e uno varia come la distanza inversa semplice, mentre l'altro varia come il quadrato inverso della medesima, è impossibile che la coincidenza sia accidentale e deve ritenersi come un fatto fondato in natura: sempre però limitandosi alle stelle in genere senza pretendere che ciò sia vero per alcuna in particolare.

Risulta dunque che dando alle stelle di prima grandezza la parallasse di un decimo di secondo, avremo per esse il tempo della luce = 32 anni, e per le stelle di nona grandezza la luce arriverebbe a noi in 1024 anni; e che le ultime di sedicesima, visibili nel telescopio Hescheliano, impiegherebbero 24192 anni a mandare la loro luce fino a noi.

Potrebbero adunque annientarsi tutte le stelle, e noi seguiteremo a vederle quasi tutte ancora per varie generazioni!

Ignorando noi la distanza reale delle stelle, ne segue che la loro grandezza in volume ci resta affatto ignota; e di più non lo potremo neanche sapere di quelle che hanno parallasse, perchè esse non hanno diametro misurabile. Le stelle in genere nei buoni strumenti presentano è vero un disco apparente che ha sedotto gli antichi osservatori; ma questo disco è una semplice illusione nata dalla diffrazione. Infatti basta mettere avanti all'obbiettivo un diaframma più piccolo per veder il loro disco ingrandito. Il nostro Sole collocato all'unità di distanza parallattica stellare, sottenderebbe appena il diametro di 0", 0093, cioè non arriverebbe al centesimo intero di secondo; onde non sarebbe misurabile. L'intensità della sua luce sarebbe ridotta a quella di una stella di sesta grandezza. È adunque impossibile conoscere le dimensioni materiali delle stelle, come è impossibile saperne la distanza in misure assolute.

A proposito di queste distanze si è domandato se le stelle più vicine non potessero disturbare l'azione solare sui pianeti e le comete più lontane. Ora la risposta è facile. Una stella avente una parallasse di un intero secondo dista da noi 200 mila volte più del Sole e 67 mila volte più che Nettuno dal Sole, quindi l'azione deve essere insensibile. La cometa che ha orbita ellittica più sicura è quella d'Halley che fa il suo giro in 75 anni, essa si scosta dal Sole per 36 unità circa. Ora, per arrivare al punto medio tra il Sole e la stella più vicina, una cometa dovrebbe avere un periodo di 100 milioni d'anni!

Benchè tutti questi siano per noi risultati incomprensibili, tuttavia queste ricerche ci fanno vedere quanto sia immenso lo spazio celeste, e come non solo la terra sia un punto rapporto allo spazio popolato dalle stelle, ma sia un punto anche l'intero sistema solare, e che le stelle sono collocate a tali enormi distanze che le loro azioni reciproche devono esser minime ed insensibili, e perciò sono anche minimi i loro moti proprii apparenti.

Capo V.

STRUTTURA DELL'UNIVERSO.

§ I.

Introduzione.

Il titolo di questo capitolo è certamente audace: noi non avremmo osato scriverlo se non ci avesse preceduto il Grande Herschel, e dal trattato si vedrà il senso in cui si prende dagli astronomi, e dietro quali elementi essi vengano formando il loro concetto.

Non vi è cosa in apparenza più capricciosa che la distribuzione delle stelle sulla Vòlta Celeste. Essa sfida ogni ipotesi ed ogni fantasia. Non pertanto un ordine deve esserci. E come andrebbe errato chi giudicasse capricciose le posizioni dei satelliti di Giove o di Saturno nella osservazione momentanea di una sera; perchè non ne conosce i cicli, così andrebbe errato chi credesse che le stelle non hanno altra disposizione che quella che noi vediamo. La loro apparenza è subordinata alle orbite che esse descrivono nel gran vano, con durate incalcolabili alla brevità delle nostre generazioni; ma lo scoprire l'intreccio di questo grande sistema non sarà sicuramente mai concesso agli abitatori di questo piccolo pianeta.

Tuttavia vi sono certe forme generali che la scienza ha scoperto, e che ci possono dare una idea di un certo ordine nella distribuzione di queste moli nello spazio.

Anche allo sguardo più disattento salta all'occhio l'enorme agglomeramento delle stelle in alcune regioni e la loro scarsezza in altre. Se dunque lasciata da parte la pretensione di scoprire l'intreccio dei sistemi, ci contenteremo d'investigare la loro distribuzione generale; il nostro studio ci porterà a molte ed importanti conseguenze. Ma prima di venire a concetti teorici di qualunque specie sulla distribuzione reale, è necessario esaminare la distribuzione apparente.

Malgrado che ci sia impossibile penetrare completamente il mistero della costituzione del Mondo, tuttavia dai lavori eseguiti finora in larga scala dagli astronomi, abbiamo già molti materiali per illuminare un poco la nostra ignoranza. In questa materia dobbiamo sempre avere avanti agli occhi il bello avviso di Herschel, che si devono evitare i due estremi; il primo di fabbricar mondi a nostra fantasia, perchè così non arriveremo mai a conoscere la natura, e sarebbe tempo perduto l'occuparvisi intorno: l'altro è la troppa timidità di congetturare, perchè così si perde il frutto delle osservazioni, le quali appunto si devono fare, affine di arrivare a conoscere la composizione e la struttura dell'Universo^[73].

Per procedere con ordine in questa vastissima materia diremo, 1.º della distribuzione apparente delle stelle grandi; 2.º delle stelle minori ove analizzeremo i lavori più importanti fatti recentemente e non tanto conosciuti quanto meritano; 3.º della distribuzione reale che può congetturarsi esistere nello spazio, comparando i risultati ottenuti da diverse supposizioni, di cui han fatto uso finora gli astronomi con quella che può dedursi dalle moderne ricerche di altra specie.

§ II.

Distribuzione delle stelle grandi.

Si dice comunemente che le stelle delle principali grandezze sono distribuite nella vòlta celeste tanto irregolarmente che non danno luogo ad alcun principio certo di sistema, tuttavia è stato notato da un pezzo che le più lucide occupano una gran zona, che comprende il Toro, Orione, la Croce del Sud, ecc. Questa confusa indicazione noi abbiamo voluto esaminarla un poco più in particolare, ed ecco le conseguenze a cui siamo arrivati.

Si disponga un globo celeste in modo che la stella del Pesce Australe, detta Fomalhaut, occupi lo Zenit, l'orizzonte del globo tratterà un circolo massimo che in assai angusta zona sopra e sotto del suo piano comprende la maggior parte delle stelle lucide principali. Ecco il corso della zona. Essa passa per le

^[73] Herschel Philos. trans. 1785. p. 213, *On the construction of the Heavens.*

Iadi e quindi comprende α Toro o Aldebaran, attraversa la costellazione di Orione passando quasi parallelamente alla sua cintura, va tra Sirio e Canopo, lasciandoli non molto lungi; divide in due la Croce del Sud, passa fra le lucide del Centauro, pel corpo dello Scorpione; ivi salendo all'Emisfero Boreale al disopra dell'Eclittica, passa fra le lucide del Serpentario attraversa la costellazione della Lira quasi toccando Vega, attraversa Cassiopea e passa per α Perseo, e lascia non molto lungi la Capra.

Il Polo Australe di questo circolo è, come abbiám detto, presso la stella Fomalhaut, cioè in $10^{\text{or}} 45^{\text{m}}$ di A. R. e 30° Decl. Sud, e il Boreale si trova in $22^{\text{or}} 45^{\text{m}}$ di A. R. e 30° di Decl. Nord non lungi da xi Orsa Maggiore. Esso taglia l'Equatore a $4^{\text{or}} 45^{\text{m}}$ e $16^{\text{or}} 45^{\text{m}}$ di A. R., e l'Eclittica nelle costellazioni del Toro e dello Scorpione presso Antares ed Aldebaran, ed ha una inclinazione di circa 70° alla medesima.

Dalla semplice ispezione del globo apparisce che in somma il maggior numero delle stelle dalla prima alla quarta grandezza trovasi in questa zona. A fine pertanto di precisare meglio questo studio fu rilevata la distanza angolare dal piano del Circolo massimo suddetto per quelle stelle fino alla quinta in quarta grandezza, che non ne distano più di 30° . Il modo in cui fu fatto questo rilievo è assai ovvio, consistendo soltanto nel prendere mediante un quadrante graduato le posizioni delle stelle rapporto all'orizzonte di un buon globo celeste dopo aver collocato Fomalhaut prima nello Zenit e poscia nel Nadir. I numeri così ottenuti non sono certo molto precisi, ma essi sono più che sufficienti all'uso che se ne dee fare essendo qui affatto inutile ogni maggior delicatezza^[74].

In questo lavoro si vide che erano comprese in tale zona non solo le stelle principali che formano il gruppo di Orione e del Cane Maggiore, ma eziandio alcune che a primo aspetto sembrano non avere relazione con quello, cioè la Lira, Perseo e Cassiopea. Questa zona non coincide, come si può facilmente riconoscere, colla Via Lattea; però non dista molto da essa, anzi segue per un gran tratto il ramo precedente di essa Via che dopo la separazione nell'Aquila corre verso la testa dello Scorpione. La Via Lattea comunemente pare che non abbia dalla parte di Orione, suddivisione corrispondente a quella del Sagittario, ma la scoperta fatta da noi nel 1855, che la Nebulosa di Orione può tracciarsi fino a limiti molto remoti per oltre 6° in declinazione, e 4° in A. R. stabilisce una simmetria non trascurabile di questa conformazione celeste nei due emisferi opposti. Le Nebulose isolate di Andromeda e del Triangolo sono forse appartenenti a questo sistema ma situate dalla parte opposta del Circolo. Il *Sacco di Carbone* del Cigno, ossia quella regione priva di bianca luce stellare presso il Cigno, non finisce là ove apparisce comunemente nelle sere ordinarie, ma può tracciarsi la sua continuazione nelle più belle serate fin presso al Polo in l'orma di *m* allungato; ora tal biforcazione è precisamente la corrispondente di quella che si ha prolungando colà il circolo massimo che passa per la parte anteriore dello Scorpione e di Orione. Molte Nebulose sono in quella zona, e i numerosi ammassi stellari o gruppi globulari seminati in Ercole, nel Dragone, in Ofiuco, nella Lira, nel Toro, nei Gemelli, ecc., sono parti certamente di questa formazione, tanto cadono vicini a questo cerchio. Ciò è molto importante, perchè danno indizio che in luogo di una stella grande, sonosi formati questi gruppi. In conclusione la zona delle stelle lucide forma un sistema parziale ben definito e taglia la zona della Via Lattea sotto un angolo assai acuto; onde le due formazioni per grandi tratti si confondono.

Le poche stelle lucide che si scostano da questa zona sono quelle del Leone, del Cane Minore e dei Gemelli; queste formano ancor esse un'altra zona ben distinta che passa per queste costellazioni e non lungi dall'Orsa Maggiore da una parte e raggiungono le lucide della Gru e il Pavone non lungi dal Pesce Australe dalla parte opposta. Il polo boreale di questo nuovo circolo è presso α Cefeo e s'incontra quasi ad angolo retto col gran circolo precedentemente discusso e coll'Equatore presso la cintura d'Orione.

Era interessante il cercare la relazione di questi circoli con quello del moto proprio del Sole nello spazio; qui ci limitiamo a dire che anche l'apice di traslazione del sistema solare sta sul circolo principale delle stelle grandi, anzi più precisamente vicino al punto di Ercole ove s'incrociano il prefato circolo delle stelle grandi coll'altro delle stelle secondarie che passa pel Leone e pei Gemelli.

§ III.

Distribuzione delle stelle minori. Via Lattea.

[74] V. *Memorie dell'Osser. del Coll. Rom.* Anno 1856-57.

La distribuzione delle stelle minori è anche essa molto ben marcata, qualora però si abbia cura di stare nelle medie senza voler entrare nei casi particolari.

Il maggior numero delle stelle piccole sta evidentemente sulla *Via Lattea*. L'andamento di questa zona è stato tracciato diligentemente con tutte le sue sfumature da Heis nel suo *Novus Atlas Celestis*, per l'emisfero Nord, e lo fu da I. Herschel nelle sue osservazioni al Capo per l'Emisfero Australe, e noi pure dietro uno studio diligente per quella parte che è visibile alla nostra latitudine possiamo assicurare l'esattezza di queste descrizioni. Le figure di questi astronomi e meglio un'occhiata al cielo, gran libro aperto a tutti, valgono più che ogni descrizione. Abbiam cercato di riprodurre le sue forme nelle Tavole 1.^a e 2.^a molto ridotte, come è naturale.

La Via Lattea non forma propriamente una zona continua, ma è una serie di chiazze luminose nelle quali le stelle sono più o meno condensate. Queste masse non sono disposte sopra un circolo massimo regolare che corra loro in mezzo, nè la Via ha la stessa larghezza dappertutto, nè rimane semplice. Dal Cigno ove è larghissima essa si suddivide come è notorio nell'Aquila, e il ramo principale corre per Antinoo, lo scudo di Sobieski e il Sagittario H.XVII (ora decimasettima), mentre l'altro va allo Scorpione dove dopo certo tratto sembra svanire. Presso il Sagittario è più apparente che altrove la struttura globulare. Si tornano questi rami a riunire nell'Emisfero Australe, e nel triangolo australe nell'H.XV e XIV diviene lucidissima, quindi passa alla Croce del Sud H.XIII. Ma in questa costellazione essa presenta un fenomeno curioso, cioè quello di una lacuna ovale, detto *Sacco di Carbone*, dopo di che si restringe moltissimo a soli 3° di larghezza H.XI. per dilatarsi nuovamente e terminare in un ventaglio di tre rami ben distinti all'H.IX. È molto importante questa lacuna che presenta la zona nella Costellazione Argo presso la stella δ che rompe a dirittura la sua continuità, e lascia un intervallo vuoto di circa 10° dopo della quale dall'altro lato ricomincia con una simile estremità frastagliata a forma di ventaglio nell'H.VIII, composto pure di tre rami. Passa quindi sopra al Cane Maggiore e all'Unicorno dove traversa l'Equatore, e dilatandosi considerabilmente e indebolendosi d'intensità, viene al nostro Emisfero a diffondersi nell'ampio spazio compreso tra le costellazioni del Toro e dei Gemelli, ove torna a restringersi e indebolirsi attraversando il Cocchiere. Quindi si dilata nuovamente in Perseo e Cassiopea per ritornare al Cigno.

Questa irregolarissima zona non ha costante densità neanche telescopica, ma mentre dal lato dell'Aquila e del Sagittario lascia un fondo di cielo bianco impenetrabile ai più forti strumenti, essa invece dal lato del Toro, ove è larghissima, si vede tutta risolta.

La linea mediana condotta per questi labirinti, non è rigorosamente un circolo massimo, ma piuttosto un circolo minore distante circa 5° dal circolo massimo più prossimo. Essa taglia l'Equatore celeste a 108° e a 288° col ramo principale, e col secondario a 268°, restando il medio dal lato precedente ad un angolo di circa 60°. Fuori di questa gran zona sono notabilissime nel cielo le due vaste masse Lucide chiamate Nubi di Magellano: esse si direbbero pezzi di Via Lattea staccata e isolati nel firmamento, e la loro costituzione è tutta pure di stelle per lo più avvolte in nebbia^[75].

Dal presente semplice cenno ben imperfetto di questa immensa formazione celeste, si vede che è impossibile il ridurla ad una rappresentanza geometrica semplice, senza falsarne il concetto. Tuttavia per risolvere alcuni problemi è necessario di studiarne i caratteri principali, contentandosi di certe medie fondate sull'osservazione, le quali se cambiano il carattere del fenomeno sotto un aspetto, sono però utili ed innappuntabili sotto altri rapporti.

Ciò premesso, entriamo in materia.

Abbiamo già veduto (Capo IV), come furono istituiti dagli Herschel gli scandagli per conoscere la distribuzione apparente delle stelle. Questi dati furono discussi dai loro autori, e poi ultimamente da Struve, ed hanno condotto ai seguenti risultamenti:

- 1.° Le stelle sono più copiose quanto più ci accostiamo alla Via Lattea ove la densità loro è massima.
- 2.° La densità è minima al polo della medesima.

Dai numeri di Herschel il celebre W. Struve^[76] ha ricercato la legge di condensazione delle stelle rapporto alla Galassia, e ha ottenuto questi risultati.

^[75] Chi più desidera vegga le mirabili descrizioni del cielo australe fatte da I. Herschel nella sua immortale opera delle osservazioni fatte al Capo di Buona Speranza. Quest'opera costituisce un lavoro invidiabile all'emisfero Boreale stesso.

^[76] *Études d'Astr. Stellaire.*

Prendendo separatamente gli scandagli fatti *nel mezzo* della Via Lattea alla posizione ove essa traversa l'Equatore, si trova per ciascun campo sulla Via Lattea:

Dal lato di 6 ore (tra il Toro e i Gemelli), 49 scandagli multipli con 4042 stelle, che dà 82,5 per medio.

Dal lato di 18 ore (Aquila), cioè nella parte principale, 73 scandagli, 10612 stelle.

Nella secondaria, 29 scandagli, 5862 stelle.

In tutto a 18 ore, 102 scandagli, 16477 stelle, in medio 161,5 stelle per ogni scandaglio.

La differenza qui è considerevole e mostra maggiore accumulazione dal lato delle 18 ore che delle 6^{or}. Alle 6^{or} il massimo di un campo è 204 stelle, e alle 17^{or} è di 557, e quindi la Via Lattea è più uniforme dal lato di 6^{or} che da quello delle 18^{or}. Tuttavia, lasciando da parte per ora la conseguenza diretta, la quale sarebbe che il nostro Sole è più presso al limite della massa galattica dal lato delle 6^{or} che da quello delle 18^h, e volendosi limitare alle conseguenze generali, si può prendere un medio di questi due numeri. Ma la Via Lattea dalla parte delle 18^{or} si divide, e questo produce un'altra irregolarità. Però anche nell'intervallo dei due rami essa è assai ricca, e colà ove si biforca nell'Aquila ha per un medio 60 stelle per campo. Prendendo dunque la media dei numeri precedenti, si trova che nel piano stesso della Galassia si hanno 122 stelle per campo.

3.° Per trovare la densità media a 15° di distanza dal piano galattico, il lodato autore ha enumerato gli scandagli Herscheliani che cadono fra il 10° e 20° tanto al Sud quanto al Nord della Via Lattea, come si trova delineata nelle carte di Lubbock ed ha trovato

Dal lato di 6^{or} 33^m con densità media 25, 56
 » 18^{or} 23^m » 35, 06

onde si ha una densità media pel 15^{mo} grado = 30,30.

4.° Tra 25 e 35 operando allo stesso modo si trova da 35 scandagli la densità di 17,68 per densità a 30°, e così seguitando si è formato il seguente quadro:

Distanza del piano della Galassia	Densità delle Stelle	Numero degli scandagli adoperati
0°	122,00	151
15	30,30	56
30	17,68	34
45	10,36	48
60	6,32	18
75	4,78	pochi

Sono poi degni di osservazione i due seguenti punti notati da Struve.

1.° Un salto o diminuzione notevole di densità dopo due gradi di larghezza, il quale spiega perchè la Via Lattea appaia così stretta, cioè circa 4 gradi, mentre pure si arriva ad essa per legge di continuità, anche nelle osservazioni telescopiche, salvo alcuni casi in cui i gruppi stellari sono sì nettamente terminati, che metà del campo è dentro, l'altra fuori della Via. Ma questi luoghi sono rari o eccezionali.

2.° La grande sproporzione fra i due estremi, onde nel piano della Via Lattea si avrebbero stelle trenta volte più numerose che al polo, anche stando alle *medie*; ben inteso che i numeri reali sono anche più sproporzionati in alcuni punti che in altri. Tuttavia neppure nei *Fori* o *Sacchi di Carbone* essa non è mai sì povera, come ai suoi poli.

Si può adesso domandare se questa distribuzione di stelle abbia luogo anche nell'Emisfero Sud, e inoltre se le stelle dei diversi ordini di grandezze siano egualmente condensate verso la Via Lattea, ovvero se le piccole vi siano in proporzione più compatte. A queste domande rispondono i lavori di Herschel figlio e di Struve.

Herschel I ne' suoi scandagli non ha tenuto conto della grandezza delle stelle, ma suo figlio nel ripetere un simile lavoro al Capo di Buona Speranza per l'Emisfero Australe ha distinto le stelle in classi ed è arrivato a risultati simili ai testè indicati, e più particolareggiati pel nostro quesito.

Prendendo gli scandagli in una zona di 3° , cioè $1^\circ \frac{1}{2}$ al Sud e $1^\circ \frac{1}{2}$ al Nord della Galassia, egli trovò in numero medio 75,5 stelle per campo senza però seguire il corso tortuoso della Galassia, onde molti campi cadendo fuori della Via Lattea il numero è diminuito, talchè tenendo conto di questa circostanza il numero sarebbe almeno 90 stelle per campo, e ciò anche lasciando fuori tutti quei campi in cui si offrono ammassi tali da dare più di 200 stelle per ciascuno. Partendo quindi da questa cifra (che non è molto distante dal numero di 122 stelle, trovate da suo padre per l'Emisfero Nord), egli trova secondo le varie zone di distanze al piano galattico quanto segue:

Distanza al piano	Medio delle zone	Num. degli scandagli	Stelle	Proporzione
Da $+1^\circ \frac{1}{2}$ N. a $1^\circ \frac{1}{2}$ S.	0°	84	6258	74,50 a 90
0 S 15 S	$7 \frac{1}{2}$	321	16461	51,28
15 30	$22 \frac{1}{2}$	195	4576	23,47
30 45	$37 \frac{1}{2}$	68	982	14,46
45 60	$52 \frac{1}{2}$	21	161	7,41

L'andamento è lo stesso delle tavole precedenti, benchè il valore assoluto sia alquanto diverso, riferendosi a limiti medii diversi, onde conclude, le stelle visibili e contabili in tutto l'Emisfero Australe, esser circa 2 665 786 e in tutto il cielo 5 331 572, cioè non meno di cinque milioni e mezzo almeno. Ritenendo però sempre l'Emisfero Australe esser meno ricco del Boreale.

La seguente tavola contiene le valutazioni delle stelle distribuite in zone parallele alla Galassia secondo la loro grandezza:

Distanza dal Polo Sud della Galassia	Numero di Stelle per 100 campi					
	Sopra l'8 ^a Grandezza	dall'8 ^a alla 9 ^a	dalla 9 ^a alla 10 ^a	dalla 10 ^a all'11 ^a	11 12	12 ed oltre
da 0° a 15	5	—	7	47	72	474
15 36	5	6	22	38	56	535
30 45	5	7	17	39	76	764
45 60	3	6	18	42	109	1171
60 75	3	7	23	57	161	2378
75 90	6	11	38	88	248	5515
90 105	4	9	28	70	215	4802
105 120	6	8	21	46	121	2145
120 135	3	1	21	51	130	1240
135 150	—	5	5	24	81	656

Qui si vede senza difficoltà come le stelle maggiori sono quasi egualmente distribuite; ma che le minori sempre più si addensano fino ad essere 12 e 13 volte maggiori in numero presso la Galassia più che al suo polo: costruendo le figure di questi numeri, esse danno ad occhio la spessezza e la frequenza delle stelle. Vedremo appresso le conclusioni che si possono derivare da questa distribuzione.

Oltre i lavori di Herschel esistono altri grandi lavori di numerazioni di stelle che dar possono la legge di distribuzione nello spazio. Ne accenneremo alcuni. Le zone di Bessel ridotte a catalogo da Weisse per i limiti dei due paralleli di $+15^\circ$ e -15° di Decl. discusse da Struve, conducono alla distribuzione seguente delle stelle, prendendole secondo l'Ascensione Retta, e dividendo il cielo in regioni di 4 in 4 ore, cioè:

Regioni	Ora	1 a 5, 0 A lucide	6 A	Grandezza		9 B	1 a 6 A	Totali
				7 B	8 B			
I	1 ^{or} a 4	61	120	392	1452	4793	181	6818
II	5 8	76	148	593	2549	10227	224	13593

III	9	12	49	78	393	1356	5129	127	7005
IV	13	16	50	87	475	1396	4848	137	6856
V	17	20	68	102	674	2432	7377	174	10657
VI	21	0	58	113	362	1273	5365	171	7270
I a IV	0 ^r	0	362	652	2389	10557	37739	1014	52199

Le lettere B, A, indicano le grandezze, di Bessel e Argelander.

Qui si vede a colpo d'occhio che domina una maggior frequenza di stelle nelle regioni II e V in cui la zona è attraversata dalla Via Lattea più che altrove. I numeri sono sensibilmente più forti in queste regioni per tutte le stelle, ma la proporzione diviene maggiore per le più piccole.

Però la distribuzione di queste zone tende a diminuire sommamente la densità alle regioni galattiche ed accrescerla invece presso al suo polo, poichè le stelle di nona, ancorchè più frequenti in proporzione, non si potevano colà registrare tutte dall'osservatore, mentre invece nelle regioni povere quasi tutte sono state notate; di più la Via Lattea, ove sega l'Equatore, non si dilata per le 4 ore abbracciate dalla estensione della regione e quindi una gran parte di cielo povera di stelle è inclusa in esse. Le parti povere poi restando lontane dal polo della Galassia di oltre 30°, è chiaro che non si può avere lo stato reale da questa enumerazione. Tuttavia le conclusioni sono abbastanza concordi con quelle di Herschel.

I lavori di zone di Devico e dell'Americano Bond ed altri conducono alle stesse conclusioni, cioè:

1.° Che le stelle sono più frequenti presso al piano della Via Lattea che non nelle altre direzioni del cielo e che la densità va crescendo sistematicamente coll'accostarsi ad essa.

2.° Che in proporzione le stelle minori sono più copiose presso il piano galattico che non le maggiori.

Queste conseguenze generali sono incontrastabili, ma da sè sole non compenserebbero la grave fatica fatta per questa discussione. Però essendosi da questo lavoro formulata in cifre in un modo almeno approssimato la legge della densità apparente, non sarà più il problema in uno stato vago e fondandoci su questa legge potremo passare a discutere più sicuramente alcuno de' problemi spettanti la distribuzione reale.

Prima di passar oltre diremo che sarebbe grandemente desiderabile che questi lavori fossero ripresi da capo, che le cifre delle densità stellari fossero di nuovo riassunte non riferendole all'equatore come ha fatto Struve, ma riferendole rigorosamente e direttamente alla Via Lattea come piano fondamentale e supplendo con nuove ricerche alle immense lacune che lasciano questi lavori fatti ad altro scopo, e utilizzati alla meglio e ciò sarebbe tanto più necessario, in quanto che i lavori di zone non possono tener conto che delle maggiori, lasciando tutte le minori che sono non meno importanti per questi studi.

§ IV.

Distribuzione reale delle stelle nello spazio.

Veduta così qual sia la distribuzione apparente delle stelle, vediamo di sciogliere qualche problema sulla distribuzione reale.

Il primo quesito è questo: *Le stelle appaiono esse più dense solo per effetto di prospettiva o pure perchè esse sono realmente anche più numerose in un dato spazio?* Ossia: Il raggio visuale incontra esso più stelle, perchè fa dentro di esse un tragitto più lungo, mentre esse sono realmente distribuite in modo uniforme nello spazio; oppure appaiono più frequenti, perchè esse vi sono realmente più condensate?

Il quesito considerato in genere si risolve facilmente per ciò che spetta a certe regioni celesti, come p. es. le Nebulose di Magellano, e per certe larghe chiazze della Via Lattea, che sembrano globulari in amplissima scala. Volendo infatti che ivi le stelle fossero poste alla stessa distanza tra di loro, come potrebbero credersi in altre regioni del cielo, bisognerebbe supporre che esse fossero masse cilindriche dirette col loro asse propriamente verso l'osservatore; il che ognuno vede quanto sia improbabile. Di più certe masse sono composte di stelle quasi uguali e conglobate con densità crescente verso il centro in tal modo, che è impossibile non riconoscerle sistemi speciali. Tali sono i numerosi gruppi isolati nel cielo e moltissimi altri che s'incontrano nella Galassia. Noi qui non intendiamo parlare di questi casi, ma parleremo

soltanto della massa generale visibile, specialmente nella Via Lattea, e deve definirsi quale delle due ipotesi è preferibile.

W. Herschel, nel principio de' suoi studii stellari ammise l'idea di Huyghens che le stelle fossero egualmente distribuite nello spazio, e perciò misurava la profondità dello strato dal numero di quelle che trovava sulla visuale ne' suoi scandagli; questo lo condusse alla sua famosa costruzione di un sistema di Via Lattea formato di un grande strato di spessezza relativamente sottile e biforcuto dal lato del Sagittario, e formato in sezione normale, come vedesi dato comunemente, rappresentante la figura di un ∇ . Ma tal concetto fu abbandonato da lui stesso negli ultimi anni, benchè molti seguitino a riferirlo come sua opinione definitiva.

L'altra ipotesi è che la densità apparente sia anche reale, e che le stelle siano più numerose non solo per effetto di prospettiva, ma anche perchè abbiano maggior vicinanza reale. Se dunque si cerchi la densità relativa dello strato stellare Herscheliano nei vari piani paralleli al piano principale, essa si avrà dalla tavola seguente data da Struve dietro i suoi calcoli, fondati sugli scandagli di Herschel.

Distanza al piano della Galassia	Densità	Distanza mutua delle Stelle fra loro
0, 00	1, 000	1, 00
0, 05	0, 480	1, 27
0, 10	0, 330	1, 45
0, 20	0, 239	1, 61
0, 30	0, 180	1, 77
0, 40	0, 086	1, 97
0, 50	0, 014	2, 26
0, 80	0, 005	4, 14
0, 86		5, 73

Da questa si vede con quanta rapidità dovrebbero crescere le distanze stellari andando verso il polo della Galassia, e quanto cresca la densità nel suo piano; talchè a distanze 0,86 che corrisponde a 60° di elevazione sul piano galattico, la densità sarebbe appena 0,005 di quella del piano e le stelle sarebbero quasi sei volte più lontane tra loro presso il polo, che sul piano fondamentale.

Una tale distribuzione non può dirsi impossibile, ma bisogna trovare un argomento che l'appoggi a preferenza dell'altra che le suppone tutte equidistanti, ma solo disposte in linee più lunghe.

Per decidere questo punto possiamo profittare delle riflessioni seguenti:

Se le stelle ci appaiono più dense, solo perchè le linee visuali sono più lunghe, come esigeva la prima supposizione di Herschel; la proporzione delle stelle di diversa grandezza non sarà la stessa per tutte le parti del cielo, e nella direzione dei raggi visuali più lunghi dominerà il numero delle piccole; perchè, oltre quelle che sono realmente tali, vi si dovranno aggiungere tutte quelle che sono realmente grandi, ma appaiono piccole per la loro maggior distanza da noi.

All'incontro se le stelle sono più vicine fra loro realmente ove le vediamo apparentemente più dense, allora scelta una sfera di visibilità di un certo raggio, e supponendo le stelle di varie grandezze reali egualmente disperse nello spazio (giacchè non vi è ragione da supporre altrimenti), il rapporto dei numeri che esprimono le grandezze dei varii ordini apparenti, dovrà risultare lo stesso di quello che si conclude da altri elementi relativi alla loro distanza, come sono la fotometria, e i moti proprii.

Però è da avvertire che le due ipotesi non si escludono l'una l'altra assolutamente, potendo darsi che le stelle in certe direzioni siano *più dense* ed in file *più lunghe*. Onde noi realmente manchiamo di criterio certo, e bisogna anche qui andare coi criterii delle probabilità; e infatti sappiamo che una delle stelle più vicine (61 Cigno) è tra le minori.

Per risolvere questo problema W. Struve ha calcolato quale esser dovrebbe il raggio della sfera in cui possono chiudersi le stelle di ciascun ordine di grandezza supponendole 1° distribuite uniformemente; indi 2.° tenendo conto della densità. È da avvertire che qui non si tratta di distanze assolute, ma soltanto

proporzionali; nè si tratta di distribuzione uniforme geometricamente, perchè essa è impossibile nello spazio, ma solo di una uniformità approssimata.

Perciò riassumendo dai paragrafi precedenti la numerazione delle stelle, abbiamo la seguente tavoletta, nella quale la prima colonna dà le grandezze, e la seconda il numero delle stelle secondo Argelander ed Herschel; la terza le somme successive di 1.^a e 2.^a; 1.^a, 2.^a, 3.^a, ecc; la 4.^a il raggio della sfera che può contenere tutte le stelle delle rispettive grandezze poste a distanze uniformi; la 6.^a colonna contiene il risultato dello stesso calcolo secondo la numerazione fatta da Struve sulle stelle di Bessel nel Catalogo di Weisse; in fine vi sono le differenze dei due calcoli.

Grandezza	Stelle secondo Argelander	Somme successive	Raggio di Sfera per ciascun ordine	Serie data dalle Stelle Besseliane	Differenze
1 ^a	20	20	1,00	1,00	
2 ^a	65	85	1,62	1,46	+ 0,16
3 ^a	190	275	2,39	2,13	+ 0,26
4 ^a	425	700	3,27	2,91	+ 0,36
5 ^a	1100	1800	4,48	3,99	+ 0,49
6 ^a	3200	5000	6,30	4,48	+ 1,82
7 ^a	13000	18000	9,65	8,58	+ 1,07
8 ^a	40000	58000	13,20	13,44	- 0,24
9 ^a	142000	200000	21,55	20,38	+ 1,17
14 H				90,00	

Le differenze dell'ultima colonna, benchè sensibili, non superano le irregolarità ammissibili in questa materia. La maggiore anomalia si vede fra le stelle di 6.^a e 7.^a, cioè nel punto di passaggio fra le stelle telescopiche e le visibili ad occhio nudo, il quale salto nella scala è stato già notato da Struve. Il limite delle stelle visibili ad occhio nudo fino alla 6.^a grandezza, secondo Heis, sarebbe in tutto il cielo = 6800, il che dà $D^h = 6,610$; e pel Catalogo di Pulkowa il numero delle stelle di 7.^a grandezza sarebbe in tutto = 26800, il che dà $Dp = 11,021$. Questi due numeri sono maggiori di quelli della tavola superiore, ma è confessato da Heis che la sua vista si estende a molte stelle oltre la 6.^a grandezza, e da Struve che molte di 7.^a ½ sono incluse nel Catalogo di Pulkowa, per l'indeterminazione naturale che porta la materia stessa; e credo io, ancora per la tendenza naturale a giudicare una stella maggiore del vero, quando si faccia la sua stima a sola vista, senza l'aiuto di qualche strumento.

Vediamo ora quali raggi le sfere devono avere per contenere le stesse classi di stelle supponendo che la loro densità apparente sia anche reale. La legge della densità apparente l'abbiamo da Struve conclusa sui lavori di Herschel. Da essa si traggono le seguenti distanze:

Grandezza	Distanze concluse dal numero composto colla densità
1	1, 00
2	1, 80
3	2, 76
4	3, 90
5	5, 45
6	9, 28
7	15, 78
8	23, 86
9	33, 46
14 H	180, 48

Resta ora a vedere quale delle due serie sia conforme alla verità di fatto nello spazio celeste. Il saperlo direttamente è impossibile, ma indirettamente si potrà conoscere dal confronto di questi raggi sferici colle distanze medie concluse di già dalla fotometria e dai moti proprii. Ecco il riassunto di questi lavori messi a confronto.

Grandezze delle Stelle	Distanze concluse			
	Dal numero con distribuzione uniforme	Dal numero composto colla densità	Dalla fotometria	Dal moto proprio delle Stelle semp. in A.R.
1	1,00	1,00	1,00	1,0
2	1,46	1,80	1,55	1,3
3	2,13	2,79	2,42	2,1
4	2,91	3,90	3,76	3,6
5	3,98	5,45	5,86	6,1
6	5,47	9,28	9,11	12,0
7	8,58	15,78	14,17	17,9
8	13,44	23,86	22,04	18,0
9	20,38	33,46	34,30	33,3
14 H	98,00	180,40	312,60	

Qui è chiaro che la scala fotometrica combina meglio colla ipotesi della condensazione che coll'altra, specialmente per le stelle minori: lo stesso pure apparisce dal moto proprio delle medesime, quindi concludiamo *essere non solo apparentemente, ma anche realmente le stelle più dense presso la Galassia.*

§ V.

Considerazioni generali sulla distribuzione delle stelle.

Questo, che potremo chiamare teorema sulla distribuzione reale delle stelle nello spazio, è il solo risultato che meriti qualche fiducia nelle numerose speculazioni che si sono fatte sulla struttura della Via Lattea come parte principale dell'Universo. Keplero fu il primo a considerare la Via Lattea come un complesso anulare di stelle, ed a riguardare il nostro Sole come collocato dentro questo anello, ma eccentricamente da un lato, e fuori del suo piano medesimo.

Ugenio suppose le stelle disposte in modo uniforme, ma ora abbiamo veduto che questa idea non è sostenibile. Wright, Kant e Lambert dissero molto sulla natura dei sistemi che componevano questo ammasso di stelle, ma sempre modellando i loro concetti sulla stampa del sistema solare planetario, come era conosciuto ai tempi loro. Quindi sempre gl'inevitabili grossi corpi centrali primarii, e poi i secondarii di terzo, quarto e fino quinto ordine.

Ma oggidì che il sistema stesso solare è tanto modificato e riconosciuto così svariato, sarebbe ozioso il voler continuare sulle loro pedate. Infatti essi non conoscevano che un Sole circondato da pianeti che formavano i sistemi di prim'ordine, e questi circondati da satelliti, formanti i sistemi di second'ordine: le Orbite di tutti questi sono poco eccentriche e pochissimo inclinate all'Equatore dell'astro primario. Eranvi infine le Comete con orbite assai eccentriche numerose, ma senza legge.

Adesso noi, oltre queste classi principali di corpi di vasta mole, conosciamo una zona di piccoli corpi tra Marte e Giove, la cui massa complessiva appena eguaglia quella della Terra, benchè il loro numero sia già di 169 (gennaio 1877) e nulla faccia sentire che siano scoperti tutti; anzi il contrario si argomenta dalla rapidità con cui si succedono i loro ritrovamenti. Essi sono con orbite inclinate assai all'Ecclittica, e alcuni hanno molta eccentricità, tanto che si dubita della stabilità delle loro orbite nè si credono impossibili le collisioni, atteso la loro grande vicinanza e il loro mutuo intrecciamento, poichè sono distribuiti in una zona larga poco più di quanto è la distanza media della Terra al Sole. Conosciamo inoltre molte Comete periodiche e altre non periodiche; talune delle quali fanno parte di correnti paraboliche di corpuscoli mi-

nor, cioè i meteoriti, ora estese in archi lunghissimi, ora di archi limitati che seguono la traccia delle Comete. Queste poi non sono più corpi tutti solidi, ma in parte gassosi, e perciò presentano fenomeni così strani nell'accostarsi al Sole. Similmente la scoperta delle Nebulose gassose fa cadere a terra tutte le simiglianze volute tirare tra le Nebulose e la Via Lattea; scoperta però presentata da W. Herschel sul fine della sua carriera.

Stante queste scoperte nel nostro stesso sistema, non è più improbabile che gruppi di minutissime stelle tengano luogo di vasti corpi isolati, e che i loro sistemi non siano forniti di un centro prepotente che dia loro una stabilità indefinita, come voleva Lambert. Dall'esser poi la Via Lattea confinante alla zona delle Nebulose non può dirsi che esse ne facciano parte, atteso che esse non sono sempre formate di stelle discrete come si credeva allora.

Inoltre, la necessità di una massa grande centrale non è assoluta, potendosi ottenere regolarità di moti, mediante sistemi anulari o di altre combinazioni prive di corpi centrali come ce lo insegnano le Nebulose, o anche sistemi spirali destinati ad altro fine che non sono le circolazioni perpetue in orbite chiuse perfettamente. Nè osta il dire che allora tali sistemi non sarebbero stabili, perchè forse colle collisioni loro questi astri potrebbero esser destinati alla rinnovazione dell'energia e alla riattivazione della vita.

Con questo però non vogliono esser esclusi i sistemi stellari che ora son troppo ben provati nelle stelle doppie, triple e multiple, anzi vari gruppi nella Via Lattea si trovano già tali, che senza esser globulari sembrano dare idea di sistemi parziali.

Così pure ci pare giusta l'idea del signor Proctor che considera i fori della Via Lattea presso la Croce Australe e nel Cigno, quali indizi che la spessezza dello strato siderale è limitato, e che noi vediamo oltre ai limiti della sua spessezza. Infatti come un ammasso sferico, quali sono le Nubecole magellaniche, si argomenta per la sua sola forma che non è un cilindro indefinito diretto coll'asse verso l'osservatore (V. sopra); così questi fori ci mostrano che i fianchi che li circondano hanno una spessezza nella direzione del raggio visuale proporzionata alle loro larghezze laterali, senza di che dovremmo concepire quei fori come tubi indefinitamente lunghi col loro asse precisamente a noi rivolti. Da ciò la conseguenza che la Via Lattea deve essere un sistema finito di stelle, la cui profondità nella direzione della visuale in certi punti, non può in genere differire molto dalla sua larghezza, almeno su certe linee, ma che in altre è impossibile dire ove finisca. Questa apparenza di fori, potrebbe però spiegarsi anche in altro modo, cioè colla presenza di masse oscure e assorbenti la luce come dicemmo altrove.

I primi speculatori dissero la Via Lattea un anello, altri un disco spaccato in due; ma nessuna di queste forme può spiegare neanche in maniera approssimata le sue convoluzioni. Il signor Proctor ora la paragona ad una specie di serpe che si rivolge in sè stesso, senza però chiudere il circolo, lasciando in un luogo una lacuna, come si ha nella costellazione della Croce del Sud^[77]. Ma tutte queste forme possono appena dare una idea dell'insieme della massa stellare, *grosso modo*, come suol dirsi; e la sua struttura reale sfida ogni nostra congettura.

Tutto quello che si può dire si è, che essa è composta principalmente di sterminati ammassi, i quali sono collegati da regioni, ove le stelle sono diffuse con minor densità e con più uniformità. Che la serie di questi ammassi è più lunga e densa rapporto a noi nella direzione del Sagittario, e che diametralmente contro ad esso in Perseo e Cassiopea ha pure una grande profondità, ma minore: mentre a destra e a sinistra di questa linea diametrale il suo termine è molto più vicino a noi. Che il nostro Sole colle stelle più vicine del gruppo, di cui esso fa parte, non sia certamente collocato nel centro dello strato, ma sia sensibilmente eccentrico, risulta dalla diversità enorme di densità delle stelle tra le 6^{or} di A. R. e le 18^{or}; anzi da questo lato la Via Lattea si biforca in modo assai singolare, e mentre è tutta brillante ed in molti punti irrisolvibile, s'interrompe poi, non lungi di là tutto ad un tratto terminando in due larghi ventagli, posti quasi a fronte nella costellazione di Argo in A. R di 9^{or} come già indicammo.

Di più esso Sole sta anche un poco fuori del piano della Galassia, perchè questa zona non costituisce realmente un circolo massimo, ma un circolo minore distante dal circolo massimo parallelo circa 5°. Più di questo è inutile congetturarne. Le masse componenti sembrano piuttosto innumerevoli gruppi dispersi, che un sistema unico; e stante la loro complicazione nulla ci trasparisce sulla struttura di questa immensa mole. È possibile che la sua configurazione irregolare sia temporanea attualmente per noi, che siamo fuori

[77] V. *Astr. Soc. Month. Not.*, dicembre 1870, e *Astronomical Essays*, pagina 331.

del suo centro e che chi fosse al centro e potesse sapere le leggi del movimento di tanti corpi esso potrebbe rilevarne una struttura molto semplice; ma finora noi non abbiamo indizio di tutto questo e dobbiamo contentarci di ciò che vediamo, come per un istante nella immensità de' secoli.

Benchè la risolubilità in istelle distingua la Lattea dalle Nebulose, tuttavia molti pezzi di essa collo spettroscopio ci hanno dato indizio di righe spettrali isolate lucide, talchè non è sicuro che a quelle estremità siano tutte stelle, ma vi deve essere gran copia di semplice materia cosmica.

Ma le stelle che ci sono visibili non fanno tutte parte dell'unico sistema galattico. Molti gruppi ne sembrano indipendenti, come le Nebulose magellaniche, e numerosi ammassi di stelle miste alle Nebulose, come la Chioma di Berenice e suoi contorni, e molte altre riunioni di dimensioni minori di queste. Sopra tutto le Nebulose sembrano fare un sistema lor proprio che ora passiamo a studiare.

§ VI.

Sistemi delle nebulose.

Le Nebulose costituiscono un sistema che forse è indipendente dalla Via Lattea. Una delle cose più importanti è lo studio della loro distribuzione nello spazio. Herschel nelle osservazioni del Capo diede una statistica del loro numero nelle differenti parti del cielo. Da uno studio fatto su questa distribuzione, egli trovò che nell'Emisfero Nord la regione più ricca è nella Vergine, nella Chioma di Berenice e nei Pesci. Questa regione ha la sua maggior densità presso il Polo della Galassia, tanto che messa questa all'orizzonte di un globo, la riunione delle Nebulose si svolge come un padiglione che parta dal Polo e vada a terminare nella Galassia. Nell'Emisfero Sud la distribuzione è meno graficamente marcata, ma pure si sostiene, e la zona di maggior ricchezza viene a trovare la regione Boreale dei Pesci. In questa distribuzione non vi è traccia di zone regolari, ma solo di centri di maggior densità. Per metter sott'occhio questa distribuzione prendiamo ad prestito la figura di Proctor (V. fig. 78).

È singolare che mentre le Nebulose ellittiche sono disposte a preferenza intorno ai poli della Via Lattea, le Nebulose irregolari invece siano sull'orlo della Lattea stessa, o ad essa vicinissime. Anzi, come dicemmo, molte regioni della Lattea sono positivamente Nebulose. È manifesto da ciò che le Nebulose ellittiche formano associazioni indipendenti della Via Lattea.

Non si possono nemmeno mettere in questa categoria le Nubi di Magellano ove la massa vastissima si risolve in stelle e Nebulose minutissime, formanti un gruppo gigantesco meraviglioso tutto a sè, di una estensione che sfida ogni nostro concetto.

È cosa degna di osservazione che nelle Nebulose ellittiche l'eccentricità degli strati va diminuendo fino ad arrivare a dei nuclei quasi sferici. Questo è certamente un fatto che è legato ad un principio meccanico teorico importante e affatto diverso da quello che regna nei sistemi globulari. Anzi questo fa un contrasto anche più marcato colle Nebulose anulari. (V. le tavole delle nebulose).

Si credette per un gran tempo che la Via Lattea non fosse se non una di queste Nebulose, ma la natura gassosa di queste e la struttura stellare dell'altra non ammettono più paragone, almeno generale e rigoroso; però siccome in molte regioni vive della Via Lattea analizzate collo spettroscopio vi abbiamo trovato traccia di linee lucide, forse anche in essa sono ancora vaste masse gassose agglomerate. Ma per questi studi uno strumento come il nostro equatoriale è forse troppo debole. Speriamo che queste ricerche saranno continuate da altri quanto meritano con sufficienti mezzi.

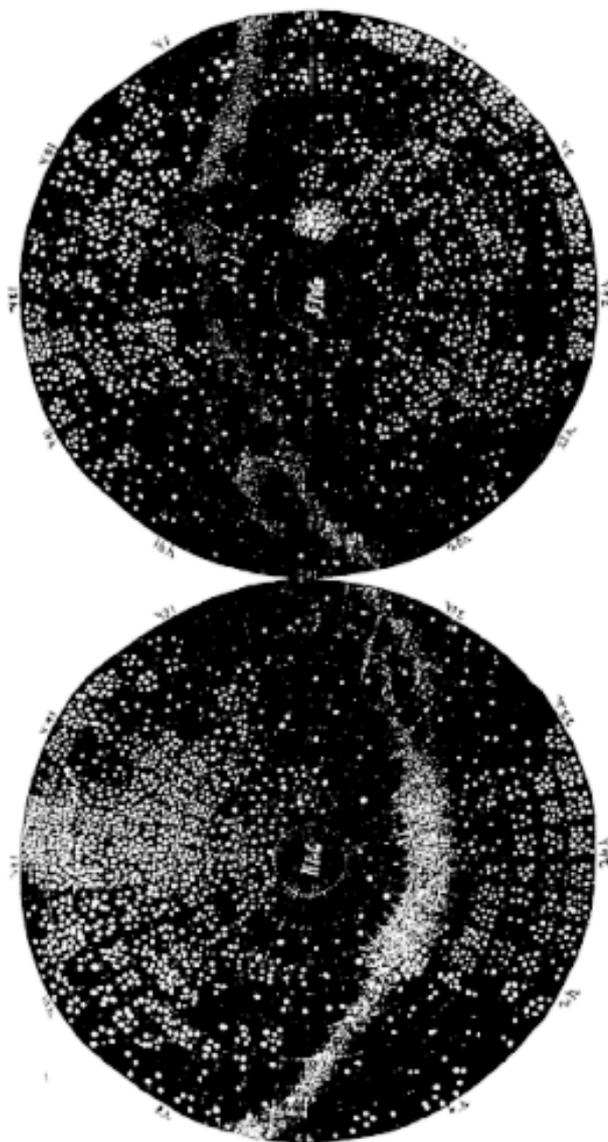
Grande è ancora la questione, come già accennammo, se le Nebulose abbiano variato. La soluzione di questo dubbio non è facile^[78]. Tra due osservatori che fanno il disegno dello stesso oggetto nella stessa sera e allo stesso strumento, si hanno talora grandissime differenze. Nessuna meraviglia dunque che differiscano disegni lontanissimi di tempo, di luogo e di persone diverse. Molte variazioni apparenti possono derivare dalle variazioni delle stelle vicine. Così p. es. mentre κ Argo era brillantissima di prima grandezza, essa pareva libera da nebbia^[79]; ma ora appare involta in essa essendo divenuta di 6.^a grandezza^[80]. Ve-

^[78] V. Holden Am. jour. of science May 1876, che sostiene che sì, specialmente la nebulosa in forma di Ω e quella di Orione.

^[79] I. Herschel Cape Observ. pag. 36-37.

^[80] Monthly Notices, 1877.

demmo già che il *Trapezio d'Orione* si è creduto senza contorno di nebbia, ma che lo spettroscopio ce l'ha dimostrata anzi più viva che altrove. L'immobilità delle Nebulose ci mostra qual sia la scala nel tempo, su cui dobbiamo misurare la formazione del creato, appetto a cui le durate dell'epoche geologiche sono *veri giorni*.



Nessuna distanza è ancora conosciuta di queste masse, di cui non si conosce la parallassi, e quindi non può assegnarsi la loro grandezza. È manifesto che lo spazio occupato da certune deve essere sterminato, abbracciando vaste *regioni* celesti difficili esse stesse a determinarsi, e definirsi, come quelle di Orione, di Argo e di Andromeda che occupano parecchi gradi interi di estensione: ma anche limitandoci alle più piccole e più decise, come le planetarie sopra mentovate che hanno piccol numero di secondi abbiam già veduto altrove quanta esser debba la loro grandezza reale. Una nebulosa del diametro dell'orbita della terra sarebbe impercettibile. Appena potrebbesi scorgerne una pari a quella di Giove e di Saturno: vedemmo molte esser superiori a quella di Nettuno fra le più compatte e definite come sono le planetarie e le trovammo avere esse dimensioni tali che la nostra imaginazione ne restava perduta.

Il numero delle Nebulose è sterminato. W. Herschel ne discusse 3812 nella sua statistica. Il numero contenuto nel gran catalogo pubblicato da suo figlio I. Herschel nel 1864 è di 5079. Dopo questa epoca non poche altre sono state scoperte a Roma e molte lo sono state col gran riflettore di 0^m, 90 a Marsiglia^[81], e probabilmente cresceranno in numero colle dimensioni degli strumenti; ma tutte le ultime sono così deboli che non costituiscono oggetti importanti, nè danno grandi speranze ai futuri speculatori.

[81] V. C. Rendus 1877, ed *Astr. Nach.* n.° 2129, pag. 263.

Questo immenso lavoro, dovuto nella massima parte alla Famiglia degli Herschel, è stato compiuto in meno di un secolo^[82]. Ai nomi degli Herschel vanno aggiunti tra gli antichi Lacaille e Messier. Tra i recenti quelli di Dunlop, di Lord Rosse, di Lassell, di De La Rue, di Bond, di D'Arrest, Huggins, Holden, Stephan, ecc. Ed a questi famosi osservatori, che furono in parte artisti sublimi essi stessi^[83], non si devono separare gli artisti puri, come i Merz, i Secretan, i Cooke, i Clark, i Grubb ecc. L'opera di questo secolo resta come testimonio della attività delle generazioni presenti, ed una sfida alle future, alle quali sono riservati tutti quei problemi che essendo funzioni del tempo non basta a risolverli nè l'assiduità, nè la perizia degli osservatori, ma solo lo svolgimento dei secoli.

Un problema che noi lasciamo alla futura generazione, è la natura delle Comete: forse esse non sono che frammenti di una qualche Nebulosa, che viaggiando nella profondità degli spazii venne ad incontrarsi col nostro sistema: varii frammenti di essa lo vanno ora scorrendo in orbite chiuse aggregate a noi dalla potente azione del Sole e de' pianeti maggiori; altre seguitano le loro orbite paraboliche o iperboliche. Talune sono tutte gassose, altre composte di minuti frammenti di materia che costituiscono i bolidi, gli aeroliti, e le numerose stelle meteoriche, che circolano periodicamente nel sistema, o solo lo attraversano.

La natura dello spettro di questi corpi li colloca per un lato fra i pianeti perchè hanno in parte nel nucleo spettro continuo, e per l'altro lato fra le nebulose gassose, perchè hanno spettro a zone, benchè non a linee nette nè identiche a quelle delle Nebulose, ma sfumate e diverse. La fig. 3 Tav. V dà una idea di questo spettro osservato nella Cometa di Coggia nel 1874. La parte continua dello spettro è quella del nucleo che è in parte luce diretta, come si vede da rinforzo delle zone, in parte riflessa dal Sole; ma la parte principale e più caratteristica è quella delle zone lucide che sussistono anche quando manca lo spettro continuo del nucleo. Queste zone hanno grande analogia con quelle dello spettro del carbonio e suoi composti. L'azione calorifica del sole sulle comete nell'accostarsi al loro perielio eccita assai questi gas, e li solleva in getti decisi e violenti, come si videro effettivamente nelle grandi comete del 1858 del 1861 e specialmente in quella del 1862 II di cui noi potemmo a lungo studiare le curiose alternative^[84]. Alcune di queste sono passate così vicine al Sole da penetrare perfino dentro alla sua atmosfera come quella del 1843 in Marzo. In tali circostanze la loro massa essendo penetrata da calore enorme, deve esser in parte volatilizzata, e per la rapidità con cui varia la temperatura, se anche fossero in origine corpi solidi devono scoppiare, e per la resistenza subita devono deviare dalle loro orbite, e venir assoggettate a circuire il Sole, o a cadere in questo. Quindi non fa meraviglia che tali corpi siano accompagnati da catene assai lunghe di corpi minori che li seguono nei loro giri, sfuggiti da tali catastrofi, e che cadendo poi in terra fanno gli aeroliti, spezzandosi nuovamente pel calore svolto nella compressione dell'aria.

L'opinione che le comete siano corpi di origine nebulosa, può anche convalidarsi dalla presenza de' fori neri che si trovano in certe regioni lucide del cielo, come dicemmo poco fa che forse sono prodotti da masse assorbenti ed opache poste fra esse e noi. Forse il problema della natura delle Comete riceverà col tempo nuova luce dallo studio delle meteore cosmiche, seguendo la via già in parte tracciata dal signor Prof. Schiaparelli. Ma nei dettagli la sua completa soluzione non è forse per esser esaurita dalla generazione presente. Tuttavia la loro natura gassosa costituisce un legame tra le nebulose e i corpi circolanti nel nostro sistema, come il Sole è in esso sistema il rappresentante di una stella.

[82] Messier pubblicò il suo Catalogo di Nebulose nel 1783. V. *Con. des temps.*

[83] Herschel I non solo fu sommo astronomo ma sommo meccanico: anzi esso ebbe la grande soddisfazione di scoprire tutte le cose sue con istrumenti che erano lavoro delle sue mani, e fatti con quell'*amore* che è ignoto agli artisti puri di oggi; esso fu il primo ed il più fortunato de' fondatori dell'astronomia fisica: un mondo non si può scoprire che una sol volta!

[84] V. *Memorie dell'Oss. del Coll. Romano* 1862.

CONCLUSIONE

IDEE SULLA GRANDEZZA E LA STRUTTURA DELL'UNIVERSO.

Raccogliendo ora le vele dopo la non breve corsa fatta negli spazi celesti, noi possiamo così riassumere i principali risultati.

1.° Le stelle sono altrettanti Soli simili al nostro, e dotate di luce propria. Alcune sono fornite di uno o più satelliti luminosi, altre di satelliti oscuri, la cui esistenza è abbastanza provata dai fenomeni che presentano le loro fasi di luce e i loro movimenti.

2.° Questi sistemi che possiamo chiamare di prim'ordine e che sono simili al nostro planetario, sono governati dalla forza di gravità e sono soggetti alle medesime leggi di Keplero, che reggono i pianeti giranti attorno al nostro Sole. Se i Soli secondarii che fanno da satelliti al principale, sono anche essi cinti da satelliti oscuri, avremo dei casi simili a quelli che si verificano in alcuni degli astri principali oscuri del nostro sistema stesso.

3.° In molti casi questi sistemi semplici sono sostituiti da sistemi estremamente complessi che formano i gruppi o gli ammassi globulari, le cui leggi di movimento e di equilibrio sono ancora ignote. Questi agglomerati sono formati di masse discrete, cioè di stelle nettamente separabili dalla forza de' nostri strumenti, e solo al centro per la loro moltitudine formano un indistinto luminoso, ma ancor esso di natura stellare come rilevasi dal loro spettro.

4.° Innumerevoli altri ammassi vi sono ancora di natura più o meno risolubile, ma più complicata, dove però attesa la distanza dei corpi e la lentezza dei loro movimenti non apparisce vestigio di centro di moto nè legge di regolare concentrazione; ma non è a disperare che col tempo sia per iscoprirsi.

5.° La Via Lattea è una zona che è formata da un enorme agglomerato di masse complicate di stelle che possono riguardarsi ciascuna come composta di innumerevoli sistemi di ordine superiore. La forma di questo enorme ammasso ci è ignota; ma esso rapporto al nostro posto non ha profondità uguale in tutte le direzioni: e noi possiamo penetrare in certe linee oltre i suoi limiti; in altre ci è impenetrabile.

6.° Le stelle che apparentemente ci sembrano le più grandi, sono anche le più vicine, e la distanza è la causa principale, benchè non unica, dell'apparire le altre più piccole. Probabilmente le maggiori a noi più vicine formano uno di questi sistemi superiori, di cui fa parte il nostro Sole, molti dei quali riuniti formano la Via Lattea.

7.° Oltre le stelle, vi sono in cielo moltissime masse di materia luminosa di luce propria, non ancora concretate in corpi definiti, ma semplicemente gassose, che formano le *Nebulose*. Alcune di queste sono di enorme estensione, ed hanno una densità irregolarissima; altre hanno una densità quasi uniforme; altre una condensazione crescente verso il centro, come se fossero stelle incoate; alcune sono anulari e sembrano destinate a formare sistemi più complicati.

8.° La massima parte di queste masse nebulose, a condensamento graduato, si presentano in regioni indipendenti della Via Lattea e sembrano formare sistemi a sè; ma malgrado lo stato aereo e gassoso e perciò mobilissimo, tutte sono notabili per le loro forme sensibilmente costanti e perciò di moti insensibili per le distanze.

9.° Le dimensioni assolute che hanno le stelle e le Nebulose e le loro reciproche distanze ci sono affatto sconosciute, mancando esse di parallasse; e quindi nemmeno possiamo saper nulla di positivo sulla loro distribuzione reale nello spazio assoluto. Possiamo però assicurare che le stelle non sono uniformemente distribuite nello spazio, ma sono più numerose e più dense non solo apparentemente, ma anche realmente nel piano della Via Lattea. Le Nebulose invece hanno maggior densità e sono più numerose nella direzione ad essa perpendicolare.

10.° Valutando con mezzi indiretti le distanze stellari, ed esprimendole solo in moduli relativi, rileviamo che collocando le stelle più vicine alla minima distanza possibile, cioè quella corrispondente alla parallasse annuale di un intero secondo esse sarebbero lontane di 206265 semidiametri del grand'orbe; e la luce impiegherebbe tre anni e un quarto a venire da esse a noi. Questa cifra va in realtà almeno decuplicata

per tutte le stelle vicine, perchè soltanto pochissime hanno ben assicurato più di un decimo di secondo di parallasse; onde la grandezza dell'orbita che la Terra descrive intorno al Sole, benchè abbia 296 milioni di chilometri in diametro, non apparisce di colà che un punto impercettibile. Colla lor mole molte nebulose planetarie superano parecchie volte in grandezza le dimensioni di questo grand'orbe.

11.° Calcolando con queste proporzioni dietro gli elementi più probabili della fotometria, e dei moti proprii, la distanza degli altri oggetti a cui possono arrivare i più forti strumenti herscheliani, si trova che essa è tale, che la luce deve impiegare un tempo 312 volte più lungo per arrivare a noi, che per le stelle di prima grandezza, aventi un decimo di secondo di parallasse, cioè 10,000 (dieci mila) anni!

12.° Ma benchè immenso sia questo spazio, pure esso non costituisce il limite reale del creato, perchè non solo gli strumenti herscheliani non arrivavano a penetrare neanche tutto lo strato galassico nella sua profondità, ma nè anche vi arrivano gli attuali che sono di molti doppii superiori a quelli, come i colossi di Lord Rosse, di Lassell, di Melbourne in Australia, di Washington, di Parigi, ecc., onde il firmamento è per noi impossibile a scandagliare (*unfathomable*).

Esso però non può dirsi infinito; nessuna cosa composta di enti distinti e discreti può essere infinita^[85]. Ma sebbene non assolutamente infinito, il mondo per noi è come se lo fosse. Per esprimere in brevi cifre le distanze si adopera per unità il viaggio della luce nel tempo di tre anni e un quarto (quale sarebbe per una stella che avesse un secondo di parallasse), ma questa distanza è dessa per noi concepibile? noi che neanche possiamo formarci una idea distinta del suo viaggio in $8^m \frac{1}{2}$, cioè quanto è quello che fa per venire dal Sole? anzi nemmeno possiamo concepire la grandezza del nostro globo che abitiamo, che la luce traverserebbe in qualche millesimo di secondo?

Sono dunque, questi mezzi artificiali, semplici aiuti alla nostra incapacità, ma essi in fondo non ci fanno punto meglio comprendere l'incomprensibile; sono artifizii con cui impiccoliamo il grande per renderlo capace di esser contenuto nella nostra piccolezza!

Si è detto che il mondo deve essere infinito; ma se esso fosse infinito, e popolato d'infinito stelle, la vòlta celeste ci dovrebbe comparire lucida come il Sole in tutta la sua estensione. Ciò non si verifica; è dunque da concludere che le stelle non sono infinite. Invece per sostenere l'ipotesi contro il testimonio dei sensi, si è supposto che dovea esservi un mezzo assorbente che impedisse alla luce degli astri lontani di arrivare a noi. — Che molti corpi opachi esistano nello spazio i quali possono intercettare la luce, non vi è dubbio, ma questi sarebbero comparabili ai polviscoli del limo atmosferico; che se pure la possono indebolire, non potrebbero intercettarla tutta. Noi ci limitiamo al fatto di un mondo fisico finito. E ciò malgrado, esso è già anche troppo da noi inconcepibile, onde non occorre vagheggiare ciò che non possiamo comprendere.

Sciolta una volta la briglia a tali idee, si è venuto supponendo che molti mondi simili al nostro esistessero nello spazio, ma a noi ignoti, perchè separati da noi con un vacuo assoluto, anche dell'*etere* propagatore della luce. Come è impossibile provare tali concetti, così è inutile confutarli, e d'altronde è anche troppo per noi quello che vediamo per non sognare quello che non vediamo.

13.° La materia, che compone queste incomprensibili masse, e però sempre la stessa. Gli elementi che il chimico studia nel suo laboratorio, sono gli stessi che lo spettroscopio ci svela nelle ultime Nebulose e nelle atmosfere stellari. Benchè scarso sia il numero di quelli che si sono identificati, esso però è sufficiente per assicurarci che le leggi che reggono la materia sono le stesse da noi e in quelle remote profondità, e le scoperte quotidiane ci confermano in queste idee.

14.° Ma il creato che contempla l'astronomo, non è un semplice ammasso di materia incandescente: è un prodigioso organismo in cui dove cessa l'incandescenza della materia incomincia la vita. Benchè questa non sia penetrabile ai suoi telescopii, tuttavia dall'analogia del nostro globo possiamo argomentarne la generale esistenza negli altri. La costituzione atmosferica degli altri pianeti che in alcuni punti è cotanto simile alla nostra, non che quelle delle stelle simili a quella del nostro Sole, ci persuadono che que' corpi, o sono in uno stadio simile al presente del nostro sistema, o percorrono taluno di quei periodi che esso già percorse, o è destinato a percorrere.

15.° Nell'immensa varietà delle creature che furono già, e che sono sul nostro pianeta, possiamo argomentare la diversità di quelle che possono esistere colà. Se da noi l'aria, l'acqua e la terra sono popolate

^[85] Perchè essendo essa sempre, assolutamente parlando, esprimibile in numeri, sarebbero questi soltanto o pari o dispari, e in ambi i casi tolgono una unità, da infinito diverrebbe finito, il che è assurdo (Cauchy).

da tante varietà di esseri che si cambiarono le tante volte al mutare delle semplici circostanze di clima e di mezzo, quante più se ne devono trovare in quegli sterminati sistemi, ove gli astri secondarii sono rischiarati talora non da uno, ma da più Soli alternativamente, e dove le vicende climateriche succedentisi del caldo e del freddo, devono essere estreme per le eccentricità dell'orbite, e per le varie intensità assolute delle loro radiazioni, da cui il nostro Sole pure non è esente.

16.° Sarebbe però bene angusta veduta quella di voler modellato l'Universo tutto sul tipo del nostro piccolo globo, mentre il nostro stesso relativamente microscopico sistema ci presenta tante varietà: nè è filosofico il pretendere che ogni astro debba essere abitato come il nostro, e che in ogni sistema la vita sia limitata ai satelliti oscuri. È vero che essa da noi non può esistere che entro confini di temperatura assai limitati, cioè tra lo zero e 40° in 45° centigradi; ma chi può sapere se questi non sono limiti solo pei nostri organismi?^[86] Tuttavia anche con questi limiti se essa non potrebbe esistere negli astri infiammati, questi astri maggiori avrebbero sempre nella creazione il grande ufficio di sostenerla regolando il corso dei corpi secondarii, mediante l'attrazione delle loro masse, e di avvivarla colla lor luce e col loro calore. E qual sorpresa sarebbe se tra tanti milioni, anche molti e molti di questi sistemi fossero deserti? Non vediamo noi che sul nostro globo regioni in proporzione assai estese sono incapaci di vita? L'immensità della fabbrica non verrebbe perciò meno alla sua dignità, nè allo scopo inteso dall'Architetto.

17.° La vita empie l'Universo, e colla vita va associata l'intelligenza e come abbondano gli esseri a noi inferiori, così possono in altre condizioni esistere di quelli immensamente più capaci di noi. Tra il debole lume di questo raggio divino che rifulge nel nostro fragile composto, mercè del quale potremmo pur conoscere tante meraviglie, e la Sapienza dell'Autore di tutte le cose, è una infinita distanza che può essere intercalata da gradi infiniti delle sue creature, per le quali i teoremi, che per noi sono frutto di ardui studii, potrebbero essere semplici intuizioni.

18.° Ma questa è sfera ove l'astronomo non può estendere il suo regno. A lui è riservato lo sviluppo materiale e meccanico del mondo: rintracciarlo *nello spazio* e soccorrere al geologo che lo studia *nel tempo*. Anche in questo la scala è sterminata. La condensazione delle Nebulose è sì lenta che il periodo di poco più di un mezzo secolo dacchè le conosciamo competentemente, non ci ha mostrato traccia sicura di mutazioni, e questo lasso non può riguardarsi che come un istante. Le stelle doppie per poco che siano sensibili le loro distanze, già compiono i loro periodi in secoli. La configurazione delle costellazioni non ha sensibilmente variato dacchè l'uomo contempla il cielo. Tanta è la lentezza apparente, a causa delle enormi distanze, con cui si fanno que' movimenti, che pure superano in velocità, molte volte, quello della nostra terra! Tali configurazioni però varieranno e allora forse si potrà avere qualche idea dei rapporti del nostro sistema stellare cogli altri.

19.° Intanto nessun corpo novello cospicuo è venuto a popolare permanentemente la sfera stellata, e se qualcuno apparve istantaneamente, ora sappiamo che non fu quello una novella creazione, ma uno di quei tanti incendi momentanei che non sono rari anche oggidi, ma solo son più difficili a riconoscere per la piccolezza apparente dei corpi che ne sono la sede: sono questi incendi nati da collisioni esterne, o da nuove trasformazioni interne dell'astro? Noi nol sappiamo: ma ben vediamo che là dove pare eterno silenzio è una prodigiosa attività. La lunga serie di anni che misura le rivoluzioni celesti, è parallela alla serie su cui il geologo calcola le durate delle rivoluzioni del globo; ed in questo i due estremi, la immensità dei cieli e la durata del nostro piccolo pianeta si toccano. Ma anche qui siamo lungi dallo avere una durata infinita: se essa fosse tale l'attività mondiale sarebbe già estinta. L'attività è fondata sulle differenze di energia nelle diverse regioni, e questa energia tendendo sempre a livellarsi ed eguagliarsi, con una durata infinita anteriore avrebbe già raggiunto l'equilibrio generale, e quindi ogni fenomeno mondiale sarebbe reso impossibile.

20.° Le Comete sulle quali si speculò cotanto nel secolo scorso, si sono ora riconosciute non essere che ospiti stranieri al nostro sistema, e parti di una grande Nebulosa di natura speciale che contiene gas ben familiari alla chimica, non in istato elementare come le Nebulose siderali, ma combinati col proteiforme Carbonio, elemento pure rinvenuto in alcune stelle. La loro luce non è solo la riflessa dal Sole, ma anche la diretta e loro propria. Nè è mestieri a produrre tal luce una proporzionale incandescenza o elevazione di

^[86] La cessazione della vita a 0° nasce dal solidificarsi dell'acqua; nei mari profondi ove l'acqua salsa gelerebbe solo a 3° sotto zero la vita esiste a - 2° e anche a - 2° e mezzo centigradi. Se l'acqua non è il solo elemento necessario alla vita, ma con un altro fluido può unirsi, chi può fissare i termini della sua sussistenza?

temperatura che le porti alla roventezza, ma basta una tale struttura delle molecole, che le renda capace di scuoter l'etere in certe onde, come noi vediamo accadere nei più freddi insetti terrestri, e nei marini animali e in mille altri casi di fosforescenze comuni avvivarsi la luce per tenuissima forza eccitante senza proporzionata elevazione di temperatura. Le moderne idee del sincronismo ondulatorio tra l'etere e le molecole dei corpi, sono quelle che ci quietano su questo punto tanto controverso.

21.° Il calore è la forza prima che anima l'Universo; e il calore non è che il movimento. L'energia si trasmette da un corpo all'altro mediante un mezzo continuo, che chiamiamo *etere*, e noi siamo in contatto con le regioni più estreme dello spazio mediante questo mezzo misterioso, le cui vibrazioni costituiscono il calor radiante, la luce e l'attività chimica vitale, i cui squilibri di densità producono le attrazioni e i fenomeni elettrici e magnetici. Questo mezzo è quello che tutto lega l'Universo e a tutto dà l'unità malgrado le immense distanze.

22.° La gravità è una forza che regge tutto il creato, dal sassolino cadente sulla terra, alla Nebulosa che si va condensando nella profondità dello spazio. Essa è la causa prima dell'incandescenza degli astri per la forza viva prodotta nella caduta delle masse che determinò la loro condensazione. Ma essa forza non è la sola che domina nell'Universo; forse ancor essa è conseguenza dell'equilibrio dell'etere. Ma le Comete ci danno indizio di qualche altra forza non ancora ben definita che opera nello spazio. Il rapido sviluppo delle loro code prodotte evidentemente da un regresso della materia che spinta dapprima verso il Sole si ripiega indietro, non è spiegato col solo calore, nè colla sola gravità. S'invoca il magnetismo e l'elettrico, ma finora nulla è sicuro, e il *modo di tale azione* è affatto ignoto.

23.° Le vicende decennali del Sole manifestateci nella periodicità delle sue macchie, e nella forza e vivacità delle sue eruzioni, sono riflesse nelle variazioni del magnetismo terrestre e nelle manifestazioni elettriche delle Aurore Boreali; ciò fa prova che un'altra forza, oltre la gravità, parte dal Sole e si spande nello spazio la quale pervade i pianeti e ne determina le vicende più astruse. Noi siamo certi di questa forza, ma ignoriamo il suo modo di azione. È dessa un'azione magnetica diretta, ovvero una semplice trasformazione della sua azione calorifica?

24.° Nè siamo ancora alla fine delle meraviglie, lo saremo soltanto quando cesseremo di studiare. Fu già un tempo in cui tutto il sistema solare si limitava ad un corpo centrale luminoso, circondato da pochi astri maggiori oscuri. Non molto dopo vi si aggiunsero numerosi sistemi di second'ordine, i satelliti, e si credettero finite le scoperte. Ora invece quali radicali mutazioni nell'idea stessa del sistema! Ora sappiamo che attorno al Sole tra Marte e Giove circolano ben 169 piccoli pianeti (Gennajo 1877) che un inviluppo gassoso lo circonda, il quale si estende sovente fino alla terra, formando la Luce Zodiacale; si aggiunsero pure numerose Comete circolanti permanentemente nei limiti del dominio di sua attrazione, dotate di luce propria; si son riconosciute numerose correnti di minutissimi corpuscoli che solcano in tutti i versi lo spazio planetario, e tutto questo per corteggio ad un astro, che posto alla distanza stellare, sarebbe di sesto ordine! Cioè come quelli che sono appena visibili ad occhio nudo.

25.° Così non ha guari che si credeva lo spazio celeste popolato solo di corpi stellari definiti e compatiti; ora vi abbiamo scoperte masse enormi di gas, le quali forse sono destinate a costituire altri corpi solidi, se pure non sono già all'ora presente in tal forma condensati, ma la luce non ce ne ha ancora recata la notizia! L'orbita del più lontano dei nostri pianeti potrebbe appena misurare l'estensione di una *Nebulosa planetaria*. Che cosa diremo poi di tante altre, come p. es. di quella di θ Orione che si estende per tanti gradi nella parte più viva, senza contare la più pallida?

26.° Quanti altri misteri non devono trovarsi nell'immensità di quello spazio che noi non possiamo scandagliare?... Chi avrebbe immaginato dieci anni or sono le meraviglie che stava per rivelarci lo spettroscopio?... Ogni nuovo perfezionamento dell'arte ne porta uno alla scienza, e l'astronomo approfittando dell'arte e della scienza, ci svela sempre più la grandezza di Dio, e ci fa esclamare col reale Profeta: *Che sono magne le tue fatture, o Signore, tutte esse in Sapienza facesti*^[87]: *i cieli veramente contano le glorie del Dio-Forte: il giorno ci stordisce colle meraviglie, la notte ci apre i tesori della scienza!... Non parlano nè fanno strepito di voce, ma su tutta la Terra, nel mondo tutto si spande il mistico linguaggio*^[88].

[87] Salmo CIV. Trad. del P. Patrizi.

[88] Salmo XIX.

CATALOGO
DELLE
PRINCIPALI STELLE VARIABILI

Questo catalogo è estratto dall'opera del signor Chambers intitolata *Descriptive Astronomy*. Londra 3.^a ediz. 1877 pag. 579 e seg. con qualche piccola aggiunta tratta da opere posteriori, e specialmente da quello di Schoenfeld. V. le note in fine.

CATALOGO DELLE PRINCIPALI STELLE VARIABILI

No.	Stelle	Ascens. ^e Retta 1870			Declinaz. ^e 1870	Periodi in giorni	Cambia- mento di grandezza		Autorità	
		h.	m.	s.			da	a		
1	T Cassiopea	0	16	12	+ 55° 4'3	436	7	11	Krüger	1870
2	R Androm.	0	17	12	+ 37 51.3	404	6	12.8<	Argelander	1858
3	S Balena	0	17	26	- 10 2.9	333	7	10.7	Borelly	1872
4	B Cassiopea	0	17	36	+ 63 25.5	.....	.....		Tycho Brahe	1572
5	T Pesci	0	25	16	+ 13 52.9	molto irreg.	9.5	11	R. Luther	1855
6	α Cassiopea	0	33	9	+ 55 49.4	....	2	2.5	Birt	1831
7	S Cassiopea	1	10	8	+ 71 55.6	615	7	13<	Argelander	1861
8	S Pesci	1	10	46	+ 8 14.7	406	9	13<	Hind	1851
9	R Pesci	1	23	56	+ 2 12.6	345	7	13<	Hind	1850
10	S Ariete	1	57	40	+ 11 54.1	288	9	13<	C. H. Peters	1865
11	R Ariete	2	8	44	+ 24 27.1	186	8	12	Argelander	1857
12	o Balena	2	12	47	- 3 34.1	330	2	10<	D. Fabricius	1596
13	S Perseo	2	13	34	+ 57 59.4	358 ±	8	9	Krüger	1873
14	R Balena	2	19	24	- 0 45.9	167	8	13	Argelander	1867
15	T Ariete	2	41	4	+ 16 57.9	323	8	9.5	Auwers	
16	ρ Perseo	2	56	51	+ 38 20.1	33 ?	3.4	4.2	Schmidt	1854
17	β Perseo	2	59	43	+ 40 27.2	2.86727	2.5	4	Montanari	1669
18	R Perseo	3	21	47	+ 35 13.2	209	8.6	13<	Shönfeld	1861
19	λ Toro	3	53	25	+ 12 7.3	3.952	3.4	4.2	Baxendell	1848
20	U Toro	4	14	15	+ 19 30.2	.....	9	10.4	Baxendell	1862
21	T Toro	4	14	25	+ 19 13.5	irregolare	9.7	12.8<	Hind	1861
22	R Toro	4	21	10	+ 9 52.2	325	7.4	13<	Hind	1849
23	S Toro	4	22	5	+ 9 39.4	378	10	13<	Oudemans	1855
24	V Toro	4	44	30	+ 17 19.6	170 ±	8.5	13<	Auwers	1871
25	R Orione	4	51	57	+ 7 55.7	380	9	12.5<	Hind	1848
26	ε Cocchiere	4	52	38	+ 43 37.7	.....	.....		Fritsch	1821
27	R Lepre	4	53	41	- 15 0.2	438	6	9	Schmidt	1855
28	μ Dorado	5	5	47	- 61 58.4	lungo	5	9	Moesta	1865
29	R Cocchiere	5	6	48	+ 53 26.2	465	6.5	12.5	Argelander	1862
30	S Orione	5	22	35	- 4 47.8	410 ±	8	12<	Webb	1870
31	δ Orione	5	25	22	- 0 23.8	irregolare	2.2	2.7	G. Herschel	1834
32	α Orione	5	48	8	+ 7 22.8	irregolare	1	1.5<	G. Herschel	1836
33	κ Gemelli	6	7	2	+ 22 22.5	229	3	4	Schmidt	1861
34	T Unicorno	6	18	12	+ 7 9.2	27	6	7.5	Davis	1871
35	R Unicorno	6	32	4	+ 8 50.9	irregolare	9.5	11.5	Schmidt	1865

CATALOGO DELLE PRINCIPALI STELLE VARIABILI

No.	Stelle	Ascens. ^e Retta 1870			Declinaz. ^e 1870	Periodi in giorni	Cambia- mento di grandezza		Autorità	
		h.	m.	s.			da	a		
36	S 15 Unicorno	6	33	49	+ 10° 0'.7	3.4	4.9	5.4	Winneke	1867
37	R Lince	6	50	34	+ 55 30.6	365	9	12<	Krüger	1874
38	ζ Gemelli	6	56	24	+ 20 45.5	10.16	3.8	4.5	Schmidt	1844
39	R Gemelli	6	59	32	+ 22 54.1	371	6.5	13	Hind	1848
40	R Cane Min.	7	1	32	+ 10 13.6	335	7	13.3<	Hind	1856
41	S Cane Min.	7	25	39	+ 8 35.6	332	7.5	12<	Argelander	1854
42	T Cane Min.	7	26	46	+ 12 1.1	325	7.5	12<	Hind	1856
43	S Gemelli	7	35	14	+ 23 45.2	294	9	13<	Shönfeld	1865
44	T Gemelli	7	41	30	+ 24 3.3	228	8.5	13.5<	Hind	1848
45	U Gemelli	7	47	23	+ 22 20.5	irregolare	9	13.5<	Hind	1855
46	R Cancro	8	9	24	+ 12 7.4	354	6	11.7<	Schwerd	1829
47	V Cancro	8	14	18	+ 17 41.7	272	7	12<	Awers	1370
48	U Cancro	8	28	19	+ 19 20.5	306	7.5	13.5<	Chacornac	1843
49	S Cancro	8	36	30	+ 19 30.0	9.48	8	10.5	Hind	1848
50	S Idra	8	46	47	+ 3 33.5	256	7.5	13.5	Hind	1848
51	T Cancro	8	49	14	+ 20 20.7	484	8	10.5<	Hind	1850
52	T Idra	8	49	20	- 8 38.7	289	7	12.5<	Hind	1851
53	R Leone Min.	9	37	46	+ 35 6.5	374	6	11 <	Schönfeld	1863
54	R Leone	9	40	34	+ 12 1.8	312	5	10	Koch	1782
55	R Orsa Mag.	10	35	25	+ 69 27.4	303	6	12	Pogson	1853
56	η Argo	10	40	2	- 59 0.1	70 anni	1	6	Burchell	1827
57	R Tazza	10	54	11	- 17 37.5	.....	8	9	Winnecke	1861
58	S Leone	11	4	7	+ 6 10.1	187	9	13	Chacornac	
59	T Leone	11	31	47	+ 4 5.5	.....	10	14<	C. H. Peters	1865
60	X Vergine	11	55	11	+ 9 47.8	....	7.8	10<	Peters	1871
61	R Chioma di B.	11	57	35	+ 19 30.3	363	8	13<	Schönfeld	1856
62	T Vergine	12	7	56	- 5 18.7	337	8	13<	Boguslawski	
63	R Corvo	12	12	54	- 18 32.0	318	7	11.5	Karlinski	1867
64	T Orsa Mag.	12	30	28	+ 60 12.2	255	7	12	Argelander	
65	R Vergine	12	31	54	+ 7 42.2	146	6.5	10<	Harding	1809
66	S Orsa Mag.	12	38	15	+ 61 48.3	225	7.5	12<	Pogson	1853
67	U Vergine	12	44	30	+ 6 15.7	207	7.5	12<	Harding	
68	W Vergine	13	19	19	- 2 42.1	17	8.7	10	Schönfeld	1866
69	V Vergine	13	21	6	- 2 29.7	251	8	13<	Goldschmidt	1857
70	R Idra	13	22	37	- 22 36.4	436 ±	4	10<	J. P. Maraldi	1704

CATALOGO DELLE PRINCIPALI STELLE VARIABILI

No.	Stelle	Ascens. ^e Retta 1870			Declinaz. ^e 1870	Periodi in giorni	Cambia- mento di grandezza		Autorità	
		h.	m.	s.			da	a		
71	S Vergine	13	26	13	- 6° 31'.4	374	6	12	Hind	1852
72	Z Vergine	13	27	45	- 12 32.7	.....	5	8	Schmidt	1866
73	T Boote	14	8	0	+ 19 40.5	.....	9.7	14 <	Baxendell	1860
74	S Boote	14	18	32	+ 54 24.2	272	8	13	Argelander	1860
75	R Giraffa	14	27	37	+ 84 25.2	266	8	13	Hencke	1858
76	R Boote	14	31	27	+ 27 18.1	223	6	11.5	Argelander	1858
77	U Boote	14	34	48	+ 28 1.4	.....	9.5	13	Baxendell	1864
78	δ Libra	14	54	2	- 8 0.1	2.32	4.9	6	Schmidt	1859
79	U Corona	15	12	53	+ 32 7.5	3.45	7.6	8.8	Winnecke	1869
80	S Libra	15	13	57	- 19 55.0	190 ±	8	12.5	Borelly	1872
81	S Serpente	15	15	34	+ 14 47.0	361	8	13<	Harding	1828
82	S Corona	15	16	6	+ 31 50.2	361	6	12	Hencke	1860
93	R Corona	15	43	13	+ 28 33.5	irregolare	6	13	Pigott	1795
84	R Serpente	15	44	42	+ 15 31.8	357	6	11<	Harding	1826
85	R Libra	15	46	15	- 15 50.8	722	9	13<	Pogson	1858
86	T Corona	15	54	4	+ 26 17.5	.....	2.5	9.8	Birmingham	1866
87	R Ercole	16	0	23	+ 18 43.4	319	8.5	13.5	Argelander	1855
88	T Scorpione	16	9	18	- 22 39.0	.....	7	13<	Auwers	1860
89	R Scorpione	16	9	54	- 22 37.3	223	9	13<	Chacornac	1853
90	S Scorpione	16	9	55	- 22 34.3	177	9	13<	Chacornac	1854
91	U Scorpione	16	14	59	- 17 34.5	.....	9.5	13.5	Pogson	1863
92	U Ercole	16	20	3	+ 19 11.4	408	7	11.5	Hencke	1860
93	30 Ercole	16	24	22	+ 42 10.1	irregolare	5	6	Baxendell	1857
94	T Serpentario	16	26	18	- 15 51.2	186 o 359	10.5	13<	Pogson	1860
95	S Serpentario	16	26	47	- 16 53.1	233	8.5	13.5<	Pogson	1854
96	S Ercole	16	45	59	+ 15 9.7	303	6.3	12.5	Schönfeld	1856
97	Nov. Serpentar	16	52	13	- 12 41.4	.....	4.4	13.5<	Hind	1848
98	R Serpentario	17	0	18	- 15 55.0	302	8	12<	Pogson	1853
99	α Ercole	17	8	43	+ 14 32.4	.....	3.1	3.9	W. Herschel	1795
100	u Ercole	17	12	31	+ 33 14.4	38.5	4.6	5.4	Schmidt	1869
101	Nov. Serpentar	17	22	51	- 21 22.1	395 ±	.....		D. Fabricius	1604
102	X Sagittario	17	39	22	- 27 46.6	7.011	4	5.5	Schmidt	1866
103	γ' Sagittario	17	56	43	- 29 35.0	7.593	5	6	Schmidt	1866
104	T Ercole	18	4	11	+ 31 0.0	164.7	7	12.8	Argelander	1857
105	T Serpente	18	22	28	+ 6 13.0	342	9	12.8	Baxendell	1860

CATALOGO DELLE PRINCIPALI STELLE VARIABILI

No.	Stelle	Ascens. ^e Retta 1870			Declina- zaz. ^e 1870	Periodi in giorni	Cambia- mento di grandezza		Autorità	
		h.	m.	s.			da	a		
106	V Sagittario	18	23	46	- 18 20.9	.....	7	9	Quirling	1865
107	U Sagittario	18	24	14	- 19 12.8	6.8	7.0	8	Schmidt	1866
108	T Aquila	18	39	30	+ 8 36.6	120 ±	8.8	9.5	Winnecke	1860
109	RSc. di Sobieski	18	40	33	- 5 50.5	71	5	9	Pigott	1795
110	β Lira	18	45	17	+ 33 12.7	12.92	3.5	4.5	Goodricke	1784
111	13 Lira	18	51	23	+ 43 46.6	46	4.2	4.6	Baxendell	1855
112	z Cor. Austr.	18	52	24	- 37 7.4	6.2	10	11.5	Schmidt	1866
113	R Cor. Austr.	18	53	9	- 37 7.6	54	10	12.5	Schmidt	1866
114	R Aquila	19	0	7	+ 8 2.1	345	6.5	11	Argelander	1856
115	T Sagittario	19	8	43	- 17 11.7	381	7.6	12<	Pogson	1863
116	R Sagittario	19	9	4	- 19 32.0	270	7	13<	Pogson	1858
117	S Sagittario	19	11	49	- 19 15.6	230	10.0	12.7	Pogson	1860
118	R Cigno	19	33	20	+ 49 54.5	425	6	14	Pogson	1852
119	H Volpetta	19	42	14	+ 26 59.8	.....	.....	.....	P. Antelmo	1670
120	S Volpetta	19	43	4	+ 26 57.9	67.5	8.5	9.5	Rogerson	1837
121	χ ² Cigno	19	45	34	+ 32 35.2	406	4	13<	G. Kirch	1686
122	η Aquila	19	45	51	+ 0 40.4	7.1763	3.6	4.7	Pigott	1784
123	S Cigno	20	2	47	+ 57 36.7	322	9	13<	Argelander	1860
124	R Capricorno	20	4	1	- 14 39.2	347	9.0	13.5	Hind	1848
125	S Aquila	20	5	39	+ 15 14.3	147	8.9	11.3	Baxendell	1863
126	R Freccia	20	8	8	+ 16 20.0	70.4	8.3	10.3	Baxendell	1859
127	R Delfino	20	8	39	+ 8 41.4	284	7.5	13<	Hencke	1851
128	U Cigno	20	15	35	+ 47 29.1	465	7	10.5<	Knott	1871
129	R Cefeo	20	23	41	+ 88 44.9	365 ±	5	11	Pogson	1856
130	S Capricorno	20	34	9	- 19 39.8	.....	9	11	Hind	1854
131	S Delfino	20	37	5	+ 16 37.4	276	8	11	Baxendell	1860
132	T Delfino	20	39	20	+ 15 55.7	331	8.2	13<	Baxendell	1863
133	U Capricorno	20	40	54	- 15 15.6	203	10	13.5<	Pogson	1857
134	γ Cigno	20	41	59	+ 33 53.9	365	5	6	Schmidt	1864
135	T Acquario	20	43	6	- 5 37.6	203	7,0	12	Goldschmidt	1861
136	R Volpetta	20	58	36	+ 23 18.4	137	7.5	13.5	Argelander	1858
137	T Capricorno	21	14	50	- 15 42.6	269	9	14<	Hind	1854
138	S Cefeo	21	36	46	+ 78 2.3	485	7.5	11	Hencke	1858
139	μ Cefeo	21	39	31	+ 58 11.1	.....	4	6	W. Herschel	1782
140	T Pegaso	22	2	33	+ 11 54.2	370	9	13<	Hind	1863

CATALOGO DELLE PRINCIPALI STELLE VARIABILI

No.	Stelle	Ascens. ^e Retta 1870			Declinaz. ^e 1870	Periodi in giorni	Cambia- mento di grandezza		Autorità	
		h.	m.	s.			da	a		
141	δ Cefeo	22	24	21	+ 57° 45'.0	5.3664	3.7	4.8	Goodricke	1784
142	S Aquario	22	50	8	- 21 2.1	280	8	11<	Argelander	1853
143	β Pegaso	22	57	28	+ 27 22.7	40 ±	2	2.5	Schmidt	1848
144	R Pegaso	23	0	7	+ 9 50.6	382	7	13.5	Hind	1848
145	S Pegaso	23	13	58	+ 8 12.5	318	7	12<	Marth	
146	R Aquario	23	37	5	- 16 0.3	388.5	6	11<	Harding	1810
147	R Cassiopea	23	51	49	+ 50 39.9	426	5	12<	Pogson	1835

STELLE SOSPETTE DI VARIAZIONE (Lista incompleta)

N.	Nome	Ascens. ^e Retta 1870			Declinaz. ^e 1870		Grandezza	Autorità	
		h.	m.	s.					
1	Balena	0	17	12	+ 10°	10'.8	.....	Borelly	
2	V Pesci	1	47	30	+ 8	8.5	6.9	Argelander	1863
3	112 Pesci	1	53	23	+ 2	28.5	6	Schmidt	1869
4	48 Toro	4	8	24	+ 15	4.4	7	Schmidt	1871
5	– Orione	5	23	33	– 1	8.0	9	Argelander	
6	– Toro	5	27	6	+ 21	51.2	8.9 – 11.12	Schmidt	1864
7	– Orione	5	28	39	– 6	5.8	.....	Falb 1875	
8	α Argo	6	21	4	– 52	37.5	1		
9	27 Cane Magg.	7	8	57	– 26	7.8	4.5 6.5	Gore	1875
10	– Unicorno	7	23	8	– 10	3.5	.....	Birmingham 1875	
11	– Gemelli	7	47	41	+ 22	20.5	11	Knott	
12	– Leone	10	17	5	+ 14	39.6	9.12	C. H. F. Peters 1873	
13	49 Leone	10	28	13	+ 9	19.2	5.5	Schmidt	1867
14	α Orsa Magg.	10	55	42	+ 62	27.2	1.5 – 2	Lalande	1786
15	θ Orsa Minore	12	8	59	+ 57	25.3	.....	Schmidt	
16	60 B Levrieri	12	39	1	+ 46	9.0	6	Schmidt	1872
17	– Vergine	13	23	39	– 8	56.1	8.5	Hind	
18	χ Orsa Magg.	13	42	24	+ 49	57.8	1.5 – 2	Lalande	1786
19	ο Boote	13	43	12	+ 16	26.6	....	Schmidt	
20	34 Boote	14	37	43	+ 27	4.9	.....	Schmidt	
21	β Orsa Minore	14	51	7	+ 74	41.2	2 – 2.5	Struve	1838
22	– Corona	15	43	11	+ 28	41.0	11.13	Schmidt	
23	Aquila	18	57	28	– 5	52.5	7	Knott	
24	β Cigno	19	25	28	+ 27	41.3	.....	H. Klein	
25	V Capricorno	20	9	30	– 21	42.9	6.8	Gore	
26	9 B Delfino	20	19	29	+ 9	38.2	.....	Birmingham	
27	13 Delfino	20	41	22	+ 5	32.0	6	Schmidt	
28	14 Delfino	20	43	26	+ 7	23.0	6	Schmidt	
29	– Acquario (1)	22	22	31	– 10	36.0	7.8 – 0	Rümker	1848
30	ζ Pesce Austr.	22	23	40	– 26	44.2	6	Schmidt	
31	– Acquario (2)	22	29	4	– 8	16.7	9 – 0	Hind	
32	303 B Acquario	23	10	53	– 12	25.2	7	Schmidt	1869
33	22743 Arg. Oeltz.	23	11	39	– 19	33.0	6.9	Schulhof	1874
34	δ ³ Acquario	23	12	12	– 10	19.2	–	Schmidt	
35	T Cefeo	23	14	44	+ 55	24.1	8.2 – 8.8	Argelander	1863

Note al catalogo delle stelle variabili.

- N. 4. Questa è la famosa stella temporanea di Ticone Brahe. D'Arrest vi ha segnalato una piccola stella rossa vicina.
- » 6. La variabilità di questa stella è messa in dubbio da J. F. Schmidt.
 - » 12. L'ultimo periodo di Schmidt è 330 giorni esatti, prima davasi 331.33
 - » 16. Periodo irregolare.
 - » 20. Secondo Schoenfeld essa è solo probabilmente variabile: e doppia dist. 5": non è detto quale delle due sia variabile.
 - » 27. È la celebre stella cremisi di Hind. Oggetto veramente degno di attenzione: secondo Schmidt nel 1865 era crescente in luce e calante in colore. Chambers nel 1876 gennaio la trovò rubino, di nona grandezza e tre quarti; ora è bel rubino.
 - » 35. Questa è la celebre variabile di Schmidt congiunta alla nebulosa 2. II. IV. (V. *Astr. Nach.* 1302. Aprile 6, 1862).
 - » 41. Schönfeld crede che diminuisca di periodo.
 - » 15. Periodo soggetto a varietà.
 - » 51. Bella stella di un ricco color rubino (M. S. gennaio, 20, 1865).
 - » 88. Schönfeld, non la crede propriamente variabile, ma temporaria, e della natura di H Volpetta, e della nuova di Hind in Ofiuco: tuttavia Chambers crede doverla avere per tale, essendo adottata da Schönfeld medesimo (*Astr. Nach.* N. 1523, 21 aprile 1865).
 - » 91. La posizione non è ben sicura.
 - » 97. Questa è la celebre stella di Hind, che brillò improvvisamente in Serpentario (otluco) nella primavera del 1818. (V. *Monthly Notices*, R. A. S. vol. VIII, pag. 116).
 - » 109. Celebre stella temporaria.

Stelle sospette di variabilità.

- N. 2. Stimata variabile da Argelander, benchè Schönfeld non lo creda.
- » 11. Stella *d* di confronto di Winnecke per U Gemelli.
 - » 22. Stella di confronto per R Corona. Periodo probabile di 5 a 6 settimane.
 - » 23. Bella stella rossa.
 - » 29. Incerto se vi sia stella, o sia errore nella posizione di Rhumker.
 - » 31. Variabilità molto probabile.

Il lettore troverà nel catalogo delle stelle rosse molte variabili da noi indicate, che non sono notate in questo catalogo, ma domandano conferma.

Ecco una nuova lista favoritaci dal signor Schmidt di Atene: Epoca 1855.

48 Toro	4 ^h 7 ^m 33 ^s ; + 13° 2'.0	da 6,7 a 7
δ Orsa Minore	12 8 11; + 57 30.3	Rossa: periodo lungo.
60 β Levrieri	12 38 18; + 46 11.0	Rossa assai: periodo lungo.
υ Boote	13 12 20; + 16 31.1	Rossa: irregolare.
31 Boote	14 37 3; + 27 8.8	Periodo lungo irregolare.
Corona Bor.	15 42 31; + 28 45.8	Debole irregolare.
ζ Pesce australe	22 23 50; - 26 48.7	Comparsa il 21 Novembre 1876.
Nova 1604	17 7 3; - 21 4.8	Nova del 1601 forse identica colla stella
	17 23 16; - 21 22,4	V. <i>The Nature</i> 18 genn. 1877.

PRODROMO
DI UN
CATALOGO FISICO DELLE PRINCIPALI STELLE COLORATE.

NOTA PRELIMINARE

Il seguente Catalogo fu pubblicato da principio dal sig. Schjellerup di Copenaga nell'*Astr. Nach.* N. 1591, 18 luglio 1866; fu poscia riprodotto con aggiunte e correzioni nel n. 1613, 30 ottobre 1866. Esso è fondato su quello di Lalande *Con. des temps*, anno XV (republ.), su quello di Zach *Corresp. astr.*, vol VII, e di Sir J. Herschel *Cape Observ.* Venne inserito dal signor Chambers nella sua *Descriptive Astronomy* con molte aggiunte e con riduzione al 1870 fatta da Lynn.

Noi vi abbiamo aggiunte alcune stelle nuove trovate poscia sia da noi, sia dal signor Birmingham di Tuam, e vi abbiamo inserito nelle note una breve descrizione degli spettri desunti dai nostri studi; e quelli poscia descritti da D'Arrest, i cui materiali sono dati nell'*Astr. Nach.* numeri 2009, 2016, 2032, 2044. La posizione è stata ridotta per tutte al 1870 che è quella dell'ultimo catalogo di Chambers. Molte di esse sono state verificate in cielo. Dal confronto si rileva che alcune stelle per noi di 2° tipo, sono dal signor D'Arrest messe nel 3° parte per variabilità reale parte per diversità di strumenti.

È questo un supplemento ai cataloghi del 1° e 2° tipo dati nelle nostre prime memorie. Non vi è dubbio che molti spettri sono variabili, onde alla variabilità delle stelle in *grandezza* deve ora associarsi la *variabilità di spettro*.

Dopo compiuto questo lavoro abbiamo ricevuto notizia di altre raccolte di stelle colorate, per le quali vedasi l'appendice.

Avvertiamo che i tipi fondamentali sono i seguenti (C. II. § IV).

1. Stelle bianche; Sirio, α Lira ecc.
2. Stelle gialle; Sole, Capra, Polluce.
3. Stelle rosse-gialle; α Orione, β Pegaso, α Ercole.
4. Stelle sanguigne; piccole diverse, 4287 B.A.C. Vedi Catalogo n. 106, 219.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
1	1	– Cassiopea	0 ^h 2 ^m 37 ^s	+ 63°13'.8	8.5
2	2	– Pesci	0 6 36	+ 0 24.6	9.5
3	3	– Andromeda	0 13 2	+ 43 59.3	8.2
4		101 B. A. C.	0 21 16	+ 17 10.4	6
5		δ Andromeda	0 32 22	+ 30 8.9	3
6		211 B. A. C.	0 39 45	+ 14 45.0	6
7		ζ Andromeda	0 40 27	+ 23 53.6	4
8	4	– Cassiopea	0 49 44	+ 66 59.3	9
9		η Andromeda	0 50 16	+ 22 42.9	5
10	5	– Balena	0 52 11	– 6 34.9	8
11	6	– Cassiopea	0 58 13	+ 52 44.5	10
12		Anonima	1 7 27	+ 34 55.8	var.
13	7	– Pesci	1 9 0	+ 25 4.8	8
14	8	– Andromeda	1 10 17	+ 47 0.7	7.5
15	9	– S Pesci	1 10 46	+ 8 13.7	var.
16	10	– Pesci	1 14 31	+ 6 17.4	9
17	11	– Scultore	1 21 0	– 33 13.5	6
18	12	– R Pesci	1 23 56	+ 2 12.6	var.
19	13	– Cassiopea	1 24 53	+ 59 59.9	10
20	14	– Cassiopea	1 46 11	+ 69 33.8	8
21		LL. 3717	1 53 59	– 9 9.2	6
22	15	– Pesci	1 54 27	+ 54 35.9	8.5
23		Anonima	1 55 55	+ 41 42.3	....
24	16		2 0 6	+ 0 49.4	7
25		Anonima	2 2 0	– 10 52.0	6
26		665 B. A. C.	2 3 25	+ 18 53.2	...
27	17	R Ariete	2 8 44	+ 24 27.1	var.
28	18	– Andromeda	2 9 52	+ 44 36.3	9
29	19	o Balena	2 12 47	– 3 34.1	var.
30	20	– Perseo	2 13 14	+ 56 32.3	10

N. B. *Rad.* significa il catalogo di *Radcliffe – Argel.* quello di *Argelander – B. A. C.* quello dell'Associazione Britannica – *Neb. H.* catalogo delle nebulose e gruppi di *J. Herschell – gruppo M.* significa gruppo del catalogo di *Messier – Sp.* significa *Spettro – Deb. Debole – z. n. zona nera. – z. v. zona viva ecc. – Arr.* D'Arrest, questo nome è spesso ommesso. *-t.* Tipo, per quelle di 2° tipo v. pag. 92.

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
1	Color rubino.
2	Rosso granato.
3	Intens. rossa, sp. 3° tipo, zone deb.
4	Gialla ranc. sp. 3° tipo bello, interv. larghi scuri.
5	Gialla sp. 3° t. zone deb. ma sicure
6	Gialletta sp. 3° t. magnifico: intervalli come β Pegaso.
7	Gialla sp. 3° t. traccia di zone deb.
8	Rossa ranciata scura.
9	..... lo sp. pare a zone.
10	Rossa.
11	Bel granato.
12	Gialla oro: gruppi di righe fine, formanti zone.
13	Rossa probabile 4° t.
14	Molto rossa.
15	Rossiccia.
16	Rossa.
17	Bellissima: rosso ranc. Sp. 3° t. bello.
18	Rossa di fuoco sp. diffuso.
19	Rossa.
20	Molto rossa.
21	Rossa sp. 3° t. a colonne ben marcate come μ Gemelli.
22	Quasi rossa rubino.
23	..... a righe fine formanti zone più che β Andromeda.
24	Molto rossa sp. incerto var.
25	Gialla: sp. 3° t. forti zone.
26	q. bianca sp. 3° tipo, colonne magnifiche su tutto.
27	Ranciata.
28	Rossa quasi rubino, sp. diffuso.
29	Rossa di sangue sp. 3° t. zone vive.
30	Rossa rubino nel gruppo 521 H.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
31	21	– Balena	2 ^h 16 ^m 8 ^s	+ 0° 22'.3	12
32		786 B. A. C.	2 27 54	+ 34 7.1	6 var.
33	22	– Andromeda	2 20 0	+ 56 30.3	9
34	23	855 Weisse Triangolo	2 35 25	+ 31 52.3	7.5
35		τ Eridano 856 B. A. C.	2 39 2	– 19 7.9	4.5
36		α Balena	2 55 29	+ 3 34.5	2
37		ρ Perseo	2 56 51	+ 38 15.	7
38	24	509 Arg. Balena	2 58 23	+ 0 12.9	9.3
39	25	1014 B. A. C. Orologio	3 9 16	– 57 48.6	7.5
40	26	– Balena	3 9 56	– 6 12.5	7
41	27	– Toro	3 27 27	+ 19 22.5	9
42	28	– Toro	3 34 55	+ 14 22.4	9
43	29	– Perseo	3 36 13	+ 53 29.6	9
44	30	– Eridano	3 37 30	– 10 1.1	8
45		1144 B. A. C.	3 37 38	+ 68 16.8	5
46	31	1204 B. A. C. Giraffa	3 46 3	+ 60 43.5	5.5
47	32	– Eridano	3 48 59	– 15 17.4	8
48		γ Eridano 1234 B. A. C.	3 51 58	– 13 52.8	2.5
49	33	– Eridano	4 14 15	– 6 33.4	7.7
50	34	1342 B. A. C. Toro	4 14 44	+ 20 30.4	6.5
51	35	– Eridano	4 16 37	+ 0 12.3	10
52	36	R Toro	4 21 10	+ 9 52.2	var.
53	37	S Toro	4 22 5	+ 9 39.4	var.
54	38	– Eridano	4 27 13	– 11 3.8	6.7
55		1419 B. A. C.	4 27 54	– 8 30.3	6.7
56	39	α Toro	4 28 27	+ 16 14.8	1
57		1451 B. A. C.	4 34 46	– 19 55.3	5
58	40	– Cocchiere	4 36 50	+ 32 40.6	8.5
59	41	1457 B. A. C. Giraffa	4 37 47	+ 67 56.0	6.5
60		B. A. C. 1470	4 39 55	+ 63 16.8	5.5
61	42	1317 Rad. Cocchiere	4 40 49	+ 51 59.9	9.5
62	43	– Cocchiere	4 43 23	+ 28 18.0	8
63	44	O' Orione	4 45 11	+ 14 2.0	5
64	45	5 Orione	4 46 36	+ 2 16.7	5.5
65	46	– Orione	4 48 46	+ 7 34.9	7

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
31	Ranciata.
32	Rossa gialla, sp. 3° tipo come α Balena. Arr.
33	Bel rosso rubino.
34	Rossa sp. 3° tipo debole.
35	Gialla sp. 3° t, zone ben distinte.
36	Gialla sp. 3° t. zone forti come. β Pegaso.
37	Rossa viva sp. 3° t. bello righe nere forti.
38	Rossa
39	Rossa ranciata.
40	Rossa-gialla col. variabile.
41	Rossiccia
42	Bella rossa, quasi rubino.
43	Rossa di fuoco, quasi scarlatto.
44	Rossa.
45	..... Sp. 3° tipo ben netto, forti zone nel giallo e rosso, deboli nel verde.
46	Rossa.
47	Rossa-gialla.
48	Ranciata sp. 3° t. zone magnifiche certam. variabile.
49	Rossa-gialla sp. 3° tipo (?)
50	Rosso pallido sp. rigato bello.
51	Rossa.
52	Rossa sp. 3° tipo, zone
53	Rossiccia.
54	Rossa gialliccia. Sp. rigato 3° tipo.
55	Rossa sp. 3° tipo eccellente, zone cupe nel rosso.
56	Rossa-pallida sp. 2° a 3° tipo var.
57	Gialla sp. 3° t. con intervalli perfett. distinti ed oscurissimi.
58	Rosso-rubino: bella.
59	Rossa viva sp. 4° t. belle zone.
60	..... Sp. 3° tipo regolare: righe nette. Arr.
61	Rossa di fuoco.
62	Rossa intensa, var. sp. 4° t. zone.
63	Rossa cupa. sp. magnif. colonnato 3° tipo.
64	Rossa pallida-cupa, sp. 3° t. zone.
65	Rossa, sp. 3° tipo.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
66	47	– Orione	4 ^h 48 ^m 57 ^s	+ 0° 13'.5	10
67	48	R Orione	4 51 58	+ 7 55.9	var.
68		ζ Cocchiere 1541 B.A.C.	4 53 24	+ 40 52.2	4
69	49	R Lepre	4 53 41	– 15 0.2	var.
70	50	– Orione	4 55 9	+ 0 31.8	6
71	51	– Orione	4 58 41	+ 0 59.8	6.5
72	52	– Orione	4 59 56	+ 0 22.3	9
73	53	– Orione	5 3 26	– 0 43.7	7
74		LL. 9785	5 5 18	– 12 0.7	6.7
75		Anonima	5 7 59	– 0 42.7	8.8
76		Groombr. 953	5 8 59	+ 42 38.9	7
77	54	– Cocchiere	5 11 7	+ 39 12.2	7 var.
78	55	– Cocchiere	5 12 15	+ 34 7.8	8
79	56	– Orione	5 12 45	+ 0 13.8	10
80	57	– Orione	5 17 5	– 9 27.1	8
81		β Lepre	5 22 41	– 20 51.8	4
82	58	31 Orione	5 23 8	– 1 11.8	5
83	59	119 Toro B. A. C. 1726	5 24 36	+ 18 29.7	5.5
84	60	– Orione	5 29 51	+ 10 57.1	7.5
85	61	– Toro	5 30 33	+ 24 55.2	9.5
86	62	– Orione	5 34 30	– 3 54.8	8
87	63	– Orione	5 35 31	+ 2 18.0	7.7
88	64	– Toro	5 37 17	+ 24 21.7	8
89	65	– Pittore	5 39 36	– 46 31.1	8
90		1844. B. A. C.	5 42 10	+ 37 15.9	5.5
91	66	α Orione	5 48 9	+ 7 22.8	var.
92	67	π Cocchiere	5 50 17	+ 45 55.3	6
93	68	– Orione	5 54 10	+ 0 12.2	10
94	69	– Orione	5 54 31	+ 0 15.7	10
95	70	– Orione	5 55 45	– 5 8.4	7.7
96	71	– Orione	5 55 51	+ 0 14.6	10
97	72	– Gemelli	6 2 49	+ 26 2.5	8
98	73	– Gemelli	6 5 24	+ 27 11.9	8.5
99	74	– Pittore	6 5 30	– 52 29.5	9
100		1992. B. A. C.	6 5 55	+ 61 33.8	6

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
66	Rubino.
67	Rossiccia. sp. uniforme (?)
68	Gialla, zone languide sfumate
69	<i>Cremisi</i> di Hind, sp. uniforme var. al 4° t.
70	Rossa gialla, sp. uniforme.
71	Rossa, bello sp. 4° tipo a zone.
72	Rubino.
73	Rossa gialla.
74	Gialla ranc. sp. 3° tipo marcato.
75	Bianca, sp. 3° t. colonn. deb. Arr.
76	Gialletta, sp. 3° t. colonne chiare fra zone scure e chiare.
77	Rossa, presso la Neb. 1067 H. sp. 4° tipo var.
78	Rossa notevole.
79	Rossiccia.
80	Molto rossa.
81	Gialla a righe fine quasi con zone.
82	Rossa-gialla, var. sp. 4° tipo.
83	Rossa, magn. sp. 3° t. colonne, righe scure larghe, come π Cocchiere
84	Rossa, sp. debole 4° t. incompleto.
85	Rossa.
86	Rossa.
87	Rossa, sp. continuo deb. var.
88	Molto rossa.
89	Rossa come goccia di sangue: superba.
90	..... Sp. 3° t. come ρ Perseo righe poche larghe (Arr.).
91	Ranciata, sp. superbo 3° t.° colonne: fondamentale variab.
92	Rossa, sp. superbo 3° t. zone tutto varia la grand. il colore e lo spettro.
93	Rossiccia.
94	Rossa.
95	Rossa gialliccia.
96	Rossa.
97	<i>Cremisi</i> , fosca.
98	Rubino. sp. 4° t. superbo, strisce larghe lucide con interv. Scuri. Arr.
99	Rossiccia.
100	q. bianca sp. 3° t. magnif, colonn. riga larga nel rosso. Arr.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
101		2029 B.A.C.	6 ^h 11 ^m 20 ^s	+ 23° 19'.5	7
102	75	– Gemelli LL. 12245	6 18 3	+ 14 47.4	8
103	76	– Cane Maggiore	6 18 28	– 26 59.0	8
104	77	– Unicorno	6 23 40	+ 0 2.5	9
105	78	– Unicorno	6 23 56	– 2 56.2	7.7
106	79	2139 B.A.C. Cocchiere	6 27 36	+ 38 32.8	6.5
107	80	– Unicorno	6 28 13	+ 0 7.2	9.5
108	81	2169 B.A.C. Argo	6 35 30	– 52 49.0	6
109		2157 B.A.C.	6 38 48	+ 87 14.6	5
110	82	Cane Maggiore	6 41 26	– 20 36.6	8
111	83	Cane Maggiore	6 44 13	+ 0 4.5	10
112	84	1854 Rad. Giraffa	6 51 7	+ 70 54.9	6
113	85	2289 B.A.C. Argo	6 52 48	– 48 32.4	5.5
114		L.L. 13267	6 55 34	– 5 32.2	6.7
115	86	22 Cane Maggiore	6 56 32	– 27 45.0	3.5
116	87	– Unicorno	6 56 42	– 8 9.6	8.5
117	88	R. Gemelli	6 59 32	+ 22 54.1	var.
118	89	– Unicorno	7 0 38	– 7 21.6	8
119		1027 Redhill	7 0 49	+ 82 39.4	5.6
120	90	– Unicorno	7 1 59	– 14 43.5	7.5
121	91	– Giraffa	7 2 30	+ 82 39.6	5.4
122		1272 Groombr	7 3 15	+ 51 38.7	6
123	92	44 Giraffa	7 7 22	+ 59 8.7	7
124	93	– Gemelli	7 7 47	+ 22 11.6	7.3
125	94	– Unicorno	7 14 49	– 10 8.7	5
126	95	– Unicorno	7 15 47	– 2 41.3	9.
127	96	Cane Maggiore	7 17 39	– 25 30.8	7
128		η Cane Maggiore	7 18 57	– 19 3.4	2
129	97	S. Cane Minore	7 25 39	+ 8 35.6	var.
130		2537 B.A.C.	7 34 35	+ 13 46.9	7
131		L.L. 14961	7 34 43	+ 14 30.9	7
132		σ Gemelli	7 35 11	+ 29 12.0	5
133		S. Gemelli	7 35 14	+ 23 45.2	var.
134		– Argo	7 35 49	– 31 21.1	9
135		β Gemelli	7 37 22	+ 28 20.2	1.5

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
101	Rosso cupo, sp. 4° t. norm. magnif.
102	Rossa viva cupa, sp. 4° tipo.
103	Rubino intenso.
104	Rossiccio
105	Rossa
106	Rossa, ranciata, superbo sp. 4° t. fond. Lalande 12561, a lacune diverse
107	Rossa.
108	Rossa.
109	Gialla sp. 3° t. ben deciso, righe scure nel rosso e nel giallo.
110	Rossa, la principale in M. 41
111	Rossa bella.
112	Rossa gialla, sp. 2° t. quasi uniforme.
113	Rossa.
114	..... Sp. a colonne, ma richiede aria buona.
115	Rossiccia, sp. 2° tipo gialla oro righe fine.
116	Rossa: al sud di 50 M.
117	Rossa, sp. diretto a righe lucide var. Vi è una gialla vicina.
118	Rossa.
119	Rossiccia, sp. 3° t. a zone superbe, colonne varie, righe nere forti.
120	Rossa., sp. 4° tipo singolare.
121	Rossiccia.
122	Gialla, sp. 3° t. con righe magnifiche in tutte le zone.
123	Rossa, al. Gialla, sp. 2° t. uniforme?
124	Rossa viva, sp. uniforme.
125	Rossa precedente H. 1517, sp. uniforme 2° tipo (?).
126	Rossa sanguigna.
127	Rossa di fuoco intensa.
128	Gialla, sp. 3° t. come α Orione.
129	Fortemente rossa.
130	Arancio, sp. 3° t. simile a LL. 14961.
131	Gialla, sp. 3° t. interv. marcati larghi ed oscuri nel rosso.
132	Rossiccia.
133	Rancia cupa.
134	Rossa.
135	Ranciata. Sp. 2° tipo fondamentale.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
136		W. VII 1093	7 ^h 38 ^m 36 ^s	+ 35° 16'.8	8
137	102	– Argo	7 40 40	– 37 39.7	4.5
138	103	T. Gemelli	7 41 30	+ 24 3.3	var.
139	104	– Argo	7 41 34	– 31 48.6	9
140	105	– Giraffa	7 44 23	+ 79 49.7	....
141	106	– Argo	7 47 5	– 26 3.5	8
142	107	– Argo	7 53 33	– 49 38.3	8
143	108	– Argo	7 56 11	– 69 30.8	8
144		2700 B.A.C.	7 58 36	+ 23 0.3	7
145	109	– Unicorno	8 7 12	– 0 1.5	9.5
149	110	R. Cancro	8 9 24	+ 12 7.4	var.
147	111	– Idra	8 15 25	+ 0 15.1	8
148	112	2820 B.A.C. Argo	8 18 29	– 37 52.1	6
149		2826 B.A.C.	8 19 32	+ 13 4.9	6.7
150	113	– Idra	8 24 47	+ 0 10.8	11.5
151	114	– Idra	8 25 0	+ 0 15.2	10
152	115	U. Cancro	8 28 19	+ 19 20.5	var.
153	116	– Argo	8 40 1	– 27 43.7	8.5
154	117	– Idra	8 40 7	+ 0 7.2	8
155	118	– Argo	8 45 35	– 47 53.8	9
156	119	– Cancro	8 45 55	+ 19 48.7	9
157	120	– Cancro	8 48 3	+ 17 43.4	8.5
158	121	– Idra	8 49 3	– 10 52.6	8
159	122	T Cancro	8 49 14	+ 20 20.7	var.
160		L.L. 1783-5	8 55 29	+ 30 15.5	7.5
161	123	– Argo	8 59 53	– 53 33.0	9
162		L.L. 17988	9 0 17	+ 1 59.8	7
163	124	3121 B.A.C.	9 2 20	– 25 20.1	4.5
164	125	L.L. 18044	9 2 50	+ 31 29.7	6 var.
165		W. IX. 268	9 14 16	+ 0 43.9	7
166		Nova	9 17	– 21 42	8
167		α Idra	9 21 12	– 8 5.8	3
168	126	– Argo	9 28 57	– 62 13.3	8
169		3321 B. A. C.	9 36 39	+ 14 36.9	6
170	127	R. Leone Minore	9 37 46	+ 35 6.5	var.

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
136	Rosso ch., sp. a zone, ma debole.
137	Ranciata.
138	Rossiccia carica.
139	Bel rubino.
140	Rossa.
141	Rossa in mezzo a 1589 H.
142	Rossa mattone.
143	Aranciata.
144	Bianca, sp. 3° t. ma riconoscibile.
145	Rossa.
146	Aranciata brillante.
147	Rossa.
148	Rossa, sp. deboli zone (?).
149	Gialla ch., sp. 3° t. zone larghe ed osc. Anche nel verde e turchino.
150	Rossiccia.
151	Ranciata.
152	Rossiccia.
153	Rossa fuoco.
154	Arancia.
155	Color rubino.
156	Rossiccia.
157	Bel rosso.
158	Rossa.
159	Molto rossa picc. sp. insignificante.
160	Bianca, sp. 3° t. zone larghe, a preferenza nel verde e bleu.
161	Rubino.
162	Bianca, sp. 3° t. puro intervallo discont.
163	Rossa, sp. a zone 4° tipo (?)
164	Rossa gialla mirab., sp. 3° t. netto righe nere fosche larghe.
165	Rancia viva, sp. 3° tipo bell'esemplare, righe nere larghe
166	Gialla bella, Sp. 3° t. bella.
167	Gialla, sp. 3° t. rosso fortemente rigato e q. tronco.
168	Rossa sanguigna intensa.
169	Gialla sp. 3° tipo normale, zone anche oltre al verde.
170	Gialla rossiccia.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
171	128	R. Leone B. A. C. 3345	9 ^h 40 ^m 34 ^s	+ 12° 1'.8	var.
172	129	– Idra	9 45 4	– 22 24.6	6.5
173	130	– Argo	9 50 9	– 40 58.4	7.5
174		3415 B. A. C.	9 53 21	+ 8 40.1	4.5
175	131	– Argo	9 55 47	– 59 36.1	8.5
176		η Leone 3453 B. A. C.	10 0 15	+ 17 23.8	3.5
177	132	18 Sestante	10 4 20	– 7 46.6	6 var.
178	133	– Tromba pneumat.	10 6 12	– 34 40.9	7
179		3510 B.A.C.	10 9 42	+ 14 22.5	6
180	134	– Argo	10 9 59	– 60 2.4	9
181		3561 B.A.C.	10 18 24	+ 9 26.6	6.7
182	135	3630 B.A.C. Tromba pneumatica	10 29 28	– 38 53.7	6.5
183	136	r Carena Argo	10 30 36	– 56 53.1	5.5
184	137	3637 B.A.C. Idra	10 31 9	– 12 42.6	6.5
185	138	– Sestante	10 34 24	+ 0 6.0	8.5
186	139	R. Orsa Maggiore	10 35 25	+ 69 27.4	var.
187	140	– Argo	10 39 15	– 57 23.3	9
188	141	– Idra	10 45 18	– 20 33.7	6.5
189		3750 B.A.C.	10 49 16	+ 6 52.7	7
190	142	– Cratere	10 53 6	– 15 39.4	6
191	143	11046 Oeltz. Cratere	10 54 9	– 17 37.6	8
192		3775 B.A.C.	10 55 12	– 1 47.3	5.5
193	144	– Leone	10 59 3	+ 0 6.4	9.5
194		3811 B.A.C.	11 2 10	+ 37 0.9	6.7
195	145	– Camaleonte	11 5 10	– 81 5.1	8
196		3842 B.A.C.	11 8 17	+ 23 48.2	4.5
197	146	– Argo	11 9 32	– 60 31.8	10
198		3850 B.A.C.	11 10 36	+ 2 43.6	5.6
199	147	υ Orsa Maggiore	11 11 28	+ 33 48.3	4.5
200		3954 B.A.C.	11 31 45	+ 8 51.2	6
201	148	– Mosca	11 33 42	– 71 50.9	8.5
202	149	– Leone	11 34 27	+ 25 31.6	8
203		3982 B. A. C.	11 39 11	+ 7 15.5	5
204	150	– Centauro	11 43 54	– 56 27.4	8

205		Anonima	11 48 32	+ 37 29.0	7
-----	--	---------	----------	-----------	---

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
171	Rossa cupa, sp. deb. a zone var. Arr. trovò zone nere forti.
172	Rossa, sp. 4° t. spicca il verde q. solo.
173	Scarlatto.
174	Gialla, colonne distinte nel rosso.
175	Scarlatto.
176	Gialla a zone deboli.
177	Rossa var. picc. sp. a zone.
178	Scarlatto, sp. a zone 4° tipo (?)
179	..... Sp. 3° t. a col. marcatissime nel rosso.
180	Rubino.
181	Giallo vivo 3° t. colonnato interv. stretti.
182	Aranciata.
183	Rossa.
184	Rossa, sp. 4° t. bello, forte giallo.
185	Rossa.
186	Rossa pallida.
187	Rubino.
188	Rossa vivo, sp, 4° tipo manca il bleu.
189	q. bianca sp. 3° tipo, zone nere per tutto.
190	Rossa sp. 3° t. debole, giallo vivo.
191	Scarlatto forte, sp. a zone.
192	Bianca, sp. 3° t. zone ben distinte specialmente nel rosso.
193	Rossa.
194	Gialletta, sp. 3 tipo normale, col. salienti su tutto lo spettro.
195	Rubino.
196	Arancio vivo, sp. 3° t., interv. larghi scuri, normale bello.
197	Rossa.
198	Bianca 3° t. righe oscure e facili.
199	Rossa, sp. 2° tipo.
200	Gialla sp. 3° t. brill. interv. scuri su tutto.
201	Bel rubino.
202	Rossa, sp. continuo.
203	Gialla chiara sp. 3° t. bello, zone magnifiche. Arr.
204	Ranciata.
205	Gialla chiara, sp. 3° tipo, colonne tutte ben separate.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
206		1784 Redhill	11 ^h 53 ^m 31 ^s	+ 81° 34'.6	.....
207		4148 B. A. C.	12 13 25	+ 49 42.3	6
208	151	– Camaleonte	12 15 44	– 74 47.3	8.5
209	152	– Vergine	12 18 35	+ 1 29.4	7.5
210		W. XII 277	12 18 39	+ 1 36.1	8
211	153	– Chioma Berenice	12 22 40	+ 29 0.8	9
212		W. XII 378	12 23 44	+ 5 8.2	8
213	154	γ Croce.	12 23 54	– 56 22.7	2
214	155	– Vergine	12 25 35	+ 5 23.5	9.5
215		4254 B. A. C.	12 31 45	+ 2 34.2	7
216	156	R. Vergine	12 31 55	+ 7 42.2	var.
217	157	– Idra	12 32 37	– 26 2.1	12
218	158	S. Orsa maggiore	12 38 15	+ 61 48.3	var.
219	159	4287 B. A. C. Levrieri	12 39 1	+ 46 9.0	5.5
220	160	– Croce	12 39 50	– 58 59.0	8.5
221	161	– Vergine	12 44 4	– 0 2.7	9
222	162	– Chioma di Beren.	12 45 54	+ 17 48.8	8
223	163	κ Croce	12 45 57	– 59 38.6	neb.
224	164	– Croce	12 46 16	– 59 39.8	9
225		LL. 24034	12 47 33	– 10 56.7	6-7 var.
226		4330 B. A. C.	12 47 36	– 8 49.9	6.6
227		δ Vergine	12 49 4	+ 4 6.2	3
228		Oeltz. 13158	12 51 19	+ 66 41.8	7
229	165	– Chioma di Berenice	12 51 41	+ 18 28.2	8
230		4351 B. A. C.	12 52 30	+ 18 6.7	5
231	166	Centauro	12 56 59	– 60 44.0	9.5
232		4388 B.A.C.	13 0 3	+ 23 19.0	6
bis		Stella di Burnham	17 7 44	– 2 9.0	6
233		γ Idra	13 11 50	– 22 29.0	3 var.
234		Oeltz 13583	13 17 34	+ 47 41.1	7
235		4479 B. A. C.	13 18 0	+ 37 42.8	6
236	168	<i>i</i> Vergine	13 19 52	– 12 1.8	5.5 var.
237	169	R. Idra	13 22 37	– 22 36.4	var.
238		Oeltz 13681	13 23 40	+ 60 31.1	6
239		4516 B. A. C.	13 25 33	– 5 35.1	6
240	170	S. Vergine	13 26 13	– 6 31.4	var.

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
206	Ranciata, sp. a righe separate con zone ben distinte da un lato.
207	Gialla 3° t. zone larghiss. nel rosso, meno larghe nel violetto.
208	Rossa scura.
209	Rossa.
210	Rossa cupa, sp. 4° t. righe nel rosso, meno larghe nel violetto.
211	Rubino ricco-porpora.
212	Rossa viva, sp. 3° t. marcato: singolare: rari interstizi
213	Rossa.
214	Scarlatto.
215	Bianca, sp. 3° t. belle righe di separazione come π Leone.
216	Rossa pallida, o giallaccia, sp. diffuso.
217	Rossa (nel gruppo 68 M.)
218	Rossa o violetta.
219	Rossa, sp. 4° t. magnif. fundament. (la <i>superba</i>)
220	Rossa sanguigna intensa.
221	Rossa.
222	Rossa bruna.
223	Sommamente rossa. Gruppo insigne pei colori.
224	Rossa.
225	..... Sp. 3° tipo brillante: zone nere.
226	Gialla viva, sp. 3° t. bello come δ Vergine, righe nere.
227	Gialla, sp. 3° tipo, zone sfumate.
228	Rosso cupo, sp. 4° t. zone luc. vive sep. da zone nere forti (da studiarsi).
229	Rossa.
230	Rancio chiaro: sp. a colonne ma non arriva a 40 <i>Chioma</i> .
231	Bel ranciato.
232	Gialla sp. 3° t. righe nere larghe scuriss. su tutto.
bis	Rosata 3° tipo tronco nel bleu.
233	Ranciata sp. 2° tipo righe e zone.
234	Bianca, sp. 3° t. marcatiss. benchè il colore non differisca dalle vicine. Arr.
235	Rossa scura, sp. 3° t. zone scure su tutto lo spettro.
236	Rossa, sp. 4° t. gialla-rossa.
237	Rossa, righe vive e spettro 2° e 3° variabile.
238	Gialla Sp. 3° t. a colonne ma zone fine. Arr.
239	Gialletta, sp. 3° t. come ψ Vergine
240	Rossa viva, sp. diffuso deb.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
241		W. XIII. 596	13 ^h 30 ^m 53 ^s	+ 25° 16'.6	6.7
242		Anonima	13 34 48	- 8 2.8	6.7
243		4568 B. A. C. = 83 Orsa maggiore	13 35 48	+ 55 20.4	5
244	171	o Boote 4615 B. A. C.	13 43 13	+ 16 26.6	4
245	172	3105 Rad. Levrieri	13 47 39	+ 40 58.8	7
246	173	- Vergine	13 58 11	+ 0 9.9	8
247	174	- Centauro	13 59 55	- 59 6.4	8
248		Groombr. 2078	14 2 44	+ 44 28.3	5.6
249		4700 B. A. C.	14 3 45	- 15 41.2	5.6
250	175	- Centauro	14 7 35	- 59 18.4	7.5
251		Groombr. 2091	14 9 38	+ 70 2.6	5
252	176	α Boote	14 9 34	+ 19 52.0	1 var.
253	177	4775 B.A.C. Boote	14 17 55	+ 8 40.8	6
254	178	- Boote LL. 26342	14 18 20	+ 26 17.8	7.5
255	179	- Vergine	14 22 53	- 5 24.1	8
256	180	ρ Boote	14 26 14	+ 30 56.6	4
257	181	- Centauro	14 27 32	- 42 48.0	9
258	182	4825 B. A. C. Boote	14 29 20	+ 37 11.9	6
259		4864 B.A.C.	14 37 43	+ 27 4.9	6 var.
260		LL. 26918	14 39 59	+ 15 40.7	6
261		Groombr. 2177	14 55 31	+ 66 27.0	5
262	183	4976 B.A.C. Boote Triangolo Australe	15 1 54	- 69 35.2	6
263		W. XV, 106, 7, 8	15 6 9	+ 19 28.2	5.6
264	184	δ Lupo	15 9 55	- 29 40.1	4.7 var.
265	185	- Apodo (Rondine)	15 11 46	- 75 27.4	7
266	186	S. Serpente	15 15 34	+ 14 47.0	var.
267	187	τ ⁴ Serpente	15 30 27	+ 15 32.0	7.5
268		α Serpente	15 37 50	+ 6 50.3	2.5
269		5234 B. A. C.	15 42 54	+ 18 32.7	4.5
270	188	R. Corona Boreale	15 43 13	+ 28 33.5	var.
271		δ Corona	15 44 10	+ 26 28.1	4.5
272	189	R. Serpente	15 44 44	+ 15 31.8	var.
273	190	- Corona Boreale	15 44 54	+ 39 58.2	9.5
274	191	- Apodo	15 45 24	- 74 6.6	9
275		5287 B. A. C. = 2 Erc.	15 50 18	+ 43 31.1	6

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
241	Arancia, viva, sp. 3° tipo bello a colonne.
242	Gialletta, sp. 3° t. colonn. zone forti.
243	Bianca, sp. 3° t. caso notevole di stella senza colore e tale spettro.
244	Rossa, sp. 3° t. zona nera nel verde: sp. problemat. parte del 3° e parte del 4° t. lacuna nel verde.
245	Rossa bruna.
246	Rossiccia.
247	Doppia, ambedue rosso mattone.
248	Giallastra, 3° t. dei più belli esempi.
249	Rossa viva, 3° t. dei più belli.
250	Rubino.
251	Gialla rossastra, sp. 3° t. zone ben distinte fino nel bleu.
252	Gialla, sp. 2° e 3° t. talora a zone.
253	Gialliccia, sp. 2° t. vest. di zone
254	Rossa viva, sp. 3° t. varie zone difficile. Arr.
255	Rossiccia.
256	Rosso, sp. a zone ^[89] .
257	Rubino.
258	Rossa, sp. a zone deboli.
259	Gialla rossa, 3° t. colonne marcate nel rosso.
260	Gialla chiara, sp. 3° t. magnifico, colonne, zone larghe oscure, taglienti da un lato.
261	Gialla carica, sp. 3° t. come β Pegaso.
262	Quasi scarlatto.
263	Quasi bianca, sp. 3° tipo superbo come α Ercole.
264	Rossa-gialla, sp. 2° t. zona nel verde.
265	Rubino.
266	Rossa.
267	Rossa variabile, sp. 3° t. colonna, zona nel verde.
268	Gialletta Sp. 3° t. zone nere fine.
269	Gialla sp. 3° t. belle righe lucide, zone scure larghe.
270	Rossiccia. sp. diffuso.
271	Gialla sp. 2° t. a righe con zone.
272	Rossa.
273	Rubino cupo bello.
274	Rossa cupa.
275	Gialla 3° t. a zone come β Pegaso: mancano nel violaceo.

^[89] Errore di 1° di Schjellerup e Chambers.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
276	192	– Corona Boreale	15 ^h 54 ^m 19 ^s	+ 36° 23'.8	10
277	193	R.Ercole	16 0 23	+ 18 43.4	var.
278	194	– Ercole	16 1 45	+ 22 10.4	7.5
279		5366 B. A. C.	16 2 12	+ 8 52.9	6
280		5369 B. A. C.	16 2 21	+ 8 57.7	7
281	195	– Serpente	16 3 5	+ 1 10.0	8
282		δ Ofiuco	17 7 30	– 3 21.3	3
283	196	– Squadra	16 8 41	– 45 28.8	8.5
284		5459 B. A. C.	16 15 5	+ 60 5.2	6.3
285		5479 B. A. C. γ ₁ Corona Boreale	16 17 28	+ 34 6.4	5
286		5480 B. A. C. γ ₂ Corona Boreale	16 17 36	+ 34 0.4	5
287	197	– Serpentario	16 17 45	+ 0 6.3	10
288	198	– Serpentario	16 19 30	– 12 7.3	8
289	199	U. Ercole	16 20 3	+ 19 11.4	var.
290		5494 B. A. C.	16 20 42	– 7 17.7	6
291	200	α Scorpione	16 21 27	– 26 8.5	1.5
292		5523 B. A. C.	16 24 22	+ 42 10.2	5 var.
293	201	– Scorpione	16 32 17	– 32 7.1	8
294		5596 B. A. C. = 42 Erc.	16 35 13	+ 49 10.9	6
295		LL. 30500	16 38 25	+ 36 45.3	7.8 var.
296	202	– Serpentario	16 42 42	+ 0 9.2	9
297		W. XVI, 1347	16 43 10	+ 42 28.3	7
298	203	– Serpentario	16 44 29	– 5 57.1	8
299	204	S. Ercole	16 45 59	+ 15 9.7	var.
300	205	– Scorpione	16 46 45	– 39 17.3	9
301	206	– Serpentario	16 49 30	+ 1 37.9	8.5
302	207	– Altare	16 51 54	– 54 52.5	9
303	208	– Serpentario	16 52 58	– 4 1.4	8
304		5749 B.A.C.	16 57 11	+ 14 16.8	5.6
305		5763 B.A.C.	16 58 51	+ 35 35.9	7.7
306	209	α Ercole	17 8 43	+ 14 32.5	var.
307		W. XVII, 209	17 13 13	+ 2 17.8	7.8
308	210	43 Serpentario	17 15 11	– 28 0.9	6
309		5871 B. A. C. = 74 Erc.	17 16 40	+ 46 23.3	6
310	211	– Scorpione	17 21 29	– 35 31.9	9

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
276	Rossa rubino.
277	Rossa.
278	Rossa gialla, sp. riga nel verde.
279	Gialletta, sp. 3° t. normale brillante
280	Gialla sp. 3° t. zone nere mediocrementemente larghe.
281	Rossiccia.
282	Bianca, righe fine con traccia di zone.
283	Rubino.
284	Gialla, sp. 3° t. magnifico, zone larghe oscure ben marcate.
285	Ranciata, chiara sp 3° tipo zone ben marcate.
286	Ranciata, chiara sp 3° t. zone ben marcate.(sono v^1 , $\pm v^2$ corona di egual natura)
287	Rossa granato.
288	Rossa mattone fiacco.
289	Rossa.
290	Gialla sp. 3° t. belle colonne, zone scure larghe, normali.
291	Rossa assoluta, sp. 3° t. belliss. var.
292	Gialla Sp. 3° t. brillante normale come β Pegaso: zone larghe profonde nel bleu.
293	Rossa cupa.
294	Gialla viva, sp. 3° t. a colonne. La vicina sp. continuo.
295	Rossa, nel gruppo grande di Ercole, sp. 3° tipo colonnato bello. Arr.
296	Rossiccia.
297	Rossa sp. 3° t. facile, altre simili vicine, ma più difficili. Arr.
298	Rossa.
299	Rossa.
300	Rossa.
301	Rossa.
302	Rossa rubino forte.
303	Rossa gialliccia.
304	Quasi bianca sp. 3° t. a colonne con forti zone scure, normale.
305	Rossa gialla debole, sp. 3° t. bello righe ben separate.
306	Rossa-gialla, sp. 3° tipo superbo fondamentale.
307	Rossa viva, sp. 3° t. brillante; molte righe su tutto.
308	Rossiccia, rosa sp. zona nel verde.
309	..... Sp. 3° t. ma zone fine, caso di gradazione. Arr.
310	Rossa molto cupa.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
311	212	– Serpentario	17 ^h 22 ^m 3 ^s	– 19° 21'.9	8.5
312	213	– Scorpione	17 31 14	– 41 32.7	8
313	214	– Altare	17 32 9	– 57 39.4	8
314		LL. 32300	17 35 3	+ 31 16.3	6
315	215	– Serpente	17 37 18	– 18 35.8	8
316	216	– Serpentario	17 47 37	+ 1 47.7	9
317	217	– Serpentario	17 51 32	+ 2 44.2	7.5
318	218	Serpentario	17 59 36	+ 7 5.3	8
319		6134, B. A. C.	18 0 34	+ 22 12.6	5.5
320	219	– Sagittario	18 2 15	– 15 18.1	8
321		6178 B. A. C.	18 7 1	+ 31 22.5	5
322	220	– Serpente	18 12 49	+ 0 47.5	8
323		Nuova	18 14 40	+ 25 2 ±	6.7
324	221	– Serpente	18 15 30	+ 0 5.9	7.5
325	222	T. Serpente.	18 22 28	+ 6 13.0	var.
326	223	6306 B. A. C. Sagitt.	18 25 18	– 14 57.2	6.5
327	224	– Aquila	18 26 12	– 5 15.3	7.5
328	225	– Sagittario	18 28 28	– 24 0.8	12
329		Anonima	18 28	+ 36 54.	8.5
330	226	– Aquila	18 29 7	– 6 51.0	8
331	227	– Aquila	18 31 32	– 13 53.4	8
332	228	– Serpente	18 31 45	+ 11 20.5	9
333	229	– Serpente	18 32 41	+ 9 1.9	10
334		W. XVIII; 1018	18 33 48	+ 39 33.2	7
335	320	– Aquila	18 35 39	+ 0 2.0	8
336	231	– Serpente	18 38 29	+ 8 36.9	9
337	232	– Aquila	18 42 46	– 8 3.1	9
338		β Lira	18 45 15	+ 32 12.8	3
339	233	– Sagittario	18 46 24	– 22 4.4	7.5
340		δ ¹ Lira	18 50 8	+ 36 44.2	6
341	234	– Aquila	18 50 56	+ 0 17.1	9.5
342	235	– Aquila	18 52 37	+ 14 11.0	8
343		LL. 35507	18 54 29	+ 22 37.9	7
344		Presso γ Lira	18 54 ±	32 ±	....
345		V. Astr. N. n. 1862	18 57 27	– 5 52.5	7.5

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
311	Rubino.
312	Bel rubino.
313	Aranciata bella.
314	Rossa chiara, sp. a zone belle.
315	Rossa bella.
316	Rubino; assai curiosa.
317	Bell'aranciata sp. 3° tipo, zone.
318	Rossa.
319	Gialla, sp. debole, righe larghe con zone vive.
320	Rossa.
321	Gialla rossa sp. 3° t. linee nette separate.
322	Assai rossa.
323	Rossa beliss. Sp. 3° tipo colonnato.
324	Rossa, sp. debolissimo.
325	Rossa-gialla.
326	Rossa, sp. 2° in 3° tipo, righe forti come Arturo.
327	Rossa var., sp. 2° t. sfumature.
328	Rossa.
329	Rossa intensa, (J. Birmingham), spettro a zone deboli.
330	Rossa.
331	Rossa.
332	Rossa.
333	Rossa.
334	..... Sp. 3° tipo sorprendente per la bellezza come α Ercole. Arr.
335	Rossa.
336	Rossa ciliegia, o porpora scura.
337	Notabilissima rossa.
338	Bianca, sp. var. a righe lucide come γ Cassiopea.
339	Rossa var. 9° sp. debolissimo.
340	Gialla, Sp. 3° t. zone ben distinte ai soliti posti.
341	Granato.
342	Rossa, sp. debolissimo.
343	Rossa-gialla. sp. 3° t. superbo. Arr
344	..... Gialla sp. 3° tipo, come α Ercole.
345	Non studiata ancora.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
346	236	– Aquila	18 ^h 57 ^m 58 ^s	+ 0°19'.6	9.5
347		τ Sagittario	18 58 50	– 27 51.3	4
348		W. XVIII 1861	18 59 58	+ 30 32.3	7
349	237	R. Aquila	19 0 7	+ 8 2.1	var.
350	238	– Volpetta	19 3 12	+ 23 58.5	7 var.
351	239	R Sagittario	19 9 4	– 19 32.0	var.
352		6674 B. A. C.	19 23 18	+ 24 24.2	5
353	240	36 Aquila	19 23 51	– 3 3.5	7
354	241	6702 B. A. C. Dragone	19 26 10	+ 76 18.1	6.5
355	242	– Sagittario	19 26 51	– 16 39.2	7
356		LL, 37019	19 27 21	+ 5 11.3	7.4
357		μ Aquila	19 27 44	+ 7 6.4	4.5
358		κ Aquila	19 29 53	– 7 18.9	4
359		ι Aquila	19 29 58	– 1 34.2	5
360		6717 B. A. C	19 30 7	+ 48 58.7	7
361	243	– Aquila	19 38 5	– 4 39.2	8
362		δ Freccia B.A.C. 1726	19 41 36	+ 18 12.9	4
363	244	– Aquila	19 42 35	+ 0 22.6	9.5
364		γ Aquila	19 44 24	+ 8 31.7	3
365	245	χ Cigno	19 45 34	+ 32 35.3	var.
366		Cigno LL. 37858	19 45 57	+ 38 23.1	5.5
367		LL. 37866 Cigno	19 46 6	+ 37 29.6	6.5
368	246	– Aquila	19 49 56	+ 0 17.3	10
369		6868 B.A.C.	19 54 11	+ 17 9.7	6
370	247	– Sagittario	19 58 58	– 27 35.7	7.5
371	248	– Pavone	19 59 56	– 60 18.6	8.5
372		W. XX. 3	20 1 45	+ 34 32.3	6.8
373	249	R. Capricorno	20 4 1	– 14 39.2	var.
374		Stelle di Wolf	20 5 22	+ 35 48.	8.5
375	250	– Cigno	20 5 9	+ 41 6.9	10
376		Stelle di Wolf	20 6 50	35 50	8
377		Stelle di Wolf	20 9 39	36 16	8
378	251	– Capricorno	20 9 30	– 21 42.9	6 var.
379	252	– Aquila	20 12 20	+ 0 11.6	9.5
380		β Capricorno	20 13 42	– 15 11.4	3.5

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
346	Rossiccia.
347	Gialla varie zone.
348	..... Sp. 3° t. colonne, molto chiaro.
349	Rossa sp. debolissimo.
350	Rossa sp. a zone varie.
351	Rossa.
352	Gialla sp. 3° tipo, zone scure al posto tipico.
353	Rosa sp. 2° a 3° tipo, come Arturo Vivo.
354	Molto rossa, sp. 4° tipo zone vive verde giallo.
355	Notabile rossa, spettro zona verde viva 4° tipo (?)
356	Quasi bianca. sp. 3° t. superbo, zone cupe su tutto.
357	..... Sp. 3° t. ben distinto.
358	..... Sp. 3° t. ben dist. come <i>iota</i> .
359	..... Sp. 3° t. ben distinto.
360	Bianca sp. 3° t. normale, zone larghe nei colori più refrangibili.
361	Rossa, sp. debole.
362	..... Sp. 3° tipo zone magnifiche. Arr. ma pare var. (V. Vogel A. N. n. 2000).
363	Rossa.
364	Gialla sp. 3° tipo, a zone ben dist.
365	Rossa. sp. 3° t. zone languide.
366	Rossa, sp. 3° t. zone ben dist. Arr.
367	..... Sp. 3° tipo, colonn. debole ma ben deciso.
368	Rossiccia.
369	..... Sp. 3° t. magnif. con zone come δ Freccia.
370	Bel rubino, sp. 3° tipo, superbo colonnato.
371	Rossa viva.
372	Gialla rossa, sp. 3° t, zone nette malgrado la piccolezza.
373	Rossiccia.
374	Rosata sp. a righe lucide.
375	Bella rossa scura.
376	Rosata sp. a righe lucide.
377	Rosata idem (v. memorie).
378	La più bella. Rubino sp. 4° tipo due zone vive.
379	Aranciata.
380	Gialla tracce di zone.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
381		Anonima	20 ^h 16 ^m 0 ^s	+ 47°31'	8
382	253	– Aquila	20 18 10	+ 0 8.0	10
383	254	– Delfino	20 19 29	+ 9 38.2	8.5
384		7037 B. A. C.	20 19 30	+ 68 27.8	6.7
385	255	– Capricorno	20 20 0	– 20 41.2	8
386		ω' Cigno	20 23 4	+ 48 57.2	5.5
387	256	– Aquila	20 24 46	+ 0 22.0	10
388		Groombr. 3210	20 27 18	+ 48 23.2	6.7
389		LL. 40182	20 42 36	– 1 2.6	7
390		LL. 40347	20 45 32	+ 49 38.6	7.3
391	257	– Delfino	20 51 8	+ 15 45.2	8
392		– Delfino LL. 40682	20 54 31	+ 18 49.6	7
393		ξ Cigno, 7333 B. A. C.	21 0 12	– 43 24.6	4
394	258	– Aquario	21 7 15	+ 0 12.7	9.5
395		δ Cavallino 7372 B. A. C.	21 8 10	+ 9 28.9	4.5
396	259	– Aquario	21 8 51	– 3 4.9	8.5
397	260	– Cefeo	21 9 31	+ 59 34.7	8
398	261	– Pavone	21 12 27	– 70 16.7	6
399		β Cavallino	21 16 26	– 6 15.26	5.5
400		LL. 41800	21 23 3	+ 21 36.8	7
401		7474 B. A. C.	21 24 4	+ 23 4.2	6
402	262	– Cigno	21 26 3	+ 51 0.7	11
403		Anonima	21 30 2	+ 58 8.	6
404		LL. 42153	21 31 6	+ 44 48.6	6.5
405		Cigno LL. 42342	21 36 32	+ 34 55.1	6.7
406	263	S. Cefeo	21 36 47	+ 78 2.3	var.
407		Anonima	21 37 46	+ 9 16.8	....
407a		Stella. Temp.	21 36 50	+ 42 16.9	var.
408	264	– Cigno	21 37 54	+ 37 25.3	8
409	265	– Cigno	21 38 59	+ 37 16.1	8.5
410	266	μ Cefeo	21 39 31	+ 58 11.1	var.
411	267	– Cefeo	21 39 39	+ 53 7.0	9.2
412	268	– Aquario	21 39 48	– 2 48.8	6.5
413	269	– Aquario	21 43 28	+ 0 21.6	10
414	270	– Cigno	21 50 22	+ 49 53.7	9
415	271	– Pegaso	21 58 5	+ 27 43.3	8

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
381	Rossa cupa var. (Birmingham) sp. a zone dubbie.
382	Rossa.
383	Rossa.
384	Bianca, sp. 3° tipo superbo; intervalli larghi facili.
385	Bel rubino spettro continuo (?)
386	Gialla car. sp. 3° t. zone ben decise.
387	Rossa.
388	Gialletta, sp. 3° tipo, zone più visibili nel rosso e arancio.
389	..... Sp. a zone scure specialmente nel verde e bleu. Arr.
390	Bianca, sp. a colonne sicure, malgrado la debolezza.
391	Rossa.
392	Gialla sp. 3° t. a col., difficile. Arr.
393	..... sp. 3° t. zone ben distinte.
394	Rossa ranciata.
395	Gialla, tracce di zone deboli.
396	Rossa.
397	Rossa, sp. deb.; molte rosse vicine.
398	Rubino.
399	Gialla, sp. traccia di zone.
400	Quasi bianca, sp. 3° tipo magnifico zone nere e forti.
401	Rncia chiara sp. ad intervalli scuri superbi da riosservare. Arr.
402	Rossiccia.
403	Rossa sp. 3° t. colonnato.
404	Gialletta, sp. 3° t. dei più belli: colonne zone larghe nel bleu.
405	Rossa cupa, sp. 4° tipo straordinario: lacune strette nel rosso, larghe nei più refrangibili.
406	Rossa.
407	..... Sp. righe fine che si accosta alle zone.
407a	Da 2 ^a a 8 ^a temporaria di Schmidt 1876 sp. a righe lucide.
408	Rossa.
409	Rubino sommamente intensa sp. IV t. rossa di sangue.
410	Bel granato cupo, sp. 3° t. ottimo (da S. trovato però solo lineare).
411	Rossa nel gruppo 4701. H.
412	Rossa sp. 3° tipo bello.
413	Rossa.
414	Rossa fuoco.
415	Aranciata cupa.

CATALOGO DELLE STELLE

Num. Progress.	Num. di Chambers	STELLE	Ascens. ^e Retta 1870	Declinaz. ^e 1870	Grandezze
416	272	– Cefeo	22 ^h 7 ^m 56 ^s	+ 56°37'.7	10
417	273	7765 B. A. C. Lucert.	22 8 18	+ 39 4.2	4.5 var.
418	274	– Pegaso	22 10 56	+ 4 29.8	8
419	275	– Cefeo	22 18 15	+ 55 18.4	6.5
420		ζ Pegaso	22 40 12	+ 11 30.6	5
421		μ Pegaso	22 40 16	+ 22 52.9	4.5
422		ι Cefeo 7967	22 45 4	+ 65 31.1	4
423	276	– Aquario	22 53 3	– 25 51.4	6
424	277	– Pesci	22 54 38	+ 0 23.2	9
425		β Pegaso	22 57 28	+ 27 22.7	3 var.
426	278	R. Pegaso	23 0 7	+ 9 50.6	var.
427	279	– Pegaso	23 0 27	+ 8 42.4	5.5
428	280	8 Andromeda	23 11 44	+ 48 18.3	5.5
429	281	– Pegaso	23 13 46	+ 22 22.8	8.5
430	282	– Cassiopea	27 18 29	+ 60 53.0	9
431	283	– Pesci	23 22 52	+ 0 22.0	10.5
432	284	– Pesci	23 24 2	+ 0 9.7	8
433	285	– Pegaso	23 26 0	+ 23 7.7	8
434		– Pegaso LL. 46146	23 26 57	+ 21 46.9	6
435		8250, B. A. C.	23 36 46	+ 9 36.6	5.5
436	286	– Pesci	23 39 45	+ 2 45.9	6
437	287	– Andromeda	23 42 31	+ 44 27.7	10
438	288	– Pesci	23 45 53	+ 0 20.4	10
439	289	– Cefeo	23 46 5	+ 78 48.4	6.5
440		LL. 46859	23 48 8	– 0 57.8	6.7
441	290	– Balena	23 50 26	– 27 20.9	5.5
442	291	R. Cassiopea	23 51 49	+ 50 39.9	var.
443	292	– Pesci.	23 53 55	+ 0 20.5	10
444	293	6259 Rad. Cassiopea	23 54 39	+ 59 37.9	6 var.

Nota. Questo catalogo essendo soltanto un primo saggio preliminare, saranno ricevute dall'Autore con riconoscenza tutte le aggiunte e correzioni che si trovassero necessarie dai varii Astronomi.

A. S.

Num. progress.	NOTE, COLORE E SPETTRO
416	Rubino nella Nebulosa 4772 H.
417	Rossiccia. Sp. 2° in 3° tipo righe fine variabili.
418	Rossa, sp. a zone deboli.
419	Rossa bella var. sp. non trovato.
420	..... traccia di zone più forti nel verde.
421	Gialla traccia di zone deboli.
422	Gialla: zone ben dec. sp. 3° tipo.
423	Rossa sp. mutab. certamente 4° t.
424	Rossa.
425	Gialla rancia, sp. 3° tipo fondamentale: zone decomponibili.
426	Rossa,
427	Rossa, variabile al giallo, sp. 2° t. righe fine variabili.
428	Rossa, sp. 3° tipo bello.
429	Rossa, sp. debolissimo.
430	Rossiccia nel gruppo 52 M.
431	Rossa.
432	Rossa, sp. debolissimo.
433	Rossa, sp. a zone deb. 3 altre vicine.
434	Rossa sp. a zone 3° t. bellissime molte zone scure.
435	Gialla, righe ben nette nel rosso e giallo.
435	Rossiccia sp. 4° t. ma variabile.
437	Rubino.
438	Rossa.
439	Aranciata var. sp. 3° t. zone deb.
440	Quasi bianca, sp. 3° t. righe scure ben separate: esempio raro. Arr.
441	Rossa gialla var. sp. 2° tipo.
442	Rossa viva.
443	Rosata.
444	Rossa, sp. a zona verde viva.

CATALOGO A

DELLE STELLE DOPPIE E BINARIE

Pubblicato dal signor *Brothers*.

Il seguente catalogo racchiude le stelle doppie di maggiore importanza raccolte dal signor Brothers, che hanno mostrato un moto più insigne. Con ciò non s'intende che siano realmente tutte orbitali, perchè anzi di alcune, come 61 Cigno, si sa esser i moti rettilinei; sono però qui registrate appunto perchè siano tenute in conto speciale dagli osservatori.

Nelle due ultime colonne la posizione è data in gradi e parti decimali di grado e il segno + indica moto diretto, il – moto retrogrado: La distanza è in secondi di arco.

La posizione celeste è data per alcune per 1860 e per altre per 1865, ma la differenza essendo piccola non vi può esser soggetto di equivoco. In una appendice si mettono quelle che soltanto sono sospette di esser binarie.

A questa lista bisogna aggiungere 114 ariete, 932 Σ Gemelli, ϕ Orsa maggiore e 191 Vergine. Sarebbero da togliersi δ (delta) Gemelli e 1263 Lince, secondo le ultime osservazioni. Questo catalogo è fondato nelle osservazioni comparate di Struve, Dawes, Secchi, Knott, Talmage, Dembowski, ecc.

A: CATALOGO DELLE STELLE BINARIE DI BROTHERS

No.	Nome delle Stelle	No. di Struve	Ascens. Retta 1860 o 1865	Decl.	Epoca 1800 +	Grandezza	Posizione	Distanza
			or m s			da a		
1	316 Cefeo	2	0 1 30	+ 78°56'.0	65	6 - 6	295°56 -	0".38
2	318 Cefeo	13	0 8 18	+ 76 10.0	63	6 - 6 ½	103 56 -	0.50
3	η Cassiopea	60	0 40 52	+ 57 6.0	65	4 - 7 ½	125 59 +	6.75
4	36 Andromeda	73	0 47 36	+ 22 53.9	66	6 - 7	349 51 +	1.31
5	251 PO Pesci	....	0 52 29	+ 0 3.2	52	8 - 9	305 10 +	18.80
6	42 Balena	113	1 12 54	- 1 14.0	63	6 - 8	343 3 +	1.27
7	123 P I Pesci	138	1 28 59	+ 6 57.2	63	6½ - 8	28 69 +	1.57
8	209 P I Pesci	186	1 47 0	+ 0 59.0	57	7½ - 7½	87 52 +	0.42
9	α Pesci	202	1 55 3	+ 2 6.6	65	5 - 6	325 76 -	3.23
10	γ Andromeda A. B.	205	1 55 37	+ 41 40.9	65	3½ - 5½	63 43 -	10.36
11	» B. C.	»	»	»	»	6 - 6.3	107 7 -	0.59
12	259 Andromeda	228	2 5 6	+ 46 50.0	62	7 - 7	286 50 +	0.90
13	257 Σ Pesci	257	2 15 12	+ 60 55.0	63	7 - 8	183 50 +	0.40
14	ι Cassiopea A. B.	262	2 17 35	+ 66 46.2	62	4½ - 7	265 87 -	1.92
15	278 Σ Cassopea	278	2 25 36	+ 68 41.0	57	8 - 8½	67 67 -	0.40
16	ε Ariete	333	2 51 29	+ 20 47.9	66	5 - 6½	199 6 +	1.14
17	7 Toro A. B.	412	3 26 0	+ 23 59.0	65	6½ - 6½	261 97 -	0.45
18	98 P III Eridano	....	3 29 52	+ 0 8.2	45	6½ - 9	235 90 +	6.00
19	49 Cefeo	460	3 46 48	+ 80 18.0	62	5½ - 6½	15 61 +	0.70
20	511 Σ Giraffa	511	4 6 12	+ 58 2.6	63	6 - 7	294 7 -	.....
21	230 Toro	554	4 15 42	+ 11 0.0	63	5½ - 8½	342 38 -	1.73
22	2 Giraffa	566	4 28 6	+ 53 14.0	63	6 - 7½	299 53 -	1.68
23	577 Σ Cocchiere	577	4 32 48	+ 37 14.0	62	7½ - 8	265 50 -	1.62
24	η Orione	....	5 17 26	- 2 31.8	67	4 - 5	86 12 -	0.95
25	12 Lince A. B.	498	6 34 18	+ 59 34.4	63	6 - 6½	138 57 -	1.72
26	» A. C.	»	»	»	»	7½	305 77 +	8.67
27	Sirio	....	6 39 13	- 16 31.5	66	1 - 10	71 31 -	10.10
28	38 Gemini	982	6 47 1	+ 13 20.9	66	5½ - 8	164 72 -	5.70
29	1037 Σ Gemini	1037	7 4 6	+ 27 27.0	63	7 - 8½	318 10 -	1.22
38	δ Gemini	1066	7 12 4	+ 22 13.8	61	3½ - 9	201 90 +	6.97
31	α Gemini	1110	7 25 59	+ 32 11.0	65	3 - 3½	241 45 -	5.68
32	1157 Σ Unicorno	1157	7 47 30	- 2 26.0	63	8 - 8.3	256 77 -	1.29
33	85 Lince	1187	8 0 42	+ 32 37.0	66	7 - 7½	56 28 -	1.83
34	ζ Cancro A. B.	1196	8 4 23	+ 18 3.2	»	6 - 7	234 62 -	0.40
35	ζ Cancro A. C.	1196	8 4 23	+ 18 3.2	63	7½	140 70 -	5.61

36	1263 Σ Lince	1263	8 35 54	+ 42 12.0	66	7 - 7 ½	19 +	31.24
37	ϵ Idra	1273	8 39 38	+ 6 54.8	66	4 - 8 ½	213 83 +	3.87

A: CATALOGO DELLE STELLE BINARIE DI BROTHERS

No.	Nome delle Stelle	No. di Struve	Ascens.	Decl.	Epoca 1800 +	Grandezza	Posizione	Distanza
			Retta 1860 o 1865			da a		
38	157 Lince	1338	9 12 12	+38°46'1	66	6 ½ - 7	142° 48 +	1".71
39	ω Leone	1356	9 21 13	+ 9 38.6	66	6 ½ - 7 ½	32 92 +	0.30
40	161 P IX Sestante	1377	9 36 27	+ 3 16.0	56	8 - 13	129 45 -	3.11
41	8 Sestante	.....	9 45 6	- 7 24.0	60	6 - 6 ½	38 21 -	0.50
42	γ Leone	1424	10 12 34	+ 20 31.6	66	2 - 4	111 44 +	3.17
43	145 Leone	1426	10 13 12	+ 7 8.0	56	7½ - 8	271 78 +	0.65
44	1457 Σ Sestante	1457	10 31 24	+ 6 28.0	63	7 - 8	309 83 +	0.91
45	1516 Σ Dragone	1516	11 5 42	+ 74 15.0	63	7 - 7½	70 5 +	4.14
46	ξ Orsa Maggiore	1523	11 10 59	+ 32 17.6	66	4 - 5 ½	86 55 -	2.25
47	ι Leone	1536	11 16 53	+ 11 16.6	65	4 - 7 ½	72 13 -	2.81
48	γ Vergine	1670	12 34 50	- 0 42.6	66	4 - 4	164 28 -	4.39
49	35 Chioma di Beren.	1687	12 46 39	+ 21 58.8	65	5½ - 8 ½	52 87 +	1.31
50	42 Chioma di Beren.	1728	13 3 26	+ 18 14.6	65	4 ½ - 5	193 95 +	0.25
51	127 P XIII Vergine	1757	13 27 23	+ 0 22.6	63	8 - 9	59 4 +	2.00
52	1768 Σ Cani Levrieri	1768	13 29 54	+ 37 11.0	65	6 - 7	rotonda	-
53	1785 Σ Boote	1785	13 42 48	+ 27 41.0	64	7 - 7 ½	192 41 +	2.60
54	1819 Σ Vergine	1819	14 8 18	+ 3 47.0	63	7 ½ - 8	32 15 -	1.29
55	1830 Σ Boote	1830	14 11 12	+ 57 19.0	60	8 ½ - 9	278 23 +	5.30
56	π Boote	1864	14 34 22	+ 16 59.9	66	3½ - 6	100 60 +	5.73
57	1376 Σ Libra	1876	14 39 0	- 6 48.0	63	8 - 8	65 87 +	1.20
58	ε Boote	1877	14 39 5	+ 27 38.7	65	3 - 7	325 50 +	2.92
59	ξ Boote	1888	14 45 5	+ 19 39.8	65	3 ½ - 6 ½	300 82 -	5.41
60	44 Boote	1909	14 59 21	+ 48 10.8	63	5 - 6	239 53 +	4.75
61	1 Corona Boreale	1932	15 12 18	+ 27 21.0	63	7 - 7	290 27 +	1.18
62	η Corona Boreale	1937	15 17 37	+ 30 46.7	66	6 - 6 ½	33 13 +	1.12
63	μ ² Boote	1938	15 19 25	+ 37 49.3	66	8 - 8 ½	180 30 -	0.30
64	δ Serpente	1954	15 28 21	+ 10 59.5	66	5 ½ - 10	189 80 -	3.42
65	γ Corona Boreale	1967	15 37 4	+ 26 43.5	66	4 - 6 ½	rotonda	-
66	51 Libra A. B.	1998	15 56 57	- 10 59.9	66	4 ½ - 5	161 +	0.40
67	» A. C.	»	»	»	65	7 ½	69 66 -	7.10
68	49 Serpente	2021	16 7 10	+ 13 53.6	64	7 - 7½	324 60 +	3.53
69	2026 Σ Ercole	2026	16 7 48	+ 7 44.0	65	8 ½ - 9 ½	326 10 -	1.50
70	σ Corona Bor. A.B.	2032	16 9 37	+ 34 12.2	65	6 - 6½	192 45 +	2.97
71	σ Corona Bor. A.C.	»	»	»	55	11	88 25 -	49.45
72	α Scorpione A. a.	.....	16 21 7	- 20 7.8	66	1 - 8	272 90 -	2.92

73	λ Ofiuco	» »	2055	16 24 6	+ 2 16.8	65	4 - 6	25 26 +	1.51
74	ζ Ercole	» »	2084	16 36 12	+ 31 50.6	66	3 - 6	229 22 -	0.83

A: CATALOGO DELLE STELLE BINARIE DI BROTHERS

No.	Nome delle Stelle	No. di Stirve	Ascens. Retta 1860 o 1865	Decl.	Epoca 1800 +	Grandezza	Posizione	Distanza
			or m s			da a		
75	2106 Σ Ofiuco	2106	16 44 30	+ 9° 39'0	63	6 - 8	321° 30 -	0" 50
76	167 Ercole	2107	16 46 18	+ 28 54.0	65	6½ - 8½	189 28 +	0.93
77	270 P XVI Ofiuco	2114	16 53 18	+ 8 39.0	59	7 - 8	147 63 +	1.31
78	210 Ercole	2120	16 59 6	+ 28 17.0	66	6½ - 9	272 94 -	3.56
79	μ Dragone	2130	17 2 33	+ 54 39.1	65	4 - 4½	181 84 -	2.79
80	36 Ofiuco	.....	17 7 1	- 26 23.5	62	4½ - 6½	212 47 -	4.22
81	δ Ercole	3127	17 9 29	+ 25 0.0	66	4 - 8½	179 61 +	20.18
82	ρ Ercole	2161	17 19 2	+ 37 16.4	62	4 - 5½	309 50 +	3.61
83	2173 Σ Ofiuco	2173	17 24 12	- 0 58.0	58	6 - 7	325 92 +	0.84
84	μ ¹ Ercole B. C.	.....	17 41 0	+ 28 48.0	65	10½ - 11	79 61 +	1.83
85	τ Ofiuco	2262	17 55 43	- 8 10.6	66	5 - 6	248 5 +	1.60
86	70 Ofiuco	2272	17 58 37	+ 2 32.5	66	4½ - 7	101 13 -	5.27
87	α Lira	.....	18 32 20	+ 38 39.2	65	1 - 11	150 12 +	46.15
88	ε ¹ Lira (4)	2382	18 39 51	+ 39 31.7	61	5 - 6½	20 23 -	3.06
89	ε ² Lira (5)	2383	»	»	65	5 - 5½	144 86 -	2.56
90	2402 Σ Serpente	2402	18 43 0	+ 10 32.0	56	8 - 8½	213 41 +	0.89
91	274PXVIII Aquila A.B	2434	18 55 36	- 0 54.0	64	7 - 8	136 85 -	24.29
92	274PXVIII Aquila B.C	»	»	»	64	10½	69 60 -	1.79
93	2455 Σ Volpetta	2455	19 0 54	+ 21 58.0	64	7½ - 9½	115 53 -	3.53
94	108 PXIX Dragone	2509	19 15 30	+ 62 57.0	62	6½ - 8	343 78 -	0.80
95	δ Cigno	2579	19 40 45	+ 44 48.1	66	3½ - 9	348 31 +	1.70
96	2696 Σ Delfino	2696	20 26 36	+ 4 58.0	56	8 - 8½	310 26 +	0.72
97	λ Cigno	.....	20 41 54	+ 35 55.0	60	6 - 7	96 51 -	0.72
98	4 Acquario	2729	20 44 16	- 6 7.7	56	6 - 8	107 86 +	0.30
99	ε Cavallino A. B	2737	20 52 20	+ 3 46.8	66	5½ - 7½	290 25 -	1.06
100	ε Cavallino A. C.	»	»	»	66	7½	73 13 -	10.55
101	61 Cigno	2758	21 0 41	+ 38 3.9	66	5½ - 6	111 69 +	18.76
102	11 Arg. XXIV Cefeo	.....	21 10 50	+ 63 49.8	66	7½ - 7½	244 53 -	0.96
103	20 Pegaso	2799	21 22 24	+ 10 28.0	63	6½ - 7½	317 57 -	1.14
104	33 P XXII Pegaso	2877	22 7 42	+ 16 30.0	63	6½ - 9½	342 20 +	8.99
105	ζ Acquario	2909	22 21 53	- 0 42.6	66	4 - 4½	337 1 -	3.64
106	37 Pegaso	2912	22 23 9	+ 3 44.9	57	6½ - 7½	117 56 +	0.74

107	2934 Σ Pegaso	2934	22 35 6	+ 20 42.0	63	7½ - 9	164 70 -	1.21
108	π Cefeo A. a.	.....	23 3 36	+ 74 39.5	65	5 - 10	5 97 +	1.15
109	o Cefeo	3001	23 12 54	+ 67 21.0	58	6 - 8½	186 51 +	2.60
110	69 P XXIII Aquario	3008	23 16 47	- 9 12.0	63	8 - 8½	264 75 -	5.85
111	3062 Σ Cassiopea	3062	23 58 54	+ 57 39.0	65	6½ - 7½	269 95 +	1.43

APPENDICE AD A: STELLE SOSPETTATE BINARIE

No.	Nome delle Stelle	No. di Sturve	Ascens.	Decl.	Epoca 1800 +	Grandezza	Posizione	Distanza
			retta 1860			da a		
1	44 Σ Andromeda	44	h m s 0 30 36	+ 40°13'	65	8½ - 9	263°20 +	8"66
2	10 Ariete	208	1 55 42	+ 25 16	63	6 - 8½	33 92 +	1.43
3	234 Σ Cassiopea	234	2 7 6	+ 60 42	63	8 - 8½	231 43 -	0.70
4	84 Balena	295	2 34 6	- 1 17	64	6 - 10	324 74 -	4.63
5	114 Ariete	305	2 39 36	+ 18 46	63	7 - 8	321 78 -	2.52
6	367 Σ Balena	367	3 6 48	+ 0 12	64	8 - 8	257 10 -	0.50
7	32 Orione	728	5 23 18	+ 5 50	63	5 - 6½	192 24 -	.....
8	749 Σ Toro	749	5 28 30	+ 26 50	63	6½ - 6½	186 44 -	0.60
9	932 Σ Gemini	932	6 26 24	+ 14 51	63	8 - 8½	333 27 -	2.26
10	14 Lince	963	6 40 42	+ 59 40	63	6 - 6	59 53 +	0.70
11	μ Cane Maggiore	997	6 49 0	- 13 48	64	5 - 8½	337 20 -	2.76
12	13 P VIII Cancro	1202	8 5 54	+ 11 16	63	8 - 10	327 45 -	2.50
13	1216 Σ Idra	1216	8 14 12	- 1 9	63	7 - 7½	151 13 +	.....
14	o ² Orsa Maggiore	1306	8 58 0	+ 67 41	63	6½ - 9½	253 51 -	3.25
15	1316 Σ Idra A. B.	1316	9 0 54	- 6 34	57	7 - 10½	139 58 -	5.78
16	110 Idra	1348	9 17 6	+ 6 57	63	7½ - 7½	328 15 -	1.66
17	1357 Σ Idra	1357	9 21 30	- 9 23	56	7 - 10½	59 58 +	7.60
18	191 Vergine	1647	12 23 30	+ 10 49	63	7½ - 8½	212 90 +	1.39
19	1781 Σ Vergine	1781	13 39 6	+ 5 49	65	7 - 8	251 77 +	1.10
20	238 P XIII Vergine	1788	13 47 42	- 7 22	65	6½ - 7	67 70 +	2.36
21	121 Boote	1825	14 10 6	+ 20 47	64	7 - 8	178 80 -	3.89
22	70 P XIV Libra	1837	14 17 6	- 11 18	65	7 - 8½	314 15 -	1.34
23	1863 Σ Boote	1863	14 33 18	+ 52 10	64	7 - 7	95 23 -	0.77
24	ζ Boote	1865	14 34 30	+ 14 20	65	4½ - 5	303 25 -	1.02
25	1883 Σ Boote	1883	14 41 54	+ 6 33	63	7 - 7½	262 70 -	0.80
26	1934 Σ Boote	1934	15 12 24	+ 44 48	65	8 - 8½	38 10 -	6.05
27	1957 Σ Serpente	1957	15 29 18	+ 13 23	63	8 - 9	155 70 -	1.53
28	281 Ercole	2165	17 20 48	+ 29 35	65	7½ - 8½	51 17 +	7.10
29	2199 Σ Dragone	2199	17 36 0	+ 55 50	57	7 - 7½	101 45 -	1.65

30	417 Ercole	2289	18 3 54	+ 16 27	63	6½ - 7½	234 33 -	1.24
31	2347 Σ Saetta	2437	18 55 48	+ 18 58	57	7½ - 8	71 47 -	0.80
32	2454 Σ Lira	2454	18 59 24	+ 30 11	65	8 - 9	225 97 +	1.26
33	22 Cigno	2525	19 21 6	+ 27 2	65	7 - 7½	240 84 -	0.60
34	2544 Σ Aquila	2544	19 30 44	+ 8 0	64	7 - 9½	208 90 -	1.20
35	2556 Σ Volpetta	2556	19 33 24	+ 21 55	65	7 - 7	167 72 +	.....

APPENDICE AD A: STELLE SOSPETTATE BINARIE

N o.	Nome delle Stelle	No. di Struve	Ascens. retta 1860	Decl.	Epoca 1800 +	Gran- dezza	Posi- zione	Distanza
			h m s			da a		
36	2576 Σ Cigno	2576	19 40 18	+33°17'	63	7½ - 8	308°85 -	3"27
37	2744 Σ Acquario	2744	20 55 54	+ 0 59	63	6 - 7	177 55 -	1.50
38	2746 Σ Cigno	2746	20 55 0	+ 38 31	63	8 - 9	283 70 +	0.80
39	29 Pegaso	2804	21 26 30	+ 20 6	65	7 - 8	324 52 +	2.75
40	2928 Σ Acquario	2928	22 32 6	- 13 20	57	8 - 8½	319 35 -	4.38
41	219 PXXII Acquario A.C.	2944	22 40 36	- 4 57	63	7 - 8	146 67 -	50.67
42	2976 Σ Pesci B. C.	2976	23 0 36	+ 5 51	57	9½ - 10	183 23 +	16.31
43	3046 Σ Balena	3046	23 49 30	- 10 16	64	8 - 8½	241 5 +	2.90
44	37 Andromeda	3050	23 52 18	+ 32 57	65	6 - 6½	199 52 +	3.17

CATALOGO *B*

Le stelle del seguente catalogo sono stelle per servizio de' dilettanti, e per esercizio di studio da farsi coi più comuni strumenti di circa 10 centimetri di apertura; quindi non sono generalmente nè più vicine di uno in due secondi nè più lontane di 60".

Le loro grandezze relative, ove occorre sono segnate colle lettere *A, B, C*, ecc.

CAT. B: STELLE DOPPIE, TRIPLE e MULTIPLE per uso degli STRUMENTI COMUNI

No.	Stelle	Ascens. ret- ta 1870	Declinaz. 1870	Grandezza	Distanza con Note
		h m s			"
1	β Tucano	0 25 24	- 63°40'.4	ambe 5	28
2	π Andromeda	0 29 56	+ 33 0.2	4½ e 9	36
3	η Cassiopea	0 41 9	+ 57 7.8	4 e 7½	6.9; 700 anni: binaria
4	65 Pesci	0 42 53	+ 27 0.2	5½ e 6	4.5
5	Ψ^1 Pesci	0 58 42	+ 20 46.6	ambe 5½	30
6	α Orsa Maggiore	1 11 17	+ 88 37.0	2½ e 9½	18.4
7	37 Balena	1 7 49	- 8 37.5	6 e 7½	51
8	6 Eridano	1 34 52	- 56 51.3	ambe 6½	3.7
9	γ Ariete	1 46 23	+ 18 39.5	4½ e 5	8.8
10	λ Ariete	1 50 41	+ 22 57.7	5½ e 8	37
11	α Pesci	1 55 18	+ 2 8.1	5 e 6	3.5
12	γ Andromeda	1 55 55	+ 41 42.4	3½ e 5½	10.3; B anche doppia
13	59 Andromeda	2 3 4	+ 38 25.5	6 e 7	16
14	ι Triangolo	2 4 49	+ 29 41.6	5½ e 7	3.5
15	72 P II Cassiopea	2 18 22	+ 66 49.0	4½, 7 e 9	1.8 e 7.8
16	ω Fornanello	2 28 8	- 28 48.3	6½ e 8	10
17	30 Ariete	2 29 26	+ 24 4.9	6 e 7	38
18	12 Perseo	2 34 3	+ 39 38.7	6 e 7½	22.9
19	γ Balena	2 36 34	+ 2 41.3	3 e 7	2.7
20	η Perseo	2 41 13	+ 55 21.2	5 e 8½	28
21	41 Ariete	2 42 19	+ 26 43.5	3,13,11 e 9	15.38 e 125 [tutte da A]
22	220 P II. Perseo	2 51 36	+ 51 50.0	6 e 8	12.5
23	θ Eridano	2 53 20	- 40 49.6	4½ e 5½	8.8
24	α Eridano	3 6 32	- 29 30.3	4 e 7	5
25	f Eridano	3 43 48	- 38 1.1	5 e 5½	9
26	32 Eridano	3 47 50	- 3 20.3	5 e 7	6.8
27	ε Perseo	3 49 7	+ 39 37.8	3½ e 9	8.4
28	χ Toro	4 14 40	+ 25 19.2	6 e 8	19.4
29	Ψ Orologio	4 15 10	- 44 34.8	5½ e 8	70
30	τ Toro	4 34 26	+ 22 42.1	5 e 8½	68
31	ι Pittore	4 48 1	- 53 41.1	6 e 7	12
32	14 Cocchiere	5 6 56	+ 32 32.2	5 e 7½	14.6
33	β Orione	5 8 17	- 8 21.2	1 e 9	9.5
34	170 σ Lepre	5 13 33	- 18 39.4	7 e 7½	39
35	23 Orione	5 15 59	+ 3 25.1	5 e 7	32

CAT. B: STELLE DOPPIE, TRIPLE e MULTIPLE per uso degli STRUMENTI COMUNI

No.	Stelle	Ascens. ret- ta 1870	Declinaz. 1870	Grandezza	Distanza con Note
		h m s			"
36	118 Toro	5 21 15	+ 25°2'.6	7 e 7½	5.1
37	δ Orione	5 25 22	- 0 23.8	2 e 7	53.3 [Secchi, 80]
38	λ Orione	5 27 58	+ 9 50.8	4 e 6	4.5
39	ι Orione	5 29 3	- 5 59.8	3½, 8½, 11	11.1 e 50
40	σ Orione	5 32 13	- 2 40.5	4, 8 e 7	12 e 42
41	ζ Orione	5 34 11	- 2 0.8	3, 6½, 10	2.4, 56 [Secchi, 114]
42	γ Lepre	5 39 3	- 22 29.2	4 e 6½	93
43	41 Cocchiere	6 1 38	+ 48 44.1	7 e 7½	7.8
44	11 Unicornio	6 22 31	- 6 57.0	6½, 7 e 8	7.2, 9.6 [7 e 8, 2.5]
45	12 Lince	6 34 44	+ 59 34.2	6, 6½, 7½	1.7 e 8.7
46	2193 B.A.C. Argo Nave	6 35 9	- 48 6.8	5½ e 8	13
47	958 Σ Lince	6 37 20	+ 55 50.7	ambe 6	5.1
48	38 Gemini	6 47 18	+ 13 20.6	5½ e 8	6
49	301 P VI Lince	6 55 19	+ 52 57.1	6 e 6½	3.4
50	2336 B.A.C. Argo Nave	7 1 16	- 58 59.1	6½ e 7½	2
51	γ Volante	7 9 50	- 70 17.3	5 e 7	12
52	19 Lince	7 12 14	+ 55 31.6	7, 8 e 8	15 e 215
53	α Gemini	7 26 18	+ 32 10.4	3 e 3½	5.7
54	175 P VII Argo Nave	7 33 30	- 26 30.4	ambe 6½	9.8
55	2 Argo Nave	7 39 30	- 14 22.5	7 e 7½	17
56	ζ Cancro	8 4 45	+ 18 2.4	6, 7 e 7½	0.4 e 5.6 [1866]
57	γ Argo	8 7 31	- 46 56.3	2 e 6	41
58	φ² Cancro	8 18 55	+ 27 21.6	6 e 6½	4.7
59	108 P VIII Idra	8 28 56	+ 7 4.5	6 e 7	10.5
60	124 P VIII Cancro	8 32 22	+ 20 0.2	7, 7½, 6½	45 e 90
61	3073 B.A.C. Argo Nave	8 53 47	- 58 43.7	6 e 7	40
62	38 Lince	9 10 44	+ 37 21.2	4 e 7½	2.8
63	γ Leone	10 12 47	+ 20 30.1	2 e 4	3.1
64	3613 B.A.C. Argo Nave	10 26 23	- 44 24.1	ambe 7	14
65	1474 Σ Idra	10 41 10	- 14 34.5	7, 7 e 8	71 e 6.7
66	54 Leone	10 48 34	+ 25 26.6	4½ e 7	6.3
67	ξ Orsa Maggiore	11 11 15	+ 32 16.0	4 e 5½	2.1
68	ι Leone	11 17 8	+ 11 14.9	4 e 7½	2.8
69	17 Cratere	11 25 49	- 28 32.9	5½ e 7	10
70	90 Leone	11 27 57	+ 17 31.0	6, 7½ 9½	3.2 e 63

CAT. B: STELLE DOPPIE, TRIPLE e MULTIPLE per uso degli STRUMENTI COMUNI

No.	Stelle	Ascens. ret- ta 1870	Declinaz. 1870	Grandezza	Distanza con Note
		h m s			"
71	65 Orsa Maggiore	11 48 19	+ 47°12'.0	7, 9½ e 7	3.8 e 63
72	2 Chioma di Berenice	11 57 37	+ 22 11.1	6 e 7½	3.7
73	4115 B.A.C. Centauro	12 7 15	- 45 0.1	5½ e 7	4
74	α Croce	12 19 23	- 62 22.7	2, 2 e 5	5, 90 [quintupla]
75	17 Chioma di Berenice	12 22 27	+ 26 38.0	5½ e 6½	
76	δ Corvo	12 23 8	- 15 47.4	3 e 8½	24.1
77	γ Croce	12 23 58	- 56 23.0	2 e 5	120
78	24 Chioma di Berenice	12 28 36	+ 19 5.5	5½ e 7	20.4
79	γ Vergine	12 35 5	- 0 44.2	ambe 4	4.4 [1866]
80	232 P XII Giraffa	12 48 11	+ 84 7.2	6 e 6½	22
81	12 Cani Levrieri	12 49 57	+ 39 1.1	2½ e 6½	20.1
82	54 Vergine	13 6 30	- 18 8.1	7 e 7½	5.7
83	ζ Orsa Maggiore	13 18 40	+ 55 36.3	3 e 5	14.4 Alcor, gr. 5 in di- stanza 11½
84	f Idra	13 29 35	- 25 49.7	6 e 7	10
85	3 Centauro	13 44 20	- 32 20.9	6 e 7	9
86	ι Boote	14 11 34	+ 51 58.0	4½ e 8	38
87	4749 B.A.C. Centauro	14 13 20	- 57 51.8	5½, 8, 11	9.6 e 35
88	69 P XIV Boote	14 16 59	+ 9 2.4	6 e 7½	6.2
89	α Centauro	14 30 48	- 60 17.9	1 e 2	15.5 [1838]
90	π Boote	14 34 36	+ 16 58.6	3½ e 6	6.0
91	54 Idrae	14 38 30	- 24 53.3	5½ e 7½	9.8
92	ι Boote	14 39 18	+ 27 37.4	3 e 7	2.6
93	39 Boote	14 45 17	+ 49 15.2	5½ e 6½	3.6
94	ξ Boote	14 45 22	+ 19 38.5	3½ e 6½	5.4
95	212 P XIV Libra	14 49 51	- 20 48.4	6 e 7½	12
96	44 Boote	14 59 31	+ 48 9.7	5 e 6	4.5
97	χ Lupo	15 2 55	- 48 14.4	5½ e 6½	27
98	μ Lupo	15 9 30	- 47 23.7	6, 7 e 6	20 e 2.1
99	μ Boote	15 19 35	+ 37 50.0	4 e 8	108; B anche doppia
100	δ Serpente	15 28 36	+ 10 58.5	3 e 5	3.2
101	ζ Corona	15 34 29	+ 37 3.6	5 e 6	6.2
102	ξ Lupi	15 48 35	- 33 34.9	ambe 6½	10
103	51 Libra	15 57 13	- 11 0.8	4½ e 7½	7.2; A anche doppia
104	β Scorpione	15 57 52	- 19 26.8	2 e 5½	13.6
105	κ Ercole	16 2 12	+ 17 23.7	5½ e 7	30.4

CAT. B: STELLE DOPPIE, TRIPLE e MULTIPLE per uso degli STRUMENTI COMUNI

No.	Stelle	Ascens. ret- ta 1870	Declinaz. 1870	Grandezza	Distanza con Note
		h m s			"
106	v Scorpione	16 4 26	- 19° 7'.2	4 e 7	40; B anche doppia
107	5435 B. A. C. Scorpione	16 11 19	- 30 35.4	7 e 7½	27
108	σ Scorpione	16 13 17	- 25 16.8	4 e 9½	20.4
109	ρ Ofiuco	16 17 47	- 23 8.7	5 e 7½	3.4
110	17 Dragone	16 33 10	+ 53 11.2	6, 6½ e 6	3.7 e 90
111	μ Dragone	17 2 39	+ 54 38.7	4 e 4½	3
112	36 Ofiuco	17 7 20	- 26 23.9	4½ e 6½	4.4
113	α Ercole	17 8 43	+ 14 32.2	3½ e 5½	4.7
114	39 Ofiuco	17 10 5	- 24 8.5	5½ e 7½	10.8
115	ρ Ercole	17 19 12	+ 37 16.1	4 e 5½	3.8
116	v Dragone	17 29 35	+ 55 16.4	ambe 5	62
117	Ψ ¹ Dragone	17 44 14	+ 72 12.9	5½ e 6	31
118	67 Ofiuco	17 54 8	+ 2 56.3	4 e 8½	55
119	95 Ercole	17 55 59	+ 21 35.9	5½ e 6	6.2
120	70 Ofiuco	17 58 52	+ 2 32.5	4½ e 7	5.4
121	100 Ercole	18 2 34	+ 26 4.8	ambe 7	14.1
122	40 Dragone	18 9 46	+ 79 58.8	5½, e 6	20
123	κ Corona Australe	18 24 24	- 38 48.9	7 e 7½	22
124	ε Lira	18 40 0	+ 39 32.0	5,6½,5,5½	3.0 e 2.5; dist. AA 207
125	ζ Lira	18 40 17	+ 37 28.2	5 e 5½	44
126	β Lira	18 45 15	+ 33 12.7	3-5[i.e. var] 8, 8½ e 9	46, 60 e 71
127	θ Serpente	18 49 45	+ 4 1.9	4½ e 5	21.7
128	γ Corona Australe	18 57 38	- 37 14.7	ambe 6	2½
129	15 Aquila	18 58 6	- 4 13.4	6 e 7½	35
130	β ¹ Sagittario	19 13 17	- 44 42.0	5 e 7½	
131	β Cigno	19 25 28	+ 27 41.3	3 e 7	34.4
132	16 Cigno	19 38 22	+ 50 13.4	6½ e 7	37
133	57 Aquila	19 47 35	- 8 33.8	6½ e 7	35
134	320 P XIX Volpetta	19 47 39	+ 20 0.0	ambe 7	43
135	26 P XX Antinoo	20 5 57	+ 0 28.8	6½ e 7	3.3
136	o ² Cigno	20 9 32	+ 46 20.9	4½, 7½,5½	107 e 338
137	α Capricorno	20 10 50	- 12 56.7	3 e 4	373
138	κ Cefeo	20 13 15	+ 77 19.1	4½ e 8½	7.2
139	β Capricorno	20 13 42	- 15 11.4	3½ e 7	205
140	o Capricorno	20 22 26	- 19 0.6	6 e 7	22.0

CAT. B: STELLE DOPPIE, TRIPLE e MULTIPLE per uso degli STRUMENTI COMUNI

No.	Stelle	Ascens. ret- ta 1870	Declinaz. 1870	Grandezza	Distanza con Note
		h m s			"
141	γ Delfino	20 40 38	+ 15°39'.6	4 e 7	11.7
142	7191 B. A. C. Pavone	20 40 45	- 62 54.5	ambe 6½	3.2
143	ε Cavallino	20 52 35	+ 3 47.9	5 e 7½	10.6; A anche doppia
144	λ Cavallino	20 55 48	+ 6 40.2	6 e 6½	2.8
145	61 Cigno	21 1 4	+ 38 5.1	5½ e 6	18.3
146	1 Pegaso	21 16 4	+ 19 14.9	4 e 9	36
147	β Cefeo	21 26 55	+ 69 59.6	3 e 8	14
148	248 P XXI Cefeo	21 34 55	+ 56 54.1	6, 8½, 8½	12 e 20
149	μ Cigno	21 38 18	+ 28 9.5	5, 6 e 7½	4.6 e 217
150	ξ Cefeo	22 0 1	+ 63 59.6	5 e 7	5.6
151	11 P XXII Cefeo	22 4 12	+ 58 39.4	6 e 6½	21
152	33 Pegaso	2 17 24	+ 20 11.5	6½, 9 e 8	2.2 e 60
153	53 Acquario	22 19 29	- 17 24.0	ambe 6½	8.5
154	ζ Acquario	22 22 7	- 0 41.1	4 e 4½	3.4
155	δ Cefeo	22 24 20	+ 57 45.0	4½ e 7	41
156	8 Lucertola	22 30 5	+ 38 57.7	6½, 6½, 11, 10	23 le due più vicine
157	γ Pesce Australe	22 45 18	- 33 33.7	5 e 8	2 ½
158	8046 B. A. C. Grue	22 59 43	- 51 23.2	7 e 7½	8
159	107 Acquario	23 39 15	- 19 24.1	6 e 7½	5.6
160	σ Cassiopea	23 52 24	+ 55 1.8	6 e 8	3.1

APPENDICE STELLE DI COMPOSIZIONE MULTIPLA

Nome	Ascens. retta 1870	Declinaz. 1870	Grandezza	Distanza
Triple	h m s			"
ψ Cassiopea	1 16 47	+ 67°26'9	4½, 9,11	32, 2
γ Andromeda	1 55 55	+ 41 42.4	3½, 5½, 6	10.3, 0.5
3760 H Colomba	5 21 6	- 35 27.8	7, 7½, 11	7.3, 20
11 Unicorno	6 22 31	- 6 57.0	6½, 7, 8	7.2, 9.6
12 Lince	6 34 44	+ 59 34.2	6, 6½, 7½	1.7, 8.7
3928 H. Poppa	7 0 48	- 34 35.3	6½, 8½, 10	5.5, 37
ζ Cancro	8 4 45	+ 18 2.4	6, 7, 7½	0.7, 5.4
γ Argo	8 5 31	- 46 56.3	2, 6, 8	41, 62
2837 B. A. C. Volante	8 20 23	- 71 5.3	6, 6½, 7	65
A Vele	8 24 58	- 47 29.7	6, 9, 11	4.4, 20
1604 Σ Cratere	12 2 27	- 11 6.7	7, 9, 8	
γ Centauro	14 13 20	- 57 51.8	5½, 8, 11	9.6, 35
51 Libra	15 57 13	- 11 0.8	4½, 5, 5½	1.4, 7.2
3791 Sagittario	17 54 31	- 23 2.0	7, 11, 8	5, 15
Quadruple				
π^2 Cane Maggiore	6 49 23	- 20 14.5	6, 9½, 10, 11	45, 52, 125
β Lira	18 45 15	+ 33 12.7	3-5, 8, 8½, 9	46, 60, 71
5112 H Sagittario	19 15 55	- 18 22.7	8, 8, 8, 12	18, 20, 25
178 PXX Delfino	20 25 0	+ 10 49.5	7½, 8, 16, 9	14, 20, 0.7
8 ² Lucertola	22 30 6	+ 38 57.7	6½, 6½, 11, 10	22, ..., 82
Quintuple				
3780 H Lepre	5 33 44	- 17 58.6	7, 7, 8, 8, 8	
Multiple				
σ Orione	5 22 13	- 2 40.5	4, 11, 8, 7, 8½, [D] 9,8	12", 12, 42; 211; D-9, 8½-8, 68"
α Croce	12 19 23	- 62 22.7	2, 2, 5, 12, 14, 13	5, 90, 60, 100, 100, 125
ϵ Lira	18 40 0	+ 39 32.0	5, 6½, 5, 5½, 13, 13, 11	
β Capricorno	20 13 42	- 15 11.4	3½, 7	205

CATALOGO C
DI OGGETTI SINGOLARI E CURIOSI

CONTENENTE I PRINCIPALI

GRUPPI E LE NEBULOSE PIÙ IMPORTANTI

Estratto da CHAMBERS 2.^a ed. pag. 568.

NB. Il numero del Catalogo II è quello del grande *catalogo generale* di I. Herschel pubblicato nel 1861.
M indica il Catalogo di Messier. Un punto ammirativo ! Indica bell'oggetto; !!... oggetto anche più
singolare e bello; !!!... sublime e bellissima cosa.

CATALOGO

Num. progress.	Nome della Costellazione		Sinonimo nei vari Ca- taloghi		Ascens. retta 1870	Declinaz. 1870
			H	M		
1	47 Tucano	!!!	52	»	0 18 14	- 72° 48'.2
2	Andromeda	!!!	116	31	0 35 36	+ 40 33.5
3	Cassiopea		120	»	0 35 54	+ 61 4.6
4	Balena	!!	138	»	0 41 7	- 26 0.4
5	Nubecola Minore	!	165	»	0 46 55	- 74 3.3
6	Tucano		193	»	0 57 49	- 71 32.7
7	Cassiopea		341	103	1 24 39	+ 60 1.0
8	Triangolo	!	352	33	1 26 30	+ 29 59.3
9	Cassiopea		392	»	1 37 10	+ 60 35.4
10	Perseo	!!!	512	»	2 9 57	+ 56 32.9
11	Perseo		584	34	2 33 41	+ 42 13.2
12	Eridano		731	»	3 28 41	- 36 34.5
13	η Toro		...	»	3 39 45	+ 23 41.9
14	γ Toro		...	»	4 12 22	+ 15 18.7
15	Colomba		1061	»	5 9 49	- 40 11.6
16	Cocchiere		1119	38	5 19 57	+ 35 43.0
17	Nubecola Maggiore	!	....	»	5 24 0	- 69 35.6
18	Toro		1157	1	5 26 40	+ 21 53.3
19	Cocchiere		1166	36	5 27 43	+ 34 3.0
20	Dorado		1181	»	5 28 32	- 66 19.8
21	Orione	!!!	1179	42	5 28 53	- 5 28.7
22	Orione		1184	»	5 29 6	- 4 26.4
23	30 Dorado	!!!	1269	»	5 39 36	- 69 10.0
24	Cocchiere	!!	1295	37	5 43 46	+ 32 30.6
25	Gemini		1360	35	6 0 49	+ 24 20.7
26	Orione		1361	»	6 1 7	+ 13 58.3
27	Cane Maggiore		1454	41	6 41 26	- 20 36.6
28	Unicorno		1483	50	6 56 41	- 8 9.6
29	Cane Maggiore		1512	»	7 11 50	- 15 24.4
30	Argo Nave		1551	»	7 30 37	- 14 11.8
31	Argo Nave		1564	46	7 35 52	- 14 31.2
32	Argo Nave		1571	93	7 39 4	- 23 34.1
33	Argo Nave		1593	»	7 47 40	- 38 12.7
34	Argo Nave		1619	»	7 56 11	- 60 30.8
35	Argo Nave		1636	»	8 6 49	- 48 52.8
36	Unicorno		1637	»	8 7 19	- 5 24.3

DI OGGETTI SINGOLARI CURIOSI

Num. progress.	DESCRIZIONE
1	Gruppo superbo di 15' a 20' in diametro: stella centrale rossa, le esterne bianche.
2	Grande nebulosa, ellittica lunga 2.°
3	Gruppo raro di stelle piccole a metà fra γ e κ .
4	Una delle più belle nebulose ellitt. che benchè debole è lunga 5' con piccole stelle incluse.
5	Visibile ad occhio nudo. Gruppo di nebulose e stelle.
6	Gruppo assai condensato; diam. 4.'
7	Bel campo.
8	Nebulosa larga ovale diametro 40' risolubile in stelle.
9	Bel campo.
10	Gruppo magnifico doppio nell'elsa di Perseo: stelle di 7. ^a a 14 ^a grand.
11	Bel gruppo di stelle piuttosto larghe.
12	Nebulosa ovale, forse spirale.
13	Le Pleiadi.
14	Le Jadi gruppo di stelle grosse disperse.
15	Gruppo brillante globulare: 3' in diametro.
16	Gruppo cruciforme. Nel medesimo campo a 30' è la neb. 39 H VII.
17	Nubecola maggiore visibile ad occhio nudo: tutta stelletta e nebulose.
18	Nebulosa detta a <i>granchio</i> : larga ellittica ramificata.
19	Bel gruppo di stelle di 9 ^a in 11 ^a presso M. 38, con doppia vicina.
20	Nebulosa lunga, lucida e ovale.
21	Nebulosa di Orione colla stella sestupla: la più bella delle nebulose.
22	Campo bello luminoso 1° Nord da θ .
23	Nebulosa grande ed irregolare.
24	Gruppo compatto di piccole stelle, bello.
25	Bel gruppo di stelle di 9 a 16 ^a . Nello stesso campo a N un bel gruppo di piccole stelle.
26	Gruppo di stelle larghe a trapezio, con stelle doppie.
27	Gruppo largo disperso 4° sotto Sirio.
28	Gruppo: circa a 1/3 di distanza tra Sirio e Procione.
29	Gruppo lungo bello di stelle disperse dalla 9 ^a in 12 ^a gr.
30	Bel gruppo netto con st. doppia di 8" dist. Preceduto da una stella ranciata.
31	Gruppo disperso di piccole stelle di 8 ^a in 13 ^a con neb. planetaria.
32	Bel gruppo di picc. stelle di 8 ^a a 13 ^a .
33	Gruppo superbo 20' in diametro.
34	Gruppo superbo di 200 e più stelle vis. ad occhio nudo.
35	Gruppo grande diffuso 20' in diametro.

CATALOGO

Num. progress.	Nome della Costellazione	Sinonimo nei vari Cataloghi		Ascens. retta 1870	Declinaz. 1870
		H	M		
37	Cancro	1681	44	8 32 45	+ 20° 25'.3
38	Cancro	1712	67	8 44 7	+ 12 17.2
39	Leone	1863	»	9 24 50	+ 22 4.6
40	Argo Nave	1881	»	9 30 29	- 46 21.6
41	Orsa Maggiore	!	1949	81 9 44 39	+ 69 41.0
42	Orsa Maggiore	!!	1950	82 9 44 43	+ 70 23.0
43	Argo Nave		2007	» 9 58 30	- 59 29.7
44	Sestante		2008	» 9 58 44	- 7 5.4
45	Idra	!	2102	» 10 18 31	- 17 58.9
46	η Argo	!!!	2197	» 10 40 0	- 58 59.9
47	Leone		2203	» 10 40 56	+ 13 15.7
48	Leone		2301	» 10 59 9	+ 0 39.8
49	Argo Nave		2308	» 11 0 59	- 57 58.2
50	Orsa Maggiore		2318	» 11 3 38	+ 56 22.0
51	Orsa Maggiore	!!	2343	97 11 7 9	+ 55 43.7
52	Leone		2377	66 11 13 19	+ 13 41.4
53	Vergine		2838	99 12 12 12	+ 15 8.5
54	Orsa Maggiore		2841	» 12 12 31	+ 48 0.9
55	Vergine		2930	84 12 18 28	+ 13 36.5
56	Chioma di Berenice		2946	85 12 18 49	+ 18 54.5
57	Vergine		3021	49 12 23 9	+ 8 42.9
58	Vergine		3049	88 12 25 24	+ 15 8.2
59	Chioma di Berenice		3106	» 12 29 53	+ 26 42.2
60	Cani Levrieri		3165	» 12 35 51	+ 33 15.3
61	Vergine		3182	60 12 37 4	+ 12 16.1
62	Cani Levrieri		3258	94 12 44 45	+ 41 50.2
63	κ Croce	!!!	3275	» 12 45 57	- 59 38.6
64	Chioma di Berenice		3321	64 12 50 20	+ 22 23.5
65	Chioma di Berenice	!!	3453	53 13 6 31	+ 18 51.8
66	Cani Levrieri		3474	63 13 9 58	+ 42 43.1
67	ω Centauro	!!!	3531	» 13 18 59	- 46 38.6
68	Cani Levrieri	!!!	3572	51 13 24 20	+ 47 51.8
69	Cani Levrieri	!!!	3636	3 13 36 7	+ 29 1.9
70	Libra	!!!	4083	5 15 11 57	+ 2 34.6
71	Scorpione		4173	80 16 9 17	- 22 39.1
72	Scorpione		4183	4 15 15 40	- 26 12.6

DI OGGETTI SINGOLARI CURIOSI

Num. progress.	DESCRIZIONE
37	Bel gruppo il <i>presepio</i> .
38	Gruppo grande di piccole stelle da 10 ^a a 15 ^a gr.
39	Nebulosa grande ovale, una delle nebulose spirali.
40	Gruppo ricco grande, di circa 1° in diam.
41	Nebulosa lucida ellittica 15' lunga e 5' larga: nello stesso campo è M. 82
42	Nebulosa lunga 7' larga 1' nel med. campo è M. 81.
43	Gruppo grande di stelle larghe.
44	Neb. lunga stretta 5' lunga 40" larga, nucleo stellare.
45	Neb. planetaria molto bella; 32" in diam. col bleu-verde.
46	Neb. grande assai notevolissima.
47	Centro di un gruppo di 5 piccole nebulose.
48	Nebulosa grande ovale con nucleo stellare.
49	Gruppo grande disperso.
50	Nebulosa molto allungata, debole: stella nel centro.
51	Nebulosa grande planetaria di 3' ½ a 4' in diametro.
52	Neb. tondeggiate lunga 4' ½. Nel med. campo è la neb. M. 65.
53	Neb. grande risolubile a 3 rami spirali (Rosse).
54	Neb. grande allungata, brillante con nucleo stellare.
55	Una di un gruppo di 10 neb. vicine.
56	Neb. rotonda: binucleare: debole.
57	Neb. rotonda brillante, che si condensa rapidam. al centro.
58	Neb. ellitt. grande piuttosto debole.
59	Neb. molto allungata e stretta, un raggio di 20' in lungh.
60	Neb. 15' lunga debole con una stella vicina la mezzo.
61	Neb. piccola doppia: fa triangolo con due altre piccole vicine.
62	Neb. Risolubile rotonda: molto lucida al centro.
63	Gruppo ricco e lucido di molte stelle colorate come tante gioie.
64	Neb. grande ellitt. lucida con nucleo stellare.
65	Gruppo globulare di stelle di 12° gr. 3' in diam. Molto compresso.
66	Neb. grande ovale: debole con nucleo più lucido.
67	Bel gruppo globulare.
68	Nebulosa notevole a spirale, doppia di 6' in diam.
69	Superbo gruppo globulare: stelle di 11 ^a condensate: brillante al centro: minore di M. 13.
70	Superbo gruppo di stelle globulare 11 ^a a 15 ^a molto compatto.
71	Gruppo globulare di stelle di 14 ^a , nebulosa nei telescopi comuni.

CATALOGO

Num. progress.	Nome della Costellazione	Sinonimo nei vari Cataloghi		Ascens. retta 1870	Declinaz. 1870
		H	M		
73	Ofiuco	4221	»	H m s 16 25 16	- 12°45'.6
74	Ercole	4230	13	16 37 2	+ 36 42.5
75	Ercole	4234	»	16 39 1	+ 24 2.7
76	Ofiuco	4238	12	16 40 29	- 1 42.9
77	Ofiuco	4256	10	16 50 19	- 3 53.1
78	Scorpione	4261	62	16 52 56	- 29 54.7
79	Ofiuco	4264	19	16 54 36	- 26 4.2
80	Ofiuco	4287	9	17 11 32	- 18 23.7
81	Ercole	4294	92	17 13 15	+ 43 15.8
82	Altare	4311	»	17 30 6	- 53 35.5
83	Ofiuco	4315	14	17 30 47	- 3 9.8
84	Ofiuco	.....	»	17 39 35	- 5 45.2
85	Ofiuco	4346	23	17 49 16	- 18 59.9
86	Sagittario	4355	20	17 54 28	- 23 1.7
87	Sagittario	4361	8	17 55 54	- 24 21.3
88	Dragone	4373	»	17 58 20	+ 66 37.9
89	Scudo di Sobieski	4397	24	18 10 48	- 18 28.3
90	Scudo di Sobieski	4400	16	18 11 31	- 13 49.9
91	Scudo di Sobieski	4401	18	18 12 19	- 17 10.9
92	Scudo di Sobieski	4403	17	18 13 7	- 16 13.4
93	Sagittario	4406	28	18 16 31	- 24 56.2
94	Sagittario	4424	22	18 28 28	- 24 0.0
95	Antinoo	4437	11	18 44 9	- 6 25.5
96	Lira	4447	57	18 48 42	+ 32 51.8
97	Lira	4485	56	19 11 30	+ 29 57.3
98	Cigno	4514	»	19 41 23	+ 50 11.8
99	Sagittario	4520	71	19 47 55	+ 18 26.6
100	Volpetta	4532	27	19 53 54	+ 22 21.9
101	Capricorno	4608	72	20 46 18	- 13 1.4
102	Aquario	4628	»	20 57 3	- 11 52.8
103	Pegaso	4670	15	21 23 39	+ 11 35.2
104	Aquario	4678	2	21 26 43	- 1 24.0
105	Capricorno	4687	30	21 33 0	- 23 45.3
106	Lucertola	4773	»	22 10 4	+ 49 14.1

107	Cefeo		4957	52	23 18 29	+ 60 52.9
108	Andromeda	!!!	4964	»	23 19 38	+ 41 49.3
109	Cassiopea	!!!	5031	»	23 50 28	+ 55 59.5

DI OGGETTI SINGOLARI CURIOSI

Num. progress.	DESCRIZIONE
73	Massa grande e rotonda di polviscolo di stelle: gruppo globulare debole.
74	Superbo gruppo globulare di st. di 11 ^a a 20 ^a gr. Uno dei più belli.
75	Piccola nebulosa planetaria 8" in diam. azzurra.
76	Bel gruppo globulare di stelle 4': gr. 10 ^a . molto compatto.
77	Altro simile al precedente. Stelle di 10 ^a a 15 ^a .
78	Altro simile: stelle 14 ^a a 16 ^a gr.
79	Altro simile: st. 16 gr. molto compresse.
80	Altro simile: st. 14 gr. diam. 2'.
81	Altro superbo gruppo globulare di stelle, condensato al centro.
82	Gruppo globulare.
83	Bel gruppo globulare di 4' in diam. stelle di 15 ^a a 16 ^a gr.
84	Gruppo grande di belle stelle presso la 6012 B. A. C.
85	Gruppo ricco e prominente.
86	Singolare nebulosa trifida con gruppo di stelle larghe.
87	Bel gruppo irregolare.
88	Nebulosa planetaria piccola color bleu, gassosa.
89	Gruppo globulare di stelle belle di 15 ^a gr. in un campo superbo.
90	Gruppo di stelle larghe con fondo nebuloso.
91	Campo assai ricco.
92	Nebulosa a <i>ferro di cavallo</i> .
93	Gruppo globulare di più stelle di 14 ^a . a 16 ^a . Precede una st. ranciata.
94	Bel gruppo di stelle di 11 ^a a 15 ^a . gr.
95	Bellissima unione di stelle di circa 11 ^a . gr.
96	Neb. anulare dela sera a mezza strada tra γ e β .
97	Gruppo globulare di più stelle in bel campo: st. di 11 ^a a 14 ^a 3' indiani.
98	Neb. curiosa rotonda 21" in diam. con nucleo stellare, simile al n.° 88.
99	Gruppo di picc. stelle di 11 ^a a 16 ^a gr. 3' in diam \pm .
100	Neb. detta <i>Dumb-bell</i> : ovale. Asse med. 9' min. 5' \pm .
101	Gruppo globulare; massa di stelle piccole di 3' in diam.
102	Neb. planetaria piccola: nucleo stellare: color azzurro, simile al n. 88.
103	Gruppo globulare di piccole stelle; 5' in diam. compresso molto al centro.
104	Altro simile al precedente.
105	Gruppo globulare debole, diam. 2' stelle di 12 ^a a 16 ^a gr.
106	Magnifico campo di stelle.
107	Gruppo irregolare di stelle di 9 ^a a 13 ^a gr.
108	Neb. planetaria lucida 12" in diam. color bleu, gassose.
109	Gruppo superbo di stelle piccole di 11 ^a a 18 ^a gr.: polvere stellare.

FINE

AGGIUNTE.

A pag. 285 aggiunta.

Nel corteggio solare si aggiunga: *Marte* ha due satelliti scoperti dal signor Asaph Hall addì 17 agosto 1877, uno fa il suo giro in 30 ore, e l'altro in 7. La grande velocità di questo satellite maggiore di quella del pianeta, forma un caso singolare in tutto il sistema.

A pag. 102 linea 2.^a salendo, aggiunta.

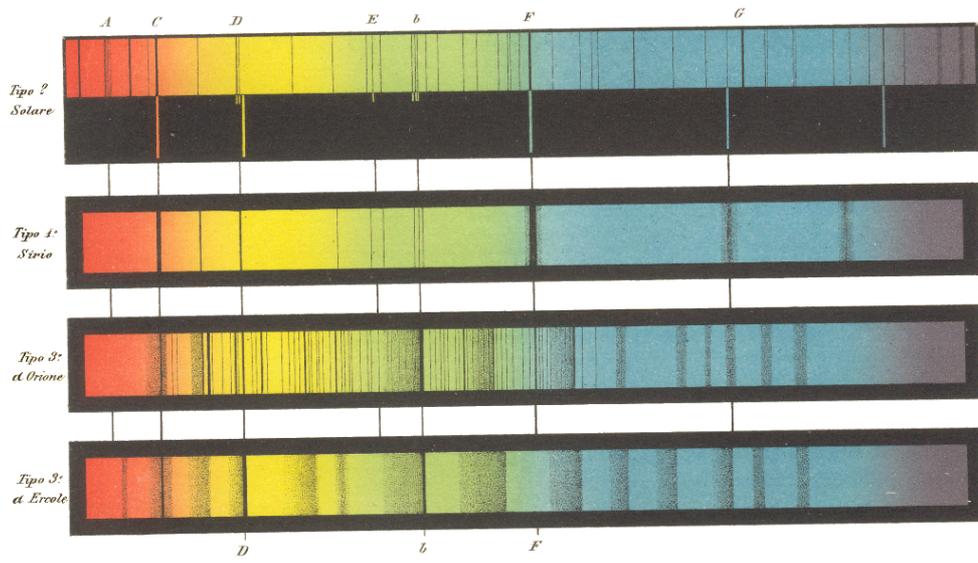
Il signor Draper di Nuova York ha recentemente scoperto che nel sole trovasi anche l'ossigeno; ma che questo si manifesta con zone lucide, cui esso ha determinato colla fotografia, così la D3 del giallo non è più unica, e la legge dell'assorbimento ha delle eccezioni come avevamo già sospettato più volte. Forse questo nuovo criterio farà scoprire anche altri gas. Il verificare queste linee però, è molto difficile.

LETTERE DELL' ALFABETO GRECO



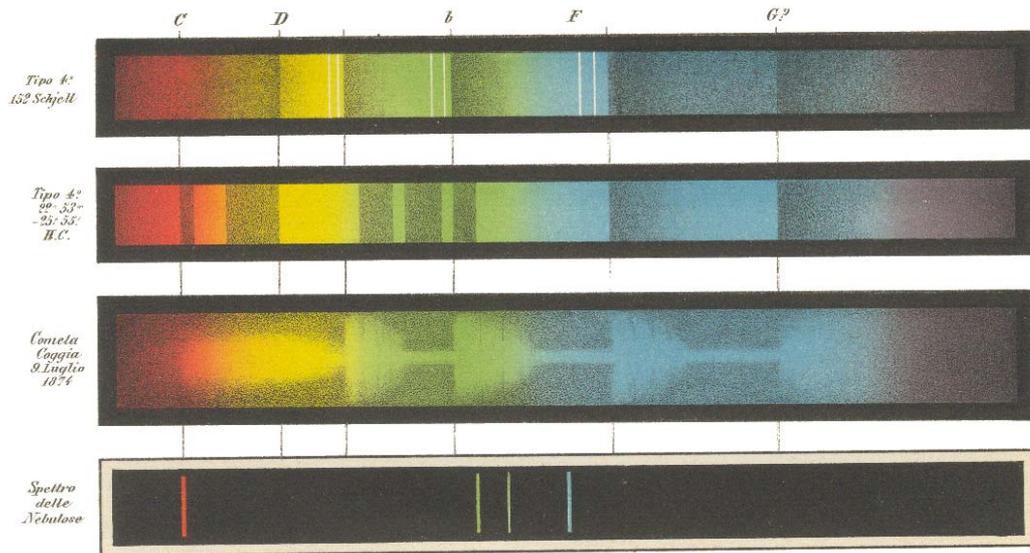
MAIUSCOLE.	MINUSCOLE.	EQUIVALENTE ITALIANA.	PRONUNCIA
A	α	a	alfa
B	β	b (v)	beta
Γ	γ	gh	gamma
Δ	δ	d	delta
E	ε	e	èpsilon
Z	ζ	z	zeta (zita)
H	η	e (i)	eta (ita)
Θ	θ	t (ts)	teta (tzita)
I	ι	i	jota
K	κ	ch	cappa
Λ	λ	l	lamda
M	μ	m	mi
N	ν	n	ni
Ξ	ξ	cs (ks)	csi (xi)
O	ο	o	òmicron
Π	π	p	pi
P	ρ	r	ro
Σ(C)	σ, ς	s	sigma
T	τ	t	tau
Υ	υ	i (u,v)	ípsilon
Φ	φ	f	fi
X	χ	ch	chi
Ψ	ψ	ps	psi
Ω	ω	o	oméga

TAV. III. - Tipi diversi degli spettri stellari

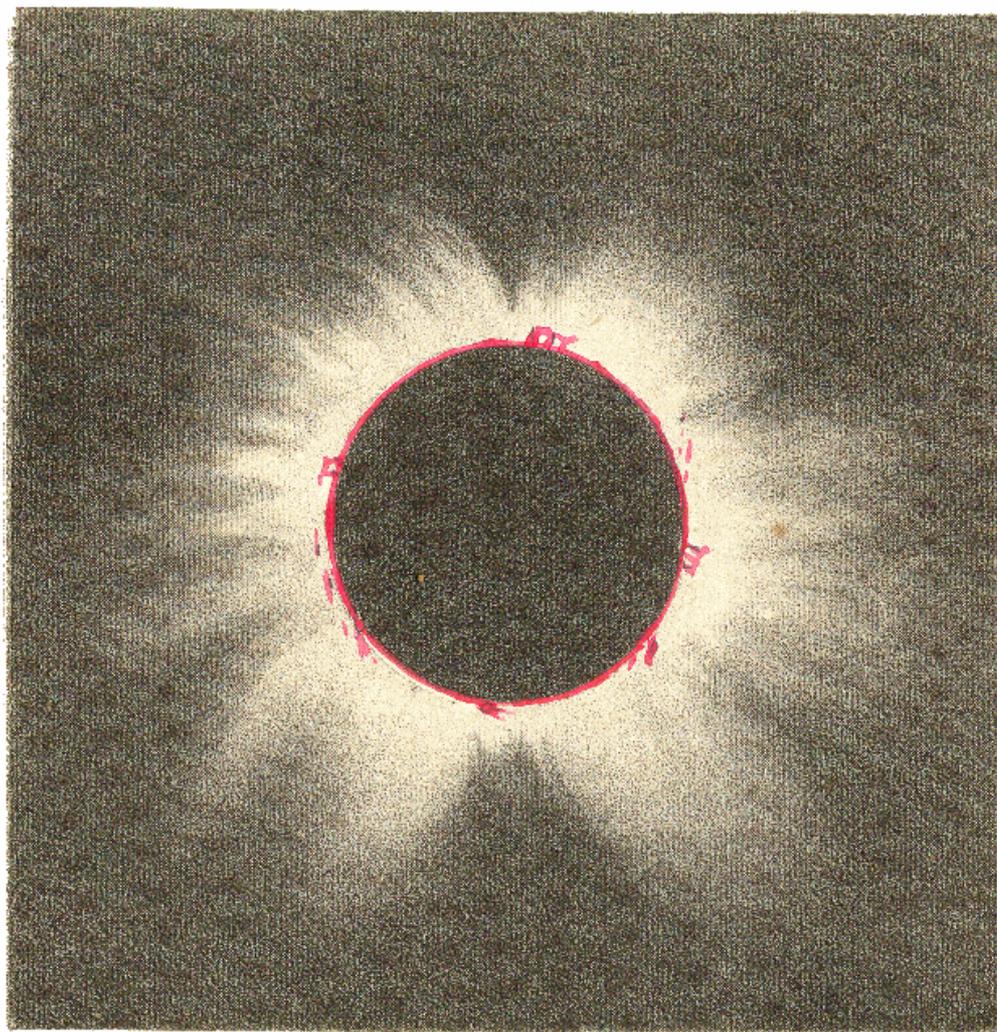


Micheliotti - ROMA.

TAV. IV. Tipi diversi degli spettri celesti



G. Micheliotti - ROMA.



ECCLISSE SOLARE
*da fotografia fatta a Dodabetta (INDIA)
Decembre 11-12. an. 1874*



PROTUBERANZE SOLARI
*osservate al Collegio Romano nel 1873
(SOLLII II TAV. F.)*

G. Michelotti ROMA

Fig.^a 1.^a A-19^h 36^m D-1-14° 29.

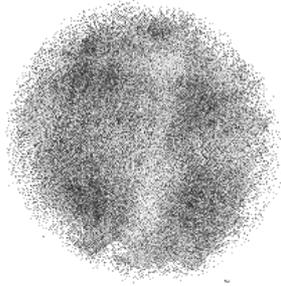


Fig.^a 4.^a 29^h 19^m + 41° 45

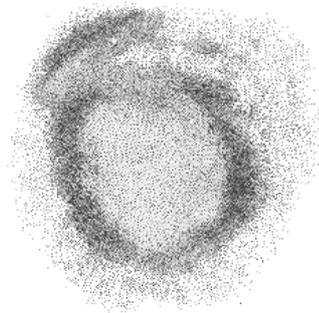


Fig.^a 7.^a

7^h 35^m - 14° 35



Fig.^a 5.^a 10^h 18^m - 17° 56.

Fig.^a 2.^a 18^h 3^m 5° 19

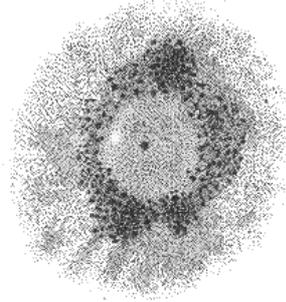


Fig.^a 8.^a

7^h 21^m 21° 11.

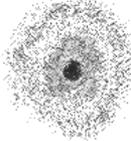


Fig.^a 3.^a 19^h 41^m + 50° 18.

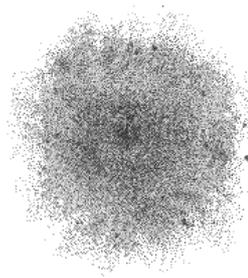
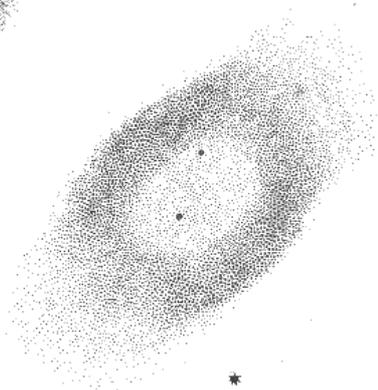


Fig.^a 6.^a 18^h 48^m + 32° 51



Micheliotti 1103A

Fig. 1^a A-19^h53^mD-37^o21

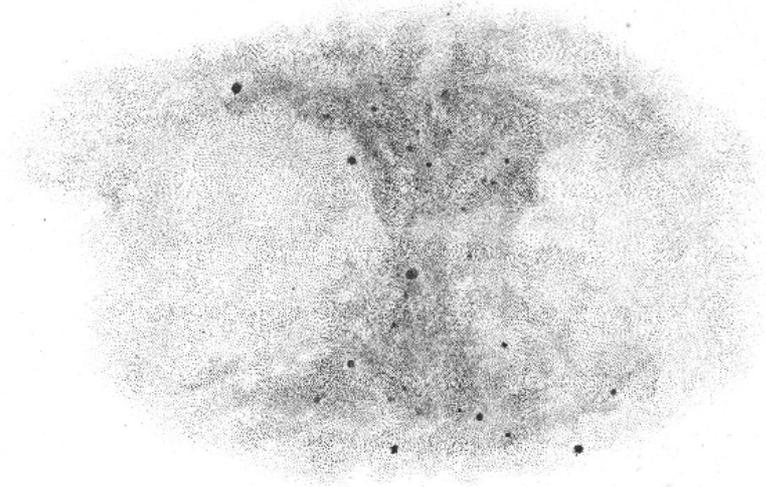


Fig. 3^a A-6^h31^mD-8^o52

Fig. 2^a A-5^h25^mD-21^o55

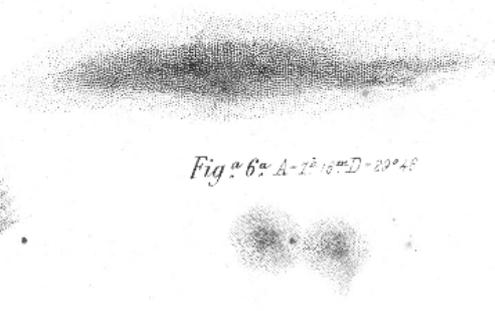


Fig. 5^a

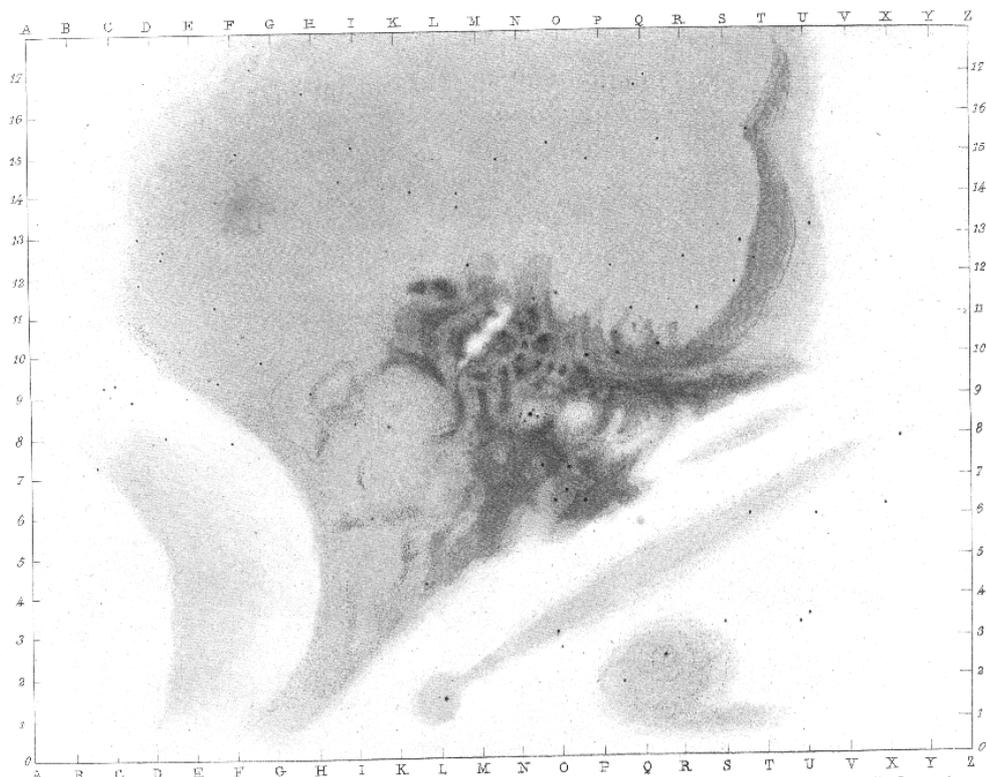
Fig. 4^a A-10^h24^mD-47^o55



Fig. 6^a A-7^h16^mD-20^o48



Micheliotti ROMA



NEBULOSA DI ORIONE
Osservata al Collegio Romano nel 1867 e 1868.

Geo. Della Longa inv.