



James Jeans

LE STELLE NEL LORO
CORSO



Livello bibliografico	Monografia
Tipo documento	Testo
Autore principale	Jeans, James
Titolo	Le stelle nel loro corso ; Traduzione di L. A. Garrone
Pubblicazione	Milano : Treves, 1934
Descrizione fisica	231,[22] p. : fig., tav., tav. rip. 2 ; 18 cm.
Collezione	Collezione scientifica
Nomi	[Autore] Jeans, James Garrone, Luigi A.
Lingua di pubblicazione	ITALIANO - INGLESE
Paese di pubblicazione	ITALIA
Codice identificativo	IT\ICCU\LIA\0155964

JAMES JEANS

LE STELLE
NEL LORO CORSO

Traduzione di L. A. GARRONE

Con 50 illustrazioni

Nuova edizione riveduta e corretta



MILANO
FRATELLI TREVES EDITORI

1934 - XII

Indice generale

Capitolo I. LA VOLTA DEL CIELO.....	9
La rotante Terra.....	11
Il nostro vicino più prossimo: la Luna.....	14
Il Sole.....	22
Le distanze delle stelle.....	23
Descrizione del cielo.....	25
I nomi delle stelle.....	31
La Stella Polare.....	33
I vagabondaggi del Polo.....	34
I pianeti.....	38
Una colonia isolata.....	40
Capitolo II - VIAGGIO PRELIMINARE NELLO SPAZIO E NEL TEMPO.....	44
Nello spazio.....	45
La luna veduta da vicino.....	52
Di che cosa è fatta la luna?.....	58
Venere e Mercurio.....	61
All'esterno del sole.....	63
Nell'interno del sole.....	68
Persino gli atomi vengono frantumati.....	72
Un viaggio nel tempo.....	76
Nasce il nostro mondo.....	77
Capitolo III - LA FAMIGLIA DEL SOLE.....	83
I nove pianeti.....	83
Mercurio.....	85
Venere.....	89
La terra.....	90
I pianeti esterni.....	92
I climi dei pianeti.....	93
Esiste vita su Marte?.....	100
I satelliti dei pianeti.....	102
Gli anelli di Saturno.....	103
Gli Asteroidi.....	108

Comete e stelle cadenti.....	109
Quanti anni ha la terra?.....	113
Capitolo IV - PESO E MISURAZIONE DELLE STELLE.....	115
La forza di gravitazione.....	116
Lo studio della gravitazione.....	117
Come si pesa la terra.....	119
Come si pesa il sole.....	120
La scoperta dei pianeti più distanti.....	122
Il peso delle stelle.....	124
La forza delle stelle in candele.....	126
La grandezza delle stelle.....	129
Il colore delle stelle.....	131
Capitolo V - LA VARIETÀ DELLE STELLE.....	140
Tre tipi di stelle.....	141
Pigmei bianchi.....	143
Sequenza generale delle stelle.....	148
Giganti rossi.....	149
Energia stellare.....	151
Le stelle distruggono la loro sostanza.....	152
Le stelle più vicine.....	154
Capitolo VI - LA VIA LATTEA.....	158
La carta dell'Universo.....	159
Le Cefeidi variabili.....	163
Ammassi globulari.....	167
La Via Lattea.....	173
La ruota delle stelle.....	174
Il cielo notturno.....	177
Il numero delle stelle.....	179
Capitolo VII - NELLE PROFONDITÀ DELLO SPAZIO.....	189
Le grandi nebulose nello spazio.....	192
Le più vicine città di stelle.....	193
Il peso delle città astrali.....	197
L'evoluzione delle nebulose.....	199
La nascita delle stelle.....	201
L'evoluzione delle stelle.....	206
La nascita della nebula.....	207

La storia dell'Universo.....	208
Capitolo VIII - IL GRANDE UNIVERSO.....	211
Un modello dell'Universo.....	213
L'Universo limitato.....	217
L'Universo in espansione.....	225
Una pazza fuga di nebulose.....	227
La grandezza dell'universo.....	229
L'età dell'universo.....	232
APPENDICE I.....	236
Guida del cielo.....	236
Tempo siderale.....	240
Tavola del tempo siderale.....	242
APPENDICE II.....	272
APPENDICE III.....	274
APPENDICE IV.....	277
INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI.....	279

JAMES JEANS

LE STELLE NEL LORO CORSO

Traduzione di A. GARRONE

con 50 illustrazioni

Nuova edizione riveduta e corretta

MILANO

Fratelli Treves Editori

1934 - XII



National Gallery, Londra.

TINTORETTO. - L'origine della Via Lattea.

Proprietà letteraria (Printed in Italy, 1934-XII)

Milano – Tip. Fratelli Treves

Capitolo I.

LA VOLTA DEL CIELO

Noi, abitanti della terra, godiamo di una buona fortuna che purtroppo trascuriamo perché, naturalmente, crediamo d'avervi diritto, come all'aria che respiriamo, ed è quella di vivere in un'atmosfera trasparente. Alcuni degli altri pianeti, Venere e Giove, per esempio, sono avvolti da un'atmosfera ove abbondano nubi così dense da renderla totalmente opaca. Se fossimo nati su Venere o su Giove, avremmo trascorsa tutta la nostra vita senza mai poter spingere lo sguardo oltre le nubi, e non conosceremmo nulla della bellezza e della poesia del cielo notturno, e nemmeno dell'eccitamento e della gioia intellettuale che ci dà il cercar di decifrare l'essenza del vasto panorama di luci sparse attorno a noi in tutte le direzioni nello spazio.

Non sarà male entrare in materia immaginando che anche la terra sia stata, fino ad oggi, coperta da uno spesso strato di nubi. D'un tratto, questo strato dilegua, e per la prima volta si svela ai nostri occhi, in tutta la sua gloria, l'affascinante problema del cielo notturno.

A prima vista, crederemmo certamente che le stelle siano una quantità di lampade o di lanterne sospese sulle nostre teste e forse a soli pochi chilometri, o anche metri, di distanza — quasi come le lampade di un grande circo o di una enorme sala. Questo è quello che i nostri più remoti antenati pensavano, quando l'intelligenza umana cominciava a svilupparsi e quando, per la prima volta, gli uomini permisero ai loro pensieri di sollevarsi oltre la terra su cui vivevano la vita quotidiana.

Quasi immediatamente dopo la scomparsa di tale strato di nubi, ci accorgeremmo che quella gala di luci non rimane immobile sulle nostre teste. Il sistema migliore per accertare il loro movimento, è quello di esporre verso il cielo una macchina fotografica con l'otturatore aperto, e permettere così che ogni luce vi imprima il segno del suo moto. La fotografia riprodotta nella Tavola I è stata ottenuta con una esposizione durata due ore e mezza. Ogni curva rappresenta il cammino di una singola stella; di qui comprendiamo subito che le stelle si spostano con moto circolare. Una semplice osservazione ci rivelerà come questo intero apparato di luci sembri compiere un giro completo ad ogni ventiquattro ore. Avviene come se

fossero sospese, sopra di noi, nell'interno di un grande guscio vuoto, dotato di un moto di rotazione, come quello della cupola di un telescopio al disopra dello stesso. E questo è, ancora, ciò che i primi uomini ritennero, e ritennero ancora quelli che già erano relativamente civili, salvo poche eccezioni, fin a trecento anni or sono, all'epoca in cui le prime scoperte di Galileo Galilei cominciarono a rivelare quale fosse la vera struttura dell'universo.

La rotante Terra

Eppure, anche se non avessimo mai visto il cielo prima di questa notte, noi, uomini d'oggi, sapremmo che le stelle non muovono realmente in questo modo. Alcuni esperimenti, che possono essere condotti sulla terra stessa, senza nemmeno guardare il firmamento, provano esaurientemente come la terra compia ad ogni ventiquattro ore una rivoluzione completa nello spazio e dimostrano come sia la terra, quella che gira, e non il cielo. Il moto delle stelle sulle nostre teste ci dà una illusione simile a quella dataci dal passaggio delle mucche, degli alberi e delle chiese dinanzi ai finestrini del treno in cui viaggiamo.

Questi esperimenti sono di due specie. Ne parleremo a volta a volta.

In maggior parte, le navi sono guidate con l'aiuto di uno strumento conosciuto sotto il nome di «bussola magnetica». Consiste di un piccolo ago magnetico disposto su di un perno in modo da potersi volgere verso qualsiasi

direzione. Il magnetismo della terra lo attira, costringendolo a seguire un moto circolare, finché non punti verso il nord, ed il navigatore conoscendo in tal modo in quale direzione si trovi il settentrione, regola la rotta della sua nave in conseguenza. Ma i sottomarini e certe altre navi moderne vengono dirette per mezzo di un altro strumento, chiamato «bussola giroscopica», che agisce secondo un principio assai diverso. Questo strumento è simile ad una grossa trottola appoggiata, con i mozzi dell'asse attorno a cui gira, su di un telaio il quale, a sua volta, è disposto in modo da potersi volgere in qualsiasi direzione. Mentre la nave è ferma in porto, l'asse della trottola rimane rivolto verso il nord. Poi la trottola vien fatta girare con un motore elettrico simile a quelli usati per i ventilatori e allora, per quante giravolte la nave faccia, l'asse della trottola rimane sempre diretto verso il nord. La semplicissima ragione di questo fatto è che non vi è nulla che agisca sulla trottola per cambiare la direzione della sua rotazione sul proprio asse. E così, di nuovo, il navigatore può regolare la rotta della nave, riferendosi a questa direzione fissa. Se la sua nave, nella nebbia, compie un giro completo, sembrerà che la bussola compia un giro completo dentro alla nave, e questo dimostrerà immediatamente come il bastimento abbia compiuto tale giro. Quando un sottomarino compie un giro in immersione, la sua manovra viene denunciata nello stesso modo. E, di nuovo, nello stesso modo, una bussola

giroscopica appoggiata sulla terra, dimostrerà il giro quotidiano del nostro globo nello spazio.

La rotazione della terra può venir provata con un apparecchio ancor più semplice, conosciuto sotto il nome di «pendolo di Foucault». Provatevi a sospendere un peso di una certa entità ad un soffitto piuttosto alto, per mezzo di un lungo spago, e ad imprimergli un moto oscillatorio come quello del contrappeso di una pendola, e questo pendolo improvvisato continuerà ad oscillare nello spazio, sempre nella stessa direzione, ancora perché non vi è nulla che lo sforzi a cambiare la sua direzione, però vi accorgete che esso non continuerà ad oscillare nella stessa direzione, rispetto alla stanza in cui è appeso e che la direzione del suo moto parrà compiere, in essa, un circolo. La ragione di questo fatto va cercata nell'esser la stanza stessa quella che gira continuamente nello spazio. Un accurato studio del movimento dimostrerà come la terra compia una rivoluzione completa ad ogni ventiquattro ore. In molti musei e laboratori scientifici, troverete un lungo pendolo oscillante sospeso alla volta e, osservandolo per un certo periodo, vedrete il pavimento della stanza, e con esso noi stessi e la terra intiera, girare attorno al pendolo. Nello stesso modo, quando noi osserviamo il moto apparente delle stelle sulle nostre teste, in realtà vediamo noi stessi e la terra girare sotto alla volta del cielo. Siamo, insomma, come bambini sui cavalli di una giostra, alla fiera del

villaggio. Tutta la fiera sembra girare loro attorno, ma, in realtà, sono essi che girano dentro alla fiera.

Se noi ora vedessimo le stelle per la prima volta, potremmo ragionevolmente pensare che esse si trovano solamente a pochi metri o forse a pochi chilometri di distanza dalle nostre teste; pure, presto ci accorgeremmo di come sia impossibile che un viaggio sulla terra, per quanto lungo, possa alterare la direzione in cui vediamo le stelle nello spazio, e nemmeno lo potrebbe, infatti, neppure se la terra fosse centinaia di volte più grande di quel che non sia, cioè tanto da permetterci di compiere, da un polo all'altro, viaggi lunghi milioni di chilometri, ed avessimo a nostra disposizione il più potente telescopio mai costruito.

Questo dimostra quanto enormi siano le distanze delle stelle rispetto alla grandezza della terra; la nostra casa nello spazio, che ci pare un globo così grande quando viaggiamo alla sua superficie, è solamente un punticino minuscolo nell'immensità dello spazio astronomico.

Il nostro vicino più prossimo: la Luna

Quando si nota che un viaggio compiuto sulla superficie della terra causa un cambiamento sensibile nella direzione di qualsiasi oggetto esistente nello spazio, possiamo star certi che l'oggetto in questione è più vicino a noi di quanto non lo siano le stelle.

Per esempio, due osservatorî situati in due punti diversi della terra, come quello di Greenwich e quello di Città del

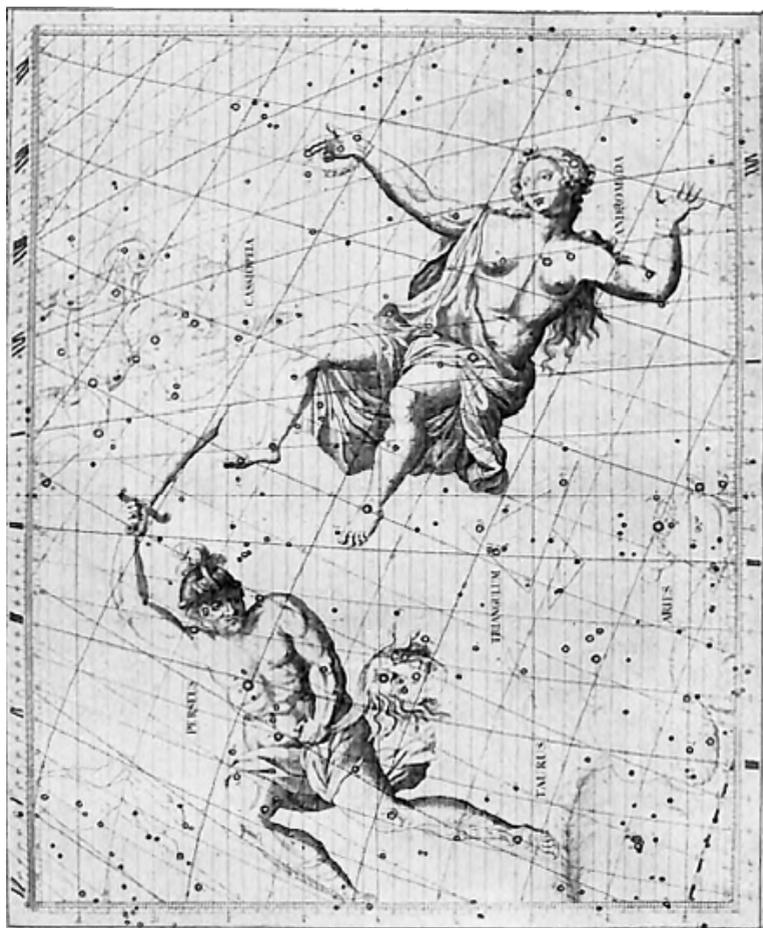
Capo, non possono notare differenza alcuna nella direzione delle stelle, ma vedono inequivocabilmente la luna, nello spazio, in direzioni leggermente diverse. Questo dimostra come la luna sia più vicina di quanto non siano le stelle, e ci rende anche possibile di calcolare quanto essa disti dalla terra mediante un procedimento simile a quello di ordinaria misurazione geometrica della terra, o a quelli che, in guerra, servono per controllare le distanze. Non abbiamo certamente bisogno di salire su di una montagna per sapere quanto sia alta, né ci occorre giungere fino ai cannoni del nemico per sapere quanto siano lontani dai nostri. Nello stesso modo non abbiamo bisogno di andare fin nella luna per trovare quanto disti dalla terra. Per mezzo di questi metodi usati dai geometri e dai calcolatori di distanze, noi scopriamo che la luna si trova a circa 350.000 chilometri dalla terra e che, salvo varianti di poche migliaia di chilometri, questa distanza rimane sempre la stessa. Eppure una piccola osservazione ci dimostra che la luna non è immobile; mentre la sua distanza dalla terra rimane sempre la stessa, la direzione in cui la scorgiamo varia continuamente, e ci avvediamo pure come compia un circolo — o quasi un circolo — attorno alla terra, una volta al mese o, più precisamente, ogni ventisette giorni e mezzo. Essa è la nostra vicina più prossima nello spazio e, come noi, viene trattenuta vicino alla terra, dalla forza di gravità, della quale parleremo più avanti.

Dopo il sole, la luna sembra essere l'oggetto più grande esistente nel cielo: in realtà, essa è uno dei più piccoli, ci pare enorme solamente a causa della sua vicinanza. Il suo diametro è di soli 3450 chilometri circa, vale a dire un poco più del quarto del diametro della terra. Una volta al mese, o, più esattamente, una volta ogni ventisette giorni e mezzo, nel periodo che noi chiamiamo di luna piena, tutto il suo disco ci appare brillante, e invariabilmente notiamo come questa sia la parte esposta al sole, mentre quella esposta nella direzione contraria ci appare oscura. Gli artisti potrebbero spesso rendere i loro dipinti più convincenti se ricordassero questo fatto: che sono brillanti solamente quelle parti della luna che vengono illuminate dai raggi del sole. Questo fatto dimostra che la luna non emette luce propria, ma si accontenta di riflettere quella del sole, come un enorme specchio sospeso nel cielo.



TAVOLA I. La rotante cupola del cielo.

Ciascuna curva segna l'apparente percorso compiuto da una singola stella in ore $2 \frac{1}{2}$. La linea diritta che attraversa la tavola segna la traccia di una meteora che venne ad attraversare l'atmosfera della terra mentre durava ancora l'esposizione della lastra.

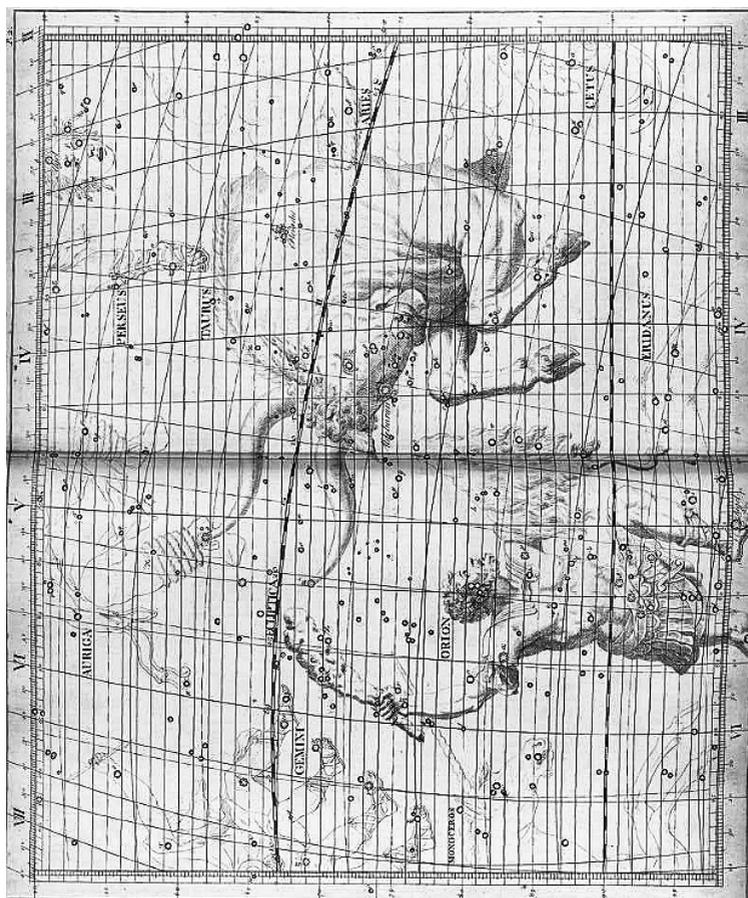


Atlante di Flamsteed.

TAVOLA II. Perseo ed Andromeda.

Andromeda è incatenata alle rocce, mentre Perseo, portando la testa di elusa accorre a salvarla. La stella che si vede sulla fronte di Medusa stella variabile Algol. La parte inferiore di questa tavola continua alla Tavola III.

TAVOLA III. Atlante Di Flamsteed.

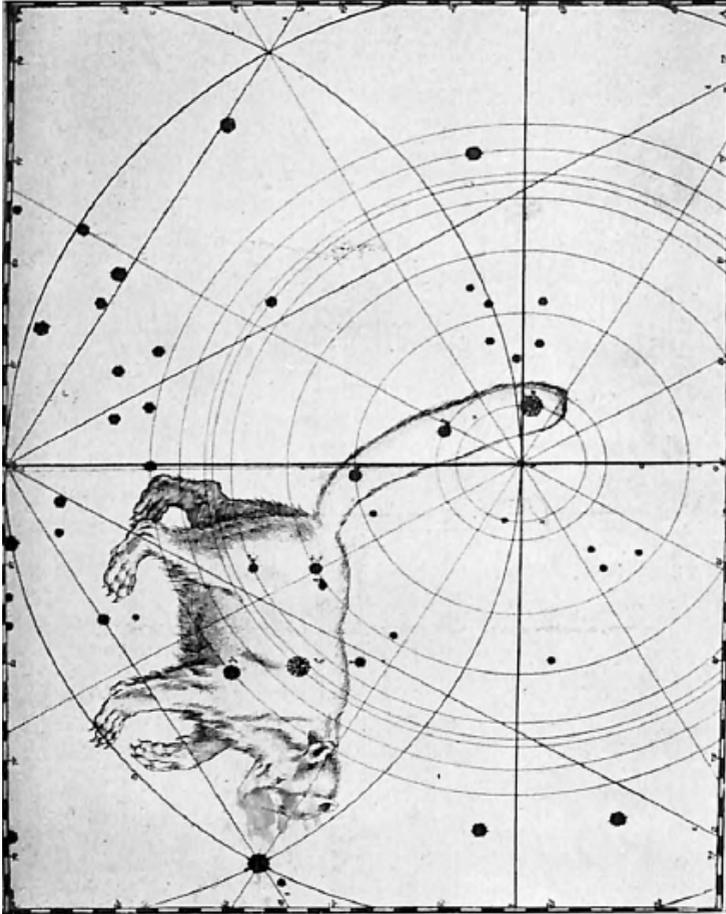


Orione e le costellazioni vicine.

Orione si prepara a fronteggiare l'attacco del Toro. La linea più marcata, che passa esattamente sulla Cintura di Orione, è l'Equatore, che passa tra le corna de Toro è l'Eclittica, vale a dire il corso del sole nel cielo. Questa carta, in alto, a sinistra. si connette a quella riprodotta alla Tavola II

TAVOLA IV. L'Orsa Minore e la Stella Polare.

La Stella dell'Orsa, è quella stella brillante che



Uranometria di Bayer, 1607.

vediamo alla punta della coda dell'Orsa. Il vero polo non coincide esattamente con questa stella, ma si trova alla sua destra, dove le linee ed il circolo si incontrano. Esso si sposta gradatamente lungo questo circolo e, 5000 anni or sono, si trovava di fronte al muso dell'Orsa.

Eppure la parte oscura della superficie della luna non è completamente invisibile; generalmente è illuminata quel tanto che basta a permetterci di distinguere i contorni del pianeta, di modo che possiamo dire di vedere «la luna vecchia fra le braccia della luna nuova». La luce che ci permette di distinguere la luna vecchia non proviene dal sole, ma dalla terra. Noi sappiamo come la superficie del mare o di un terreno coperto di neve, o anche quella di una strada bagnata, possano riflettere sgradevolmente molta parte della luce del sole nei nostri occhi: ebbene, nello stesso modo, l'intera superficie della terra riflette sulla faccia della luna una parte della luce del sole, sufficiente a permetterci di discernere quelle zone che, altrimenti, rimarrebbero immerse nell'oscurità.

Se la luna fosse abitata, i suoi abitanti vedrebbero la nostra terra riflettere la luce del sole, ancora come un enorme specchio sospeso nel cielo; e parlerebbero della luce terrestre così come noi parliamo della luce lunare. «La luna vecchia fra le braccia della luna nuova» non è altro che quella parte della luna su cui è notte, illuminata dalla luce della terra. Allo stesso modo, gli abitanti della luna dovrebbero vedere parte della nostra terra nella piena luce del sole, ed il resto illuminato solamente dalla luce della luna, e potrebbero chiamarla «la terra vecchia fra le braccia della terra nuova».

Il Sole

È facile misurare la distanza della luna, perché è tanto vicina alla terra, ma è molto più difficile misurare quella del sole, che si trova a distanza molto maggiore, ed i metodi che possiamo adoperare per trovare la distanza della luna, non servono altrettanto bene per trovare quella del sole. Metodi alquanto — ma non del tutto — simili, dimostrano che il sole dista da noi poco meno di 150.000.000 di chilometri, probabilmente. Dunque la distanza del sole dalla terra è circa quattrocento volte quella della luna dalla terra, la qual cosa spiega perché sia così difficile da misurare.

Pure, il sole e la luna, nel cielo, ci sembrano della stessa grandezza. Di quando in quando avviene quello che chiamiamo un eclissi di sole: la luna viene a situarsi direttamente di fronte a quest'astro, e troviamo allora che lo ricopre quasi completamente. La spiegazione logica di questo fatto si è che la distanza del sole dalla terra non solamente è circa quattrocento volte maggiore di quella della luna, ma che il sole stesso è anche quattrocento volte più grande della luna. Il suo diametro è, dunque, circa quattrocento volte il diametro della luna, vale a dire circa 109 volte il diametro della terra; misura, quindi, circa 1.500.000 chilometri. Questo, naturalmente, significa che il sole è, in ogni direzione, circa 109 volte più grande della terra — in lunghezza, vale a dire, in larghezza e in altezza. Di

conseguenza, il sole potrebbe contenere non meno di 1.300.000 terre.

Le distanze delle stelle

Il metodo cui ho accennato ci darà la distanza del sole e della luna, ma fallirà completamente se vorremo, con esso, trovare la distanza a cui ci troviamo dalle stelle. Ci accorgeremo presto di come ci sia necessario compiere un viaggio assai più lungo della distanza che separa Greenwich da Città del Capo, prima di poter notare un qualsiasi cambiamento di direzione nelle stelle. Per fortuna, la natura stessa ci offre un simile viaggio e ci dà il trasporto gratis. La terra ci trasporta attorno al sole una volta all'anno, cosicché noi, rispetto ad esso, ci troviamo sempre esattamente in posizione diametralmente opposta a quella in cui ci trovavamo sei mesi prima e cioè al doppio della distanza che ci separa dal sole, dalla posizione in cui ci trovavamo allora.

Questo viaggio di circa 300.000.000 di chilometri è così lungo che, dopo di averlo compiuto, riusciamo finalmente a scorgere le stelle nello spazio in posizione leggermente diversa, per quanto, pur così, abbiamo bisogno di strumenti della massima perfezione per misurare questo cambiamento. Servendoci nuovamente dei metodi usati dai geometri, ma, questa volta, su di una scala incommensurabilmente più grande, possiamo calcolare la

distanza di una stella dalla sua distanza dal punto in cui l'avevamo notata mentre compivamo quel viaggio.

Le distanze delle stelle più vicine possono essere misurate, con una certa esattezza, in questo modo. È provato che quella più vicina a noi è una stella di pochissimo splendore, situata nell'emisfero sud, e conosciuta sotto il nome di Proxima Centauri.¹ Essa dista da noi circa 38 milioni di chilometri²; cosicché, pur essendo la più vicina delle stelle, è separata da noi da una distanza che è circa 270.000 volte quella del sole. Per quanto questa sia la stella più vicina a noi tra tutte quelle conosciute, ci dà una luce così fioca da non permettere di scoprirla fino a poco tempo fa. È dunque possibile che, da un momento all'altro, possano venir scoperte altre stelle, ancor più vicine, ma ancor meno brillanti. La stella che splende maggiormente nel cielo, Sirio, si trova, a quanto venne calcolato, a circa 80.000.000 di chilometri³. Per quanto la sua distanza sia circa il doppio di quella della Proxima Centauri, essa ci manda una luce 70.000 volte maggiore. Oltre alla Proxima Centauri, conosciamo altre

1 Il significato del nome delle stelle è spiegato più avanti ed anche il modo di identificarle.

2 *[Nota: errore grossolano. Il testo in inglese riporta 25,000,000 milioni di miglia, che corrispondono a 38 milioni di milioni di chilometri. Se questa fosse la reale distanza, la stella si troverebbe davanti al Sole prima di Mercurio.]*

3 *[Nota: altro errore grossolano. Il testo in inglese riporta 51,000,000 milioni di miglia, che corrispondono circa a 80 milioni di milioni di chilometri. Se questa fosse la reale distanza, la stella si troverebbe tra Mercurio e Venere.]*

cinque stelle più vicine alla terra di quel che non sia Sirio; siccome, per quanto siano più vicine, appaiono meno luminose di Sirio, esse debbono, logicamente, essere intrinsecamente più deboli di quella.

Descrizione del cielo

Anche se vedessimo le stelle questa notte per la prima volta, ci accorgeremmo come siano qualcosa più che non solamente un accidentale agglomeramento di punti luminosi. Vi è, nella loro disposizione, più legge ed ordine di quanto non potremmo attenderci se quei punti di luce, quale più debole e quale più brillante, fossero stati disseminati semplicemente all'avventura sulla faccia del cielo come cadendo da un qualche enorme inaffiatoio. Dopo d'aver guardato il cielo per alcune notti, scopriremo che questa stessa e così bene ordinata disposizione si ripete tutte le notti. Gli stessi gruppi di lucenti stelle, visti una notte dopo l'altra comincerebbero presto a ricordarci i contorni di oggetti familiari, la qual cosa ci aiuterà a ricordare la loro disposizione. È facile scoprire file di stelle, triangoli, quadrati e lettere dell'alfabeto quali U, V, W. I nostri antenati, aiutati da una vivida immaginazione, vi scorsero vari oggetti, come un aratro, un orso, un trono e un serpente. In questo modo le stelle vennero divise in «costellazioni», o gruppi di astri combinati assieme.

Alcune di queste costellazioni portano ancora nomi di oggetti comuni, ma in maggioranza portano quelli di mitici eroi greci e di oggetti ricordati nelle leggende greche. In alcuni casi, un gruppo di più costellazioni vicine dà una specie di rappresentazione pittorica di qualche leggenda; il cielo sembra esser stato utilizzato come una specie di album pittorico permanente, per illustrare, l'uno dopo l'altro, vari episodi della mitologia antica, mentre la terra vi continuava sotto le sue rivoluzioni circolari.

Per esempio, sei costellazioni vicine nel cielo — Cefeo, Cassiopea, Andromeda, Perseo, Pegaso e Cetus (il mostro dei mari o leviatano) — illustrano la leggenda di Perseo e di Andromeda (vedi la Tavola II). Con l'aiuto di una descrizione lasciataci da Arato di Soli, un poeta greco minore del terzo secolo a. C., possiamo in qualche modo vedere la scena così:

Andromeda è incatenata per le braccia, distese, ad una roccia sorgente dal mare. I suoi genitori Cefeo e Cassiopea, lì presso, la stanno a guardare, ma non debbono aiutarla. È stato lo stesso Cefeo quegli che ha incatenata sua figlia alle rocce, per placare gli dei infuriati, mentre Cassiopea, le cui indiscrete spaccate sulla bellezza della figlia sono state la causa di quanto è successo, rimane seduta sul suo trono (una W di stelle brillanti). Come essi la stanno a guardare impotenti, si avvicina Cetus, un mostro marino o leviatano, inviato dagli stessi dei a divorare Andromeda. D'un tratto, ecco comparire Perseo, sul suo fido cavallo alato, Pegaso.

Egli ha appena uccisa Medusa, la Gorgone, il cui sguardo trasformava in sasso tutti coloro che fissava; Perseo ne porta ancora la testa in mano. Smontando in gran fretta, e sollevando col piede una nube di polvere (un gruppo di stelle debolissime), egli mostra la testa di Medusa al mostro Cetus, cambiandolo, così, in una roccia, e poi libera Andromeda, tagliandone le catene. Intanto, il cavallo Pegaso si allontana nello sfondo, tra un gruppo di altre costellazioni che portano tutte nomi acquatici. Oltre allo stesso Cetus, il mostro dei mari, vi si trovano altri pesci — i Pesci e il Piscis Australis —, un Acquario ed il fiume Eridano. Arato dice che l'Acquario ha già afferrato Pegaso per la criniera.

Noi troveremo questo gruppo di costellazioni nel cielo vespertino in autunno avanzato. Come esso scompare verso occidente, un altro grande gruppo appare verso oriente: Orione, il Cane Maggiore, il Cane Minore, la Lepre, l'Unicorno, ed il Toro. Queste costellazioni ci mostrano Orione, «il possente cacciatore», con una abbagliante cintura (composta di tre stelle, brillantissime, e disposte in fila) circondato dai suoi cani ed altri animali della caccia. Orione impugna la spada, e si appresta a far fronte al Toro che corre contro di lui a corna abbassate (vedi la Tavola III).

È stata suggerita l'ipotesi che pure un altro grande gruppo di costellazioni possa rappresentare in qualche modo la diffusissima leggenda del Diluvio: esse sono Argo,

(la nave o l'arca), la Colomba, il Corvo, il Lepre e l'Idra. Ma è pure possibile un'altra interpretazione, perché Argo era il nome della nave in cui salparono Giasone ed i suoi seguaci, gli Argonauti, per la loro infruttuosa ricerca del Vello d'oro; secondo una antica leggenda greca, avendo essi, dopo mille avventure, fallito al loro scopo, vennero trasformati dalla dea Athena in stelle, quelle appunto che ora formano la costellazione di Argo.

Mentre la più gran parte delle costellazioni ricordano miti e leggende, ve ne è almeno una che ricorda una figura storica: quella di Berenice, la moglie di Tolomeo III, re d'Egitto, donna famosa per la bellezza della sua chioma. Quando suo marito partì per una pericolosissima spedizione in Siria, ella fece voto di tagliarsi i capelli e offrirli sull'ara del tempio di Arsinoc, qualora Tolomeo fosse tornato sano e salvo. A suo tempo egli infatti tornò, e la fedele regina mantenne il voto: si recise le chiome e le offerse al sacerdote che amministrava il tempio.

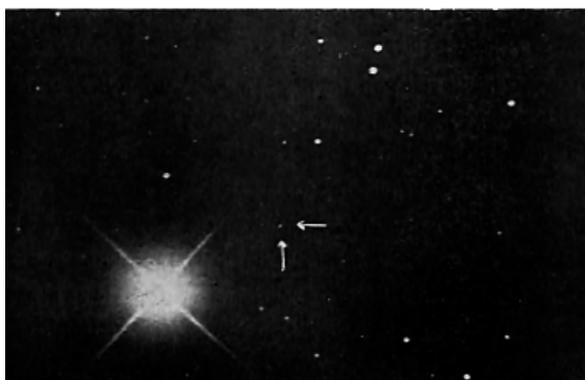


Osservatorio Nazionale di Praga, Ceco Slovacchia

TAVOLA V.

Una palla di fuoco ed una nebula.

La "Palla ili fuoco,, (una grande meteora) attraversò lo spazio fotografato in questa lastra in un quinto di secondo; il moto della nebula è appena percettibile in un milione di anni.



Osservatorio di Lowell.

TAVOLA VI.

La scoperta di Plutone.

Due fotografie della regione situata nelle vicinanze di Delta Geminorum, prese, una il 2 marzo, e l'altra il 5 dello stesso mese, nel 1950. Il corpo segnato da frecce si era mosso (così si constatò) considerabilmente in 5 giorni, e questo fatto fu quello che stabilì il suo carattere planetario.

Siccome quando questo accadeva non erano ancora di moda i capelli tagliati alla maschietta, il re montò su tutte le furie. Ma, per calmarlo, il furbo sacerdote gli raccontò come la chioma della moglie fedele fosse già stata depositata nel cielo, dove la sua bellezza avrebbe, per sempre, potuto essere ammirata dagli uomini, e gli mostrò un gruppo di stelle che, effettivamente, davano alquanto la sensazione di una chioma. Questo gruppo, da allora, venne conosciuto sotto il nome di Chioma di Berenice. Così, se anche voi volete vedere la bellezza delle chiome della regina egizia, non avete che a guardare nel cielo vespertino di primavera, a non grande distanza dal Carro di Boote o Orsa Maggiore, dove esse brillano in tutta la loro gloria.

I nomi delle stelle

Quando ci occorre trovare una certa casa in una qualche città, ci informiamo prima della via nella quale essa si trova. Allo stesso modo, se vogliamo trovare una determinata stella in cielo, cominciamo dapprima a chiedere a quale costellazione appartenga. Mentre certe case di città sono indicate solamente con un numero e col nome della strada — per esempio: via Roma, 52 — le case più importanti possono portare un nome loro proprio. Lo stesso accade con le stelle; le più splendenti e meglio conosciute hanno nomi individuali — come Sirio, Arturo, Capra, Vega e così via — mentre altre non sono distinte che con un numero ed il nome della costellazione cui

appartengono, come, per esempio, il 27 del Cane Maggiore. Ma, prima di infliggere alle stelle la mortificazione di indicarle solamente con un numero, gli astronomi si servono delle lettere dell'alfabeto greco — Alfa, Beta, Gamma, Delta, Ipsilon, eccetera — di modo che la stella principale di una costellazione, che ne è generalmente anche la più brillante, è ricordata come l'Alfa della stessa costellazione; la seconda, che è generalmente anche la seconda in splendore, come Beta; la terza come Gamma e via di seguito. Per esempio, la stella più brillante di tutto il cielo può essere identificata, sia per mezzo del suo nome individuale, che è Sirio (il lucente), o per mezzo di quello che possiamo chiamare il suo «indirizzo di costellazione», Alfa del Cane Maggiore, nome che indica pure come essa sia la stella più brillante della stessa costellazione. Per questa ragione Sirio è anche conosciuta, in alcuni paesi, sotto il nome di *stella-cane*.

Le stelle meno brillanti non hanno nemmeno un indirizzo di costellazione. Per identificarle, è necessario citarne l'esatta posizione, o, possibilmente, il numero loro assegnato in qualche catalogo astronomico. Per esempio, Wolf 359, indica la stella numero 359 del catalogo redatto dall'astronomo Wolf.

Nell'Appendice II si troverà una lista delle venti stelle più brillanti di tutto il firmamento, assieme ai loro indirizzi di costellazione.

La Stella Polare

Guardando nel cielo settentrionale, in qualsiasi notte chiara si vedranno quattro stelle molto brillanti che formano una figura oblunga leggermente meno luminosa ad uno degli angoli. Di qui parte una linea alquanto curva, composta di tre stelle. L'ultima di queste è la Stella Polare, attorno alla quale sembra ruotare tutta l'intera volta del cielo. Queste sette stelle, assieme ad altre innumerevoli, ma assai meno splendenti, formano la costellazione dell'Orsa Minore; la figura oblunga ne è il corpo, e le tre altre stelle ne formano la coda: la Stella Polare è quella che rappresenta la punta della coda (vedi Tavola IV). Pare che la sfortunata Orsa Minore sia legata per la punta della coda, e giri nel cielo da oriente verso occidente; naturalmente, è il firmamento intero che muove, come imperniato sulla coda dell'Orsa Minore, e in modo da descrivere un circolo completo ad ogni ventiquattro ore.

Disposte attorno alla Stella Polare e all'Orsa Minore, si trovano tutte le costellazioni che ci sono più familiari — l'Orsa Maggiore, Cassiopea, Perseo, il Camelopardo, ed il Dragone (vedi la carta 1 alla fine del volume). Queste ci sono familiari perché non tramontano mai, e sono visibili in qualsiasi ora della notte ed in tutte le stagioni dell'anno. Più distanti di queste dalla Stella Polare, si trovano altre costellazioni non sempre visibili, quali Orione, il Cane Maggiore, l'Idra, il Leone, Ercole, il Serpente, l'Aquila, il Cigno, il Capricorno e Pegaso. Queste sorgono da oriente

ad una certa ora, attraversano il cielo per tramontare ad occidente, e poi divengono invisibili finché non tornano a sorgere la notte seguente (vedi le carte I e II alla fine del volume). E, ancor più lontano dalla Stella Polare, si trovano altre costellazioni che non vediamo mai dalle nostre latitudini, finché non ci portiamo molto più a sud, come, per esempio, la Croce del Sud, il Centauro, la Nave, il Pendolo e la Tavola.

I vagabondaggi del Polo

Osservazioni prolungate ci mostrano come il panorama delle costellazioni non solamente ritorni a noi invariato una notte dopo l'altra, ma rimanga tale di anno in anno e persino di generazione in generazione. Naturalmente, le antiche carte astronomiche ci mostrano come l'aspetto delle costellazioni sia praticamente quale era per gli egizi, i cinesi ed i caldei, quando cominciarono per la prima volta ad occuparsi dello studio del firmamento, circa 5000 anni or sono.

Pure, sotto un aspetto molto importante, il cielo appariva loro assai diverso. Noi lo vediamo girare, una notte dopo l'altra, attorno alla punta della coda dell'Orsa Minore; gli astronomi di 5000 anni or sono vedevano lo stesso cielo e la stessa costellazione girare attorno alla stella Thuban, l'Alfa del Dragone. Questa si trova circa alla metà della coda del Dragone, e sembra anche un boccone sospeso dinanzi al muso dell'Orsa Minore (vedi Tavola IV).

Può, a tutta prima, parere misterioso che il perno del cielo debba spostarsi così, pure la spiegazione di questo fatto è semplicissima. La volta del cielo sembra girare attorno alla Stella Polare perché la terra gira attorno ad un asse la cui estremità è diretta verso la Stella Polare. Ora, la terra non è altro, sotto tutti i suoi aspetti, che una trottola enorme, sospesa nello spazio. Quando parlavamo della «bussola giroscopica» abbiamo visto come l'asse di una trottola abbia sempre la stessa direzione nello spazio, ammenocché non intervenga un qualche fatto a farle cambiare direzione. Se, allora, l'asse della terra cambia continuamente la sua direzione nello spazio, è segno che qualcosa deve continuamente intervenire per provocare il cambiamento. E sappiamo già quel che sia questo qualche cosa.

Vedremo più avanti come la terra sia saldamente trattenuta dalla forza d'attrazione del sole e come, per conseguenza, compia un giro completo attorno al sole, ogni anno. Se la forma della terra fosse perfettamente sferica, la forza d'attrazione del sole non avrebbe su essa altro effetto oltre a quello di non permetterle di perdersi nello spazio. Ma, in realtà, la terra non è perfettamente sferica, ed ha piuttosto la forma di un'arancia, leggermente compressa ai poli e rigonfia all'equatore. E la forza di gravità del sole, che si manifesta su questo rigonfiamento, cambia lentamente, ma continuamente, la direzione verso cui mira nello spazio l'asse della terra. Il risultato di questo

fenomeno si è che il polo del cielo — la regione del cielo verso cui mira l'asse della terra — si muove nel cielo lungo un circolo che è percorso in 25.800 anni. Questo fenomeno è chiamato «precessione».

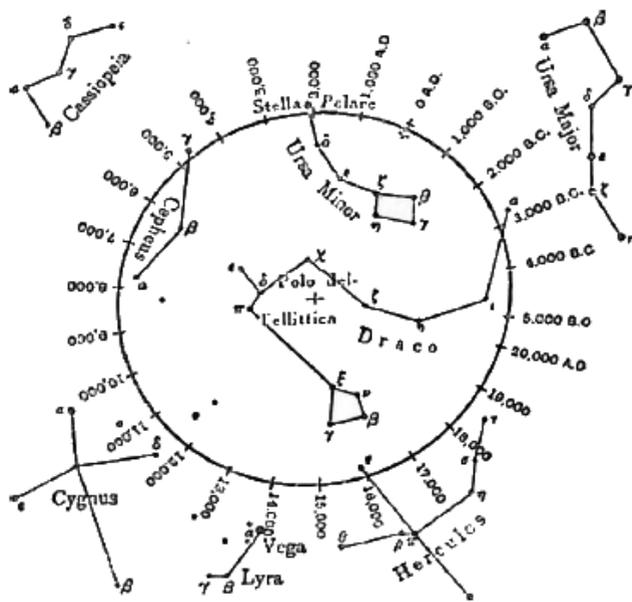


Fig. 1. I vagabondaggi del Polo. Questo diagramma segna le posizioni occupate dal polo a varie epoche. Solamente 3000 anni or sono, il polo si trovava a 17° più a sud di quanto non si trovi adesso, di modo che gli Europei potevano scorgere una parte del cielo meridionale che adesso è loro invisibile. Questo spiega perché varie delle costellazioni meridionali portano nomi greci e latini.

Ma questo non è tutto, perché anche la luna esercita una forza d'attrazione sulla terra, e questo aggiunge una piccola

e rapida oscillazione, detta «nutazione», al moto lento e più grande, prodotto dalla forza d'attrazione del sole.

A causa di questo movimento, l'asse della terra ha, nel passato, puntato verso una direzione diversa da quella verso cui punta ai nostri giorni, e così i nostri antenati di 5000 anni or sono vedevano il cielo ruotare attorno ad un punto situato nella costellazione del Dragone. Per le stesse ragioni, i nostri posteri vedranno, tra 5000 anni, il cielo girare attorno ad un punto che sarà situato nella costellazione Cefeo.

I vagabondaggi del polo, vale a dire dell'asse di rotazione della terra, sono dimostrati dalla fig. 1.

Pure, la disposizione generale delle stelle nel cielo era la stessa anche 5000 anni or sono, e sarà sempre la stessa fra altri 5000 anni; è la nostra piccola terra, quella che cambia, e non le lontane stelle. Ma, per quanto le migliaia di anni non producano cambiamenti percettibili nella disposizione generale delle stelle, alcuni dei punti più luminosi del cielo intiero cambiano abbastanza rapidamente di posizione. Questi sono chiamati, dal nome greco originale loro imposto, e che significa « vagabondi », pianeti. Sono gli zingari del cielo. Non hanno un loro indirizzo di costellazione, così come i carovanieri non hanno un indirizzo postale, e nemmeno ne possono avere alcuno, poiché cambiano di posizione di giorno in giorno.

I pianeti

Gli antichi conoscevano cinque pianeti Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno — e, naturalmente, non sapevano che anche la terra fosse un pianeta. Negli ultimi tempi, ne sono stati scoperti altri tre, molto meno splendenti, e sono Urano, scoperto nel 1781, Nettuno, scoperto nel 1846 e Plutone, scoperto nel 1930.

Noi possiamo, generalmente, accorgerci del moto di un aeroplano che passi sulle nostre teste in pochi secondi, e più rapida sarà la nostra percezione quanto più vicino sarà l'apparecchio. Le velocità alle quali si muovono i corpi astronomici sono assai maggiori di quelle degli aeroplani, anzi, generalmente, migliaia e migliaia di volte maggiori. Per il momento possiamo, senza commettere un errore eccessivamente grave, considerare che si muovano tutti alla stessa velocità. Stando così le cose, la velocità alla quale ci sembra muoversi un qualsiasi corpo nel cielo, ci darà una indicazione sommaria della distanza a cui si trova da noi. Ma, qui, bisogna fare un'eccezione per la luna. Noi non ci accorgiamo della sua vera velocità attraverso lo spazio, perché essa ci accompagna, quasi come si accompagnano due viaggiatori nello stesso scompartimento di un treno.

La fotografia riprodotta alla Tavola V illustra questo principio generale in due esempi che stanno agli estremi. La striscia obliqua nella parte inferiore della tavola rappresenta il viaggio di una meteora che ha attraversato il cielo così rapidamente da percorrere l'intero spazio

riprodotto dalla lastra in un quinto di secondo, minima frazione del tempo di esposizione della lastra stessa. La grande massa al centro, è la Grande Nebula di Andromeda. Questa si muove nel cielo così lentamente che la sua posizione cambierà appena nel decorso di un milione di anni. Tanto la nebula quanto la meteora, tuttavia, si spostano ad una velocità che è migliaia di volte superiore a quella di un aeroplano. Ma la meteora era vicina, a circa 80 chilometri d'altezza nell'atmosfera terrestre, mentre la nebula, alla distanza di più di 8.000.000.000.000.000.000 di chilometri, sembrava muoversi lentissimamente.

Gli altri oggetti che si notano nella fotografia sono stelle molto brillanti, situate nello spazio intermedio tra la nebula e la meteora; queste, anche, si spostano a velocità che sono migliaia di volte superiori a quella dei veloci aeroplani. Esse non distano affatto quanto la nebula, e pure la loro distanza dalla terra è tale che occorrono migliaia di anni di moto a tale terrificante rapidità, prima che ci possiamo avvedere che si sono spostate nel firmamento.

Gli astronomi hanno un sistema semplicissimo per notare la presenza di pianeti e di altri corpi il cui moto nel cielo è così rapido da poter essere facilmente osservato. Se un gruppo di persone vengono fotografate dando alla lastra un certo tempo di posa, ed una di esse si muove durante l'esposizione, la fotografia ne verrà rovinata; la persona che si è mossa non parrà più un essere umano, ma una macchia tremolante e confusa. L'astronomo dunque,

avvalendosi di questo fatto, fotografa un pezzo di cielo dando alla lastra una lunga esposizione, e così ogni oggetto che si muova rapidamente attraverso il cielo apparirà come una immagine confusa, invece che come un puntino brillante di luce. Ed è stato variando e modificando questo sistema così semplice, che vennero scoperti molti dei corpi vicini a noi nello spazio, compreso il lontano pianeta Plutone che, dopo una ricerca durata molti anni, fu notato solamente nel marzo del 1930. La tavola VI mostra due lastre della regione del cielo nella quale si supponeva dovesse trovarsi il nuovo pianeta, prese dall'osservatorio Lowell, nell'Arizona, ad un intervallo di tre giorni l'una dall'altra. L'oggetto indicato da frecce si è sensibilmente spostato, come si nota, in questo intervallo, e tale movimento ha confermato il suo carattere di pianeta.

Una colonia isolata

Potremmo forse esserci aspettati di trovare una transizione graduale tra questi corpi che si muovono così rapidamente e le stelle, così lente e che mostrano così poco il loro movimento, da venir descritte come «stelle fisse». Ma non è stato possibile. Non vi sono che queste due distinte qualità di corpi celesti. La nostra terra appartiene ad una piccola colonia, quasi completamente isolata nello spazio, di modo che gli altri corpi e tutti i pianeti che le appartengono, sono enormemente più vicini di quanto non lo sia la più vicina delle stelle fisse. Essi sembrano di moto

così rapido puramente e semplicemente perché ci sono vicini, e non perché si muovano alla velocità di un numero enorme di chilometri all'ora. In realtà, la maggior parte di essi percorre in un'ora assai meno chilometri di quanti ne percorrano le stelle fisse. Persino la più vicina di queste stelle dista da noi 270.000 volte la distanza che separa la terra dal sole, ed è così 7000 volte più distante di Plutone, il pianeta più lontano fino ad ora scoperto. La luce di Plutone impiega circa quattro o cinque ore per giungere fino a noi, ma la luce della stella più vicina non impiega meno di quattro o cinque anni. Questo dimostra all'evidenza quanto questa nostra piccola colonia sia isolata nello spazio. Il suo isolamento è enormemente più grande di quello delle colonie umane stabilite nei punti più selvaggi della terra. Noi chiamiamo isolate queste colonie se si trovano separate da noi da una certa quantità di miglia, ma se noi paragoniamo questa colonia di corpi sospesi nello spazio ad un villaggio dell'Europa centrale, la colonia a noi più vicina tra le stelle fisse, dovrebbe, fatte le debite proporzioni, esser situata in qualche punto dell'Africa o della Siberia.

Il membro principale di questa colonia isolata è, naturalmente, il sole. Noi possiamo considerarlo quasi come un grande pianeta, per quanto sia così lontano e così enorme e tanto più lucente di qualsiasi altro. Come gli altri pianeti, egli muove continuamente sullo sfondo delle costellazioni formate dalle altre stelle fisse, immensamente

più distanti. Noi non ci accorgiamo, ordinariamente, di questo moto, perché la luce del sole elimina quella di tutte le altre stelle. Pure l'astronomo, che può scorgere le stelle di pieno giorno attraverso al suo telescopio, lo può seguire abbastanza facilmente e, inoltre, lo può verificare indirettamente anche senza telescopio.

Il sole, a mezzogiorno, si trova al sud, e così a mezzanotte si trova, nello spazio, in una posizione esattamente opposta, che è quella di nord, per quanto sotto all'orizzonte. Se, esattamente a mezzanotte, e per parecchie notti di seguito, guardate verso il sud, troverete che, ogni notte, vi sarà possibile scorgere una zona diversa di firmamento, e ciò, naturalmente, significa che il sole, che si trova dalla parte esattamente opposta, si trova anch'esso in una differente parte del cielo, ogni notte.

Fino al Medio Evo si è generalmente, benché non universalmente, creduto che la terra formasse il centro di questa colonia di oggetti e, naturalmente, dell'universo intero. Si credeva che il sole, la luna ed i pianeti fossero sospesi a sfere trasparenti, rotanti attorno alla terra a distanze diverse, mentre le stelle fisse avrebbero dovuto essere sospese ad una sfera maggiore che rotava attorno alla terra centrale a maggior distanza, formando così uno sfondo per tutti gli altri corpi celesti. Poi, nel 1543, Copernico pubblicò il suo grande lavoro *De revolutionibus orbium coelestium*, col quale dimostrava che il moto già osservato del sole e dei pianeti era molto più

semplicemente spiegabile supponendo che la terra non fosse che un pianeta come tutti gli altri, e che tutti essi, compresa la terra, girassero attorno ad un sole centrale. Per molti, questo rimase poco più che una congettura finché la verità non venne provata dalle osservazioni telescopiche di Galileo e dei suoi successori. Ma ora rimane stabilito senza dubbio alcuno che è il sole, e non la terra, quello che forma il centro della nostra piccola colonia celeste, e che la terra, come gli altri membri minori della colonia, gira attorno al sole centrale.

Capitolo II - VIAGGIO PRELIMINARE NELLO SPAZIO E NEL TEMPO

Noi non possiamo recarci di persona a vedere di che cosa siano composti il sole, la luna e le altre stelle, ma i nostri colossali telescopî possono, in un certo senso, avvicinarle a noi, il che è quasi lo stesso. Così l'intero spazio ci rimane aperto per l'esplorazione, almeno fino a che un qualche corpo opaco, che nessun telescopio possa attraversare, non ci si pari dinanzi. Persino i matematici, con i loro calcoli, sono pronti ad aiutarci: per esempio, negli anni più recenti si sono potuti compiere molti studi sulla costituzione interna delle stelle. Le osservazioni telescopiche, associate alle teorie matematiche, ci forniscono una specie di razzo magico che ci trasporterà quasi dovunque nello spazio, dove vogliamo recarci.

Nello spazio

Entriamo in questo razzo magico e persuadiamo qualcuno a proiettarci verso il sole. Abbiamo bisogno di partire ad una velocità soltanto sufficiente a trasportarci ad una breve distanza dalla terra — basteranno circa undici chilometri al secondo — e la potentissima forza d'attrazione del sole farà il resto, trascinandoci verso il sole stesso, volenti o nolenti. Se partiamo a quella velocità, il nostro viaggio durerà circa dieci settimane.

Già fin dai primi secondi cominceremo ad osservare certi strani cambiamenti; l'intero universo cambierà con impressionante velocità. Il colore del cielo s'andrà oscurando rapidamente, finché non sarà diventato nero come a mezzanotte, e vedremo brillare le stelle. Esse non sembreranno più ammiccarci benevolmente come siamo abituati a vedere dalla terra; i loro raggi saranno diventati come perforanti aghi di luce fissa. Nel frattempo, il colore del sole si sarà cambiato in una bianchezza d'acciaio, e le ombre da lui proiettate saranno dure e sinistre. Parrà che la natura abbia perduta gran parte della sua bellezza, e tutta la sua dolcezza, in uno spazio di tempo sorprendentemente breve. La spiegazione di questo fatto è che pochissimi secondi saranno stati sufficienti a trasportarci completamente al di fuori dell'atmosfera terrestre, e solamente quando ce la saremo lasciata alle spalle ci sarà stato possibile notare quanto i suoi blandenti effetti ci abbiano aumentata la gioia di vivere.

Fermiamoci a considerare un momento la ragione scientifica di questo fatto. Immaginatoci di trovarci su di una qualsiasi gettata lungo il mare, e di stare a guardare le onde che si vengono ad infrangere contro le colonnine di ferro che la sostengono. Le ondate grosse non si accorgono affatto di queste colonne, ma si dividono a destra ed a sinistra e si tornano a riunire dopo di aver sorpassata ciascuna delle colonne, quasi come farebbe un reggimento di soldati in marcia incontrando un albero sulla sua strada; non sembra nemmeno che la colonna si sia trovata in quel luogo. Ma le onde piccole e le increspature trovano nelle colonne un ostacolo assai più formidabile. Quando esse vi urtano contro, vengono respinte indietro e si diffondono in nuove increspature in tutte le direzioni. Per servirci di un termine tecnico, diremo che esse vengono «disperse». L'ostacolo costituito dalle colonne di ferro non agisce sulle grandi ondate, ma disperde le piccole.

Noi abbiamo, così, osservato in azione un piccolo esempio del modo in cui la luce del sole si apre la via attraverso all'atmosfera terrestre. Tra noi che stiamo sulla terra, e lo spazio esterno, l'atmosfera interpone innumerevoli ostacoli sotto forma di molecole d'aria, minuscole goccioline d'acqua, e minime particelle di polvere. Queste sono rappresentate dalle colonne di ferro della gettata.

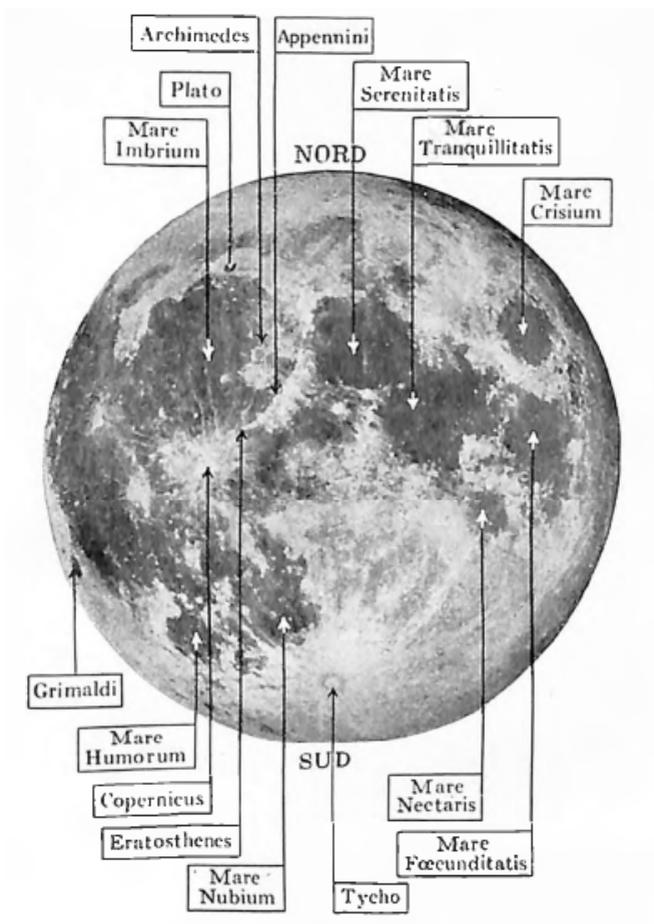


TAVOLA VII. La Luna piena.

Questa tavola mostra la Luna piena come la si può vedere ad occhio nudo o con un semplice cannocchiale da campagna.



Osservatorio di Parigi.

Tavola VIII. Osservatorio di Parigi.

La Luna, (terzo quarto).

Ecco la luna al suo 21° giorno, quando mancano giorni 8 ½ alla luna nuova, e l a si vede diminuire di grandezza. Il sole si trova, logicamente, alla sinistra della luna, di modo che la luna, precede il sole (di circa 7 ore) in cielo.

Le onde del mare rappresentano la luce del sole. Noi sappiamo che essa è prodotta dalla mescolanza di luci di vari colori — come possiamo provare noi stessi, facendola passare attraverso ad un prisma o anche attraverso ad una boccia piena d'acqua, o, ancora, come ci mostra la natura quando la filtra attraverso le gocce di pioggia d'un acquazzone estivo, producendo così un arcobaleno. Noi sappiamo anche che la luce consiste di onde e che i suoi diversi colori sono prodotti da onde di differente lunghezza, che, per esempio, la luce rossa è prodotta da onde lunghe e la luce azzurra da onde corte. La mescolanza d'onde che costituisce la luce del sole deve lottare contro gli ostacoli che incontra nell'atmosfera, esattamente come le varie onde devono lottare sulla riva del mare, contro le colonne della gettata. E questi ostacoli trattano le onde di luce quasi esattamente come le colonne della gettata trattano quelle marine. Le onde grandi, che costituiscono la luce rossa, non risentono quasi di questi ostacoli, ma quelle corte, che ci danno la luce azzurra, vengono disperse in ogni direzione.

Così, i vari componenti la luce solare vengono trattati in modo diverso mentre lottano per farsi strada attraverso all'atmosfera terrestre. Un'onda di luce azzurra può venire dispersa da una particella di polvere, e fatta deviare dalla sua strada. Dopo un momento, una seconda particella di polvere la può ancora far deviare, e così via, finché non giunge ai nostri occhi dopo di aver percorso un cammino a

zig-zag come quello di un lampo. Di conseguenza, le onde di luce azzurra entrano nei nostri occhi da tutte le direzioni, e questo è il motivo che ci fa apparire il cielo azzurro. Ma le onde rosse giungono a noi direttamente, non influenzate da ostacoli atmosferici, e pure direttamente entrano nei nostri occhi. Quando noi guardiamo il sole, vediamo principalmente questi raggi rossi. Essi non sono tutta la luce del sole; sono quello che ne è rimasto, dopo che una buona parte dei raggi azzurri è stata filtrata dagli ostacoli atmosferici. Questa filtrazione rende logicamente la luce del sole più rossa di quanto non lo sia prima di entrare nell'atmosfera terrestre. E più ostacoli incontra la luce solare, più gliene viene sottratto l'azzurro, e così più rosso ci appare il sole. Questo spiega perché il sole ci sembra tanto rosso quando lo vediamo attraverso ad una nebbia o ad una nube di vapori. E ci spiega anche perché ci appaia tanto rosso all'alba o al tramonto — la luce del sole, giungendo molto obliquamente, deve aprirsi la via attraverso ad un gran numero di ostacoli per arrivare fino a noi. Inoltre ci spiega il perché dei magnifici tramonti che spesso si vedono attraverso l'aria fumosa e polverosa di una città — o ancor meglio dopo una eruzione vulcanica, quando tutta l'atmosfera del mondo può esser piena di minutissime particelle di polvere d'origine vulcanica.

Così è come l'atmosfera terrestre scompone la luce del sole. La vera luce del sole, quando lascia l'astro o quando viaggia nello spazio prima di incontrare la terra, è la

mescolanza di tutti i colori in cui l'atmosfera terrestre la scompone. Per ricomporre questo colore, dobbiamo mescolare l'azzurro del cielo con il giallo e il rosso della luce diretta del sole. Questa fusione ci darà la luce bianco-acciaio che noi vedremo, non appena il nostro razzo ci avrà trasportati oltre l'atmosfera terrestre.

È a quest'azione dell'atmosfera, la quale scompone la luce del sole, che dobbiamo gran parte della bellezza della terra — il cielo azzurro del pieno giorno, l'arancione acceso ed il rosso dell'alba e del tramonto, le fantastiche tinte delle nubi, pure in tali ore, le tonalità misteriose del crepuscolo, il rosa delle montagne viste di sera in distanza, il colore purpureo delle colline lontane, il verde mela del cielo occidentale vespertino, e l'indaco dell'oriente, e naturalmente anche tutti quegli altri effetti che gli artisti descrivono come atmosferici. Come usciremo dall'atmosfera terrestre, li lasceremo tutti dietro a noi, ed entreremo in un aspro mondo nettamente diviso in luce e oscurità, senza alcun mezzo tono. Per la prima volta, nella nostra vita, vedremo il sole quale + realmente — un globo di luce vivissima. Lo vedremo tramontare in un cielo nero come un cielo di mezzanotte, perché l'atmosfera terrestre non prende più i suoi raggi e li disperde in tutte le direzioni. Ed è verso questo strano e terrificante oggetto che il nostro razzo ci trasporterà.

La luna veduta da vicino

Se saremo stati accorti, saremo partiti verso l'epoca della luna nuova perché, allora, il nostro itinerario ci avrà portato vicino ad essa, in modo da poterla studiare a breve distanza. Sotto e dietro di noi, la superficie della terra appare oscura e confusa; la vediamo attraverso ad uno spesso strato d'aria, di polvere, di nebbia e di nubi, con qua e là piogge e nevi. Al suo confronto, la luna sembra stranamente limpida e nettamente incisa. La ragione di questo fatto è che la luna non possiede atmosfera, e per conseguenza nessuna pioggia, né nebbia, né nube, né polvere ce ne impedisce la visione.

Anche ad una certa distanza, possiamo vedere che sulla luna non v'è acqua. Se vi fossero mari, laghi o anche solamente fiumi, li vedremmo certamente scintillare alla viva luce del sole; invece non vi è traccia di cosa alcuna che possa rassomigliare ad una estensione d'acqua.

E, come ci avviciniamo sempre più, vediamo che non vi sono né città, né campi, né foreste. Abbiamo sotto agli occhi un mondo morto.

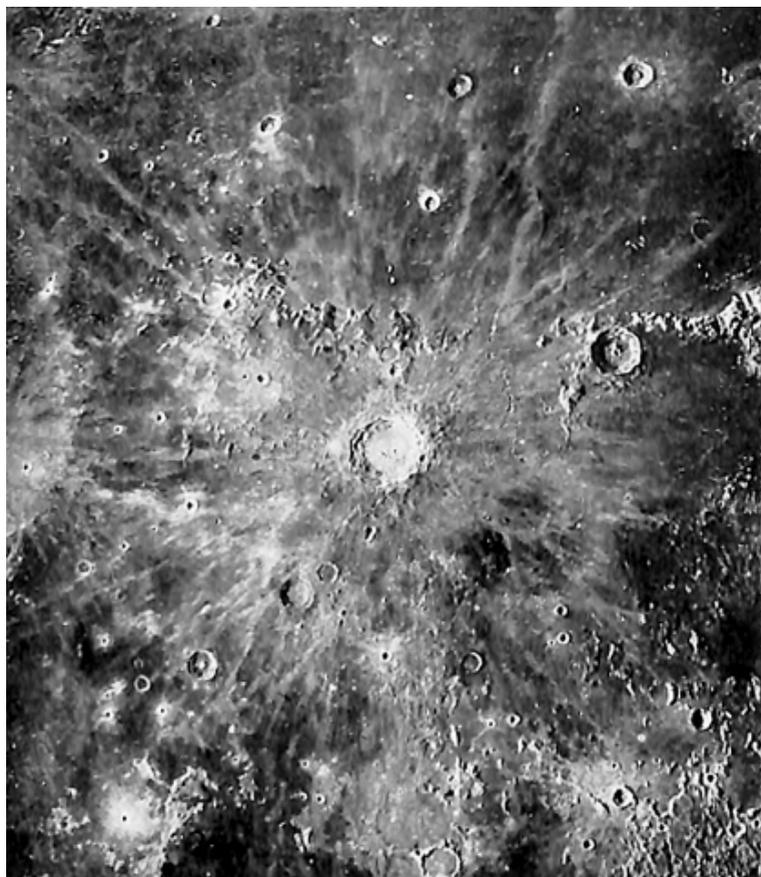
Circa novantacinque anni or sono, un giornale di New York lanciò quello che fu, più tardi, chiamato «il bluff della luna». Pubblicò una serie di articoli immaginari, i quali descrivevano la luna, quale la si vedeva, secondo il giornale, attraverso ad un gigantesco telescopio impiantato nell'Africa meridionale.



Observatorio di Parigi.

TAVOLA IX. La Luna (primo quarto).

Qui la luna ha meno di 6 giorni, di modo che sta aumentando di volume. Il sole si trova ora alla sua destra, e perciò la luna segue il sole (di circa 5 ore) in cielo.



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA X. Particolari della Luna. La regione circostante a Copernico (vedi Tavola VII).

Il cratere di Copernico, al centro della tavola, ha 50 miglia (circa 80 chilometri di diametro) di diametro. Eratosthenes, con un diametro di 35 miglia, si trova leggermente più a destra in alto.

Questi articoli descrivevano alberi fantastici, animali stranissimi e uomini volanti, tutte cose straordinariamente diverse da quelle che si vedono sulla terra. Il successo che ottennero fu così grande che, poco tempo dopo, questo quasi sconosciuto giornale si vantava d'aver raggiunto una tiratura maggiore di qualsiasi altro giornale al mondo. Ecco una prova sensazionale dell'interesse che gli uomini provano per la vita degli altri mondi.

Dal nostro razzo, vediamo cose interamente diverse da quelle descritte dal giornale di New York. Vediamo che la superficie della luna è composta, in gran parte, di vasti deserti piatti, che non mostrano alcun segno di coltivazione né di qualsiasi altro genere di vita. Sparse sulla maggior parte di questa superficie, si trovano certe sopraelevazioni che paiono orli circolari di crateri di vulcani spenti, quali probabilmente essi sono (vedi Tavola XII). Molti di essi sono così grandi da contenere una intera contea inglese.

Quattro di essi sono più estesi del Devonshire, ed il più grande di tutti, il Maurolycus, potrebbe accogliere dentro ai suoi limiti l'intero paese del Galles. Qua e là vediamo immense vette addentellate e catene di montagne, che conservano il taglio ancora così aspro come quando si sono formate. Le montagne della nostra terra sono state smussate da milioni d'anni di nevi, piogge e venti, ma qui non si vede nessuna traccia di smussature. Se il sistema di viaggiare attraverso agli spazi a bordo di razzi diverrà comune, probabilmente queste montagne potrebbero

diventare un perfetto paradiso per gli alpinisti. Il sole getta, sui piatti deserti che vi stanno ai piedi, le ombre delle loro linee addentellate, e anche con un piccolo telescopio è facile vedere magnifiche guglie, pinnacoli e creste. Una delle catene di montagne lunari, quella degli Appennini (che si vede attraversare la parte inferiore della Tavola XI) è lunga circa 720 chilometri, e comprende più di 3000 vette. La più alta di tutte, quella del monte Huyghens, si eleva a circa 5700 metri, e altre due, quelle dei monti Bradley e Hadley, sono alte più di 4500 metri ciascuna. Al nord di questa catena si vede una estesissima pianura (il Mare Imbrium) sulla quale le montagne precipitano in scosciamenti a picco, con precipizi quali spesso si vedono lungo le coste marine.

Le montagne della luna hanno, oltre al panorama, un'altra attrattiva per gli alpinisti. Sulla luna, la forza di gravità è solamente un sesto di quanto non sia sulla terra, cosicché si può saltare sei volte più in alto che non sulla terra, ci si può arrampicare ad altezze sei volte maggiori senza risentire stanchezza, e si può cadere da altezze sei volte maggiori senza riportar danno. Però, siccome la luna non possiede atmosfera, gli alpinisti dovrebbero ricordarsi di portar seco la loro provvista di ossigeno.

La debolezza della forza d'attrazione della luna spiega perché la luna non abbia atmosfera. Il nostro razzo è stato appena capace di fare un salto che lo ha portato fuori dalla terra, perché siamo partiti alla velocità di circa undici

chilometri al secondo, ma se fossimo partiti ad una velocità minore, saremmo ricaduti sulla superficie terrestre, esattamente come succede ad un proiettile di cannone o ad una palla lanciata da un tamburello. L'atmosfera della terra è composta da milioni e milioni di molecole che saettano attorno ad altissima velocità — centinaia di metri, o anche chilometri, al secondo. Ma esse non raggiungono mai quella velocità di 11 chilometri al secondo che le porterebbe lontano dalla terra, e così ricadono continuamente come gli oggetti succitati, e la terra è in grado di trattenere la sua atmosfera.

Al contrario, un proiettile avrebbe bisogno di una velocità solamente di poco superiore ai due chilometri e mezzo al secondo, per abbandonare la luna e lanciarsi nello spazio; una volta partito a questa velocità, la forza di gravitazione della luna sarebbe incapace di farlo ricadere. Ora, la luna volge sempre la stessa faccia alla terra, e conchiude il suo ciclo attorno ad essa una volta al mese. Ne consegue che la luna compie un circuito nello spazio una volta al mese; di modo che, quando una delle regioni della sua superficie viene ad essere esposta al sole, vi rimane a farsi cuocere per quindici giorni. Il risultato è che questa zona diventa caldissima, poiché la sua temperatura raggiunge qualche cosa come i 94° centigradi che è quasi il punto di ebollizione dell'acqua. Se la luna avesse dunque un'atmosfera, le sue molecole, in questo calore estremo, raggiungerebbero una estrema velocità di movimento. I

calcoli fatti dimostrano che spesso questa eccederebbe i due chilometri e mezzo al secondo, e quindi si disperderebbero nello spazio per non più tornare sulla superficie della luna. E questa è la completa spiegazione del perché la luna non abbia atmosfera.

Per quanto la luna possa, a prima vista, sembrare il paradiso degli alpinisti, una considerazione più matura dimostrerà come essa, dopo tutto, sia poco adatta, sia a come luogo di villeggiatura che come luogo di abitazione permanente. Le comitive di giganti non solamente dovrebbero portare seco le proprie provviste di ossigeno, ma dovrebbero anche tenersi preparate a sopportare una temperatura di circa 94° centigradi là dove batte il sole — temperatura che può, dove i raggi cadono a perpendicolo, raggiungere i 116° centigradi sopra zero, vale a dire 16° gradi in più della temperatura necessaria a far bollire l'acqua. Ma questa temperatura è troppo alta, e l'unica risorsa dovrebbe essere quella di ripararsi all'ombra; qui, però, le cose andrebbero peggio ancora, poiché la temperatura vi raggiunge i 116° gradi sotto zero — e quindi sarebbe meglio tornare a casa.

Di che cosa è fatta la luna?

Oltre a ciò la superficie della luna presenterebbe un terreno poco adatto per stabilirvi un qualsiasi accampamento. Il signor Lyot di Meudon, ha recentemente studiato i rapporti esistenti tra la ordinaria luce lunare —

che naturalmente non è altro che luce del sole riflessa — e quella del sole riflessa da vari tipi di terreni, come argille, gessi e rocce, ed ha constatato come il riflesso lunare sia quasi perfettamente simile a quello reso dalle ceneri vulcaniche, e non presenti rassomiglianza alcuna con le luci riflesse dalle varie altre sostanze da lui studiate. Questo dimostra come sia probabilissimo che la superficie della luna consista di una qualche qualità di ceneri vulcaniche, ciò che si accorderebbe perfettamente con l'aspetto generale del paesaggio lunare, il quale rassomiglia perfettamente ad una estesissima collezione di vulcani estinti. Naturalmente questi sono sorprendentemente rassomiglianti ai vulcani della terra, come abbiamo già potuto vedere dalla Tavola XII, tavola che riproduce la fotografia di un modello del Vesuvio e della regione vulcanica che si stende a sud di esso.

Le ceneri vulcaniche hanno la notevole qualità di essere un isolante del calore quasi perfetto, come l'asbesto che serve per fasciare i tubi dell'acqua calda. Se la superficie della luna consiste realmente di questa sostanza, il calore che il sole rovescia sulla sua parte esposta non potrà raggiungere nessuna profondità, cosicché l'interno della luna non deve sopportare gli stessi enormi cambiamenti di temperatura cui è soggetta la sua superficie. I calcoli ci insegnano come la superficie lunare che sia stata esposta alla luce del sole per una quindicina di giorni, possa raggiungere il calore dell'acqua in ebullizione mentre la

roccia, solamente ad un centimetro e mezzo o due centimetri al disotto della superficie, rimane al punto di congelamento. Così come due centimetri di asbesto impediscono al calore di sfuggire dai tubi dell'acqua calda, due centimetri di ceneri vulcaniche impediscono al calore solare di penetrare nell'interno della luna. E questa non è pura immaginazione, probabilmente risponde con una certa esattezza al vero stato di cose che si verifica sulla luna.

Due astronomi dell'osservatorio del Monte Wilson, Pettit e Nicholson, hanno recentemente potuto controllare i cambiamenti di temperatura della superficie della luna durante lo svolgimento di un'eclissi, ed hanno trovato che, come l'ombra della terra progrediva sulla faccia della luna, e così sopprimeva il rifornimento locale di calore solare, la temperatura si abbassava, quasi improvvisamente, da 90° centigradi a -67°, che sarebbero 85° sotto il punto di congelamento, facendo così uno sbalzo di 175 gradi in pochi minuti! Noi siamo abituati a notevoli cambiamenti di temperatura anche sulla terra, durante gli eclissi solari, e generalmente risentiamo un certo freddo non appena l'ombra della luna ci privi all'improvviso del rifornimento di luce solare, ma non proviamo mai nulla di paragonabile a quello. La ragione si è che il calore immagazzinato dal nostro suolo e dalla nostra atmosfera impediscono che la temperatura cambi improvvisamente. La drammatica rapidità con cui la superficie della luna cambia dal caldo al freddo, dimostra che essa non possiede affatto una riserva

di calore paragonabile a quella posseduta dal suolo terrestre. Questo, a sua volta, dimostra che il calore solare può solamente penetrare a piccolissima profondità sotto la superficie della luna, e la rapidità con cui la temperatura lunare cambia si accorda perfettamente con la supposizione che la superficie della luna sia ricoperta da ceneri vulcaniche.

Venere e Mercurio

È chiaro dunque che la luna non è un luogo adatto per un soggiorno prolungato, ed allora sarà meglio lasciare che il nostro razzo ci trasporti verso il sole, come era nostra prima intenzione. Dopo la luna, il nostro vicino più prossimo nello spazio è il pianeta Venere. Se ci accadrà di passargli accanto nel nostro viaggio, non vedremo nulla di specialmente interessante; non è altro che un globo, grande quasi quanto la nostra terra, completamente avvolto in una massa di nubi.

Ma il pianeta seguente, Mercurio, ci dovrebbe offrire uno spettacolo interessante. È considerevolmente più piccolo della terra — ce ne vorrebbero sedici per riuscire a stento a fare lo stesso volume della terra — naturalmente, quindi, non è molto più grande della luna e, come la luna, non ha atmosfera, di nuovo perché la sua forza di gravità non è sufficiente a trattenerne una, di modo che il suo paesaggio dovrebbe risaltare con vivido rilievo. Ed è simile alla luna anche sotto un altro rispetto: la luna è trattenuta

così saldamente dalla forza di gravità della terra che non può avere un moto di rotazione, e quindi presenta alla terra sempre la stessa faccia. Mercurio si trova in una situazione simile; è così strettamente trattenuto dalla forza d'attrazione del sole, da presentargli sempre la stessa faccia.¹ Abbiamo visto come la faccia della luna si riscaldi completamente dopo di essere stata ad arrostitire alla luce del sole per 15 giorni di seguito, e quell'emisfero di Mercurio che è esposto al sole si trova in condizioni ancora peggiori; è arrostito continuamente, per l'eternità, dai raggi dell'astro che gli è tanto vicino, e deve quindi essere spaventosamente caldo. Se su di esso vi fossero dei fiumi, dovrebbero essere di piombo fuso o di altre sostanze simili, poiché il calore è tale che qualsiasi liquido ordinario ne svaporerebbe subito. Inoltre, Mercurio rassomiglia alla luna ancora sotto un altro aspetto: la luce riflessa dalla sua superficie può essere paragonata solamente alla luce riflessa dalle ceneri vulcaniche, cosicché sembra probabile che la superficie di Mercurio, come quella della luna, sia pure composta di questa sostanza. È anche assai probabile che il suo paesaggio presenti molti vulcani spenti, per quanto il nostro razzo non ci porti abbastanza vicini per poter constatare se così sia o no.

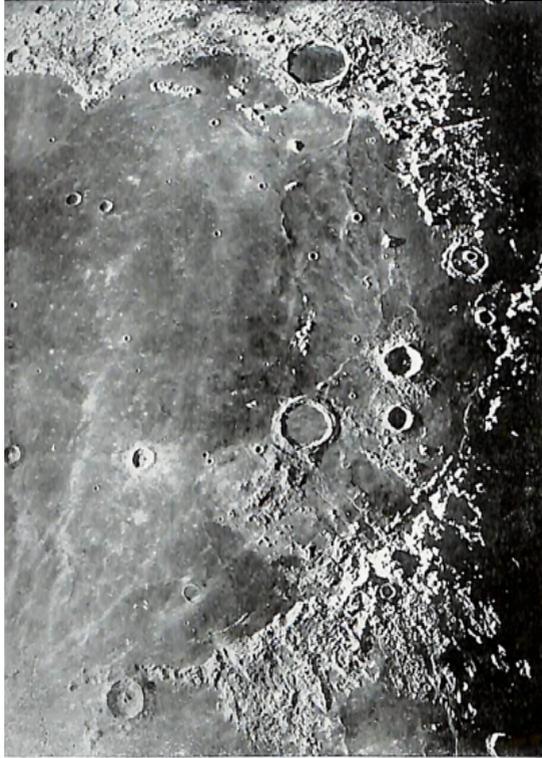
1 Così è la traduzione letterale di quanto scrive il Jeans; il quale però ha evidentemente voluto dire che la Luna e Mercurio ruotano su se stessi nel medesimo tempo che impiegano a rivoluire, la Luna intorno alla Terra e Mercurio intorno al Sole; e quindi offrono sempre la medesima faccia rispettivamente alla Terra ed al Sole.

All'esterno del sole

Ora siamo già molto innanzi nel nostro viaggio verso il sole. Quando abbiamo sorpassato Mercurio, ha cominciato a sembrarci sette volte più grande di quanto lo vedevamo dalla terra, e come ci avviciniamo sempre più e riempiamo sempre una parte maggiore del firmamento, cominciamo a godere di un buon panorama della sua superficie.

È chiaro che il sole non è un mondo morto, come la luna e come Mercurio; al contrario, non vi vediamo nulla che riposi; ogni cosa si agita violentemente; l'intera superficie ribolle ed erutta in vari modi. Possiamo comprendere facilmente perché questo accada. L'interno del sole è una enorme officina produttrice di forza, in continuo lavoro. L'energia che viene generata nel suo interno, e ne viene dispersa, lo rende terribilmente caldo, sì che una spaventosa corrente di calore viene spinta alla sua superficie, dalla quale si diffonde nello spazio sotto forma di radiazioni. Ogni centimetro quadrato di superficie riceve circa sette cavalli di forza di cui si deve sbarazzare, cosa impossibile rimanendo semplicemente in riposo.

Tutto ciò che noi vediamo ribolle; gli strati superiori, per così dire, si rovesciano e presentano il loro lato più caldo allo spazio esterno, in modo che le radiazioni trattenute prigioniere possano disperdersi il più rapidamente possibile (vedi Tavola XIII).



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XI. Particolari della Luna. Il Mare Imbrium (vedi Tavola VII) e le montagne circostanti.

Da Eratosthones (vedi tavola X) situato qui a sinistra in basso, comincia la Curva degli Apennini lunari che si dirige verso il margine destro della tavola. Il grande cratere presso il margine superiore è, Platone; sotto vediamo Archimede.

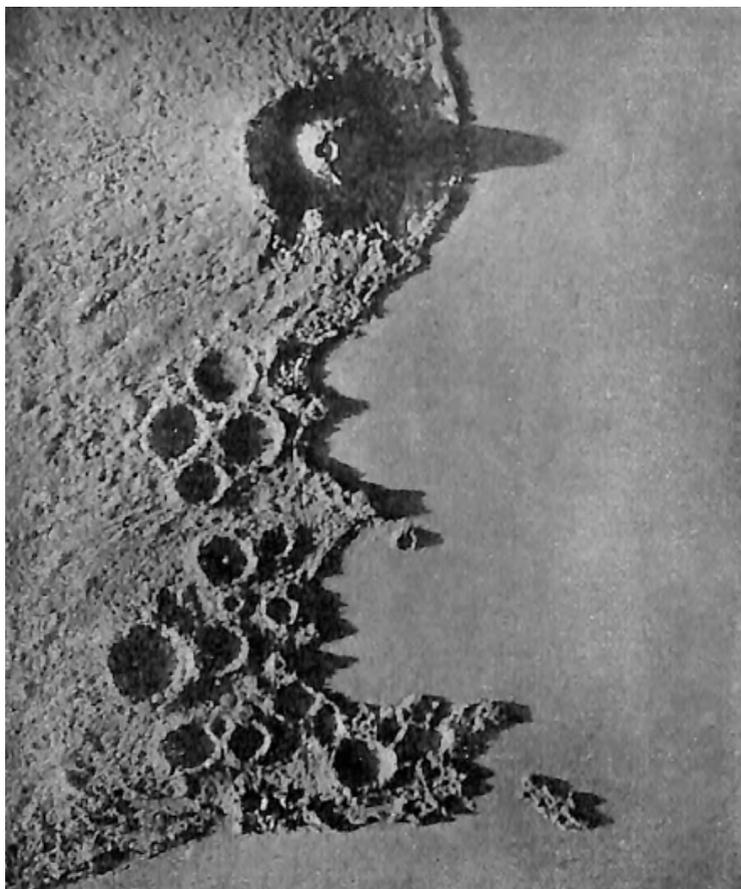


TAVOLA XII.

Crateri e formazioni vulcaniche.

Questo non è un paesaggio lunare, ma il terrestre vulcano Vesuvio ed una parte del paese che gli sta ad ovest, fotografato da un modello fatto dall'ing. James Nasmyth. Può essere paragonato al paesaggio lunare delle Tavole X e XI.

E nemmeno ciò è sufficiente, poiché qua e là enormi fontane di fiamme, chiamate protuberanze, ne sprizzano a centinaia di migliaia di chilometri di altezza. Avviene come se la superficie, incapace di disfarsi dell'energia con la stessa rapidità con cui la riceve, abbia creato in soprannumero un enorme macchinario di fontane, cascate ed archi di fiamme, per aiutare la dispersione. Queste sono, generalmente, di color cremisi, e spesso assumono le forme più fantastiche. Alcune rimangono quasi immobili, come se fossero radicate nel corpo del sole, ma altre sprizzano fuori alla velocità di migliaia di chilometri al minuto. Alcune paiono staccarsi dal sole e raggiungere altezze di migliaia di chilometri, cambiando continuamente forma (vedi Tavola XIV). Una protuberanza uscente sotto l'aspetto di un gigantesco fungo rosso può rattrarsi sotto forma di un cespuglio, o assumere la figura di un feroce cane cremisi, o quella di qualche ancor più strano animale antidiluviano. La Tavola XV mostra una protuberanza fotografata durante l'eclissi del 1919, protuberanza in cui tutto il mondo poté riconoscere un colossale formichiere, lungo 560.000 chilometri dal muso alla coda, un animale di posta tale da poter inghiottire la terra intiera come una semplice pillola. Dopo che ne fu presa la fotografia, esso sollevò il muso e la coda dalla superficie del sole, poi aumentò il numero delle sue gambe e cominciò a saltare fino all'altezza di 760.000 chilometri: allora, il tramonto del sole rese

impossibile agli astronomi di continuare ad assistere alle sue buffonate.

Queste bizzarre architetture di fiamme cremisi non sono l'unico panorama che la superficie del sole ci offra. Qua e là vediamo enormi cavità oscure, simili, all'aspetto, a crateri di vulcani in eruzione, in via d'estrarre fuoco e materia dalle viscere del sole (vedi le Tavole XVI, XVII e XIX). Sulla terra noi le chiamiamo macchie solari; ora che vi siamo vicini, possiamo vedere che non sono macchie: alcune di esse sono così grandi che la nostra terra tutta intera vi potrebbe cadere dentro come un uovo sodo entro un crepaccio.

Ed adesso il sole occupa quasi l'intero firmamento di fronte a noi. Lo vediamo come un abbacinante disco di fuoco, che si fa sempre più vicino; tra poco il nostro razzo vi si schiaccerà contro, e noi ci prepariamo a resistere al colpo. Ora, gli archi e le fontane di fiamme non solamente ci circondano da tutte le parti, ma ci sovrastano anche. Siamo entrati nella terribile atmosfera del sole, di modo che vi è luce dappertutto attorno a noi. Se riusciamo a prendere un campione di quest'atmosfera ed analizzarla, troveremo che è costituita in modo assai diverso dall'atmosfera della terra. Contiene, è vero, gli stessi gas leggeri qui contenuti, ma, inoltre, anche pesanti sostanze metalliche quali platino, argento e piombo oltre, logicamente, alla più gran parte delle sostanze che troviamo sulla terra, se non tutte. Queste si ritrovano qui

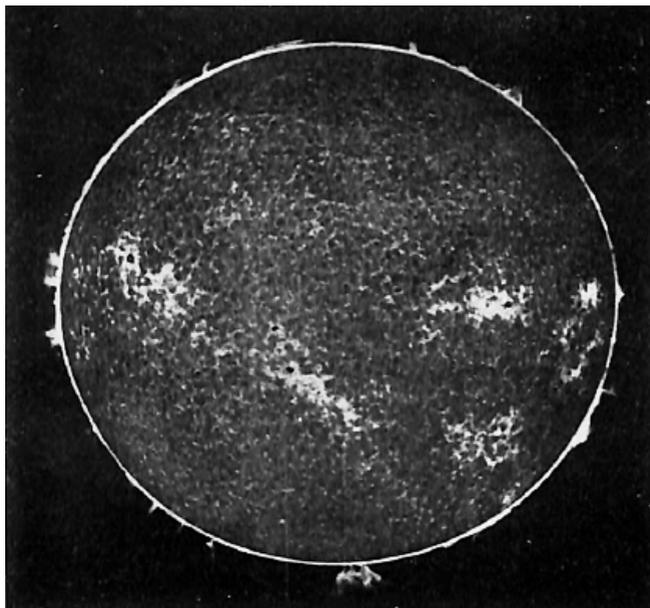
nell'atmosfera solare sotto forma di vapore, perché il calore è troppo grande per permettere a qualsiasi di esse di conservare tanto la forma solida quanto quella liquida. Noi sapevamo tutto ciò prima di lasciare la terra, perché lo strumento chiamato spettroscopio, analizza la luce del sole e ci dice eia che genere di atomi essa sia originata.

Nell'interno del sole

Continuiamo ad attendere l'urto; aspettiamo e aspettiamo, e l'urto non avviene. Dobbiamo già aver percorso centinaia, migliaia, ed ora decine di migliaia di chilometri dentro l'interno del sole, e pure non abbiamo ancora incontrata una superficie solida. Gradatamente ci rendiamo conto di quello che è accaduto. Ci troviamo già bene addentrati nel sole, e non troviamo null'altro che gas! Persino l'atmosfera sfera esterna era troppo calda per permettere a qualsiasi sostanza di rimanere sia allo stato solido che allo stato liquido.

E qui fa ancora più caldo, cosicché ogni cosa è vaporizzata. Sulla terra e sulla luna, e probabilmente su tutti gli altri pianeti, si riscontra un brusco contrasto tra l'atmosfera e la sostanza solida: sul sole, e sulle stelle in generale, questo contrasto non può esistere.

L'atmosfera si fonde gradatamente con la sostanza principale di cui è fatta la stella, che è composta dello stesso genere di materia della sua atmosfera.



J. Evershed, Kodakkanal.

TAVOLA XIII. Il Sole fotografato alla luce di calcio.

Si vedono chiaramente le eruzioni (protuberanze) e i floculi. Vedi anche la Tavola XVII.



Ore 8 e 6 minuti.



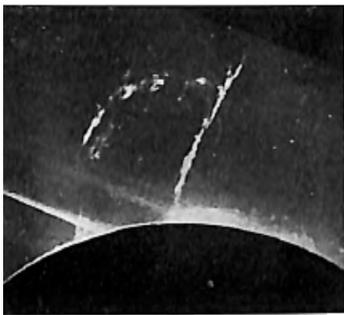
Ore 7 e 52 minuti.



Ore 8 e 36 minuti.



Ore 8 e 45 minuti.



Ore 8 e 57 minuti.
Tre fasi di una eruzione osservata il 25 maggio 1916.



Ore 9 e 5 minuti.
Tre fasi di una eruzione osservata il 19 novembre 1928.
J. Evershed, Kodaikanal.

TAVOLA XIV. Eruzioni solari.

L'eruzione che si vede nelle tre fotografie a destra balzò all'altezza di 908000 chilometri sulla superficie del sole.

E, come qui non esiste nessuna barriera solida per arrestare il viaggio del nostro razzo, il suo moto ci porterà dritti al centro del sole.

Già, quando siamo passati attraverso alla strana superficie del sole, con i suoi paesaggi di fontane ed archi di fuoco, con le sue fiammeggianti vegetazioni contorte, il nostro termometro aveva segnato sette od otto mila gradi di calore; quando ci siamo ritrovati bene dentro all'atmosfera solare, aveva raggiunto dai nove ai diecimila gradi. E da quel punto avemmo l'ultima visione della terra, attraverso ad un velo di fuoco che si andava rapidamente chiudendo attorno a noi. Poi, come ci lanciavamo nell'interno, e la sua terribile luce ci avvolgeva da ogni parte, il nostro termometro cominciò a salire ancora rapidissimamente, raggiungendo presto milioni di gradi: ora che siamo al centro del sole, esso segna qualcosa come 40.000.000°. Quando torneremo sulla terra non ci sarà facile formarci un'idea esatta di ciò che una simile temperatura significhi, ma possiamo aiutare la nostra immaginazione citando un solo fatto concreto. Se noi prendessimo dalle nostre tasche una semplice moneta da una lira, e la potessimo riscaldare fino a farle raggiungere il calore del centro del sole, il suo calore distruggerebbe ogni cosa vivente in un raggio di migliaia di chilometri attorno.

Se è possibile, le pressioni attorno al nostro razzo sono ancor più notevoli della temperatura. Sulla superficie della terra si ha una pressione di circa 1 kg. per ogni centimetro quadrato; questa è necessaria per sopportare il peso dell'atmosfera, e così la chiamiamo pressione d una atmosfera. La pressione nell'interno della caldaia di una

locomotiva moderna da treno espresso è di circa 20 atmosfere, vale a dire che il vapore, nell'interno della caldaia, esercita una pressione uguale a venti volte la pressione dell'aria esterna. Ma la pressione al centro del sole è di 40.000 milioni di atmosfere. Là dove il peso dell'atmosfera della terra crea una pressione di una atmosfera sulla superficie della terra stessa, il peso assai più enorme dell'intera sostanza solare crea una pressione di 40.000 milioni di atmosfere al centro del sole.

Ordinariamente, il fatto di riscaldare una qualsiasi sostanza ne causa la dilatazione, mentre il fatto di sottoporla ad alta pressione ne provoca la contrazione. La sostanza che si trova nel centro del sole vuole espandersi, perché è scaldata, e a circa quaranta milioni di gradi, ma allo stesso tempo vuole anche contrarsi, perché è soggetta ad una pressione di circa 40.000 milioni di atmosfere. Il contrasto tra queste due tendenze si risolve con una vittoria della pressione, vittoria, però, ottenuta per un piccolo margine.

La sostanza del centro del sole non è quindi estremamente compressa — l'estremo calore lo impedisce — e pure, come vedremo tra poco, è compressa più di qualsiasi altra sostanza sulla terra.

Persino gli atomi vengono frantumati

Abbiamo visto come persino la temperatura di poche migliaia di gradi alla superficie del sole sia sufficiente a

vaporizzare tutte le sostanze ordinarie. Non solo fa fondere il ghiaccio e lo converte in acqua, e cambia l'acqua in vapore; giunge persino a sciogliere i legami che tengono assieme le piccole molecole separate di vapore, e le divide ciascuna nei tre atomi di cui sono formate — due di idrogeno e uno di ossigeno. Noi lo sapevamo già prima di partire per il nostro viaggio, perché gli spettroscopi ci avevano detto che, praticamente, tutta la luce del sole e delle stelle proviene da molecole già suddivise negli atomi che le compongono; solamente in poche delle stelle, tra le più fredde, troviamo un piccolo numero di molecole intatte, e queste sono di un genere specialmente resistente.

Nell'atmosfera delle stelle più calde, i nostri spettroscopi trovano che persino gli stessi atomi cominciano ad essere scomposti dall'intenso calore. Ogni atomo ha, al centro, una importantissima particella massiccia, come nucleo; attorno a questa sta un certo numero di particelle meno importanti e meno massicce, chiamate elettroni. Tutti gli elettroni sono esattamente simili, e così sono intercambiabili. Ma i nuclei né sono simili, né sono intercambiabili; il nucleo di un atomo d'idrogeno è differente, sotto tutti gli aspetti, dal nucleo di un atomo d'ossigeno. Naturalmente questa differenza di nuclei è quella che causa tutta la differenza tra idrogeno ed ossigeno.

Questo, dunque, è tutto quello che compone un atomo: un nucleo, ed un certo numero di elettroni. Tutte queste

minuscole particelle sono cariche di elettricità, di modo che ciascun nucleo attira i suoi elettroni attorno a se stesso. Trattiene i due che sono più vicini con molta saldezza, un certo numero di altri, generalmente otto, con minor forza, e gli altri, più distanti, con forza ancora minore. Logicamente, gli elettroni più esterni sono trattiene così debolmente che persino il calore della fiamma di una candela, o di una fiammata di carbone ne può rimettere in libertà parecchi. Dunque dobbiamo attenderci che una certa quantità di essi riacquisti la libertà nell'assai più intenso calore delle atmosfere del sole e delle stelle. L'atomo completo d'ossigeno consiste di un nucleo con otto elettroni attorno, ed i nostri spettroscopî ci mostrano che, nell'atmosfera delle stelle più calde, molti atomi di ossigeno hanno già perso due, e taluno persino tre, dei suoi elettroni. La spettroscopia non può penetrare nell'ancor più caldo interno delle stelle, ma possiamo star certi che, là, gli atomi di ossigeno debbono aver perso più di due o tre dei loro otto elettroni. E, come ci avviciniamo al centro del sole, alla temperatura di vari milioni di gradi, gli atomi di ossigeno debbono essere completamente frantumati. Noi conosciamo la forza con cui il nucleo dell'ossigeno trattiene i suoi elettroni più vicini, e pure questa non è sufficiente per resistere al terribile calore del centro del sole. Parlando in senso più stretto, al centro del sole non esistono atomi di ossigeno, ma solamente una quantità di

nuclei e di elettroni, saettanti a destra ed a sinistra nel più completo disordine.

Vi sono pure altri tipi di atomi, più solidi di quelli dell'ossigeno, e nei quali il nucleo trattiene i suoi elettroni con tanta forza che nemmeno una temperatura di 40.000.000 di gradi riesce a dividerli. Dunque, persino al centro del sole, alcuni dei nuclei di questi atomi devono per forza trattenere i loro due elettroni più vicini, formando così certe specie di atomi in miniatura. La sostanza del centro del sole consisterà dunque tanto di innumerevoli masse di questi atomi in miniatura, con piccoli elettroni staccati, quanto di frammenti di altri atomi completamente frantumati, saettanti nel più perfetto disordine tra di essi ed attraverso ad essi.

Tutte queste cose si muovono con velocità spaventose che sono principalmente risultato dell'estremo calore. Se potessimo misurare la velocità degli elettroni separati che passano accanto ai finestrini del nostro razzo, troveremmo che la sua media è di 48.000 chilometri al secondo, il che vuol dire circa centomila volte la velocità di un ordinario proiettile di carabina. E comprendiamo come le sostanze spezzate degli atomi frantumati non possano tornare a formare altri atomi completi finché siano sottoposti al continuo bombardamento di proiettili lanciati a velocità simili.

Un viaggio nel tempo

Prima che torniamo a volgere il nostro razzo verso la terra, chiediamogli ancora un servizio che, del resto, ci può rendere facilmente: chiediamogli di portarci indietro nel tempo.

Riportiamoci a 3000 milioni di anni or sono, e incrociamo nello spazio, in qualche luogo vicino al sole, mentre gli anni trascorrono. Strettamente parlando, però, gli anni non esistono ancora, perché un anno rappresenta il periodo che la terra impiega per compiere il suo giro completo attorno al sole, e a tempo in cui noi ci troviamo attualmente, la terra non esiste. Siamo, non solamente ritornati a quando nessun uomo abitava ancora la superficie della terra, ma all'epoca in cui non vi era ancora nessuna terra da abitare.

Pure, ci avvediamo che il sole rassomiglia già molto al sole quale è ai nostri tempi; è soltanto un poco più grande, un poco più luminoso, un poco più caldo. I 3000 milioni di anni che abbiamo risalito nel tempo, non contano nemmeno per un giorno nella sua vita: in questo tempo è appena invecchiato.

D'altra parte, però, il firmamento è appena riconoscibile per i nostri occhi di esseri viventi nel 1932 dopo Cristo. Le stelle non compiono un grande viaggio nel periodo troppo breve della vita di un uomo, ma in 3000 milioni di anni percorrono distanze tali da non permetterci di riconoscere alcuno dei punti di riferimento delle costellazioni che ci

sono familiari. Il firmamento ci sembra altrettanto estraneo quanto può parere il cielo dell'emisfero sud ad un viaggiatore che vi sia appena giunto per la prima volta dal nord.

Mentre gli anni passano a migliaia ed a milioni, il firmamento cambia continuamente. Le costellazioni mutano d'aspetto e le stelle variano di splendore, mentre si avvicinano e si allontanano. Una delle stelle che, un tempo, è stata una delle più brillanti del cielo, ora si allontana fino a divenire debolissima e in seguito a scomparire dalla nostra vista. Ci accorgiamo che, fra tutte, vi è a stento una sola stella che sembri splendente quanto lo è Sirio ai nostri giorni, e cominciamo a renderci conto che Sirio ci presenta una combinazione di vicinanza e di splendore piuttosto rara. Pure, almeno una volta, lo splendore di Sirio è stato enormemente superato.

Nasce il nostro mondo

Mentre attraversiamo lo spazio nelle vicinanze del sole e osserviamo il mutevole paesaggio del cielo quale era tra i due e i tremila milioni di anni or sono, scorgiamo una stella che sta rapidamente aumentando di splendore, finché vince in luce tutte le altre, e finalmente ci appare assai più brillante di quanto non vediamo, in questi tempi, Sirio. Ci sembra brillante, più perché ci è molto vicina che non per il suo grande splendore intrinseco; infatti, si è avvicinata in modo insolito al sole. E, come la osserviamo, continua ad

avvicinarglisi, anzi, gli si muove quasi direttamente incontro. Già non è più solamente un puntino di luce; ha l'aspetto di un gran disco. Ed ora è giunta così vicina al sole che si cominciano a notare i suoi effetti meccanici. Così come la luna, per la sua vicinanza alla terra, provoca le maree nei nostri oceani, questo corpo celeste, enormemente più massiccio, per la sua vicinanza solleva maree nella fiammeggiante atmosfera del sole. Essendo, poi, questa stella, assai più grande e pesante della luna, le maree da essa sollevate salgono incomparabilmente più in alto di quelle che la luna provoca sulla terra. Diventano, anzi, così gigantesche che, al punto situato direttamente sotto alla stella, l'atmosfera del sole viene attratta in modo da sollevarsi a formare una enorme montagna, alta parecchie migliaia di chilometri. Questa montagna si sposta sulla superficie del sole, mantenendosi continuamente sotto alla stella che l'ha fatta sollevare, come questa muove attraverso allo spazio. Al punto opposto della superficie solare, si è formata un'altra montagna, ma più piccola che si mantiene sempre opposta alla prima. Come la stella si avvicina ancor maggiormente, questa montagna di marea continua a crescere d'altezza, finché, quando l'astro è giunto così vicino da riempire una gran parte del cielo, si manifesta un altro fenomeno. Sino ad ora, la forza di gravità della stella ha attratto verso di lei la sommità della montagna più grande, facendo opposizione alla forza di gravità del sole, ma questa ultima è sempre stata la più

forte. Ora, la seconda stella giunge così vicina che l'equilibrio si rompe e la bilancia piega dall'altra parte; la forza di gravità della seconda stella vince quella del sole, e la vetta della montagna si lancia verso di lei. E come questo diminuisce la pressione sulla base della montagna, anche questa si slancia in alto, e poi tale esempio è seguito da altre parti situate sotto alla base e così via, sì che una intera corrente di materia si dirige dal sole verso la seconda stella. Se questa stella continuasse ad avvicinarsi al sole, l'estremità di questo getto di materia la raggiungerebbe a tempo, e la materia del getto unirebbe assieme le due stelle come il manico di un manubrio (vedi Tavola XVIII).

Ma, in realtà, l'altra stella non è diretta verso il sole; dopo di essergli giunta così vicino, continua la sua strada senza collidervi e, come si allontana, la sua forza di attrazione diminuisce. Dal sole non viene più strappata materia alcuna, ed il getto che ne è già scaturito forma un lungo filamento di gas caldi sospesi nello spazio. Nella forma, rassomiglia piuttosto ad un sigaro, appuntito alle due estremità. Il punto che ora si trova più lontano dal sole, era originariamente la vetta della marea di materia; la parte media, più grossa, è costituita dalla materia che è uscita in maggiore abbondanza quando la stella era più vicina e la sua forza d'attrazione maggiore. Finalmente, l'estremità appuntita più vicina al sole è formata dagli ultimi getti sottili di materia, lanciati poco prima che la forza

d'attrazione diventasse troppo debole per sottrarre altre molecole al sole.

Mentre stiamo ancora osservando questo filamento di schiuma fiammeggiante, esso comincia a raffreddarsi gradatamente e, raffreddandosi, si condensa in goccioline separate, quasi come una nube di vapore si converte in gocce d'acqua. Pure, queste gocce, come d'altronde il filamento stesso, sono strutture colossali, di dimensioni astronomiche. Naturalmente, sono più grandi verso il centro del sigaro, esso stesso più grosso dove la materia era più abbondante, e sono più piccole ai due capi.

Al fine, poi, queste gocce di materia cominciano a muovere per lo spazio come corpi separati. Esse non ritornano a cadere sul sole, perché la forza di attrazione dell'altra stella che ora vediamo allontanarsi in distanza ha dato loro la spinta iniziale e così, a meno che il loro movimento non le spinga verso il sole, non vi ricadranno, ma cominceranno a descrivergli delle orbite attorno. Questa è una conseguenza diretta della legge di gravità, che era, migliaia di milioni d'anni or sono, uguale a quella di adesso. Alcune di queste orbite possono essere quasi circolari, mentre altre sono grandemente allungate. Osservando le orbite per milioni e milioni d'anni le vediamo gradatamente, e molto lentamente, cambiare di forma. Le gocce condensate di materia, non muovono per spazi liberi da ostacoli, perché il grande cataclisma cui abbiamo assistito ha lasciato i suoi frammenti letteralmente

disseminati nello spazio. Le grandi gocce devono aprirsi a stento la strada attraverso a questi ostacoli, e, mentre compiono questo lavoro, la forma delle loro orbite cambia gradatamente finché, dopo migliaia di milioni di anni, finiscono col percorrere, attorno al sole, orbite quasi circolari, esattamente come succede ai pianeti del giorno d'oggi. E, logicamente, questi corpi sono dei pianeti; il drammatico spettacolo cui abbiamo assistito dal nostro razzo immaginario, è uno di quelli che accadono inevitabilmente ogni qual volta una stella si avvicini troppo ad un'altra, e il suo aspetto definitivo è così esattamente rassomigliante a quello del sistema solare, che abbiamo tutte le ragioni di supporre che questo sia realmente il modo in cui si formano i pianeti. Stando a quanto possiamo, fino ad ora, giudicare dalla loro disposizione e dal loro moto, sembra quasi certo che essi siano stati strappati alla superficie del sole dalla forza d'attrazione di una qualche stella vagabonda, venuta a passargli inusitatamente vicino poche migliaia di milioni di anni or sono.

Abbiamo già notato come l'atmosfera del sole contenga platino, piombo e la maggior parte delle sostanze che troviamo sulla terra. Ora vediamo che esso deve inevitabilmente contenere le stesse sostanze che contiene la terra, dappoiché la terra non è altro che una specie di campione solidificato dell'atmosfera solare. Non possiamo, logicamente, dire quali altre sostanze si possano trovare nelle lontane profondità del sole, dal momento che esse

non hanno il mezzo di rivelarsi a noi, ma è assai significativo constatare come praticamente tutte le sostanze che si incontrano sulla terra siano state osservate per mezzo dello spettroscopio nell'atmosfera del sole, e così, fino ad ora, non abbiamo ragione alcuna di pensare che esso possa contenere altre sostanze, inesistenti sulla terra.

Capitolo III - LA FAMIGLIA DEL SOLE

Ora che il nostro razzo ci ha riportati sani e salvi sulla terra del giorno d'oggi, esaminiamo più minutamente la piccola colonia, quasi completamente isolata nello spazio, e che noi crediamo composta dagli sparsi frammenti di ciò che fu una volta una stella ordinaria. Essa contiene una grande varietà di corpi grandi, mezzani, piccoli e piccolissimi, che dovremo studiare a volta a volta.

I nove pianeti

Rivolgiamo dapprima la nostra attenzione ai membri maggiori, i nove pianeti principali. Questi muovono attorno al sole seguendo una linea quasi circolare, in un modo che ricorda assai i cavalli da circo trotanti o galoppanti attorno al direttore di pista. Essi seguono tutti la stessa direzione, e

questa deve, naturalmente, essere la direzione in cui la stella vagante, che ne ha causata la formazione, muoveva attorno al sole. E appunto a causa del modo in cui essi sono nati, il sistema solare si muove in una sola direzione, come i veicoli in certe grandi piazze affollate. Quelli che si trovano vicino al centro muovono più rapidamente, quelli un poco più distanti sono più lenti, finché quelli all'esterno sono lentissimi, almeno se si paragona la loro alla rapidità di quelli del centro. Ma è vero pure che anche il più distante e più lento ha una velocità di circa cinque chilometri al secondo, il che rappresenta circa 200 volte quella di un treno espresso, benché, astronomicamente, rappresenti una lentezza da lumaca. I pianeti Mercurio e Venere, che sono i più rapidi trovandosi più presso al centro, hanno una rapidità, l'uno dieci, e l'altro sette volte maggiore. La ragione di questa differenza di velocità la vedremo poi; per ora dobbiamo puramente preoccuparci dei fatti.

Prima di dimenticare il paragone della vastissima piazza cui abbiamo accennato, dobbiamo stabilire, perché sia ben compreso, che non possiamo raffigurarci il sistema solare mettendo una statua nel mezzo di questa piazza per rappresentare il sole, e facendole girare attorno nove automobili incaricate di rappresentare i pianeti. La statua sarebbe troppo grande per rappresentare il sole, e le automobili pure, per rappresentare la parte di pianeti. Se vogliamo fare un modello proporzionato, dobbiamo

prendere un oggetto veramente minuscolo, mettiamo un pisello, e fargli rappresentare la parte del sole; sulla stessa scala, i pianeti saranno piccolissime sementi, grani di sabbia o particelle di polvere. E pure, anche così, la vasta piazza sarà appena grande a sufficienza per contenere l'orbita di Plutone, il pianeta più lontano di tutti gli altri. Pensando al pisello, ed alle nove piccole sementi, o grani di sabbia, o particelle di polvere, vediamo che il sistema solare consta principalmente di spazio vuoto. È poi facile comprendere perché i pianeti, nel firmamento, sembrano così minuscoli.

Pure, il sistema solare, se paragonato alla maggior parte dello spazio, dimostra d'essere veramente affollato. Se un pisello e nove altri oggetti ancor più piccoli, in una piazza, possono rappresentare il sole ed i pianeti, la più vicina delle stelle dovrebbe essere rappresentata da una piccola semente situata a parecchie decine di chilometri di distanza. Tutto il resto è spazio vuoto. Così, di nuovo, abbiamo visto quanto il sistema solare sia isolato nello spazio.

Mercurio

Ed ora osserviamo i pianeti in particolare. Il più vicino al sole è Mercurio che gli è vicinissimo. I greci credevano ad una leggenda secondo la quale Mercurio sarebbe stato l'amico più intimo di Apollo, il sole. Essi sono, sfortunatamente, amici così inseparabili, che non possiamo

mai scorgere Mercurio nel cielo notturno; dovrebbe essere troppo lontano dal sole. Se non avessimo un telescopio, il meglio che potremmo sperare sarebbe di vederlo nel crepuscolo del tramonto, come una stella della sera, immediatamente dopo il calar del sole, o pure ad oriente, come una stella del mattino, immediatamente prima dell'alba. Ma anche per questo bisogna esser fortunati, e disgraziatamente non ci è possibile, nove volte su dieci, esserlo alle nostre latitudini, dove Mercurio generalmente rimane nascosto nelle nubi o nelle nebbioline dell'orizzonte. Lo si vede assai più facilmente a latitudini meno alte.

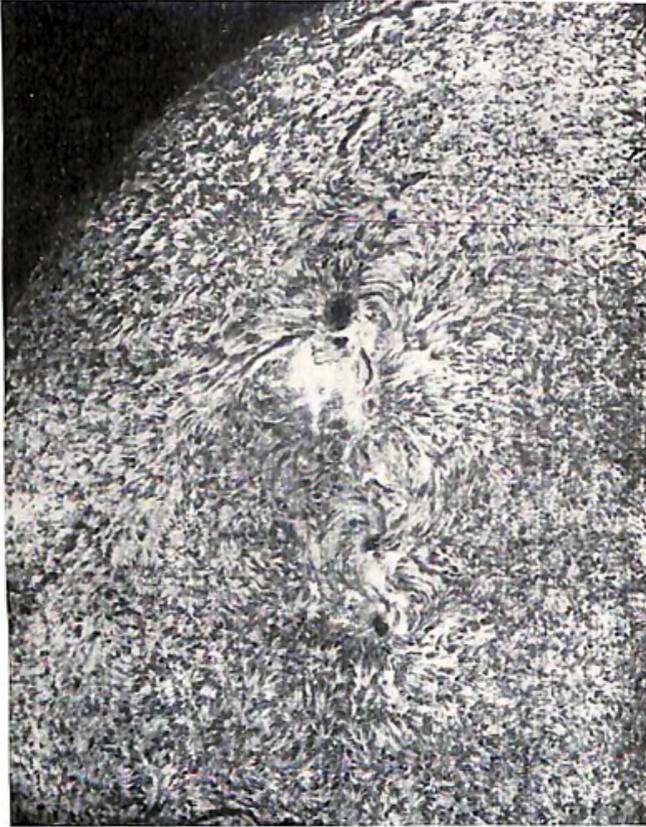
Come Mercurio gira attorno al sole, talvolta si trova da quella parte che ci è più vicina, e talvolta dall'altra. Quando si trova esattamente tra noi ed il sole, la luce di questo gli cade sulla parte a noi opposta, e quella che è volta verso la terra rimane immersa nell'oscurità. In queste occasioni Mercurio può essere visto come un piccolo disco nero che attraversa quello lucente del sole. Quando invece rimane nelle altre posizioni, possiamo vedere dalla terra parte della sua faccia illuminata, parte che può assumere tutte le forme, da quella di mezzaluna sottile, simile ad una luna nuova, fino al disco pieno che vediamo quando il pianeta si trova dalla parte più distante dal sole. A causa di ciò, sembra che Mercurio attraversi delle fasi simili a quelle della luna.



A. C. Crommelin, Osservatorio di Greenwich,

TAVOLA XV. L'eruzione a "formichiere,, (29 maggio 1919).

L'intera lunghezza di questa eruzione era di circa 500 000 chilometri.



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XVI. Una piccola parte della superficie del Sole fotografata in luce di idrogeno.

Qui si possono osservare i particolari di quattro macchie solari, e le turbinose formazioni di flocculi che le circondano.

La parte non illuminata è sempre interamente oscura, e questo dimostra che esso non brilla di luce propria, ma solamente in grazia alla luce del sole che vi cade sopra. E lo stesso accade per gli altri pianeti.

Venere

Venere, che viene secondo in ordine di distanza, dista dal sole quasi il doppio di Mercurio, ma rimane ancora così vicino al sole, che raramente lo si vede nel cielo notturno. Come Mercurio, è visibile generalmente sia nel crepuscolo vespertino, quale una stella della sera, sia nella luce dell'alba, come una stella mattutina. Dopo il sole e la luna è di gran lunga il corpo più brillante del firmamento.

In Venere si notano fasi come quelle di Mercurio e della luna, e così, generalmente, noi non possiamo vedere tutto il suo emisfero illuminato. E anche, come gira attorno al sole, la sua distanza da noi cambia tanto che appare mutar continuamente di grandezza e di forma.

Sembra più grande quando è più vicino, quasi esattamente a mezza strada tra noi e il sole. La sua forma, allora, è quella di una mezzaluna sottile. Tutto il resto della superficie che rivolge a noi è immerso nell'oscurità. Quando è nel punto più lontano — quasi esattamente dietro al sole — è ad una distanza sei volte maggiore, e così sembra sei volte più piccolo di quando si trova nel punto più vicino. In queste occasioni, la luce del sole cade su tutta l'intera faccia rivolta verso di noi, cosicché sembra un disco, come la luna quando è piena.

Il suo splendore apparente varia con la forma e la distanza, e sembra più lucente quando ha la forma di mezzaluna, simile a quella di una luna nuova di cinque giorni (vedi Tavola IX). Allora è dieci volte più brillante di

Sirio, e sarebbe terribilmente abbagliante, se la sua vicinanza col sole non ci impedisse di vederlo in tutto il suo splendore. Anche, quando la lucentezza del sole offusca quella di Venere, offusca ancor più quella di altre e più deboli stelle, così, al cader della sera, Venere è spesso la prima stella ad apparire nella crescente oscurità del crepuscolo del cielo occidentale. Altre volte può essere una splendentissima stella del mattino, essendo spesso l'ultima a dileguarsi nella luce del giorno. Per questa ragione è ritenuto comunemente esser stata la «stella di Betlemme», quella che i Re Magi videro ad oriente. A volte può essere anche tanto brillante che nemmeno la luce del sole la può far completamente impallidire. Spesso è stata vista in pieno giorno, talvolta persino a mezzogiorno, ad occhio nudo. Con un telescopio, anche se di forza limitata, possiamo seguire il suo moto mentre attraversa il cielo a fianco del sole, in piena luce, dal mattino alla sera.

La terra

Sempre in ordine di distanza dal sole, dopo Mercurio e dopo Venere, viene la nostra terra. Essa è più grande, in volume, di entrambi, per quanto sia appena più grande di Venere. L'ordine di grandezza, Mercurio, Venere, la terra, corrisponde a quello della distanza dal sole, il che si accorda benissimo con la teoria che i pianeti si siano formati, come condensazioni, da un filamento di gas a forma di sigaro. Mercurio, il pianeta più piccolo di tutti,

corrisponderebbe logicamente all'estremità appuntita del sigaro.

Abbiamo visto come Mercurio e la luna, entrambi assai più piccoli della terra, siano privi di atmosfera, essendo la loro forza di gravità troppo debole per trattenerne una. Venere e la terra sono entrambi grandi abbastanza per non aver da soffrire di questa menomazione.

Come questi due pianeti sono all'incirca della stessa misura, e la storia delle loro vite è probabilmente simile, potevamo ragionevolmente attenderci che le loro atmosfere fossero pure simili. In realtà, invece, esse sono assai differenti. L'ossigeno, che forma molta parte dell'atmosfera della terra, sembra essere estremamente raro, se pur esiste, in Venere. Noi sappiamo che l'ossigeno si combina assai facilmente con altre materie; e queste combinazioni avvengono specialmente quando certe sostanze bruciano o si corrodono, o arrugginiscono. Stando così le cose, non dobbiamo sorprenderci se nell'atmosfera di Venere è rimasto così poco ossigeno; quello che ci dovrebbe sorprendere, se non ne conoscessimo la spiegazione, è che ve ne sia rimasto tanto nell'atmosfera terrestre. La spiegazione di questo fatto si è che ogni albero ed ogni foglia d'erba esistente sulla terra è una specie di fabbrica d'ossigeno, poiché è la vegetazione terrestre quella che ci mantiene il necessario rifornimento di questo gas. Il fatto di non potere notare una certa quantità d'ossigeno nell'atmosfera di Venere, ci fa supporre che su questo pianeta non

vi sia affatto vegetazione, e probabilmente nemmeno vita di alcun genere.

I pianeti esterni

Mercurio e Venere sono così vicini al sole nello spazio che, nel firmamento, li vediamo sempre vicini. I sei pianeti di cui non abbiamo ancora parlato, girano attorno al sole in orbite molto più larghe di quella della terra. Guardandoli dal punto vicino al sole in cui ci troviamo, essi ci sembrano non solamente girare attorno al sole, ma anche attorno a noi, cosicché li vediamo spesso in punti distantissimi dal sole, nell'oscuro cielo notturno. In queste condizioni, i due che si trovano più vicini alla terra, Marte e Giove, possono sembrarci impressionanti — naturalmente, nelle più favorevoli delle condizioni, tanto l'uno che l'altro ci appaiono come i corpi celesti più brillanti. Il loro splendore raggiunge appena un decimo di quello di Venere, ma Venere è una lampada che s'accende solamente di giorno o durante il crepuscolo, mentre Marte e Giove sono candele che bruciano nell'oscurità della notte; non hanno da lottare contro la tremenda luce del sole. Tutti gli altri pianeti brillano di una luce molto più debole. Saturno, il più brillante di questi ultimi, sembra soltanto una stella ordinaria. Urano è appena visibile ad occhio nudo, e la visibilità di Nettuno è molto al disotto di questa, mentre quella di Plutone è la più bassa di tutte. Infatti, per vederlo, abbiamo bisogno di un potente telescopio.

Marte, il primo che incontriamo allontanandoci nello spazio, è molto più piccolo del nostro pianeta, essendo il suo diametro poco più grande della metà del diametro della terra. Così Marte interrompe, almeno occasionalmente, la regola che i pianeti aumentino di volume man mano si allontanano dal sole. Ma Giove, che lo segue, rende il suo pieno valore a questa legge. Esso è di un diametro undici volte maggiore a quello della terra, e pesa 317 volte quanto questa; ne consegue che il suo peso è più del doppio del peso di tutti gli altri otto pianeti presi assieme. Come questo è quello che si trova al centro della serie dei pianeti, il quinto di nove, deve esser stato originato dalla parte centrale del sigaro di filamento gassoso, Là dove la materia era più abbondante. E questo s'accorda col fatto dell'essere esso il più grande ed il più massiccio di tutti i pianeti. Dopo di Giove, tanto le grandezze quanto il peso dei pianeti diminuiscono costantemente; abbiamo oltrepassata la parte centrale del sigaro e ci avviciniamo all'altra sua estremità appuntita. Saturno, che è il pianeta seguente, contiene meno della metà della sostanza contenuta da Giove, mentre gli altri tre sono enormemente più piccoli di Saturno. Naturalmente, Plutone, che si trova all'altra estremità del sigaro, sembra appena più grande di Mercurio.

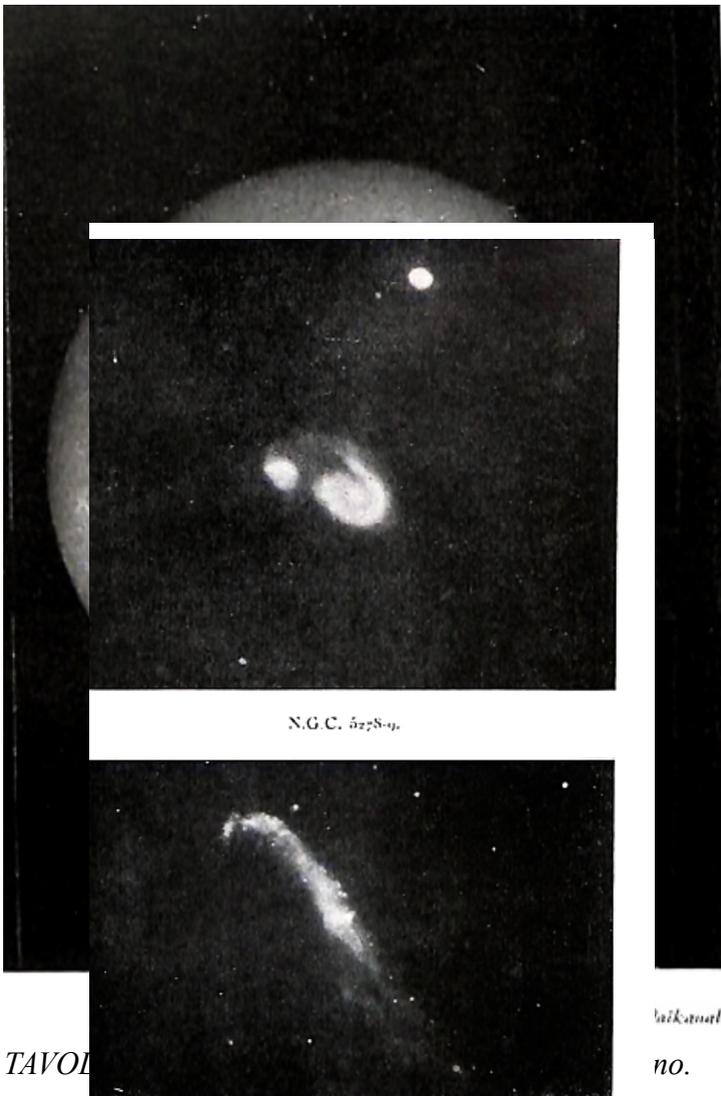
I climi dei pianeti

Il telescopio è, prima di tutto, uno strumento atto a raccogliere una grande quantità di luce da una stella, o da

un gruppo di stelle, e a convogliarla tutta all'occhio umano o ad una lastra fotografica, esattamente come un cornetto acustico raccoglie una grande quantità di suono, e lo convoglia all'orecchio del sordo. Il telescopio raccoglie anche una grande quantità di calore, che viene poi misurato con strumenti inventati all'uopo. Sono, ora, questi strumenti così sensibili che un grosso telescopio potrebbe misurare il calore disperso da una semplice candela accesa a centinaia di chilometri di distanza, e quindi possono misurare facilmente il calore disperso dai pianeti più prossimi e dalle stelle più lucenti.

Parlando in senso molto lato, si è constatato che i pianeti disperdono circa altrettanto calore quanto ne ricevono dal sole, e non di più. Da lunga pezza noi sappiamo che essi brillano solamente di luce riflessa — o, in altre parole, che essi emettono solamente la luce che ricevono dal sole e che riflettono — ed ora lo stesso fatto è provato anche per il calore che emettono. Quando cominciarono a formarsi sotto l'aspetto di fiocchi di spuma incandescente lanciata dal sole, dovevano essere intensamente caldi, e disperdere un terribile calore proprio, ma da allora sono trascorsi 2000 milioni di anni, che hanno loro dato ampiamente il tempo di raffreddarsi. Non hanno, quindi, più affatto calore proprio, e sono caldi solamente in quanto sono riscaldati dal sole. Di conseguenza, più lontani sono dal sole, più freddi sono — quasi come un gruppo di persone accampate attorno ad un fuoco di bivacco.

Naturalmente, possiamo pensare che il sole e le stelle siano quali una grande collezione di fuochi di bivacco, dispersi per lo spazio. Lontano, nelle remote profondità di questo spazio, a grandi distanze da questi fuochi, il freddo è così intenso da raggiungere i 480 gradi sotto 0, circa. Mentre noi ci avviciniamo al sole, o, naturalmente, a qualsiasi altro di questi fuochi di bivacco, troviamo temperature migliori, ma dobbiamo percorrere un lunghissimo tragitto, prima di trovare uno stato di cose che si possa definire confortevole — o, almeno, in cui la vita sia perfettamente possibile. I pianeti esterni, Plutone, Nettuno, Urano e Saturno, debbono essere freddi più di qualsiasi cosa sulla terra. Persino Giove è freddo, ad un grado impossibile da immaginare. La quantità di calore che noi ne riceviamo, dimostra che la sua temperatura deve essere di circa 132 gradi centigradi sotto zero. E questo è un freddo tale non solamente da far congelare l'acqua, ma da ridurre i gas più comuni, come quelli che compongono la nostra atmosfera, allo stato liquido. Pure, il pianeta non è completamente privo di attività; nella sua atmosfera si notano fatti definiti che durano per un certo tempo e poi scompaiono, quasi come le nubi piovache nell'atmosfera della terra (vedi la Tavola XXII.). Le nubi di Giove debbono, assai probabilmente, esser nubi di diossido di carbonio, o di qualche altro gas che si condensi solamente a temperature bassissime.



N.G.C. 5278-9.

N.G.C. 4650-7.

Wickham,
no.

TAVOLA

Si ved
lumino

Osservatorio del Monte Wilson.

anche

TAVOLA XVIII. Azione di marea.

Per quanto l'interpretazione di entrambe queste fotografie possa esser dubbia, esse possono servire ad illustrare come un filamento può essere attratto fuori da una massa gassosa dall'attrazione di un secondo corpo.

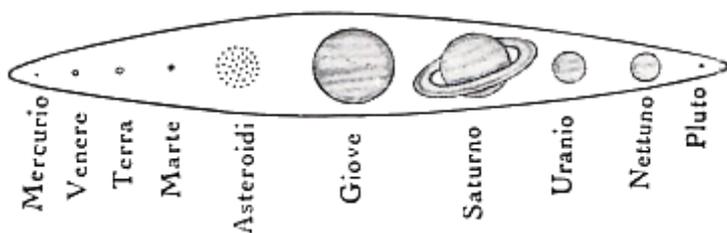
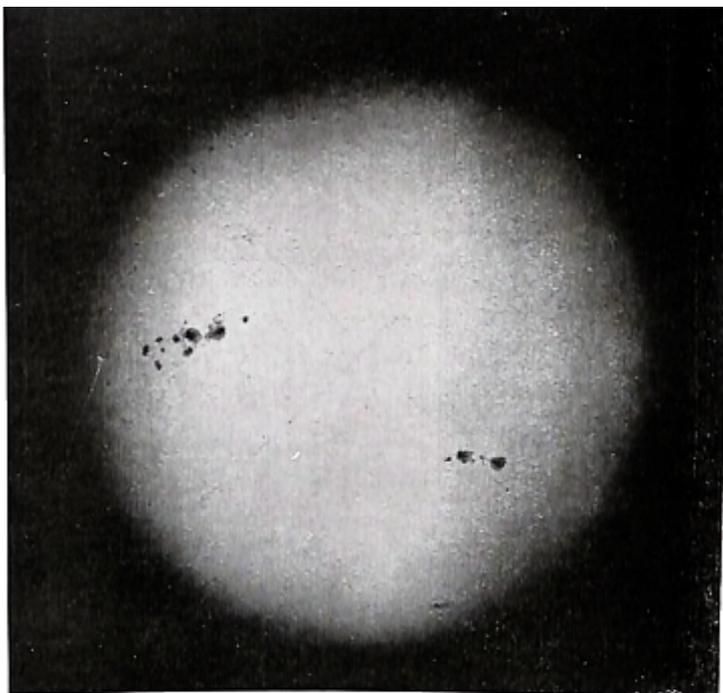


TAVOLA XIX. Il Sole ed i Pianeti in proporzione.

I pianeti sono disposti in ordine, secondo la loro posizione a partire dal sole, e vediamo come il loro volume aumenti sino a Giove, per tornare poi a diminuire.

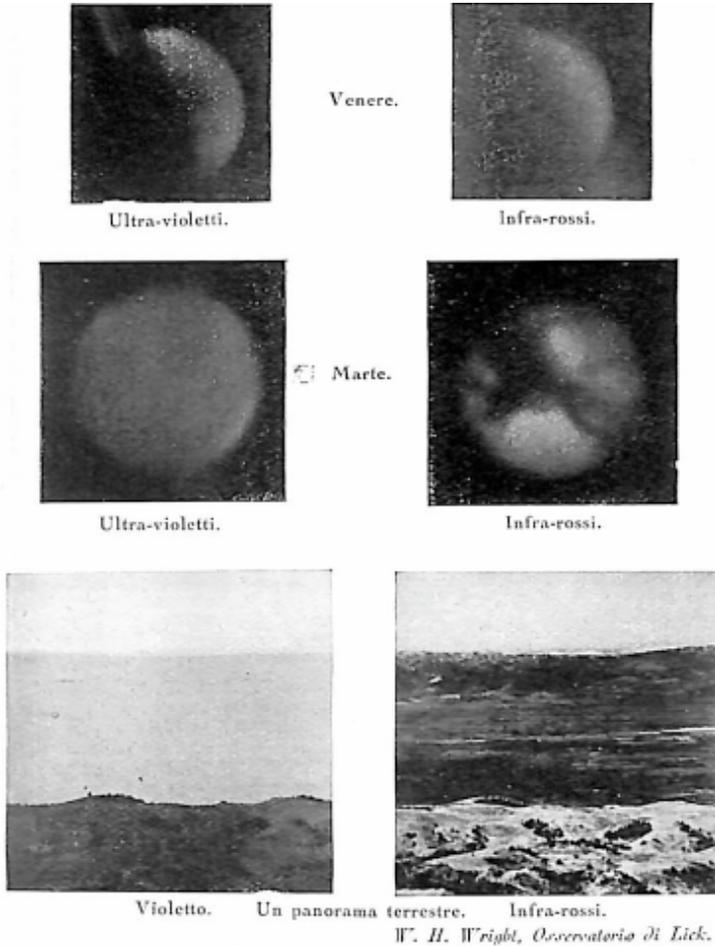


TAVOLA XX. Venere e Marte.

Le due fotografie in calce mostrano come i raggi violetti fotografino principalmente l'atmosfera, poiché la città nello sfondo, San José di California, si vede appena attraverso 22 chilometri circa in linea d'aria, mentre i raggi infra-rossi attraversano questi 22 chilometri d'atmosfera abbastanza facilmente. Venere è circondata da un'atmosfera che impedisce persino ai raggi infra-rossi di trovare

una superficie solida. Marte ha un'atmosfera diversa, come si vede dalla fotografia a sinistra, eseguita con i raggi ultra-violetti, ma i raggi infra-rossi vi penetrano facilmente, e riescono a fotografare la superficie permanente del pianeta. Accurate misurazioni mostrano che l'impronta ottenuta coi raggi ultra-violetti è notevolmente più grande di quella ottenuta coi raggi infra-rossi, il che indica come l'atmosfera di Marte si estenda ad una considerevole altezza.

Quando giungiamo a Marte, il pianeta più prossimo alla terra, troviamo condizioni meno inospitali, pure, persino la superficie di Marte è in gran parte sottoposta ad una temperatura inferiore a zero. Qualche punto del suo equatore, verso il mezzogiorno, quando il sole vi batte a picco, ha probabilmente una temperatura uguale a quella che si ha a Londra in un pomeriggio di novembre. Ma, come sappiamo, Marte ha troppo poca atmosfera, per trattenere questo calore. Anche la qualità della luce che esso ci manda, indica che la sua superficie, come quella della luna, è composta per la maggior parte di ceneri vulcaniche, che nemmeno qui hanno la facoltà di immagazzinare il calore. Così, quando il sole si sposta e la notte si avvicina, la temperatura si abbassa rapidissimamente; il gelo si manifesta prima di sera e, verso la mezzanotte, all'equatore di Marte deve fare tanto freddo quanto ne fa al nostro Polo Nord.

La nostra terra gode di quella che si potrebbe chiamare una temperatura confortevole, ma, come ce ne allontaniamo e ci avviciniamo sempre più al sole, troviamo che i due pianeti più interni del sistema solare, Venere e

Mercurio, non sono più in condizioni così soddisfacenti. Se su Venere fa già molto caldo, su Mercurio ne fa ancor di più. Un punto di Mercurio su cui batta il sole, è caldo quanto il carbone acceso sotto ad una graticola.

Esiste vita su Marte?

La terra è dunque l'unico pianeta che conosciamo la cui temperatura sembri interamente adatta alla vita. Il suo concorrente più serio è Marte. Vari astronomi hanno notato su questo pianeta certi segni che credono canali e che reputano esser stati costruiti artificialmente. D'altra parte, le fotografie del pianeta non mostrano affatto segni che possano esser stati lasciati sulla sua superficie da esseri intelligenti. La prova della loro esistenza è rimasta fino ad ora basata puramente sull'osservazione visiva, e l'occhio umano è notoriamente capriccioso e poco degno di fiducia quando deve lavorare con luce inadeguata. Vari esperimenti hanno provato che un occhio il quale si sforzi di studiare certi elementi sotto ad una luce piuttosto debole, tende a connettere i punti illuminati e le macchie oscure che vede su di un oggetto in penombra, con linee rette inesistenti, come quelle che gli osservatori primitivi di Marte avevano creduto di scorgere sul pianeta. Ed è in seguito a ciò che i primi osservatori sostenevano di aver notato, su Mercurio e su Venere, segni di tale fatta. Eppure noi ora sappiamo che la superficie visibile di Venere consiste unicamente di nubi, e che Mercurio è evidentemente inadatto alla vita. In un

periodo ancora anteriore, gli osservatori avevano l'uso di registrare segni dello stesso genere sulle loro carte della luna; alcuni di essi sappiamo esser interamente immaginari, mentre altri, che realmente corrispondono alla realtà, non sono certamente canali. La storia generale della vita di simili segni, sembra insegnarci appunto come essi siano originalmente stati disegnati in seguito ad operazioni compiute con luce inadeguata e inadeguati mezzi d'ingrandimento, e che, di conseguenza, scompaiono al lume di cognizioni più complete. A causa di ciò, la più gran parte degli scienziati sospenderà il suo giudizio sulle supposte prove della vita su Marte, finché la macchina fotografica non assicuri che esse esistono realmente.

Non si può negare, però, che su Marte si osservano certi cambiamenti dovuti alle stagioni. Durante l'inverno, sul pianeta si forma, indubbiamente, una cappa bianca di neve attorno al Polo Nord. Nell'estate questa fonde e, come essa fonde, il paesaggio situato più a sud cambia d'aspetto. Alcuni astronomi credono che tali cambiamenti possano essere provocati dal crescere delle vegetazioni, aiutato dal deflusso dei ghiacci in fusione; altri ritengono che, più probabilmente, essi siano causati dalla caduta delle piogge che innaffiano deserti di ceneri vulcaniche, privi di vita.

In generale, è difficile chiamare solide le prove di vita su Marte o su qualsiasi altro pianeta del sistema solare e, per quanto ogni contrasto d'opinioni possa aver diritto desistere, a me sembra più probabile che la vita esistente su

questa terra sia l'unica manifestazione di vita in tutta la famiglia del sole, per quanto altre stelle assai distanti nello spazio, possano comprendere, nelle loro famiglie, qualche pianeta abitato.

I satelliti dei pianeti

Per la maggior parte, i pianeti sono accompagnati da cortei di satelliti, o lune, in numero proporzionato alla loro grandezza e dignità. I due più grandi, Giove e Saturno, ne hanno nove ciascuno; Urano che li segue in grandezza, ne ha quattro, mentre i pianeti più piccoli ne hanno due, uno, o anche nessuno. Noi crediamo che i satelliti siano frammenti staccati dai pianeti, esattamente come i pianeti sono frammenti staccati dal sole, per una serie quasi identica di eventi.

E ciò, perché le teorie matematiche dimostrano come, attorno ad ogni grande corpo che si trovi nello spazio, esista una zona che potrebbe essere chiamata zona pericolosa. Un corpo piccolo entra in questa zona pericolosa non appena esso giunga ad una certa distanza dal corpo grande. E, quando ciò avviene, la forza d'attrazione del corpo grande si manifesta più forte di quanto esso possa sopportare, e lo frantuma. Nessun corpo piccolo può entrare nella zona pericolosa di un corpo grande ed uscirne intero, per quanto l'ammontare dei danni dipenda dalla lunghezza della sua permanenza nella zona pericolosa. Noi crediamo che, molto tempo fa, nei suoi

ciechi vagabondaggi per lo spazio, il sole sia entrato nella zona pericolosa di un stella più grande e ancor più massiccia, ed abbia pagata la consueta penalità di venir mutilato nel modo già descritto. Dal suo corpo venne strappata una certa quantità di materia, che formò un filamento a forma di sigaro, dal quale nacquero i pianeti. Noi abbiamo visto come, da principio, i pianeti non abbiano descritto quelle orbite regolarmente circolari che ora seguono; il loro moto era assai più irregolare, e li poteva condurre nella zona pericolosa che circonda il sole, nel qual caso avrebbero potuto esser spezzati quasi come il loro parente, il sole, era stato spezzato prima di essi. Sembra assai probabile che i satelliti dei pianeti siano nati in modo simile. Logicamente, i sistemi dei satelliti sono tanto simili al sistema solare principale, da costringerci quasi a supporre che siano nati da un procedimento uguale a quello che diede la nascita al sistema principale. Se le cose stanno così, il sole è il padre dei pianeti, ed il nonno dei loro satelliti.

Gli anelli di Saturno

Saturno è, sotto molti aspetti, il più interessante di tutti i pianeti, ed è certamente anche quello d'aspetto più impressionante. Non solamente ha nove lune ma è anche circondato da tre anelli circolari piatti, che formano una specie di collare attorno al suo corpo (vedi Tavola XXI). Li scoperse, per primo, Galileo nel 1610; dopo d'allora hanno

suscitato molte discussioni sulla loro natura. Nel 1750, Thomas Wright avanzò l'ipotesi che «se potessimo vedere Saturno attraverso ad un telescopio capace di avvicinarlo abbastanza, vedremmo come i suoi anelli non siano altro che un numero infinito di pianeti minori, più piccoli ancora di quelli che chiamiamo i suoi satelliti».

La verità di questa supposizione è stata provata nel modo più assoluto. Nel 1859, Maxwell, il matematico di Cambridge, che disse essere gli anelli «da un punto di vista scientifico, i corpi più notevoli del cielo», provò matematicamente come debbano essere della natura loro prestata dal Wright. Nel 1895, l'astronomo americano Keeler confermò questa teoria compiendo alcune osservazioni che dimostrano come la materia di questi anelli giri attorno al pianeta, ma che le parti esterne si spostino più lentamente di quelle interne. Qui, di nuovo, come in generale nel sistema solare, troviamo che la direzione è sempre la stessa, e che le velocità minori sono quelle notate all'esterno. Non ci sarebbe possibile constatare questo fatto se gli anelli fossero solidi, ma non potremmo nemmeno trovare altro, se essi consistessero effettivamente di milioni di lune in miniatura.

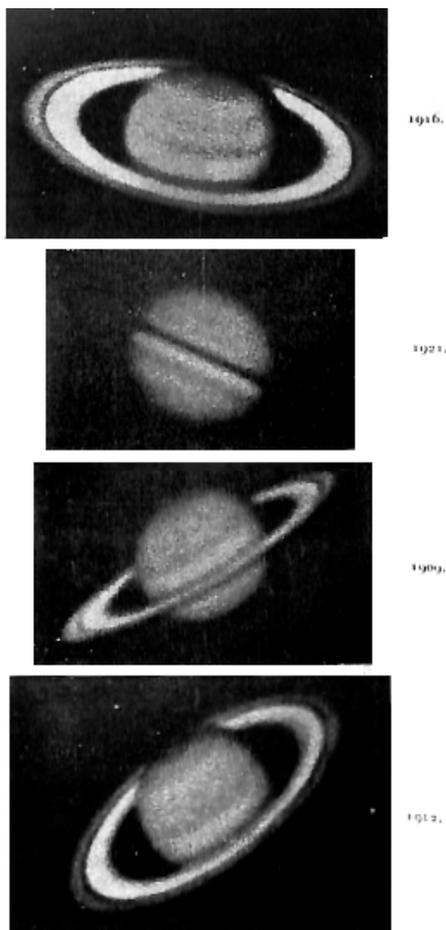
Abbiamo ogni ragione di ritenere che queste minuscole lune siano frammenti di un corpo che, una volta, costituiva una luna intera, di formato normale, di Saturno. Questa, probabilmente, è entrata nella zona pericolosa di Saturno, nella quale nessun corpo piccolo può entrare impunemente,

ed ha pagato la solita penalità, quella, cioè, di venir frantumata. Esattamente come noi crediamo che, in un passato remoto, una stella di passaggio abbia mutilato il sole formando così la sua attuale famiglia o, ancora, come crediamo che il sole abbia spezzato Saturno formando i suoi satelliti, così crediamo che Saturno stesso abbia frantumato il suo satellite più vicino in milioni di frammenti, formando il suo sistema di anelli — una terza generazione di corpi astronomici.

Pure, i due processi non furono completamente uguali. La permanenza del sole nella zona pericolosa della stella maggiore fu solamente temporanea. Muoveva attraverso allo spazio a buona velocità, ed il suo moto lo trasse dalla zona pericolosa prima che fosse frantumato completamente. Così pure la permanenza di Saturno nella zona pericolosa del sole fu solamente temporanea. Il satellite di Saturno, d'altra parte, descriveva attorno a questo un'orbita circolare; la ragione per cui esso entrò nella zona pericolosa di Saturno fu che la sua orbita si andava gradatamente restringendo.

In tal modo gli capitò la mala sorte di entrare in quella zona senza poterne tornare ad uscire, e venne frantumato completamente. Non vi può esser dubbio che questa supposizione sia esatta, perché possiamo anche calcolare fin dove si estenda la zona pericolosa di Saturno. Il satellite di Saturno che gli è più vicino, è appena fuori di questa

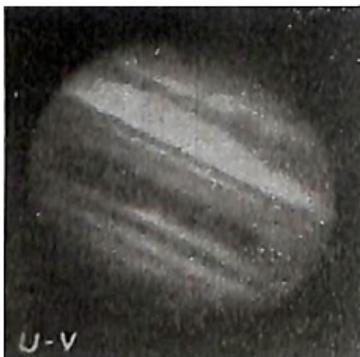
zona, e naturalmente rimane intiero, ma gli anelli vi sono dentro.



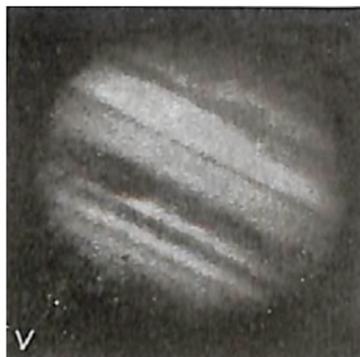
Osservatorio di Lowell.

TAVOLA XXI. Saturno.

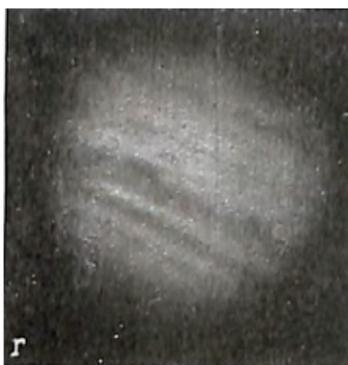
Fotografie prese in quattro anni diversi, che mostrano quattro aspetti diversi di Saturno e del suo sistema di anelli.



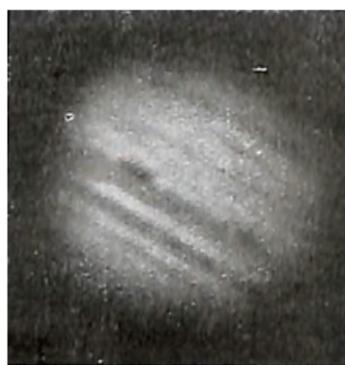
Ultra-violetti.



Violetti.



Rossi



Infra-rossi.

W. H. Wright, Osservatorio di Lick.

TAVOLA XXII. Giove.

Il pianeta è fotografato in quattro dei colori della luce. I raggi violetti e gli ultra-violetti ci mostrano maggiori particolari, suggerendoci che i segni che si vedono su Giove siano atmosferici, cosa confermata dalla loro mutabilità.

In nessuna parte del sistema solare troviamo un satellite di una certa grandezza che giri entro la zona pericolosa del suo pianeta. Il satellite più interno di Giove giunge vicinissimo alla zona pericolosa del suo pianeta. Pare che,

col passar del tempo, questo satellite si porti sempre più vicino a Giove e che, una volta o l'altra, in un futuro nemmeno tanto distante, debba entrare nella zona pericolosa e venir frantumato. Allora Giove sarà circondato da un anello come lo è attualmente Saturno.

Nello stesso modo, benché in un futuro lontanissimo, la nostra stessa luna verrà trascinata sempre più vicino alla terra, troppo per la sua incolumità, ed incontrerà lo stesso destino. Dopo di ciò, la terra non avrà più luna, ma sarà circondata da una gala di anelli come Saturno. Questi anelli, non solo rifletteranno la luce del sole assai più di quanto non la rifletta la nostra luna attuale, ma daranno alla terra un chiarore completo di luna piena, durante tutta la notte. Mentre questo fatto, senza dubbio, costituirà una delle nuove amenità della vita, le cose andranno, sotto altri rapporti, meno bene che non adesso. Perché, ad intervalli frequenti, queste lune si scontreranno tra di loro ed i loro frammenti pioveranno sulla terra come enormi rocce cadenti dal cielo.

Gli Asteroidi

Attorno al sole, tra Marte e Giove, girano, sempre nell'abituale direzione unica del sistema solare, migliaia di piccoli corpi, chiamati «asteroidi» o «pianeti minori». Anche questi sono, probabilmente, frammenti sparsi di un unico corpo grande frantumato. Tra le orbite di Marte e di Giove, si trova un abisso anormalmente vuoto, e pare che

in questo punto ruotasse un pianeta unico di carattere ordinario, andato poi incontro alla sua distruzione entrando nella zona pericolosa di Giove.

Comete e stelle cadenti

Il resto della famiglia del sole è composto da corpi piuttosto piccoli. Fra questi vengono prime, per volume ed importanza, le comete. Esse rassomigliano ai pianeti, inquantoché girano continuamente attorno al sole, ma ne differiscono per il fatto di seguire orbite molto allungate, di modo che talvolta una cometa si può trovare lontanissima nelle fredde profondità dello spazio, e un'altra volta piuttosto vicino al sole. Le comete sono abitualmente invisibili, almeno finché non entrano in pieno nella luce e nel calore del sole. Ed allora possono assumere un aspetto cospicuo, ed anche sensazionale, completamente sproporzionato alla loro vera importanza. Anch'esse vengono infrante quando entrano nella zona pericolosa che circonda un corpo celeste grande quanto il sole o quanto Giove; i loro frammenti, in tal caso, formano delle piogge di quei sassi che noi chiamiamo meteore. A volte avviene che la terra passi attraverso ad una di queste piogge, di modo che qualcuna delle meteore viene presa nell'atmosfera terrestre. Allora questa viene riscaldata fino al calor bianco dalla frizione dell'aria ed abbiamo quello che viene considerato come un vero spettacolo meteorico, una pioggia di stelle cadenti. In qualche caso la rotta di

queste piogge di meteore coincide esattamente con quelle che furono le rotte di comete scomparse, dando così una prova convincentissima della frantumazione della cometa in uno sciame di corpi più piccoli. E, naturalmente, l'intera storia del sistema solare è, in gran parte, una lunga storia di grandi corpi celesti che ne formano di quelli più piccoli dopo di esser stati frantumati, non tanto da una vera e propria collisione, quanto da una forza di gravità come quella che solleva le maree sulla nostra terra, e che li spezza in mille frammenti.

Per la maggior parte, le meteore non sono più grandi di una noce o di un pisello, se pure raggiungono questa grossezza. Generalmente, sono tanto piccole da venir vaporizzate prima di colpire la terra, lasciando solamente dietro una scintillante scia di polvere luminosa. La fine di questa scia indica il punto in cui esse vengono completamente disciolte in vapore, punto che si trova abitualmente a molti chilometri al disopra del nostro suolo. Occasionalmente, però, qualche meteora è troppo grande per venire interamente vaporizzata nel suo rapido volo attraverso l'aria, e quello che di essa rimane colpisce la terra come una pietra meteorica.



Or. osservatorio di Lowell.

*TAVOLA XXIII. La Cometa di Halley
come fu vista il 7 maggio 1910.*

*Questa è la più famosa di tutte le comete.
Fu probabilmente quella che “rimase
sospesa su Gerusalemme in aspetto di
spada,, prima della distruzione della città,
avvenuta nel 66 d. C. La sua comparsa
nel 1759, confermando le predizioni di
Halley sulla legge di gravitazione,
convinse gli uomini che il suo percorso
era stabilito da questa legge, e non le sue
comparsa dall'avvicinarsi di qualche
disastro sulla terra.*



Osservatorio di Helwan.

TAVOLA XXIV. La Cometa di Brooke come fu osservata il 7 novembre del 1911.

Il leggero prolungamento delle stelle è causato dal'aver il telescopio seguita la cometa e non le stelle, durante l'esposizione della lastra, che fu di 15 minuti. (Vedi anche la Tavola XXIII).

Tutte le parti della terra sono, naturalmente, soggette a venir bombardate da queste pietre, che sembrano cadere dal cielo.

Il Libro di Giosuè ci dice che «il Signore lanciò grandi pietre dal cielo». Molte altre cadute di pietre sono ricordate dagli antichi scrittori. Un gran numero di questi meteoriti caduti sono stati conservati, ed alcuni di essi sono considerevoli per volume e per peso.

Nell'Arizona si vede un buco enorme, simile al cratere di un vulcano, e si crede che questo sia stato aperto dalla caduta di una meteora enorme, grande come una montagna, nei tempi preistorici. Nessuna meteora di misura paragonabile a questa è caduta nei tempi recenti, benché una grandissima ne sia precipitata in Siberia nel 1908, causando un turbine d'aria che devastò le foreste per miglia attorno, tanto che quasi nemmeno un albero è rimasto in piedi nello spazio di 100 miglia quadrate.

Quanti anni ha la terra?

Certe sostanze, che si trovano tanto nella terra quanto in queste pietre meteoriche, cambiano gradatamente la loro composizione col trascorrere del tempo. Osservando fino a che punto siano giunti questi cambiamenti, è possibile dire l'età della terra stessa, e quella delle meteore che vi cadono. Si è trovato che, tanto la terra quanto le meteore, esistono da circa 2000 milioni di anni dal tempo in cui si solidificarono, il che sembra provare come la terra e le

meteore siano il risultato di un avvenimento cataclismico avvenuto circa verso quel tempo.

Corpi ancora più piccoli circolano attorno al sole, come pianeti di grandezza infinitesimale. Fra questi si trovano particelle e scagliette di polvere, atomi isolati ed anche frantumi di atomi spezzati. Dopo il calar del sole, alcune di queste particelle possono rifletterne la luce, e produrre quel fenomeno che è conosciuto sotto il nome di luce zodiacale. Altri frammenti possono riflettere la sua luce mentre esso è nascosto dietro alla luna, durante un eclisse, e produrre quella che è chiamata corona solare, una specie di atmosfera di polvere, illuminata dai raggi del sole nascosto (vedi Tavola XXVI).

Ciascuno di questi corpi celesti, dallo stesso grande sole e dal gigantesco pianeta Giove, fino alla più minuta particella di polvere compresa nella famiglia del sole, ha il suo moto, segnato appositamente, ed è controllato dalla forza d'attrazione di cui ora è necessario parlare.

Capitolo IV - PESO E MISURAZIONE DELLE STELLE

Abbiamo visto quanto sia importante la forza di gravitazione, tanto per l'astronomia quanto per noi stessi. Essa è quella che trattiene la luna vicino alla terra, e segna le orbite di tutti i pianeti e degli altri membri della famiglia del sole, solleva le maree nei nostri oceani e, crediamo, ha sollevato nel sole quella marea ancor più grande che, circa 2000 milioni di anni or sono, ha dato vita alla nostra terra e, infine, anche a noi stessi. Finalmente ci mantiene vivi, facendo sì che la terra rimanga vicino al sole, invece di allontanarsi per le gelide profondità dello spazio.

Cerchiamo di comprendere un po' meglio che cosa sia questa forza.

La forza di gravitazione

Nessun uomo può sollevare il peso di una tonnellata; ciò gli viene impedito dalla forza di gravitazione, o gravità, come la chiamiamo generalmente quando essa agisce sulla terra. Questa attrae il peso verso la terra e lo rende troppo forte per lui.

Ancora, troviamo che ci è impossibile lanciare una palla alla distanza di un chilometro, la stessa forza ce lo impedisce poiché essa attrae continuamente la palla verso il suolo, e riesce sempre a farvela cadere prima che essa abbia compiuta questa distanza. Possiamo lanciare facilmente, con le nostre mani, una palla alla velocità di una trentina di chilometri all'ora, e se la forza di gravità non la trascinasse verso terra, potrebbe viaggiare alla velocità di un chilometro ogni due minuti, cosicché dopo un anno essa si troverebbe ben distante nello spazio, a circa 280.000 chilometri da noi. Ma, in realtà, la gravità impedisce questo movimento, attraendo sempre la palla verso la terra.

O, di nuovo, per dare un esempio di altro genere, la luna attualmente si sposta sulle nostre teste alla velocità di circa 3700 chilometri all'ora; se essa non fosse attratta verso la terra, continuerebbe a spostarsi sempre nella stessa direzione e con la stessa velocità attuale, e dopo un anno di viaggio si troverebbe a milioni e milioni di chilometri di distanza da noi. Invece, continua a girare attorno alla terra, e la sua orbita corre sempre attorno alla terra stessa.

Sir Isaac Newton credette che questo continuo curvarsi della rotta della luna verso la terra provenisse solamente dal fatto che la terra esercitasse una continua attrazione sulla luna, e dedusse che questa forza dovesse essere uguale a quella che la stessa terra esercita sugli oggetti vicini alla sua superficie. La tradizione vuole che questa scoperta gli fosse stata suggerita dalla caduta di una mela nel suo giardino. Questo semplice fatto lo avrebbe condotto a formulare la sua famosa legge di gravitazione, secondo la quale qualsiasi oggetto dell'universo esercita un'attrazione su ogni altro oggetto, per quanto distante esso possa essere.

Negli ultimi anni, Einstein ha dimostrato che le affermazioni matematiche di Newton su questa legge non erano completamente esatte. E anche questa forza d'attrazione ha provato di essere di natura piuttosto differente da quello che Newton credette. Oggi non la consideriamo più come una semplice forza meccanica, quale quella esercitata da una locomotiva trascinando il treno. Ma per lo scopo che ora ci proponiamo, la differenza d'opinioni tra Newton e Einstein non ha alcuna importanza.

Lo studio della gravitazione

Gli scienziati possono studiare questa forza di gravità nei suoi particolari, tanto nei laboratori terrestri quanto in quell'altro laboratorio, immensamente più grande, del cielo, in cui la natura continua eternamente i suoi

esperimenti, nelle solite proporzioni colossali, permettendoci di osservarne i risultati.

Quanto più un corpo è massiccio, tanto maggiore la sua forza di gravità. La grande massa della terra è incomparabilmente più massiccia di qualsiasi cosa noi possiamo vedere nella nostra vita, così che generalmente non notiamo nessun'altra forza di gravità oltre alla sua, e così siamo tentati di credere che solamente la terra sia dotata di gravitazione. Pure, misurazioni delicatissime, quali quelle che possono essere effettuate solamente nei laboratori, dimostrano che ogni oggetto esercita una forza di gravità sua propria.

Come succede con tutte le forze che si manifestano tra i corpi, la forza di gravità esercitata da un corpo su di un altro è esattamente uguale in quantità alla forza di gravità esercitata dal secondo corpo sul primo. Per questa ragione è perfettamente corretto parlare di forza d'attrazione *tra* due corpi: A e B. Ciò indica tanto la forza esercitata da A su B, quanto quella esercitata da B su A; esse sono perfettamente uguali in quantità. La caduta della mela sulla terra fornisce la prova diretta della forza d'attrazione esercitata dalla terra sulla mela, ma è meno facile ottenere la dimostrazione della forza, esattamente uguale, esercitata dalla mela sulla terra. Una tale quantità di forza manifesta un grande effetto su di un corpo piccolo come una mela, ma il suo effetto sull'enorme massa della terra è quasi inapprezzabile.

La forza d'attrazione tra due oggetti dipende, secondo quanto è stato constatato, dalla quantità di sostanza che essi contengono, e non dalla natura della loro sostanza. Per esempio, la terra esercita la stessa forza d'attrazione su di una tonnellata di piombo quanto su di una tonnellata d'acqua o una di sabbia, o una di qualsiasi altra sostanza. Questo è un principio scientifico che sorregge ogni ordinaria operazione di pesatura commerciale. Quando il droghiere pesa un chilogramma di caffè, egli, effettivamente, equilibra la forza di gravità della terra su di una certa quantità di caffè, con la forza di gravità della terra su di una determinata quantità di ferro o di ottone, sotto la forma di un peso da un chilogrammo. Se le due forze sono uguali, il peso del caffè è uguale al peso del ferro o dell'ottone sulla bilancia.

Due tonnellate di una sostanza esercitano due volte la forza di gravità di una tonnellata, e così via. Questo spiega perché il droghiere può pesare due chilogrammi di caffè equilibrando la loro forza di gravità con le forze di gravità combinate di due separati pesi da un chilogramma.

Come si pesa la terra

Se, però, separiamo maggiormente due oggetti, troviamo che la forza di gravità tra di loro diminuisce. Noi sappiamo esattamente come questa forza diminuisca con l'aumentare della distanza, così possiamo sempre tener conto degli effetti della distanza. L'esperimentatore, nel laboratorio,

può misurare la forza di gravità esercitata da una tonnellata di piombo su di un'altra tonnellata di piombo che ne sia separata da una distanza conosciuta. Sapendo ciò, possiamo calcolare quale peso la terra debba avere per esercitare la sua forza di gravità su di una tonnellata di piombo o su di una palla da tamburello, o sulla luna. La forza di gravità della terra, sia essa esercitata su di un peso di una tonnellata o su di una volante palla da tamburello, o sulla luna, dimostra che il suo peso è esattamente sui 6,000,000,000,000,000,000,000, di tonnellate.

Come si pesa il sole

Fin dal tempo di Newton, i fatti astronomici hanno dimostrato, contro ogni ragionevole dubbio, quanto egli fosse nel vero opinando che questa forza di gravità agisca attraverso l'intero spazio; ogni corpo attira verso sé stesso tutti gli altri corpi, a qualunque distanza si trovino. La mela di Newton non solamente esercitò la sua forza di gravità sulla terra, ma su ognuna delle stelle che vi sono nel firmamento, ed il moto di ogni stella fu influenzato dalla sua caduta. Nessuno di noi può muovere un dito, senza che tutte le stelle ne risentano.

È per mezzo di questa forza di gravità che il sole controlla le azioni di tutta la sua estesa famiglia di pianeti, comete, meteore e via dicendo, dalla enorme massa di Giove fino alla più minuta scaglietta di polvere che apporta il suo umile contributo alla luce zodiacale o alla corona

solare. Noi sappiamo questo perché essi seguono le strade che possono essere state loro assegnate dalla legge di gravitazione.

Esattamente come possiamo calcolare il peso della terra dalla forza di gravità che essa esercita sulla luna, possiamo calcolare il peso del sole dalla forza che esso esercita sulla terra o su qualsiasi altro pianeta per impedirgli di disperdersi nello spazio. Tutti i pianeti sono d'accordo nell'assicurarci che il peso del sole equivale a 332.000 volte il peso della terra; per ogni 30,5 grammi di sostanza della terra, il sole ne ha circa una tonnellata. E, siccome il sole è così enormemente pesante, la sua forza di gravità è tremenda. Sulla superficie del sole, un uomo forte potrebbe appena sollevare un peso di poco più di tre chilogrammi, e non sarebbe capace di lanciare una palla da tamburello a più di due o tre metri di distanza. E non potrebbe nemmeno compiere queste ben modeste imprese, a meno che non fosse costruito in acciaio; un uomo fatto semplicemente di carne e d'ossa, verrebbe schiacciato sotto il suo proprio peso.

Mentre il sole esercita questa enorme forza di gravità su tutti i membri della sua famiglia, questi pure esercitano le loro forze minori l'uno sull'altro. Per esempio, qualsiasi pianeta, asteroide o cometa, la cui rotta lo conduca vicino a Giove, viene fatto fortemente deviare dalla sua strada dalla forza di gravità del gigantesco pianeta. Naturalmente, è stata avanzata l'ipotesi che i due satelliti di Giove da lui

più lontani possano non essere derivati da Giove stesso, ma essere asteroidi che l'enorme forza di gravità di Giove abbia «catturato» per lui — vale a dire trascinato così lontano dalle loro orbite originali che essi sono stati, da allora, costretti a girare attorno a Giove. Questo sembra possibilissimo, tanto più che tali satelliti non girano attorno all'equatore di Giove ma ne incrociano il cielo da nord a sud e da sud a nord, invece che da oriente ad occidente. Il satellite più lontano di Saturno, e l'unico satellite di Nettuno hanno un movimento simile, ed è altrettanto possibile, per quanto meno verosimile, che uno di essi, o anche entrambi, siano stati «catturati» nello stesso modo. Persino i pianeti più piccoli esercitano una sensibile forza di gravità, e l'astronomo che tenta di predire la futura orbita di un pianeta o di una cometa, deve prendere tutte queste forze, tanto le piccole quanto le grandi, in considerazione.

La scoperta dei pianeti più distanti

Fino a cent'anni or sono si credeva che Urano fosse il pianeta più distante della famiglia solare. Gli astronomi avevano fatto i loro calcoli sulla forza di gravità del sole e quella di tutti gli altri pianeti conosciuti, ed avevano calcolata l'orbita che avrebbe dovuto seguire. Ma si accorsero che non la seguiva strettamente. Allora cominciarono a sospettare che qualche altro pianeta, sino ad allora sconosciuto, lo attirasse fuori della sua rotta. Due

giovani matematici, un inglese, J. C. Adams, di Cambridge e un francese, U. J. J. Leverrier, di Parigi, si accinsero al problema di scoprire quale e dove il nuovo pianeta dovesse essere, e se fosse alla sua forza di gravitazione che si doveva la deviazione del cammino di Urano. E, a suo tempo, la causa del disturbo fu trovata, quasi esattamente al punto indicato da Adams e da Leverrier. Ora essa è conosciuta: è il pianeta Nettuno.

Recentemente, è avvenuto un nuovo ricorso storico, e la stessa situazione è tornata a verificarsi. Anche dopo che si era potuta calcolare la forza di gravità di Nettuno, Urano continuò a non tenersi strettamente nella nuova orbita segnata, e gli astronomi cominciarono a sospettare che qualche altro pianeta, ancor più distante di Nettuno, ne influenzasse la rotta. Questa volta fu un americano, il professore Percival Lowell, dell'osservatorio di Flagstaff, nell'Arizona, che calcolò dove il supposto nuovo pianeta si dovesse trovare. Infatti, dopo quindici anni di ricerche, e disgraziatamente dopo la morte del Lowell, il pianeta fu scoperto nel marzo del 1930, vicinissimo al punto in cui Lowell aveva predetto dovesse trovarsi; inoltre si vide che descriveva un'orbita quasi esattamente uguale a quella che l'astronomo aveva supposto. Questo pianeta di recente scoprimento è Plutone, che dista dal sole circa quaranta volte quanto ne dista la terra, ed è così lontano nello spazio che il suo giro attorno al sole si compie solamente ogni 250 anni circa, e, anche, tanto lontano dalla luce e dal calore del

sole che probabilmente non solo la sua acqua, ma anche la sua atmosfera, sono congelate.

Questi due pianeti più lontani, Nettuno e Plutone, sono stati scoperti per la fiducia nutrita dagli astronomi nella legge di gravità, e la loro scoperta è la miglior giustificazione di questa fiducia. Se ci si chiedesse perché crediamo nella legge di gravità, forse la risposta più semplice che potremmo dare è che essa ci rende possibile la scoperta di nuovi pianeti, per quanto sia possibile dare una risposta più soddisfacente dicendo che essa ci permette di descrivere il moto di tutti i pianeti conosciuti.

Il peso delle stelle

Fino ad ora abbiamo solamente trattato di quella piccola colonia di corpi che chiamiamo sistema solare. Lontanissimo, negli abissi dello spazio — molto oltre Nettuno, oltre Plutone, oltre i più estremi confini del sistema solare — vediamo altre compatte colonie di corpi celesti. Sono così distanti che non ci è possibile scorgerne gli oggetti piccoli come i pianeti e le comete, se tuttavia ve ne sono, ma vediamo gruppi di stelle che non si disperdono nello spazio, e rimangono molto vicine tra di loro. Ed è naturale credere che anche queste, come la famiglia del sole, siano tenute vicine dalla legge di gravità.

La colonia ritenuta più vicina a noi consta di tre stelle — due molto brillanti ed una assai debole in basso. Ma vi sono altre colonie ancor più semplici di questa. Il tipo più

semplice, quella che chiamiamo «sistema binario», consiste di due sole stelle, ciascuna delle quali descrive la sua orbita attorno all'altra — come due bambini che si tengano stretti per mano e ballino torno torno, o come due ballerini in un giro di valzer. Esse muovono esattamente come se fossero tenute assieme dalla forza di gravità che ciascuna esercita sull'altra, come la terra e la luna, il sole e la terra. Così possiamo concludere che è la gravitazione quella che le trattiene assieme. L'astronomo, osservando il moto delle stelle l'una attorno all'altra, può calcolare quanto sia grande la forza che esse devono esercitare a vicenda per non separarsi, ed è in questo modo che si viene a sapere il peso di alcune almeno delle stelle.

I risultati sono interessanti. Nell'insieme, le stelle mostrano solamente una piccola gradazione di pesi; se paragoniamo il sole ad un uomo di peso medio, la più gran parte delle stelle mostra una gradazione come ne può esistere una tra un ragazzo ed un uomo alquanto pesante. Però, alcune stelle si sottraggono alla regola, per essere di peso piuttosto eccezionale. Per quanto non ne siamo ben certi, crediamo, ad esempio, che una colonia di quattro stelle, il 27 del Cane Maggiore, pesi in totale circa mille volte quanto il sole. Un ordinario sistema binario, la stella di Plaskett, si crede pesi, e questa volta con una certa sicurezza, quanto peserebbero 140 soli presi assieme. Ma pesi così enormi sono eccezionalissimi. È rarissimo trovare una stella che pesi dieci volte quanto il sole, e nessuna

stella di quelle fino ad ora scoperte pesa meno di un decimo del peso di esso. Dunque, in generale, la scala del peso delle stelle è assai limitata.

La forza delle stelle in candele

In contrasto con la loro quasi uniformità di peso, le stelle mostrano una grandissima gamma in fatto di forza illuminante, o candele luce. Per esempio, Sirio, la stella più brillante di tutto il cielo ha, vicinissima, un'altra stella, pallidissima, la quale manda fino a noi una luce che misura un decimillesimo di quella di Sirio; è così debole, e così nascosta nello splendore di Sirio, che non fu scoperta che nel 1862. Non si tratta di una stella che sembri più debole di un'altra a causa della distanza, perché questa piccola stella e Sirio formano uno dei sistemi binari del genere che ho già descritto; la stella debole non si sposta in linea retta attraverso allo spazio, ma gira attorno a Sirio, dimostrando di essere permanentemente trattenuta dalla forza di gravità della stella più brillante. Possiamo, allora, esser certi che le due stelle si trovano quasi alla stessa distanza da noi, e che quella di più debole splendore, non solamente pare tale, ma lo è, vale a dire che la sua forza in candele-luce è bassa.

Si conoscono contrasti ancor più sensazionali. Procione, stella assai brillante, ha una debole compagna che dà una centomillesima parte della luce della stessa Procione. Mira Ceti (o Omicron Ceti) ha anche una compagna più debole che emette questa stessa minuscola porzione della luce

emessa dalla stella principale. È, allora, senza dubbio vero che «una stella differisce da un'altra in luce», e questo non solamente per il fatto di esser più distante di un'altra.

Abitualmente, però, non possiamo paragonare lo splendore intrinseco — le candele-luce — di due stelle, ammenocché non ne conosciamo le distanze. Solamente in tal caso possiamo dire fin dove la diversità di splendore dipenda da una semplice differenza di distanza, e fin dove esse rappresentino una differenza veramente intrinseca di forza.

Siccome sappiamo che il sole dista da noi circa 150.000.000 km., ci è possibile calcolare quale forza in candele-luce esso deve avere per illuminare la terra con tanta intensità, a così grande distanza: deve emettere una luce di 3.000.000.000.000.000.000.000.000.000 candele.

Sirio è più di cinquecentomila volte più distante da noi del sole. La luce del sole ci raggiunge in otto minuti, ma quella di Sirio impiega più di otto anni. Conoscendo questo fatto, possiamo naturalmente calcolare la vera forza in candele-luce, tanto di Sirio quanto della sua più debole compagna. Sirio stesso dimostra di essere una stella insolitamente brillante; la sua forza illuminante è circa 26 volte quella del sole, e la sua forza d'emanazione di calore è quasi alla pari con il suo potere illuminante. Se Sirio dovesse improvvisamente assumere il posto e le funzioni del sole, i nostri fiumi ed i nostri oceani, e persino i continenti di ghiaccio dei nostri poli, svaporerebbero ben

presto per ebullizione, e la vita sarebbe distrutta sulla terra. D'altra parte, la debole compagna di Sirio è di luminosità ridottissima, anche se paragonata col sole di cui non ha che la quattrocentesima parte di potere illuminante. Se questa debole stella venisse messa al luogo del sole, e noi non avessimo altre sorgenti di luce e di calore, i fiumi ed i mari, persino nelle parti più calde della superficie della terra, si cambierebbero immediatamente in ghiaccio solido, mentre la nostra atmosfera si cambierebbe in aria liquida.

Pure, questi due componenti il sistema di Sirio sono ben lungi dal rappresentare gli ultimi estremi che possiamo osservare nel cielo. La più debole stella conosciuta, Wolf 359, è almeno cento volte più debole della pallida compagna di Sirio. All'altro capo della scala sta una stella variabile, S Doradus — una stella la cui luminosità è continuamente fluttuante. La media della sua forza illuminante è molto superiore, più di 10.000 volte a quella di Sirio, vale a dire che è più di 300.000 volte quella del sole. Quando è nei momenti di maggior splendore, la sua forza di candele-luce supera 500.000 volte quella del sole, .cosicché emette in un solo minuto più radiazioni di quanto il sole non ne emetta in un anno. Se il sole divenisse improvvisamente forte come questa stella, il suo estremo calore vaporizzerebbe rapidamente la terra intera e tutto quello che vi vive sopra, noi stessi compresi. Se paragonassimo il sole ad una sola candela, dovremmo paragonare questa stella ad un potentissimo riflettore,

mentre la pallida Wolf 359, dovrebbe venir paragonata ad una debolissima lucciola.

La grandezza delle stelle

La radiazione del sole fluisce uniformemente dalla sua intera superficie, che è circa 12.000 volte la superficie della terra. È naturale voler sapere quanto siano grandi le superfici delle altre stelle, che emettono così diverse quantità di radiazioni. Che cosa, per esempio, sapremo di S Doradus, quando emette 500.000 volte tante radiazioni quante ne emette il sole? Ha una superficie superiore 500.000 volte a quella del sole, o emette 500.000 volte tante radiazioni per metro quadrato di superficie, o quale altro fenomeno vi si manifesta?

Possiamo tentare di risolvere questa questione in due modi distinti: possiamo tentare di trovare direttamente quale sia la superficie di S Doradus, o possiamo cercar di scoprire la quantità di radiazioni che esso emette per ogni metro quadrato di superficie, e poi dedurre la sua grandezza dall'ammontare totale di radiazioni che sappiamo emettere. Disgraziatamente, vi sono grandi difficoltà che impediscono di misurare direttamente la grandezza delle stelle. Quando osserviamo un pianeta attraverso ad un telescopio, vediamo un disco rotondo — come la luna — ma più piccolo. Se potessimo avvicinarci di più alle stelle, anch'esse ci sembrerebbero dei dischi, come il sole. Ma il sole è l'unica stella che ci mostri un

disco di una certa grandezza, pure usando, per vedere le altre, i telescopî più potenti. Tutte le altre stelle sono troppo lontane perché le possiamo osservare; non le vediamo che come puntini di luce grandi come punte di spilli, e così non possiamo misurare direttamente la loro grandezza.

Vi sono, però, due eccezioni a questo stato generale di cose. Lo strumento più ingegnoso usato dagli astronomi, l'interferometro, rende possibile di misurare la grandezza reale di alcune tra le più grandi stelle, per mezzo dell'osservazione diretta; questo strumento, per così dire, ingrandisce i minuscoli dischi delle stelle in modo molto complicato, finché essi non siano diventati grandi a sufficienza da esser misurati.

In un altro campo, la più ingegnosa teoria fisica di cui si servono gli astronomi — e che è quella di Einstein — rende possibile misurare le grandezze delle stelle, anche delle più piccole, con misurazioni dirette. Fino ad ora, questo metodo è stato applicato in un solo caso, per misurare, cioè, la pallida compagna di Sirio.

Il numero delle stelle la cui grandezza può esser misurata in uno qualsiasi di questi due modi è, però, eccessivamente piccolo. Senza tener conto di queste poche, dobbiamo affrontare il problema di conoscere come una stella emetta la sua energia, cercando di scoprire quanta sia l'energia emessa per ogni metro quadrato di superficie. E qui, fortunatamente, la strada è libera.

Il colore delle stelle

Per cominciare, supponiamo di fotografare una squadra di calcio, che porti i colori rosso e azzurro. Tutti sanno che l'azzurro, in fotografia, viene quasi bianco, mentre il rosso riuscirà quasi nero. Ciò avviene perché la gelatina delle lastre è sensibilissima all'azzurro e insensibilissima al rosso, in confronto alla retina dell'occhio umano. Ora, noi troviamo che la macchina fotografica si comporta nello stesso modo con le stelle; fotografiamo qualsiasi punto del cielo, e alcune delle stelle riusciranno esageratamente brillanti, mentre altre parranno esageratamente deboli. La ragione ovvia si è che le stelle sono di differenti colori. Alcune sono più azzurre della media delle altre, altre sono più rosse: e l'obiettivo favorisce le stelle azzurre mentre sacrifica quelle rosse. Un importante esempio di questo fatto è mostrato nella Tavola XXVIII, che è una fotografia della costellazione di Orione. La stella pallida indicata dalla freccia all'estrema sinistra è Betelgeux, o Alfa Orionis. Ai nostri occhi, essa appare come la seconda in luminosità della costellazione d'Orione, e la dodicesima, sempre in luminosità, di tutto il firmamento. Pure, perché essa brilla di una intensa luce rossa, l'obiettivo la riproduce come assai più debole delle tre stelle della cintura. Queste ultime sembrano assai più deboli ai nostri occhi, ma siccome emettono luce azzurra, l'obiettivo le riproduce come stelle splendentissime. Tale fenomeno ci offre un buon metodo per scoprire i colori delle stelle, ed è provato

che, così, i colori possono essere resi con molta accuratezza. La ragione dell'essere le stelle di colori differenti va ricercata nella loro diversità di temperatura. Quando il maniscalco fa riscaldare un ferro da cavallo, il colore di questo cambia gradatamente — prima è di un rosso velato, poi di un rosso vivo, poi diviene giallo e, finalmente, quasi bianco: le gradazioni di colore indicano la temperatura del ferro. Allo stesso modo, quando in un'officina un operaio vuole vedere quale sia il calore di un forno, il migliore dei metodi empirici in uso è quello di osservare il colore della sua luce. Un debole color di prugna indica una temperatura, un rosso velato un'altra, un rosso vivo un'altra ancora, e così via. Si fabbricano anche certi strumenti capaci di indicare il calore di un forno dalla luce che emette.

Esattamente nello stesso modo l'astronomo può scoprire la temperatura delle stelle. Esse mostrano una completa gradazione di colori, passando dal rosso pallido, al giallo e da questo al bianco, fino ad un vivo color azzurro e al violetto; e la loro gradazione di temperatura è in rapporto ai colori. Le stelle di color rosso velato sono le meno calde, con temperature di circa 1400° centigradi, o circa 2550 gradi Fahrenheit. Le stelle giallastre hanno una temperatura di circa il doppio. Dopo di queste vengono le stelle simili al sole, con temperature di 5500° centigradi, o 10.000° Fahrenheit, e così via, finché giungiamo alle stelle più

calde, che hanno forse temperature di circa 39.000° centigradi, ossia di 70.000° Fahrenheit.

L'intera gradazione di temperatura osservata — che varia da circa 1400° - 39.000° centigradi — è immensa, e superiore a qualsiasi altra ne conosciamo. — Pure, possiamo calcolare quanta radiazione sia emanata da una certa area a ciascuna temperatura. I risultati sono sensazionali. Una determinata superficie, a 39.000° centigradi, da uno spazio minore di quello di un forno comune di locomotiva, emette tanta energia da esser sufficiente per far correre tutte le ferrovie del mondo; sette centimetri quadrati circa, a questa temperatura, forniscono energia bastante a far camminare continuamente, a tutta velocità, un transatlantico come il *Mauretania*. D'altra parte, un pollice quadrato di superficie a 1400° centigradi, la temperatura delle stelle più deboli che conosciamo, darebbe così poca energia da poter a stento muovere una barchetta a remi. Paragonando le superfici, quella più calda emette 350.000 volte la quantità di radiazioni emesse dalla più fredda. Di conseguenza, una stella di quelle a temperatura più bassa, dovrebbe avere una superficie 350.000 volte maggiore a quella di una stella ad alta temperatura, per emettere una stessa quantità di radiazioni.

Questo fatto in se stesso ci indica che le stelle devono essere di grandezze assai differenti. Se le stelle più deboli dovessero avere una certa quantità di candele-luce, esse

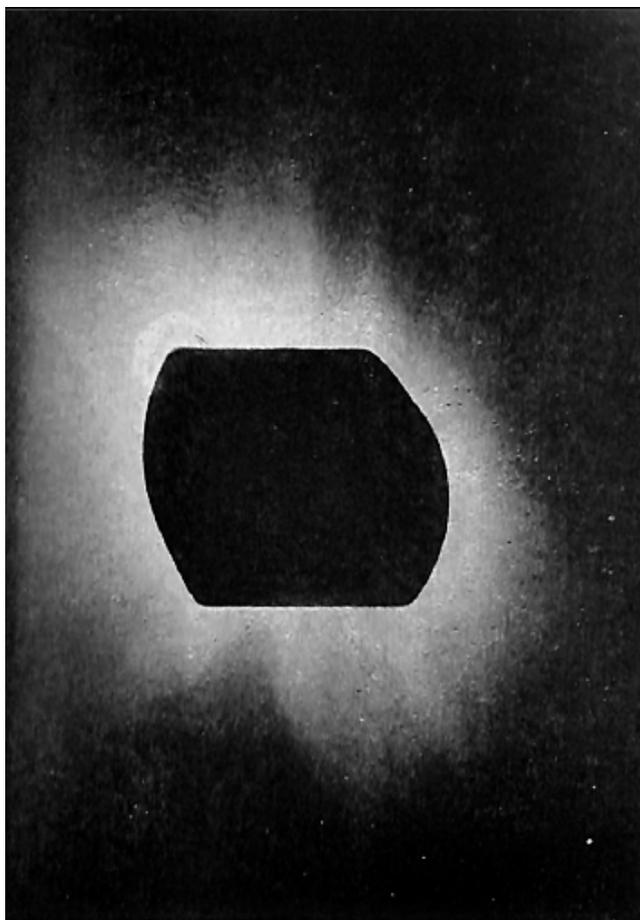
dovrebbero essere semplicemente enormi, perché la loro forza in candele e per pollice quadrato è così piccola.



C. P. Butler.

TAVOLA XXV. Esplosione di una Meteora.

Questa grossa meteora esplose a mezz'aria mentre veniva fotografata.



A. C. Crommelin, Osservatorio di Greenwich.

TAVOLA XXVI. La Corona solare vista durante l'eclisse del 1919.

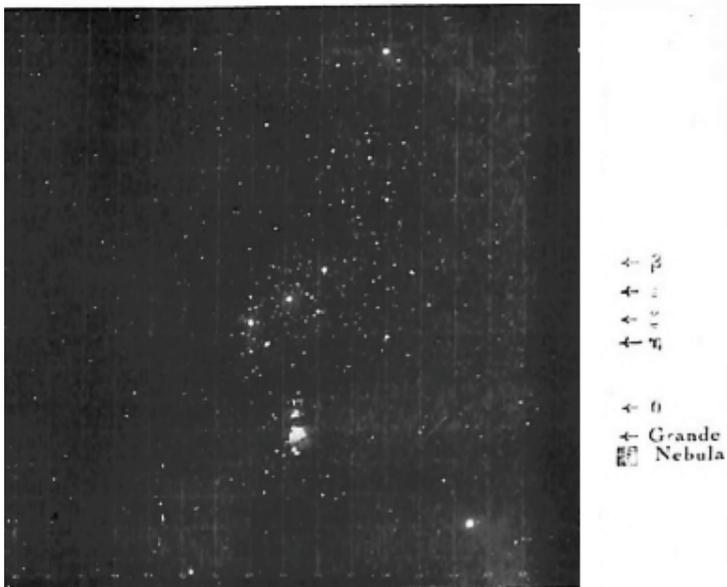
Questa fotografia fu fatta alla stessa epoca in cui fu presa quella della Tavola XV, ma con un maggior tempo d'esposizione. L'eruzione a foggia di formichiere è appena visibile.



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XXVII. La Grande Nebula in Orione.

Questa è solamente la parte centrale di una grande nebula (vedi [pag. 148]) che si estende sulla maggior parte della costellazione d'Orione. Si riconosce in questa l'ingrandimento di una parte di quella che si vede alla tavola XXVIII.



Carta di Franklin-Adams.

TAVOLA XXVIII. Parte della Costellazione di d'Orione.

Le frecce indicano le stelle principali, α è il grande gigante rosso, Betelgeux; β (Rigel) è una delle più luminose stelle che si conoscano con circa 15000 volte la luminosità del sole; γ ed anche δ , ϵ , ζ , le tre stelle della Cintura d'Orione, sono stelle azzurre intensamente calde, come sono pure η , e κ ; θ , una stella quadrupla situata nel centro della Grande Nebula, è ancor più calda, avendo forse alla sua superficie una temperatura di 50000° Fahrenheit. (Paragonare con la Tavola III.

Per esempio, la radiazione totale in luce e calore presi assieme di Betelgeux, o Alfa Orionis, ricordata poco fa, è di circa 6000 volte quella del sole. Siccome la stella è di un color rosso velato, essa non può affatto emettere, per pollice quadrato, tante radiazioni quante ne emette il sole, di modo che la sua superficie deve essere assai superiore a 6000 volte quella del sole.

Se possiamo, dal suo colore, trovare la temperatura esatta di Betelgeux, possiamo calcolare anche quante radiazioni emetta da ogni pollice quadrato della sua superficie, e così siamo in grado di sapere a quanti pollici quadrati possa ammontare la sua superficie, per emettere la radiazione totale che abbiamo osservata — in breve, possiamo dire quale sia la sua grandezza. Lo stesso metodo è, naturalmente, applicabile a qualsiasi altra stella. Dapprima, la temperatura che ne osserviamo ci dirà la quantità delle radiazioni da essa emesse per pollice quadrato e poi, se conosciamo la sua radiazione totale, una semplice divisione ci darà il totale dei pollici quadrati che compongono la sua superficie.

Abbiamo già visto i due modi con cui si possono misurare direttamente le grandezze di alcune stelle. Ogni qual volta si è misurata una stella in uno qualsiasi di questi modi, i risultati si sono avvicinati assai a quanto si era calcolato dividendo la sua radiazione totale per pollici quadrati. Questo ci autorizza, dunque, ad aver fiducia nei nostri metodi di calcolo.

Ora, simili calcoli danno risultati sensazionali. Essi ci mostrano che le stelle cambiano assai più in grandezza che non in peso o in temperatura, e ancor più che non in candele-luce. La più piccola delle stelle fino ad ora scoperte, la stella di van Maanen, è appena, se lo è, più grande della nostra terra; un milione di simili stelle potrebbe essere contenuto dal sole, avanzando ancora spazio. Questo fa sì che il sole sembri una stella grandissima, e pure vi sono altre stelle, come Betelgeux, così enormi da poter contenere, con un ampio margine, parecchi milioni di soli; sono tanto grandi che se una di esse venisse messa al posto del sole noi vi entreremmo dentro, poiché il loro raggio è più grande dell'orbita percorsa della terra attorno al sole. Immaginiamo ancora una volta che il sole sia rappresentato da un pisello, allora la più piccola delle stelle, come quella di van Maanen, dovrebbe essere rappresentata da un granellino di polvere così piccolo, da occorrerne ottanta per formare il punto di una «i» in carattere tipografico di media grandezza, mentre le stelle più grandi dovrebbero essere rappresentate da globi grandi come automobili.

Vediamo dunque che il museo del firmamento contiene una grande varietà di campioni, e che non è possibile non desiderare di conoscere l'origine ed il perché di una così grande varietà. Perché mai le stelle sono così simili in peso, e così poco simili sotto qualsiasi altro rapporto? Discuteremo questa questione nel prossimo capitolo.

Capitolo V - LA VARIETÀ DELLE STELLE

Abbiamo visto come le stelle mostrino una grande differenza di candele-luce, quanta, cioè, ne può correre tra una lucciola ed un potentissimo riflettore, mentre la scala delle loro grandezze varia tra quella di un granellino di polvere e quella di una automobile. Le differenze di peso sono assai minori, ma ancora simili a quelle che possono trovarsi nella scala compresa tra una piuma ed un pallone da calcio. E, sotto tutti i rispetti, il sole sta circa sulla media. Sarebbe difficile attenderci che esso stia esattamente nella media, sotto ogni punto di vista, ma, in fondo, non se ne scosta mai di molto. Per dir la stessa cosa in un altro modo meno complimentoso, diremo che il sole non si distingue affatto, sotto alcun rapporto: né per peso, né per grandezza, né per temperatura, né per luce.

È chiaro, però, che possiamo ricavare pochissimo conoscenza della natura delle stelle, citando solamente gli estremi e la media. Non potremmo sapere certamente quanta sia la popolazione di una nazione quando ci venisse detta solamente l'altezza ed il peso del più piccolo nano e del più alto gigante esistenti tra i suoi abitanti, né che un uomo di metri 1.70 fosse un buon tipo medio di tale nazione. Abbiamo bisogno di conoscimenti assai più particolareggiati che non quelli della grandezza, del peso e della luminosità, per classificare le stelle.

Supponiamo che tutti i campioni esposti ad una mostra canina si ribellino e, scappino mangiando i loro cartellini, in modo da dover venir tutti classificati un'altra volta. Un novizio penserebbe necessario classificarli varie volte, dapprima secondo il peso, poi secondo il colore del mantello, poi secondo la lunghezza del pelo e così via. Un individuo pratico, invece, comincerebbe subito a classificarli secondo la razza cui appartengono. Il peso, il colore ed il pelo di ogni individuo può variare sostanzialmente nei vari campioni di una stessa razza, ma non affatto in proporzione all'intera varietà di razze esistente fra i cani.

Tre tipi di stelle

Quasi lo stesso succede con le stelle. All'osservatore accidentale, esse sembrano una quantità d'astri alla rinfusa, ma l'astronomo esperto sa che possono venir classificate in

tipi distinti, quasi con la stessa precisione con cui è possibile classificare i cani di una mostra. Logicamente, vi è una grande varietà di razze canine, ma i tipi principali di stelle sono solamente tre, che si distinguono, dapprima, per la loro grandezza. Non dobbiamo paragonare le stelle ad una intera mostra canina in rivoluzione, ma solamente a tre categorie, una di cani piccolissimi, una di cani di grandezza media, ed una di cani giganteschi. Naturalmente, il paragone non è perfetto; il firmamento non è così semplice, e questo raffronto è difettoso perché tra le due categorie più grandi di cani esiste una transizione graduale che non esiste, stando almeno a quanto ci consta fino ad ora, tra una qualsiasi di queste e la categoria dei piccolissimi.

Prima di cercar di classificare le stelle in questi tre tipi, cerchiamo di comprendere come esse abbiano avuto origine. Prima di tutto, perché vi sono tipi completamente distinti di stelle? I nostri conoscimenti sulla struttura degli atomi sembrano darcene una ragione, almeno parziale.

Durante il viaggio che abbiamo compiuto, a bordo del nostro razzo, nell'interno del sole, abbiamo notato come un atomo ordinario consista di un nucleo centrale attorno a cui sono disposti un certo numero di elettroni, minuscoli e quasi imponderabili. A temperature simili a quelle che troviamo sulla terra, il nucleo trattiene saldamente tutti i suoi elettroni. In un ambiente assai più caldo, quale quello che troviamo nell'atmosfera solare, gli elettroni esterni dell'atomo cominciano a staccarsene e, finalmente, nel calore

estremo del centro del sole, troviamo che si sono staccati tutti, meno i due che formavano l'anello interno, e che il nucleo trattiene con forza eccezionale, tale persino da sfidare l'enorme temperatura di 40.000.000 di gradi.

Pigmei bianchi

Pure, si conoscono stelle il cui centro è dieci, venti, forse cinquanta volte, più caldo del centro del sole. Nessun nucleo può trattenere i suoi elettroni con una forza sufficiente a sfidare calori simili. Nei centri di queste stelle, ogni atomo è completamente infranto; l'unica sostanza che vi si trova consiste di ciò che possiamo chiamare atomi polverizzati, una disordinata folla di nuclei ed elettroni saettanti qua e là in tutte le direzioni, senza compiere nessun tentativo di coesione — materia nella sua forma più rudimentale. Siccome sulla terra non conosciamo nulla di simile, è difficile trovare una sola parola per descrivere questo stato di cose. È come un gas composto di minuscole particelle, ciascuna delle quali si muove indipendente dal resto. Eppure le particelle che lo compongono sono riunite così strettamente che forse ne renderemmo meglio l'idea paragonando questa sostanza ad un liquido, quali sono l'acqua o il mercurio.

Un atomo completo e non infranto è simile ad un sistema solare in miniatura; il massiccio nucleo centrale è il sole, e gli elettroni sono i pianeti. E, ancora, rassomiglia al sistema solare per consistere, in maggior parte, di spazio vuoto.

Abbiamo già visto quanto siano piccoli il sole ed i pianeti appetto alle distanze che li separano, ed abbiamo fatto un modello della loro disposizione, coordinando un pisello, due piccoli sementi, qualche grano di sabbia e qualche scaglietta di polvere in una piazza enorme. La piazza enorme era necessaria per rappresentare lo spazio che si trova nel sistema solare, ma sarebbe facile ad un bimbo tenere nel cavo della mano l'intera sostanza del modello. Tutto il resto è spazio vuoto. Lo stesso accade degli atomi. Se prendiamo l'immensa piazza per rappresentare lo spazio occupato dell'atomo, i suoi ingredienti materiali — il nucleo e gli elettroni — saranno rappresentati solamente da poche sementi minuscole, che potranno, ancora, essere contenute in uno spazio limitatissimo.

Al centro delle stelle più calde sono così contenuti i minuscoli ingredienti degli atomi. Dopo che lo spaventevole calore ha diviso l'atomo nei suoi costituenti nucleo ed elettroni, l'intensa pressione prodotta dal peso di tutto il resto della stella, entra in funzione e comprime strettamente assieme tutti questi ingredienti. Così schiaccia tutta la sostanza della stella in uno spazio stupefacentemente ristretto, cosicché la stella viene ad essere piccolissima.

Questo modo di comprimere la sostanza di una stella ci dà la categoria delle stelle più piccole, quella categoria che gli astronomi chiamano dei «Pigmei bianchi». Un esempio estremo ci è dato dalla stella di van Maanen, che non è più

grande della terra. Un esempio meno eccezionale ci viene fornito dalla debole compagna di Sirio. Questa è circa 30 volte più grande della terra, ma siccome contiene una sostanza 300.000 volte maggiore, deve essere compressa 10.000 volte più di quanto non sia compressa la terra. E vediamo che la natura ci può insegnare qualche cosa ancora nell'arte di disporre la materia. Se potessimo comprimere i nostri beni terrestri così come sono compresse queste stelle al loro centro, potremmo portare, nelle nostre borsette, cento tonnellate di tabacco e, in ogni taschino dei nostri panciotti, parecchie tonnellate di carbone. Paragonata con gli atomi polverizzati di cui queste stelle sono formate, la sostanza solida della nostra terra non è che un finissimo nido di ragno tessuto nello spazio.

A causa della compattezza delle stelle di questo tipo, ciascuna minuscola parte delle loro superfici deve irradiare una grande quantità di energia.

Parlando in senso generico, ogni 7 cm-quadrati di superficie emanano circa 250 cavalli-vapore di energia, contro 50 emanati, per ogni 7 cm. quadrati, dal sole. Per liberarsi di tutta questa energia, la superficie delle stelle deve essere riscaldata a bianco.



W. H. Steadman, Pretoria.

TAVOLA XXIX. La Via Lattea —

Questo tavola riproduce la parte più meridionale della Via Lattea, da Centaurus, in alto, ad Argo, in calce. Le brillanti stelle presso al margine superiore, al centro, sono α e β Centauri. Sotto ad esse si trova il "Sacco di Carbone,,. A destra di queste si trova la Croce del Sud e poco più in basso la nebula che circonda η Argus. Ancora un poco più in basso, presso il margine destro, si trova il gruppo globulare α Centauri.



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XXX. Nebulosità in Orione.

La testa di cavallo al sud di ζ Orionis - “il fumo della nostra città astrale, illuminato dalle luci della stessa”.

Ora comprendiamo perché le stelle di questo tipo sono conosciute sotto il nome di «Pigmei bianchi» — pigmei a causa della loro misura; bianchi perché sono riscaldate al calor bianco.

Sequenza generale delle stelle

I «Pigmei bianchi» sono piuttosto eccezionali; la sostanza della maggior parte delle stelle non è così fortemente compressa. Quando ci trovavamo dentro al sole, abbiamo visto che, in maggioranza, gli atomi non erano completamente infranti e che vari dei loro nuclei continuavano a trattenere uno o due elettroni, formando così atomi di una definita, benché minuscola grandezza. Simili atomi non possono venire pigiati in uno spazio ristrettissimo, come la sostanza al centro dei «Pigmei bianchi», ma però sì in uno spazio assai minore di quanto non occorra per gli atomi interi. Essi sono, così, compressi all'interno del sole in modo che un metro cubo di simile sostanza viene a pesare una certa quantità di tonnellate — non sappiamo quante. Al centro di un «Pigmeo bianco» un metro cubo contiene decine di migliaia di tonnellate.

Il sole, con la sostanza compressa in questo modo, è il rappresentante tipico della categoria più grande di stelle, le stelle di grandezza media, che sono conosciute sotto il nome di stelle della sequenza generale. Questa classe comprende forse l'80 per cento di tutte le stelle che si trovano nel cielo. Il centro di tutte quelle che appartengono alla serie principale è caldo quasi come il centro del sole, con il risultato che gli atomi generalmente trattengono i loro due elettroni più interni e non gli altri — potremo paragonarli a sistemi solari in cui siano rimasti, come unici pianeti a percorrere le loro orbite, solamente Mercurio e

Venere. E, benché la materia, infranta fino a questo punto, possa essere compressa assai fortemente, non lo può essere quanto lo è nei «Pigmei bianchi». Il risultato si è che le stelle della serie principale sono tutte sostanzialmente più grandi di qualsiasi «Pigmeo bianco» e non mostrano una così svariata scala di grandezze. Ma, non tenendo conto della grandezza, esse mostrano le più grandi diversità, i loro pesi passano per tutta la gamma dei pesi stellari a noi noti, ed i loro colori attraverso tutto lo spettro dei colori conosciuti, dal violetto più vivo al rosso più pallido. Pure, come il loro nome indica, esse formano una vera serie principale. Quando le disponiamo in ordine di peso, troviamo che le abbiamo disposte anche in ordine di colore; le stelle più pesanti sono anche le più azzurre e, come il peso diminuisce, il colore scende attraverso allo spettro, passando per l'azzurro, il bianco ed il giallo, fino al rosso più attenuato. E, ancora, con il diminuire del peso, diminuisce la forza in candele-luce, attraverso tutta la gradazione delle luminosità stellari, dal potente riflettore, fino alla lucciola.

Giganti rossi

Le stelle della terza classe si distinguono per i loro centri ancor più freddi, persino, dei centri delle stelle della serie principale; la temperatura ne deve essere abbassata fino ai due o tre milioni di gradi. In una frescura relativa come questa, gli elettroni non vengono strappati ai loro atomi

fino all'ultimo anello composto di due, come nel sole. Altri anelli di elettroni rimangono aderenti al nucleo, cosicché gli atomi rimangono di una grandezza rispettabile e non possono essere addensati troppo assieme. Logicamente, essi sembrano esser disposti a loro agio, rimanendo tra l'uno e l'altro tanto spazio da rendere le stelle di cui parliamo di enorme grandezza. Un esempio tipico ce ne dà la stella Betelgeux che è grande 25 volte quanto il sole, per quanto non contenga che 40 volte la sostanza che esso contiene. E un esempio ancor più grande è Omicron Ceti, che è capace di contenere 30 milioni di soli. Si è scoperto recentemente che questa stella ha una compagna debolissima, dall'aspetto di «Pigmeo bianco», con cui forma un sistema binario. Se le stelle avessero un qualche senso della comicità, questo paio mal combinato dovrebbe causare qualche allegria tra di esse, per la loro incongruenza e la differenza di grandezza. Sembrano un elefante ed una pulce che, tenendosi per mano, passeggino per l'infinito.

Queste stelle per la maggior parte sono così grandi da poter contenere almeno un milione di soli. Per quanto la loro forza in candele sia spaventevole, esse hanno superfici tanto immense che ogni 7 cm. quadrati non possono disporre che di pochissima energia; talvolta, non più di un mezzo cavallo-vapore, in confronto ai 50 di cui dispone il sole, ed ai 50.000 di cui dispone qualche stella azzurra della serie principale.

Queste stelle possono esser chiamate giganti rossi e gialli a causa della loro grandezza, e a causa del loro colore.

Energia stellare

Che la grande differenza di grandezza delle stelle sia accompagnata da una corrispondente differenza nella grandezza degli atomi nell'interno di esse ci sembra abbastanza chiaro, ma comprendiamo meno bene la grande differenza in candele-luce. Pare quasi certo che ogni stella possa essere considerata come una enorme stazione produttrice di forza, la quale generi energia nel suo interno e dalla sua superficie la rovesci nello spazio in forma di radiazioni. La produzione solare di 50 cavalli-vapore per 7 cm. quadrati può parere enorme a prima vista; ma dobbiamo ricordare che ogni 7 cm. quadrati non sono che lo sbocco dell'energia generata in una parte assai voluminosa della stella. Siccome il sole ha un raggio di circa 692.000 chilometri, tutta la energia generata in 692.000 chilometri dietro a 7 cm. quadrati della superficie solare, deve uscire attraverso a questi stessi 7 cm. quadrati. E quando osserveremo i fatti sotto questo punto di vista, 50 HP per 7 cm. quadrati non ci parranno eccessivi; succederà, anzi, il contrario.

Noi sappiamo che la radiazione ha un certo peso, così una corrente di peso deve continuamente defluire da ogni parte della superficie di una stella. I calcoli ci mostrano che

la radiazione totale emanata dal sole ad ogni secondo pesa 4.000.000 di tonnellate. Dunque il sole deve andar continuamente perdendo in peso, in ragione di 4.000.000 di tonnellate al secondo, il che è circa equivalente a 10.000 volte l'acqua che passa a Londra, nel Tamigi, sotto il ponte di Westminster. Il suo peso diminuisce dunque certamente come se sulla sua superficie vi fossero aperti 10.000 sbocchi, da cui uscisse un intero Tamigi. In questo momento, il sole pesa vari milioni di tonnellate in meno di quando avete cominciato a leggere questo capitolo; domani, a quest'ora, peserà 350.000 milioni di tonnellate meno di quanto non pesi ora. Di dove proviene tutto questo peso?

Le stelle distruggono la loro sostanza

Non sappiamo ancora con certezza come una stella generi la sua radiazione, ma sembra probabilissimo che la produca distruggendo la sua sostanza, esattamente come un'officina produce energia bruciando carbone. Ma il processo che si sviluppa in una stella è assai differente da una semplice combustione, la quale solamente implica una risistemazione degli atomi. Molto probabilmente qui si tratta invece di una vera distruzione di atomi: un atomo esiste per un certo istante, e l'istante seguente è scomparso; non ne rimane null'altro se non un lampo di radiazione il quale, però, avrà esattamente il peso dell'atomo scomparso.

Se questa è la vera origine della radiazione delle stelle, il sole va distruggendo i suoi atomi in ragione di 4 milioni di tonnellate al secondo, ed altre stelle devono andar distruggendo i loro atomi in altre quantità, diverse ma paragonabili, in proporzione alla loro forza in candele-luce. A causa di questa continua perdita sotto forma di radiazione le stelle debbono andar scemando di peso cosicché, parlando in senso lato, le stelle più vecchie dovrebbero essere le meno pesanti. Vi è un certo numero di dati tali da farci ritenere che questo sia esattamente il caso.

Abbiamo già visto come le stelle di maggior peso, quelle che ora dobbiamo considerare come le più giovani, siano di gran lunga le più luminose e come, generalmente parlando, il loro potere illuminante diminuisca col diminuire del peso. Esse, però, perdono più rapidamente in forza luminosa che non in peso. Nelle vecchie stelle, non solamente è rimasta meno sostanza, ma quella che è rimasta, è meno efficiente nell'irradiare forza, per ogni tonnellata. Possiamo spiegarci meglio considerando che una stella sia composta da una mescolanza di sostanze cambiantisi in radiazioni a differente velocità. Certe sostanze si trasformano rapidissimamente, e così disperdono assai rapidamente le loro radiazioni finché durano, ma, logicamente, non durano a lungo. Finché ve ne sono, di queste sostanze, le stelle irradiano con potenza spaventosa. Dopo che tali sostanze son state consumate, quelle altre che sono rimaste, di genere più debole,

disperdono le loro radiazioni più lentamente, e così durano più a lungo, di modo che, dopo una breve e prodiga gioventù in cui abbia dissipato i suoi averi a velocità turbinosa, una stella può pensare ad una lunga e serena vecchiaia, durante la quale irradierà la sua energia con maggior calma. Per quanto questi fatti non si possano ritenere provati definitivamente ed inalterabilmente, essi si accordano abbastanza bene con i fenomeni astronomici già noti; e servono almeno a rendere più interessante la grande varietà delle stelle che si possono osservare nel firmamento.

Le stelle più vicine

Tenendo presente la suesposta classificazione delle stelle, diamo un'occhiata alle nostre più prossime vicine dello spazio. Queste, probabilmente, ci daranno un'eccellente idea del cielo. Se ci allontanassimo di più, ne otterremmo certamente un campionario peggiore, perché allora dovremmo ignorare un gran numero di quelle debolissime a noi sconosciute tanto a causa della loro distanza quanto della loro poca luminosità. È solamente possibile osservare quelle, tra le debolissime, che ci sono vicine. Nella pagina 156 diamo una lista delle 26 stelle che ci sono più vicine, con le loro distanze in anni-luce. I dischi che si trovano nella colonna seguente a quella dei nomi indicano approssimativamente il volume delle stelle che, a sua volta, è seguito dall'indicazione del colore come lo si

vede attraverso all'atmosfera terrestre. Finalmente, nell'ultima colonna, si trovano le approssimative forze di radiazione, prendendo quella del sole come unità.

Considerando che queste stelle siano le rappresentanti del cielo intero, notiamo subito come, in maggioranza, le stelle siano rosse e più piccole del nostro sole, e debbano quindi essere anche meno luminose. Probabilmente, solamente quattro di queste 26 sono più grandi del sole, mentre soltanto tre, le più brillanti fra quelle che costituiscono i sistemi di Alfa Centauri, Sirio e Procione, sono più luminose.

Vediamo che questo intero gruppo non contiene un solo gigante rosso o giallo. Questo però non indica come la vicinanza del sole sia, sotto qualche punto, anormale. Le stelle giganti sono rarissime nello spazio. Se, per caso, ve ne fosse una, rossa o gialla, vicino al sole, non ci sarebbe stato possibile rappresentarla nel nostro diagramma, poiché una stella di tale grandezza avrebbe richiesto un disco del diametro di metri 3,60. Di queste 26 stelle, 23 appartengono certamente alla serie principale mentre una, la pallida compagna di Procione, potrebbe essere un « Pigeo bianco », ma ciò è ancora dubbio. Le altre due, la debole compagna di Sirio, e la stella di van Maanen sono certamente «Pigmei bianchi». Il nostro campionario è sufficiente a dimostrare che la grande maggioranza delle stelle appartiene alla serie principale.

Stelle	Distanza in anni-luce	Grandezza e colore	Forza in candele (base il sole)
Sole	—	 Gialla	1
Prox. Centauri	4'27	 Rossa	$\frac{1}{20000}$
α Centauri	4'31	  Entrambe gialle	$1\frac{1}{8}$ e $1\frac{1}{3}$
Munich 15040	6'06	 Rossa	$\frac{1}{2500}$
Wolf 359	8'07	 Rossa	$\frac{1}{50000}$
Lalande 21185	8'55	 Rossa	$\frac{1}{200}$
Sirio	8'65	  Entrambe bianche	26 e $\frac{1}{400}$
3 stelle debolissime	9 a 10	   3,3,Rossa	Media $\frac{1}{900}$
τ (?) Ceti	10'3	 Giallo rossiccio	$\frac{1}{3}$
Procione	10'4	  Bianca, ?	$6\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{20000}$
8 stelle deboli	10 $\frac{1}{2}$ a 11 $\frac{1}{2}$	 Tutte rosse	Media $\frac{1}{10}$
Kruger 60	12'7	  Entrambe rosse	$\frac{1}{400}$ e $\frac{1}{1400}$
Stella di Van Maanen	12'8	 Bianca	$\frac{1}{6000}$

Queste 26 stelle vanno trasformando la loro sostanza in radiazioni a velocità differenti, ma la più gran parte di esse a velocità minore del sole; solamente tre, una in ognuno dei sistemi della Alfa Centauri, di Sirio e di Procione, si vanno

distruggendo più rapidamente del sole; queste hanno tutte più sostanza da consumare. La riserva d'atomi di cui dispone il sole attualmente, potrebbe durare ancora per circa 15 milioni di anni, alla presente velocità di radiazione, ma, molto tempo prima di arrivare al suo ultimo atomo, esso avrà raggiunto lo stato delle stelle più piccole e più deboli, e andrà irradiando molto più lentamente di quanto non faccia ai nostri tempi.

Secondo queste considerazioni, sembra probabile che la maggior parte delle stelle possa aspettarsi di vivere ancora per centinaia di milioni di milioni di anni prima di cadere nell'oscurità assoluta. E, sia questa previsione definitiva o no, una cosa almeno sembra certa — che le nostre vite perdono tutta la loro importanza, quando vengono paragonate al tempo astronomico. Abbiamo visto come la terra non sia altro che un granello di polvere nello spazio; ora vediamo come le nostre vite, e logicamente tutto l'insieme della storia umana, siano solamente granelli di polvere nel tempo.

Capitolo VI - LA VIA LATTEA

Quando, nel primo capitolo, abbiamo parlato dell'aspetto del cielo, le stelle per noi non erano che un distante sfondo di punti luminosi. Questo sfondo ci permetteva di fissare i nostri punti di riferimento nello spazio, ed abbiamo visto come potevamo riconoscere i nostri vicini, i pianeti, e gli altri membri della famiglia del sole, dal loro rapido moto attorno a questo.

Dopo d'allora abbiamo visto quel che siano realmente le stelle, ed abbiamo parlato delle loro varie caratteristiche. Tra l'altro, abbiamo notato pure come esse mostrino una grande varietà di forza luminosa. Mentre alcune sono migliaia di volte più luminose del nostro sole, altre sono migliaia di volte più deboli. Se paragonassimo il nostro sole ad una candela ordinaria, alcune stelle dovrebbero esser paragonate a potenti riflettori, ed altre, all'estremo della graduazione, a lucciole.

È solamente da poco tempo che è stata scoperta la gran differenza del potere luminoso delle stelle. Per lungo tempo si era creduto che tutte avessero più o meno lo stesso splendore intrinseco — come una fila di fanali in una strada — cosicché, quando una di esse pareva debolissima, si attribuiva questo fatto alla sua distanza. Nel 1761, l'astronomo Lambert pensava che tutte le stelle fossero state create per servire agli stessi fini, e non vedeva perché le une avessero dovuto esser più deboli delle altre: se qualcuna appariva più debole, ciò doveva esser causato dalla sua distanza. Abbiamo già visto quanto questo modo di pensare fosse errato.

La carta dell'Universo

Se Lambert avesse avuto ragione, e si fosse trovata in tutte le stelle la stessa luminosità intrinseca, come in una fila di fanali l'astronomia sarebbe una scienza assai più semplice di quanto non sia realmente. Avremmo immediatamente potuto dedurre la distanza di una stella dalla sua luminosità apparente, e così avremmo potuto disegnare la carta dell'universo, stella per stella. Ma, stando le cose come realmente stanno, la debole stella cui stiamo guardando può essere un distantissimo riflettore, o anche una vicinissima lucciola. È difficile dire quale delle due essa sia; lo si può sapere solamente misurandone la distanza.

Abbiamo visto come possiamo misurare la distanza di certe stelle col metodo in genere usato dai geometri, osservando quanto esse cambino di posizione mentre noi ci spostiamo nello spazio. Ma questo si può applicare solamente a qualcuna di esse che ci è vicinissima. Il viaggio più lungo che la natura ci permette di compiere è quello di 298 milioni di chilometri, che compiamo ogni sei mesi, come la terra passa da una parte del sole all'altra. E per la maggior parte le stelle ci sono tanto lontane che nemmeno questo lunghissimo viaggio provoca un sensibile spostamento nella direzione in cui le vediamo. Siamo, effettivamente, costretti a risolvere il problema di misurare la loro distanza solamente guardandole, senza che ci sia permesso di spostarci. Come dovremo fare?

Abbiamo visto come avremmo potuto procedere se si fosse trattato di una fila di fanali, sapendoli tutti della stessa forza luminosa. Usiamo lo stesso metodo con le stelle. In generale, esse hanno differentissime forze luminose, ma è stato recentemente scoperto che certe categorie di stelle, facilmente riconoscibili in se stesse, sono di una luminosità uniforme. Quando sappiamo la forza luminosa di una di esse, sappiamo la forza luminosa di tutte le altre, e allora possiamo usare il metodo «dei fanali» per misurare le loro distanze: più debole una stella si mostra, più è distante. Oppure, più concisamente, la stella è appunto tanto distante quanto appare esserlo.

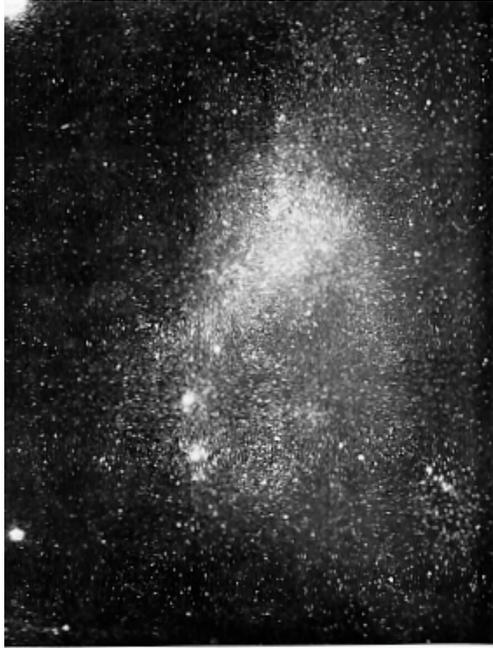
Il metodo «dei fanali» fallirebbe logicamente se ci fosse una qualche sorta di nebbia o di materia ostruente che invadesse lo spazio e che estinguesse la luce quando questa avesse percorsa una certa distanza. In una notte nebbiosa, possiamo veder solamente pochi dei fanali più vicini di una strada e non dobbiamo misurare le loro distanze dalla loro apparente debolezza; i più deboli non sono tanto distanti quanto ci potrebbero parere, se non sapessimo che li vediamo attraverso alla nebbia. Attentissime osservazioni sembrano dimostrare che nello spazio non esiste una simile nebbia, salvo in certe speciali località. Sparse qua e là nel cielo, notiamo alcune macchie nere ben definite, nelle quali non si scorgono affatto stelle o, se se ne vedono, sono poche, e abbastanza vicine a quanto dimostra la loro luminosità. Un esempio importante ci è dato dalla nerissima macchia che vediamo verso il centro della Tavola XXIX, conosciuta sotto il nome di «Sacco di Carbone». Queste macchie sembrano profonde cavità, ed una volta erano credute tali; si credeva che fossero dei buchi aperti nel sistema siderale — specie di gallerie che si prolungassero fino alla terra dagli spazi più distanti, per quanto avesse potuto sembrar strano che tante gallerie dovessero proprio convergere sulla nostra piccola terra. Ora sappiamo che i neri spazi vuoti non sono affatto gallerie — sono nubi di materia oscura, abbastanza vicine, che ci impediscono di vedere le stelle che vi stanno dietro.

Un semplice sguardo alle fotografie più recenti ci permette di stabilire questa interpretazione. Per esempio, la macchia nera che rassomiglia ad una testa di cavallo, quasi al centro della Tavola XXX, non può affatto esser scambiata per una galleria aperta tra le stelle; vediamo subito che si tratta di una qualche ostruzione.

Eccezion fatta per le poche direzioni in cui incontriamo materia oscurante di questo genere, lo spazio astronomico sembra esser perfettamente trasparente. La luce delle stelle lo attraversa senza difficoltà, e non diminuisce per altro motivo che per quello della distanza. Così è perfettamente vero per qualsiasi speciale categoria di stelle di luminosità uguale, che una stella è esattamente distante quanto sembra esserlo. Le stelle più interessanti di questo genere sono quelle appartenenti ad una categoria conosciuta sotto il nome di «Cefeidi variabili».

Le Cefeidi variabili

La luce della maggioranza delle stelle è perfettamente fissa, ma ve ne sono alcune poche la cui luce fluttua continuamente in intensità, come se qualcuno stesse senza posa chiudendo ed aprendo la chiavetta di una lampada a gas.



Orizzontale di Arcoquina.

La Nube Magellanica Minore.

Questa vasta nube di stelle si trova nella costellazione Tucana, presso il Polo Sud, e così non è visibile dall'Inghilterra. È così grande che la luce, pur percorrendo circa 300000 chilometri al minuto secondo, impiega 6000 anni per giungere da un capo di essa all'altro capo, ed è così distante che la stessa luce impiega 95000 anni per giungere fino a noi. Contiene almeno 500000 stelle più brillanti di Sirio, assieme ad un immenso numero di stelle più deboli e pure, a causa della sua grande distanza, ne riceviamo solamente un venticinquesimo della luce che riceviamo da Sirio. Presso il margine sinistro della tavola si possono vedere due gruppi globulari. Quello in alto, nell'angolo estremo, è 47 Tucanae, uno dei gruppi globulari più splendidi e più vicini a noi, che si trova solamente ad un quinto della distanza che ci separa dalla Nube Magellanica.



Osservatorio Astronomico di Dominion, Victoria, B.C.

TAVOLA XXXII - L'Ammasso Globulare M 13 in Ercole. Questo è il più bell'ammasso visibile nell'emisfero nord, per quanto non in tutto il cielo. La sua distanza è tale che la sua luce impiega 33000 anni per giungere fino a noi. Per quanto esso emetta 2½ milioni di volte la luce del sole, è appena visibile ad occhio nudo.

Molto tempo fa, fu osservato che la luce di una stella, la Delta Cephei, fluttuava in modo molto curioso — come se la chiavetta venisse chiusa gradatamente, e poi venisse di nuovo aperta di colpo. Essa ripete questo ciclo con la più

stretta regolarità ad ogni cinque giorni e mezzo. Una distante nube stellare, la Nube Magellanica Minore (vedi Tavola XXXI), contiene una grande quantità di stelle esattamente simili a questa; si è constatato che esse sembrano dello stesso splendore. Come si trovano tutte alla stessa distanza, questo significa che devono aver tutte la stessa forza in candele. Altre stelle esattamente dello stesso genere sono situate così vicino a noi che ne possiamo calcolare la distanza con i metodi ordinari usati dai geometri, e così possiamo, logicamente, calcolarne pure la forza luminosa. E si è trovato che anche queste hanno tutte la stessa intensità di luce. Per riassumere una serie intera di ricerche astronomiche, diremo che si è constatato come tutte le stelle che si comportano come la Delta Cephei, hanno il suo stesso potere illuminante.

Altre stelle mostrano fluttuazioni di luce caratteristiche, in massima dello stesso genere — identica diminuzione graduale d'intensità, seguita da una rapida ripresa di splendore — ma il fenomeno dura un tempo diverso dai cinque giorni e mezzo, durata dello stesso fenomeno nella Delta Cephei. Tutte le stelle di questo genere, come categoria, sono conosciute sotto il nome di Cefeidi variabili. E ancora: tutte quelle la cui fluttuazione ha la stessa durata, hanno, si è trovato, la stessa potenza luminosa; e questo lo si è potuto constatare, come l'altra volta, misurando l'intensità della luce di una stella vicina a noi. Così ci è possibile dire la forza in candele di qualsiasi

Cefeide variabile esista in cielo, calcolando la durata della sua fluttuazione; in séguito ci sarà possibile dedurne la distanza dalla luminosità apparente. Queste stelle sono come fari nell'immenso oceano dello spazio. Le riconosciamo immediatamente e infallibilmente dalla loro caratteristica fluttuazione e, sapendo la loro forza luminosa, possiamo immediatamente dedurre la distanza a cui si trovano.

Questo ci fornisce un metodo utilissimo per sondare le profondità dello spazio o, almeno, di quelle parti dello spazio in cui possiamo vedere qualche Cefeide variabile. Poco dopo la scoperta di questo sistema, l'attuale direttore dell'osservatorio di Harvard, il dottor Shapley, se ne servì per misurare le distanze di certi gruppi di stelle conosciuti sotto il nome di «Ammassi globulari», ciascuno dei quali è composto di qualche centinaio di migliaia di stelle.

Ammassi globulari

Immaginiamoci uno sciame d'api che si stabilisca all'aperto: esse formeranno una massa centrale globulare, attorno alla quale un numero enorme di insetti della stessa razza ronzerà formando una specie d'ambiente alla parte principale dello sciame. Se al posto di ogni ape metteremo una stella, avremo una rappresentazione abbastanza esatta dell'aspetto di un ammasso globulare — una massa rotonda di stelle, i cui membri verso il centro sono più vicini l'uno

all'altro, e più distanti all'esterno. Un gruppo tipico è quello mostrato alla Tavola XXXII.

Di questi ammassi globulari ne conosciamo circa un centinaio. Nessuno nuovo ne è stato scoperto in questi tempi, o è stato scoperto negli ultimi cento anni all'incirca, di modo che possiamo ritenere che non ve ne siano altri da scoprire: li conosciamo tutti. La più gran parte di essi sembrano di luce debolissima, poiché non se ne possono scorgere ad occhio nudo più di cinque o sei.

Tutti contengono un gran numero di Cefeidi variabili, e ciò rende possibile calcolare le loro distanze con una certa precisione e con risultati sensazionali. Persino il più vicino di questi ammassi globulari risulta così distante che la sua luce, per giungere fino a noi, impiega circa 18.400 anni. Noi non lo vediamo, quindi, come è adesso o dove è adesso; lo vediamo dove era e come era 18.400 anni or sono — molto tempo prima della civilizzazione dell'uomo. Lo vediamo dalla luce che ne partì per intraprendere il suo lungo viaggio fino a noi quando la terra era ancor coperta da foreste primeve e popolata di animali selvaggi, quando l'agricoltura era ancor sconosciuta e l'uomo viveva con i più rudimentali mezzi di caccia e di pesca. Mentre questa luce viaggiava nello spazio verso di noi, si è svolta tutta la storia che l'uman genere ricordi: sono nate 600 generazioni di uomini, che hanno vissuto e sono scomparse; sono sorti imperi, e sono caduti — tutto questo tempo è stato necessario perché la luce dell'ammasso globulare più

vicino a noi ci giungesse, attraversando lo spazio alla velocità di *quasi diciotto milioni di chilometri al minuto*. Questo ammasso è composto da centinaia di migliaia di stelle, alcune delle quali sono assai più luminose del sole. E pure la sua distanza è tale che lo si può appena scorgere ad occhio nudo.

Se tra gli abitanti di tale ammasso si trovassero degli astronomi, intenti a studiar noi come noi studiamo loro, essi vedrebbero l'orbita che la terra percorre attorno al sole ogni anno, grande come una punta di spillo vista a 650 chilometri di distanza. Questo dimostra quanto sarebbe inutile il vecchio metodo dei geometri per misurare le stelle a così grandi distanze.

Gli esseri che non sanno far altro che strisciare attorno ad una punta di spillo non possono sperare di vedere gli oggetti situati a 650 chilometri di distanza cambiar di posizione in modo sensibile.

In séguito, Shapley scoprì come la distanza che ci separa dal più lontano ammasso, sia circa dieci volte superiore a quella che ci separa dal più vicino; mentre la luce del più vicino impiega circa 18.400 anni per giungere fino a noi, quella del più lontano ammasso ne impiega circa 185.000.



W. H. Steavenson. Pretoria.

TAVOLA XXXIII. La Via Lattea — II.

In questa tavola è riprodotta la parte più brillante e più larga della Via Lattea, da Antinoo a Scorpione. La parte centrale è riprodotta con maggiori particolari nella Tavola XXXIV.



E. E. Barnard, Osservatorio di Yerkes.

TAVOLA XXXIV. La Via Lattea in Sagittario.

Questa e la parte centrale della Tavola XXXIII, con maggiori particolari. Nella parte sinistra ed al centro vediamo la Grande Nube Stellare in Sagittario, che è la parte più splendente della Via Lattea. La chiazza oscura a destra, che si vede interamente alla Tavola XXXIII, nasconde probabilmente il centro del Sistema Galattico.

Egli ha anche misurate le distanze di tutti gli ammassi intermedi e ne ha segnate sulla carta le posizioni che occupano nello spazio. La loro disposizione generale sembra esser simile a quella degli acini di uva in un

panettone alquanto ovale; in altre parole essi sono disposti abbastanza uniformemente attraverso ad una parte dello spazio che assume la forma di un tal panettone, uno spazio la cui sezione media è circolare, e il cui spessore è inferiore alla sua lunghezza ed alla sua larghezza.

Per quanto questo non sia ancor certo, sembra probabile che, segnando in tal modo sulla carta i gruppi globulari, Shapley abbia risolto un problema più importante di quanto poteva a prima vista sembrare; egli avrebbe risolto il problema della disposizione delle stelle nello spazio.

Probabilmente, il primo istinto degli uomini primitivi è stato quello di supporre che le stelle durassero eternamente. È la supposizione più semplice e, sotto vari aspetti, la più naturale; pure, molte considerazioni dimostrano che non può essere corretta. Per citarne solamente una, di queste considerazioni, se le stelle durassero sempre, e continuassero a rimanere eternamente nella disposizione che conservano attorno al sole, in qualsiasi direzione noi guardassimo, tosto o tardi vedremmo una stella. Il cielo intero ci sembrerebbe uno splendore uniforme di luce, così come, in un «blizzard», tutto il cielo ci sembra un uniforme lenzuolo di neve. Come la più gran parte del cielo notturno è nera, possiamo esser sicuri che le stelle non durano eternamente; quando avremo percorsa una certa distanza nello spazio, esse dovranno cominciare ad assottigliarsi e finalmente a scomparire. Senza tener conto delle regioni speciali già ricordate, in cui la luce delle stelle viene

bloccata da macchie di materia oscura, il cielo sembrerà nero solamente quando avremo guardato attraverso a tutto il sistema stellare, ed i nostri occhi erreranno nello spazio vuoto esistente oltre ad esse.

La Via Lattea

Pure, non tutto il cielo notturno è nero. In qualsiasi notte senza luna, se è chiara, vediamo un grande arco di deboli luci perlacee varcare il cielo da un orizzonte all'altro. Non possiamo vedere quello che accade sotto all'orizzonte, a meno che non facciamo il giro della terra ma, se lo facessimo, vedremmo che i due capi di quest'arco si congiungono nel cielo meridionale, in modo da formare uno sterminato cerchio di luci che abbraccia tutto il firmamento — una cintura luminosa che circonda il mondo. In quasi tutte le lingue tale arco è chiamato Via Lattea.

La natura di questa cintura di luci ha dato da pensare non solamente ai popoli primitivi, ma anche agli antichi astronomi. I Messicani lo chiamavano «la piccola sorella bianca del multicolore arcobaleno», e in quasi tutte le civiltà ha dato origine ad innumerevoli leggende — ricordate certamente il quadro del Tintoretto (vedi frontispizio) che si trova nella National Gallery di Londra, e che è intitolato *L'origine della Via Lattea*. Poi, nel 1609, Galileo rivolse ad esso il telescopio che aveva di recente inventato, ed immediatamente il mistero fu chiarito. Si

scoperse che la Via Lattea non era altro che una nube di stelle deboli, sparse come una leggera polvere argentea sullo sfondo di velluto del cielo (vedi Tavola XXIX, e la Tavola XXXIII). In séguito, il telescopio di Galileo ci mostrò che, anche nella Via Lattea, il cielo è in maggior parte nero, e che le stelle sono solamente incidenti su di uno sfondo oscuro.

Eccetto i punti in cui si trovano chiazze di materia oscura, questo nero deve di nuovo provenire dal fatto che i nostri sguardi si spingono attraverso il sistema siderale nello spazio vuoto che sta oltre ad esso, così, persino nella direzione della Via Lattea, giungiamo, col tempo, là dove non vi sono più stelle. Pure, in questa direzione, possiamo veder più stelle che non guardando verso altre direzioni, ed inoltre le vediamo assai più deboli delle altre, il che ci dimostra che sono più distanti. È dunque evidente che possiamo viaggiare più a lungo verso quella parte che non verso qualsiasi altra, prima di giungere là dove non vi sono più stelle.

La ruota delle stelle

Sir William Herchel giunse a questa conclusione 120 anni or sono. Egli ritenne che le stelle fossero disposte quasi come una enorme ruota di carro, col sole situato quasi nel punto in cui dovrebbe trovarsi il mozzo. E suppose anche che le stelle del cerchio formassero la Via Lattea; in questa direzione parevano deboli a causa della

loro distanza, ed apparivano esser specialmente numerose perché, guardando verso di esse, non solamente si vedevano quelle del cerchio, ma anche quelle che dovevano esser disposte su linee tracciate come i raggi di una ruota.

Recenti studi astronomici hanno confermate le conclusioni di Sir William Herchel in molti punti, ma mostrano anche che, sotto un certo punto, egli sbagliava; il sole non è situato dove si dovrebbe trovare il mozzo della ruota, e nemmeno vi è vicino, ma ad una certa distanza, e lungo uno dei raggi forse ad un terzo della distanza dal mozzo al cerchio. Perché, ora, noi sappiamo che questa ruota gira nello spazio. Non gira attorno al sole o attorno ad un punto situato vicino al sole, ma attorno ad un mozzo così distante che la sua luce impiega circa 50.000 anni a raggiungerci. Questo mozzo si trova quasi esattamente nella direzione del centro del panettone in cui abbiamo immaginato esser rinchiusi gli ammassi globulari ed il piano della ruota, che è logicamente il piano in cui si trova la Via Lattea, coincide esattamente col piano centrale del panettone — in altre parole, metà degli ammassi globulari si trovano da una parte della Via Lattea, e l'altra metà dall'altra parte.

Questo stabilisce, in modo quasi certo, che la ruota immaginata da Sir William Herschel è essenzialmente una cosa identica al panettone che rappresenta per noi la disposizione degli ammassi globulari nello spazio; le stelle

occupano la stessa regione dello spazio occupata dagli ammassi globulari e, come noi vaghiamo attraverso lo spazio, i due viaggiano più o meno assieme. Vi è una sola differenza: le stelle della ruota non sono così dense quanto quelle che formano il panettone degli ammassi globulari. Forse possiamo spiegarci meglio così:

Imburriamo il nostro panettone; tagliamolo in due parti, superiore e inferiore, e spalmiamole di uno spesso strato di burro, poi torniamo a metterle l'una sopra l'altra, di nuovo. Allora il burro rappresenterà le stelle e lo zibibbo gli ammassi globulari. Il sole non si trova, come pensava Sir William Herschel, circa al centro del panettone; è vero che questo rimane sopra e sotto di lui quasi in parti uguali, cosicché esso viene a trovarsi nel mezzo dello strato di burro, ma è a quasi mezza strada dal centro alla circonferenza.

Questo paragone, assai prosaico, è il più semplice che io possa immaginare per spiegare la disposizione della maestosa magnificenza del cielo notturno. Per avvicinare il modello alla realtà, dobbiamo ingrandire il panettone milioni e milioni e milioni di volte, in modo che ogni minuscola parte dello spazio diventi milioni di chilometri; dobbiamo mettere al posto di ogni acino di zibibbo un gruppo di centinaia di migliaia di stelle, e al posto dello strato di burro una nube composta da parecchi milioni di altre stelle, e lasciar dissolvere il tutto nella vellutata oscurità dello spazio vuoto, o, al massimo, occupato da atomi sparsi disordinatamente o da frammenti di atomi

infranti e nubi di polvere. Se la nostra immaginazione può fare questo lavoro, il risultato non ne sarà affatto prosaico; ci darà un mezzo per comprendere il più impressionante spettacolo cui occhio umano abbia mai potuto assistere. Ci permetterà di guardare il magnifico panorama del cielo con nuova comprensione del suo significato.

Il cielo notturno

Pure, nemmeno in questo modo ci possiamo attendere di scorgere l'intero firmamento disteso dinnanzi ai nostri occhi quando, all'aperto, guardiamo un chiaro cielo notturno. Le distanze nello spazio sono così immense che la più luminosa delle stelle colpisce l'occhio nudo solamente se si trova relativamente vicina. Noi non possiamo vedere le altre senza l'aiuto del telescopio a meno che la loro luce non impieghi meno di tremila anni per giungerci. Ora, il più vicino degli ammassi globulari dista almeno sei volte tanto. Così dobbiamo dire che tutte le stelle che possiamo individualmente vedere come stelle si trovano in una minuscola porzione dello spazio attorno al nostro sole — in un pezzo del nostro panettone che, in rapporto, non è più grande di un panettone di grandi dimensioni. Se ogni stella che si trovi fuori di questa piccola frazione di spazio venisse ad essere improvvisamente distrutta, l'occhio nudo non ne vedrebbe scomparire nessuna. La Via Lattea scomparirebbe, perché è formata dalla luce combinata di una grande moltitudine di

stelle che sono troppo lontane da noi per esser scorte ad una ad una — come le luci di una città lontana. E lo sfondo generale del cielo diverrebbe appena un poco più oscuro, perché le stelle distanti, così distanti da non poter esser scorte ad una ad una stendono su essa un debole e quasi impercettibile velo di luce. Ma l'occhio nudo non noterebbe altri cambiamenti. Tutte le stelle che scorgiamo separatamente come stelle non ne rimarrebbero tocche; esse sono tutte assai vicine a noi, almeno quando ne misuriamo la distanza secondo la scala astronomica.

Così ne viene che vediamo il cielo notturno in due parti distinte. Dapprima, vediamo le costellazioni, che consistono di un vicinissimo primo piano di stelle separate — vale a dire: vicine su scala astronomica. In secondo luogo, poi, vediamo la Via Lattea, che è uno sfondo formato da stelle così distanti che le possiamo vedere solamente come massa. Costellazioni e Via Lattea — questo è tutto quello che vediamo. Nella distanza che intercorre tra di esse, vi sono milioni di stelle che non vediamo affatto perché sono troppo distanti da noi per essere scorte separatamente, e sono troppo poche per esser viste come una nube di luce diffusa; tutto quello che possono fare è di illuminare, in piccola parte, l'oscuro sfondo del cielo.

Questo intero sistema a foggia di ruota, circoscritto dalla Via Lattea che ne forma come il cerchio, è usualmente chiamato «Sistema Galattico».

Il numero delle stelle

Se potessimo vedere tutte le stelle del Sistema Galattico come stelle separate, quante ne potremmo contare? A prima vista, questa sembrerebbe la più semplice delle domande cui gli astronomi siano chiamati a rispondere; certamente essi non avrebbero altro a fare che contarle attraverso ai loro telescopî. Disgraziatamente, le cose non stanno affatto così. Più forte è il telescopio di cui ci serviamo, e maggiore è il numero di stelle che ci è dato scorgere. Il telescopio più potente finora costruito, ce ne mostra circa 1500 milioni — all'incirca una stella per ogni abitante della terra al disopra dei cinque anni. Ma un telescopio ancor più potente, ora in costruzione, ce ne mostrerà certamente ancora di più, e nemmeno allora potremo credere di vederle tutte o qualcosa di simile. No: è inutile contare le stelle — vi è un solo mezzo per dire il loro numero totale, ed è quello di pesarle tutte assieme.

Può sembrar pazzesco parlare di pesare quello che non possiamo nemmeno vedere, ma questo definisce quasi letteralmente il lavoro cui si sono accinti recentemente gli astronomi.

Per lungo tempo si sono nutriti dei dubbi sul come possano i sistemi astrali conservare le loro disposizioni a disco o a ruota. Era difficile comprendere perché la forza di gravità delle stelle al mozzo non attirasse le altre nel cerchio finché non si ammassassero tutte al centro.



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XXXV. Nebulosità in Cigno.



Osservatorio di Yerkes.

TAVOLA XXXVI. La Grande Nebula M. 31 in Andromeda.

Questa, la più importante delle città astrali che si trovano nello spazio, è poco più distante di M 33 (Tavola XXXVIII). La sua luce impiega 900000 anni per giungere a noi, ed è così grande che la stessa impiega 50000 anni ad attraversarla.

Questo problema è ora risolto: la ruota conserva la sua forma semplicemente perché gira attorno al mozzo. In ciò ricorda il sistema solare, ma in proporzioni enormi. Il sistema solare ha anche la forma di un disco o di una ruota, e non esiste mistero sul perché esso conservi la sua forma, che è questo: I pianeti girano attorno al sole; se cessassero di girare, cadrebbero nel vuoto, ma, in realtà il loro moto attorno al sole li salva. I pianeti più vicini al sole devono muovere più rapidamente perché devono reagire ad una forza di gravità solare più fortemente risentita nel punto in cui si trovano. Lo stesso accade con il sistema delle stelle, immensamente più grande; il moto di cui sono dotate impedisce loro di cadere verso il centro. La forza di gravità è più forte verso il mozzo, cosicché le stelle che vi sono più vicine debbono muovere più rapidamente. Il sole, a qualche distanza dal mozzo, si sposta ad una velocità di circa 320 chilometri al minuto, il che è assai più che 10.000 volte la velocità di un treno espresso. E la sua distanza dal mozzo è tale che, pur spostandosi a questa velocità, il suo giro completo attorno ad esso richiede, probabilmente, due o trecento milioni di anni.

Queste cifre non sono affatto esatte; noi non sappiamo ancora, nemmeno con precisione approssimativa, la distanza a cui ci troviamo dal mozzo attorno al quale giriamo. Abbiamo piuttosto una più esatta conoscenza della direzione in cui questo mozzo si trova. Deve, per forza, trovarsi nella Via Lattea, e quasi certamente nella parte che

si vede nella Tavola XXXIII; probabilmente in qualche punto vicino al suo centro.

Ora, il centro di questa zona è riconosciuto da gran tempo come la parte più ricca della Via Lattea. Dovevamo aspettarci che le stelle fossero raggruppate più densamente attorno al mozzo della ruota ed in ogni caso avremmo dovuto scorgere la più grande profondità di stelle guardando, in direzione del mozzo, verso il cerchio lontano, cosicché non è da sorprendere se il mozzo si deve trovare in una parte ben fornita della Via Lattea.

La parte più ricca di tutte è la Grande Nube stellare del Sagittario. Questa, che si trova vicino al centro della Tavola XXXIII, è mostrata più in particolare alla Tavola XXXIV. I risultati di un gran numero di osservazioni svariaticissime si combinano per confermare che il mozzo di tale grande ruota si trova in qualche punto di questa nube stellare o ben vicino ad essa. Con ogni probabilità, esso si trova dietro alla chiazza di materia oscurante che occupa la metà destra della Tavola. Se le cose stanno realmente così, non vedremo mai il mozzo attorno al quale la grande ruota gira.

Possiamo descrivere il moto delle stelle nel modo più semplice, raffigurandoci che il loro tragitto sia continuamente incurvato verso il mozzo dalla forza di gravità di qualche enorme sole centrale. Pure, è altamente improbabile che esista un simile sole centrale. Se potessimo scorgere attraverso a questa macchia di materia oscurante, probabilmente non vedremmo altro che un

densissimo gruppo di stelle ordinarie. È probabilissimo che le stelle si trattengano l'una con l'altra per mezzo della loro forza di gravità, come i due componenti di un sistema binario, e non siano controllate da una grande massa centrale unica.

Non appena conosceremo le velocità con cui le stelle ruotano attorno al mozzo, potremo pesare il sistema astrale, esattamente come potremo pesare il sole, sapendo il modo in cui i pianeti gli roteano attorno. Ogni stella risente l'attrazione, non solamente delle stelle che si trovano nel mozzo, ma di tutte quelle che compongono la ruota. E, siccome sappiamo che la media delle stelle pesa, all'incirca, quanto il sole, o forse poco meno, potremo dire quante sono le stelle che compongono la ruota.

È inutile dire che non ci sarà possibile enunciare questo numero con grande esattezza.

Certamente supera di molto i 100.000 milioni; vale a dire che vi sono certamente più di 60 stelle per ogni uomo, donna e bambino vivente sulla terra. Ve ne potrebbe, però, essere anche il doppio o anche tre volte o cinque volte tanto.

Non è facile comprendere quello che simili cifre significhino. Prima di tutto, quante stelle possiamo vedere in una notte eccezionalmente chiara, senza telescopio e servendoci unicamente dei nostri occhi?



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XXXVII. Il margine esterno della Grande Nebula M 31 in Andromeda.

Questa tavola ci mostra in particolare l'angolo in alto a sinistra della nebula che si vede a Tavola XXXVI. Si può vedere come sia composta di stelle separate.



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XXXVIII. La Nebula M 35 in Triangulum.

Per quanto questa sia la città astrale che ci è più vicina nello spazio, la sua luce impiega 850 000 anni per giungere fino a noi. Questa fotografia dovrebbe esser ingrandita fino ad occupare una superficie vasta quanto quella dell'Europa, prima di potervi localizzare un corpo celeste grande quanto il nostro sole.

Esse sembrano formare una enorme moltitudine, e la maggior parte di noi, se ci venisse chiesto di indovinarlo, potrebbe dire, chissà, o centomila o anche venti milioni, o una cifra qualsiasi. Ma, in realtà, la vista migliore non ne può scorgere più di 3000.

Ora, immaginiamoci che ciascuna delle 3000 stelle che ci è possibile scorgere sia dispersa in un intero nuovo firmamento folto di stelle. Anche questa raffigurazione ci darà soltanto 9.000.000 di stelle, e pure questa è ancora solamente una minuscola parte di quante ve ne sono realmente nel cielo. Per immaginare il numero totale delle stelle, dobbiamo pensare alla quantità di caratteri tipografici che occorrono a comporre tanti libri simili a questo, quanto bastino a formare una enorme biblioteca di almeno mezzo milione di volumi. La quantità delle lettere tipografiche contenute in tutte le pagine di tutti questi libri, sarebbe forse uguale alla quantità delle stelle che vi sono nel cielo. Se leggessimo una pagina ogni 8 minuti durante 8 ore al giorno, ci vorrebbero 700 anni per leggere i volumi di tutta questa libreria. Nello stesso modo, se contassimo le stelle, riuscendo a contarne 1500 al minuto — 25 al secondo — per contarle tutte vi impiegheremmo di nuovo 700 anni. La nostra terra è un piccolo accessorio di una stella, e di una abbastanza modesta, per di più, in tale e così vasta moltitudine. Rappresenta di meno, assai di meno, che non il puntino di una delle «i» della nostra libreria di mezzo milione di volumi; dovrebbe piuttosto esser

paragonata ad un microscopico granello di polvere, imprigionato tra due pagine. E gli abitanti di questo granellino di polvere pensavano, fino a 300 anni or sono, esser esso il centro dell'universo, e immaginavano che tutte le altre stelle gli girassero attorno — che non fossero, anzi, state create ad altro scopo che questo di girargli attorno, e spander su di esso un poco di luce, di tanto in tanto, durante le assenze del sole e della luna. Cominciamo ora a vedere quanto sia insignificante la nostra casa nello spazio e pure, come vedremo nel prossimo capitolo, la più gran parte della verità non è ancor stata detta.

Capitolo VII - NELLE PROFONDITÀ DELLO SPAZIO

Abbiamo visto come, quando l'astronomia era ancor poco conosciuta, fosse naturale immaginare che le stelle esistessero dappertutto, cosicché, per quanto uno si fosse allontanato nello spazio, non avrebbe dovuto veder altro che stelle e sempre stelle. Era come se un ragazzo, allevato in città, immaginasse che le file dei fanali non finissero mai. Pure, adesso sappiamo che, se potessimo allontanarci abbastanza nello spazio, giungeremmo a regioni dove le stelle comincerebbero a farsi più rare e sempre più rare, per scomparire poi del tutto: siamo, ora, nelle profondità oltre la Via Lattea. Le stelle sono come le luci di una grande città, ma nessuna città, per quanto grande, si estende all'infinito, e se ci allontaniamo a sufficienza, ne usciamo giungendo infine all'oscurità dell'aperto.

Pure non è ancor tutto qui. Ora sappiamo come il sistema astrale foggato a ruota e limitato dalla Via Lattea non sia l'unico sistema astrale nello spazio. Lontano, oltre la Via Lattea vi sono altre città, ciascuna con il suo sistema di illuminazione. L'oscurità della campagna che circonda la nostra città non è la fine di ogni cosa; se continuiamo a viaggiare per un tempo sufficiente, torneremo ad incontrare un'altra città le cui luci sono stelle simili a quelle che circondano il nostro sole. Lasciate che vi spieghi questa mia asserzione.

Quando ci allontaniamo in mare, non possiamo vedere le luci di un città rivierasca come puntini di luce separati; tutte si mescolano assieme e formano una specie di nebbia luminosa e confusa. Poi, come la nostra nave ci riporta verso la terra, cominciamo a vedere di nuovo le luci separate, dapprima le più brillanti e poi anche le più deboli.

È successa la stessa cosa con le distanti città di stelle, quelle che si trovano lontane nello spazio. Non siamo affatto giunti vicino ad esse, ma la sempre crescente forza dei nostri telescopî le ha, in un certo senso, portate più vicine a noi e, proprio in questi ultimi anni, abbiamo cominciato a vedere le loro luci individuali e a riconoscerle per quello che effettivamente sono — città di stelle come la nostra. Del loro vero carattere, però, si dubitava molto tempo prima che la verità fosse provata con sicurezza. Nel 1775, il filosofo Kant ne parlò come di «sistemi composti da varie stelle, che la distanza presenta disposte in così

stretto spazio che la luce di esse, impercettibile individualmente, ci giunge, a causa della loro immensa moltitudine, in un pallido, uniforme splendore».

Come esse erano viste solamente quali deboli nubi di luce, furono chiamate «nebule», parola latina che indica nebbie o nubi. Non tutte le nebulose consistono di gruppi di stelle. Le vere nebulose sono di due tipi distinti, che possono esser riconosciuti al loro aspetto. Quelle del primo tipo sono di forma regolare o quasi; quelle del secondo sono di forme completamente irregolari; esse costituiscono i corpi celesti di gran lunga più impressionanti, se visti in un telescopio— esattamente come la luna sembra più impressionante di Betelgeux. Esse, generalmente, rassomigliano a volute di fumo alla deriva, simili a quelle che si vedono quando brucia una casa o un mucchio di paglia.

E veramente sono, per così dire, solamente il fumo della nostra città di stelle, illuminato dalle luci della nostra città; esse sono volute e nubi di polvere e di gas luminosi, che si estendono da stella a stella, entro i confini della Via Lattea, formando macchie chiare e oscure contro il firmamento, quasi come il fumo e le fiamme di un fuoco ordinario formano macchie chiare ed oscure contro il cielo.

Due esempi di questo tipo di nebulose, entrambe nella costellazione di Orione, si vedono nella Tavola XXVII e nella Tavola XXX. Un terzo, che si trova nella costellazione del Cigno, è mostrato alla Tavola XXXV.

Le grandi nebulose nello spazio

Le nebulose appartenenti all'altro tipo, le nebulose di forma regolare, sono le distanti città di stelle. Esse sono così lontane che, viste direttamente, anche a mezzo di un potente telescopio, sembrano stranamente insignificanti. Le loro deboli luci impressionano pochissimo i nostri occhi. La più brillante di tutte, la Grande Nebula di Andromeda, (vedi la Tavola XXXVI) fu descritta dall'astronomo Marius come rassomigliante «ad una candela vista attraverso uno schermo di corno». Per comprendere quello che sono queste nebulose, dobbiamo permettere che la loro luce si imprima, per ore ed ore, e talvolta per notti e notti, su di una lastra fotografica. Quanto si è potuto compiere questa operazione, le luci individuali cominciano ad uscire dalla luce generale della nebula (vedi Tavola XXXVII), e si vede che si tratta di stelle. Noi sappiamo che sono stelle perché molte di esse sono inconfondibilmente Cefeidi variabili, mostrando le stesse caratteristiche e note fluttuazioni di luce che mostrano le Cefeidi variabili vicino a noi. Questa è una grande fortuna, perché, come abbiamo già visto, possiamo dire la distanza di ogni Cefeide variabile dalla sua apparente luminosità o dalla sua debolezza. Le Cefeidi variabili di ogni nebula sembrano tutte debolissime, e come noi sappiamo che si tratta di stelle effettivamente assai brillanti per se stesse, abbiamo, e da questo fatto solo, la prova che le nebulose si trovano a grandissime distanze da noi.

Avremmo bisogno veramente di uno strumento lunghissimo, per misurare questo genere di distanze. La luce percorre circa 18 milioni di chilometri al minuto, e così quasi dieci milioni di milioni di chilometri all'anno. Gli astronomi prendono questa distanza come unità di misura, e la chiamano «anno-luce». Quando parliamo della distanza di un'ora, alludiamo alla distanza che un uomo a piedi può percorrere in un'ora; allo stesso modo, quando un astronomo parla di un anno-luce allude alla distanza che la luce può percorrere in un anno.

Le più vicine città di stelle

Abbiamo visto come la luce, dal più vicino dei gruppi globulari, impieghi 18.400 anni per giungere fino a noi, o, come ora possiamo dire, che l'ammasso globulare più vicino a noi dista 18.400 anni-luce. Ma è provato che la nebula più vicina, la nebula M 33¹ della costellazione del Triangolo (Tavola XXXVIII), è distante 850.000 anni-luce; vale a dire 40 volte più che non il gruppo globulare più vicino.

La luce che ci permette di scorgere gli ammassi globulari ha iniziato il suo lunghissimo viaggio attraverso lo spazio prima che l'uomo conoscesse la civilizzazione, ma quella che proviene dalla più vicina delle nebulose, è partita da essa ancor prima che l'uomo esistesse. Se il primo uomo che ha abitato la terra avesse costruita una

1 Vuol dire Numero 33 nel catalogo del Messier.

stazione radiotelegrafica, ed avesse lanciato un richiamo, chiamando tutte le stazioni dello spazio per sapere se nell'universo vi fossero altri esseri intelligenti, la sua chiamata non avrebbe ancora raggiunta la più vicina delle nebulose.

Persino il più distante degli ammassi globulari è solamente ad un quarto di distanza da noi della nebula più vicina. Dopo di esserci lasciati dietro tutti gli ammassi globulari, dovremmo percorrere ancora quattro volte la distanza percorsa prima di cominciare ad incontrare le nebulose. E come gli ammassi globulari segnano i confini della Via Lattea, ciò vuol dire che le nebulose sono completamente fuori della Via Lattea. Se prendiamo Londra per rappresentare la nostra città astrale, la città astrale più vicina sarebbe rappresentata da Cambridge; tra di esse vi sono grandi estensioni di aperta campagna.

La città astrale seconda in distanza è solamente un'ombra ancor più lontana, si trova alla distanza di 900.000 anni-luce. Se rappresentiamo la città-luce più vicina prendendo per paragone Cambridge, rispetto a Londra, quest'altra potrà essere convenientemente rappresentata da Oxford. È la Grande Nebula di Andromeda (vedi le Tavole XXXVI, XXXVII e XLII, la più conosciuta delle città astrali che si trovano nello spazio, e l'unica che sia abbastanza visibile ad occhio nudo. Si trova quasi al nord della stella Beta di Andromeda (vedi la carta delle stelle I). Come spettacolo, bisogna ammetterlo,

ci lascia di molto disillusi, e pure vale la spesa di guardarla, almeno una volta nella vita, non fosse per altro che per pensare, mentre la si guarda, che la nostra retina è impressionata da una luce che ha viaggiato ininterrottamente per 900.000 anni, prima di giungere fino a noi. Le onde luminose, generate dal moto degli elettroni nella distantissima nebula 900.000 anni or sono, hanno viaggiato da allora indisturbate nello spazio ed ora, come entrano nei nostri occhi, incontrano sostanza solida per la prima volta dacché hanno lasciata la nebula. Giungono in serie ininterrotta, in misura di 500 milioni di milioni al secondo, ed il raggio di luce che unisce il nostro occhio con la nebula, contiene onde a sufficienza per mantenerne il rifornimento per 900.000 anni; quelli che amano l'aritmetica possono calcolarne il numero esatto.

Non tutte le nebulose sono tanto vicine da permetterci di scoprire le Cefeidi variabili che ne fanno parte. Quando questo è possibile, si possono giudicare immediatamente le grandezze e le distanze delle nebulose ma, nella maggioranza dei casi, bisogna far uso di altri mezzi.

Se disponiamo a diverse distanze da noi un certo numero di oggetti simili, essi logicamente sembreranno di differenti grandezze, ma la brillantezza della loro superficie non rimarrà affetta dalla distanza; lo sarebbe se nello spazio vi fossero materie opache od oscuranti, però abbiamo ragione di credere che ve ne sono così poche, di queste materie, che possiamo non curarcene, eccetto che per poche parti

speciali del cielo. Ora, il dottor Hubble dell'Osservatorio del Monte Wilson ha trovato che le nebulose della stessa forma sembrano avere lo stesso splendore alla superficie, e differiscono solamente nell'apparente loro grandezza. Questo ci dimostra abbastanza che esse sono strutture simili tra di loro, e che differiscono solamente per esser disposte a differenti distanze da noi, di modo che possiamo dire tali distanze, tanto dalle loro grandezze apparenti quanto dalla quantità di luce che ne riceviamo; in breve, una nebula è tanto più distante quanto più piccola e debole ci appare. La Tavola XL ci mostra un gruppo di nebulose nella Chioma di Berenice, alla probabile distanza di 50 milioni di anni-luce: le nebulose, in questa parte del cielo, sono tante che la tavola contiene più nebulose che stelle. La Tavola XLI ci mostra un gruppo di nebulose ancor più distanti, in Pegaso. Ciascuno dei corpi che vediamo confusamente in questa tavola è una nebula; sono, in tutto, 162; parecchie di esse, se le potessimo vedere da un punto abbastanza vicino, ci sembrerebbero un sistema vastissimo, con strutture complicate quanto quelle delle nebulose più vicine che vediamo alle Tavole XXXVI, XXXVIII e XLIII. La più distante di tutte le nebulose che ci sono rivelate dai telescopi è così lontana che la luce impiega circa 140 milioni di anni per giungere a noi.

Così vediamo che l'aver paragonato il sistema galattico, e le due nebulose più vicine a Londra, Cambridge e Oxford, è stata una buona idea sotto molti rapporti. I telescopi più

potenti ci rivelano circa due milioni di nebulose in tutto, non una delle quali, a quanto possiamo giudicare, è grande quanto la nostra propria città astrale, cosicché, per cominciare, abbiamo fatto bene per scegliere per il paragone Londra, la più grande città del mondo. Naturalmente, molti astronomi propendono a considerare il sistema galattico quale un aggregato di una certa quantità di città astrali sovrapposte, così come la stessa Londra è un aggregato di varie città. Se Londra rappresenta, per la sua grandezza, il sistema galattico, Cambridge e Oxford servono benissimo per rappresentare, anche in grandezza, le due più vicine città astrali. Ed il paragone serve ancora rispetto al numero degli abitanti, quanto ha servito per la disposizione delle città astrali nello spazio. Londra ha, all'incirca, 100 volte più abitanti che non Cambridge o Oxford, e la nostra città astrale contiene qualcosa come 100 volte altrettante stelle quanto ciascuna delle sue due vicine più prossime. Può, però, sorprendere che possiamo parlare con tanta fiducia del numero totale delle stelle che fanno parte delle nebulose; sono tanto lontane da non poter scorgere che poche delle loro unità più splendide.

Il peso delle città astrali

Abbiamo visto come il nostro sistema astrale, il sistema galattico, sia piatto come il sistema solare. E anche, come il sistema solare, può conservare la sua forma piatta a causa della sua rotazione. Molte delle nebulose sono pure di forma

piatta, e parrebbe ragionevole congetturare che esse pure conservino la loro forma in grazia di una certa rotazione. Le osservazioni confermano questa congettura, perché si è trovato che le nebulose hanno un movimento di rotazione. Deve essere quasi certamente questo moto di rotazione quello che impedisce alle stelle di ricadere verso il centro. Se sapremo la velocità di questo loro movimento, potremo calcolare la forza d'attrazione verso il centro, e così pesare le nebulose — esattamente come, vicino a noi, possiamo pesare il sole, o Giove o l'intero sistema galattico. Si è trovato che, in media, le nebulose pesano due o tre mila milioni di volte il peso del sole.

Questo non vuole necessariamente significare che in ogni nebula vi sia esattamente questo numero di stelle. Poche delle nebulose, se pure qualcuna, sembrano composte solamente di stelle; la più gran parte di esse hanno una regione centrale che rassomiglia piuttosto ad una nube di gas che non ad una nube di stelle. Ad ogni modo, nessun telescopio, tra quelli fino ad ora in uso, le può separare in stelle (vedi Tavola XLII). Devono logicamente esercitare tanta forza d'attrazione quanto un peso uguale di stelle, di modo che il peso di questa nube di gas, o di quello che sia, è incluso nella nostra stima del peso della nebula. Ma se queste apparenti nubi di gas non consistono di stelle, sembra probabile che siano destinate a formare, a loro tempo, delle stelle. La ragione per cui riteniamo questo probabile, è quella che segue.

L'evoluzione delle nebulose

Le due nebulose più vicine, quelle che abbiamo paragonato a Cambridge e a Oxford, sono piatte quasi come torte. Il nostro stesso sistema stellare, il sistema galattico, è anche piatto, per quanto non ad un così estremo grado. Ma non tutte le nebulose di forma regolare sono piatte. Le Tavole XLIV e XLV mostrano vari tipi di nebulose che è stato possibile osservare. Vediamo che certune sono rotonde come palle; altre sono leggermente appiattite, come arance, e così via, finché finalmente veniamo alle nebulose completamente piatte, come le due più vicine. Possiamo disporre le varie forme di nebulose in ordine di pianezza, esattamente come potremmo disporre un mucchio di perline di vetro in ordine di grandezza, colore, forma o di qualsiasi altra loro caratteristica ci piaccia scegliere.

Nelle Tavole XLIV e XLV, esse sono state così disposte.

Ora, quando avremo disposte le nebulose in ordine di piattezza, troviamo che un certo numero delle loro caratteristiche cambia pure gradatamente mentre passiamo in rivista la serie. È come se avessimo infilata una serie di perline in un nastro, mettendo le più grandi all'uno dei capi e le più piccole all'altro, e poi avessimo scoperto che non solamente la grandezza, ma anche la forma ed il colore cambiano gradatamente man mano si procede lungo il nastro, di modo che, nel disporre le nostre perline in ordine di grandezza, le avessimo involontariamente disposte, allo stesso tempo, per colore e per forma. Troviamo, per

esempio, che, parlando in senso lato, le nebulose più piatte sono le più grandi e viceversa: la disposizione che abbiamo dato loro per piattezza è anche una disposizione per grandezza. Lo stesso si può dire della forma: due nebulose che abbiano lo stesso grado di piattezza, sono generalmente quasi identiche per forma e così via. In breve, quasi tutte le nebulose di forma regolare possono essere disposte in una sola serie, come un filo di perline, e tutte le loro caratteristiche cambiano gradatamente come procediamo lungo il filo.

O, ancora, per tornare al nostro vecchio paragone, è come se avessimo cominciato a catalogare una collezione di cani alla rinfusa, disponendoli dapprima secondo le grandezze, e poi trovassimo che li abbiamo anche disposti in ordine di peso, statura, lunghezza di pelo e così via. Dovremmo allora concludere che tutti i cani erano di una stessa razza e potremmo sospettare che l'ordine della nostra disposizione fosse anche approssimativamente l'ordine delle loro età.

Allo stesso modo possiamo dire che in maggioranza le nebulose sono tutte della stessa razza, e sembra probabilissimo che l'unica serie in cui esse possano essere disposte sia secondo l'età o, per essere alquanto più accurati, secondo il loro più o meno avanzato sviluppo. Per quanto esse possano sembrare diverse in apparenza, le varie nebulose probabilmente differiscono principalmente per

essere più o meno avanzate in sviluppo, come una serie di bimbi, ragazzi, adolescenti, uomini e vecchi.

La nascita delle stelle

Un'altra caratteristica che non abbiamo ancora ricordato cambia pure gradatamente man mano procediamo ad osservare la nostra serie di nebulose; ed è, forse, la più importante di tutte. Un capo della fila è occupato da nebulose che non mostrano nessun segno d'appiattimento, nebulose rotonde come palle. Fra di esse non si può trovare nessuna stella: esse paiono solamente vaporose bolle di gas o nubi di polvere. Come procediamo lungo la fila, le nebulose ci appaiono sempre più piatte, ma per lungo tempo non vi possiamo scorgere nessuna stella. È solamente quando sono diventate molto piatte che le prime stelle cominciano a mostrarsi. Compaiono dapprima ai margini esterni, nelle regioni presso l'orlo, poi, come continuiamo verso le nebulose ancor più piatte, la regione stellare viene ad occupare sempre maggior spazio, finché anche il centro si spezzetta in stelle. Il dottor Hubble ha dimostrato logicamente che la serie presentata nelle Tavole XLIV-XLVI può essere estesa abbastanza naturalmente aggiungendovi, prima, la nostra vicina più prossima situata nello spazio, M 33 (Tavola XXXVIII) che è quasi tutta di stelle, e poi aggiungendo la Nube Magellanica Minore (Tavola XXXI) che non è composta d'altro che di stelle. La

nebula ora non è altro che una nube di stelle — una città astrale del genere di quelle di cui abbiamo già parlato.

Così la nostra serie di nebulose comincia con qualche cosa che pare una soffice palla di gas senza caratteristiche speciali, e termina con una città astrale. In ogni caso sarebbe difficile non credere che simile serie sia una continuazione di sviluppi, di modo che, precedendo, quella che era originariamente una nube informe di gas si sia condensata in stelle. Possiamo, però, controllare questa congettura calcolando matematicamente come una nube di gas caldo si sarebbe comportata se fosse andata raffreddandosi col passare del tempo. Troviamo che essa sarebbe andata passando attraverso a qualcosa di simile a tutte le forme e condizioni rappresentate nella nostra serie di nebulose, fino a terminare in una nube di stelle. E, ancor più, possiamo calcolare quale quantità di gas occorra per formare ogni stella — in altre parole, possiamo dire quale sarebbe il peso di una stella formata in tal modo. Non possiamo parlare di calcoli esattissimi, perché non sappiamo nulla sullo stato del gas originale, ma anche senza tale conoscenza sembra abbastanza chiaro che le stelle formatesi nel modo che abbiamo congetturato, debbano avere all'incirca lo stesso peso delle stelle esistenti.

Questo rende possibilissimo che le stelle non siano altro che gocce di gas condensato, di grandezza naturalmente da calcolare su scala astronomica, nate da masse nebulose di gas che si siano andate condensando in bolle separate,

quasi come una nube di vapore acqueo si condensa in gocce d'acqua.

Questo spiega nel modo più semplice perché le stelle si trovino riunite in grandi gruppi — le città astrali; ognuna di queste città è il prodotto di una sola massa di gas nebulosi. Cosicché dobbiamo considerare le nebulose di forma regolare non solo come il domicilio, ma anche come il luogo di nascita delle stelle. Qui esse nascono, vivono e muoiono. Quando noi disponiamo delle fotografie di nebulose in una serie continuata, come ho già suggerito — quelle globulari ad uno dei capi, e quelle piatte all'altro — e studiamo una simile serie (come possiamo fare sulle Tavole XLIV, XLV, XXXVIII, XXXI in quest'ordine) vediamo una massa caotica di gas cambiarsi gradatamente, ma continuamente, in una moltitudine di stelle. Effettivamente, stiamo assistendo alla nascita delle stelle.

E comprendiamo immediatamente perché tutte le stelle abbiano quasi lo stesso peso: ciò avviene perché sono tutte formate nello stesso modo. Sono, quasi, come articoli manifatturati in serie dalla stessa macchina.



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XXXIX. La Nebula M 81 nell'Orsa Maggiore.

Questa è una delle più belle città astrali che si trovino nello spazio, e fu, la prima volta, osservata appunto per la sua rotazione. La sua luce impiega 1600000 anni per giungerci.



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XL. Un gruppo di Nebule nella Chioma di Berenice.

La maggioranza dei corpi che figurano in questa tavola sono nebule, che si trovano ad una tale distanza che la loro luce impiega 50 milioni di anni per giungere fino a noi.

L'evoluzione delle stelle

Le stelle, logicamente, non conservano per sempre lo stesso peso che avevano alla nascita. Abbiamo già visto come esse vadano continuamente perdendolo, col distruggere la loro sostanza cambiandola in radiazioni. Per quanto, su questo punto, le opinioni siano molte e svariatissime, in maggioranza gli astronomi si accordano nel ritenere che la media delle stelle nasca come un bamboccio di una certa grandezza e molto simile ad un batuffolo di lana. Le stelle infanti differiscono dagli infanti umani perché perdono tanto di peso quanto di misura coll'invecchiare, mentre, allo stesso tempo, svanisce il loro potere illuminante. Se queste opinioni rispondono a verità, il nostro sole, non solamente va perdendo peso in ragione di 4 milioni di tonnellate al secondo, ma diminuisce anche di grandezza e di splendore. Se vogliamo guardare abbastanza avanti nel tempo, lo vedremo ridursi alle misure di vecchia stella — forse a quelle di pigmeo bianco, come è ora il debole compagno di Sirio. E non potrà più emettere calore a sufficienza per impedire a tutto ciò che si trova sulla terra di congelarsi, di modo che, allora, tutta la vita scomparirà dal nostro globo.

Invece, però, di scrutare in questo triste futuro, guardiamo indietro nel tempo, e ripassiamo la storia del nostro sole. Dapprima lo vediamo solamente come una stella-bambina, un globo leggero, più grande e più luminoso di quel che non sia adesso. E, tornando ancor più

indietro, non lo potremo affatto chiamare una stella: è semplicemente una leggera bolla di gas, mescolata con altre bolle simili in una nebula di gas vaporoso — la nebula che è destinata a condensarsi, in fine, nella nostra città astrale. E, sparse per tutto lo spazio, sono altre nebulose gassose che, nel decorso del tempo, formeranno altre città astrali.

La nascita della nebula

Possiamo guardare ancora più indietro nel tempo, per quanto solo con l'immaginazione. Figuriamoci, per ipotesi, che al principio del tempo tutto lo spazio fosse riempito uniformemente di gas, così come una grande sala o una cattedrale sono riempite dell'aria che respiriamo. Allora può essere dimostrato che il gas non rimarrebbe diffuso uniformemente nello spazio in questo modo, ma comincerebbe immediatamente a condensarsi in bolle staccate. E, ancora una volta, potremmo calcolare quanto gas ci vorrebbe per formare ciascuna di queste bolle. Il risultato del calcolo sarebbe assai significativo: troveremo che ogni bolla conterrebbe esattamente altrettanto gas quanto ne contiene ciascuna delle nebulose che crediamo destinate formare le città astrali.

Questo rende probabile che la materia dell'universo abbia cominciato ad esistere come un gas uniformemente diffuso nello spazio, e che le nebulose abbiano avuto origine dalla condensazione di questo gas. Se questa congettura

corrisponde a verità, possiamo ricostruire la storia dell'evoluzione dell'universo come segue.

La storia dell'Universo

Cominciamo dal principio del tempo, quando tutti gli atomi destinati a formare il sole e le stelle, la terra ed i pianeti, i vostri corpi ed il mio, ed anche tutte le radiazioni che sono, da allora, scaturite dal sole e dalle stelle, erano tutti confusi assieme e formavano una caotica massa di gas che riempiva lo spazio intero. Come la forza di gravità di ogni atomo di gas agisce su tutti gli altri atomi di gas, gradatamente si vanno formando delle correnti. Dovunque queste correnti producano una leggera accumulazione di gas, la forza di gravità viene aumentata, in modo che ogni piccola accumulazione attira verso se stessa una maggior quantità di gas. Le piccole accumulazioni aumentano così fino a formare grandi condensazioni che continuano a svilupparsi a spese di quelle più piccole, assorbite dalle più forti. E, esattamente come il sole, la terra ed i pianeti hanno acquistata la loro forma in virtù della gravitazione, così queste condensazioni cominciano ad assumere forme regolari: formano quelle che abbiamo chiamato nebulose di forma regolare. Le correnti di gas che avevano loro dato origine, ora le forzano a girare, di modo che non sono di forma strettamente regolare. Dapprima hanno la forma di arance, come la nostra terra. Come si restringono cambiano continuamente di forma e si appiattiscono sempre più. Di

nuovo vediamo, ai loro margini esterni, il gas che si condensa in masse distinte e le stelle che nascono; le nebulose informi vengono cambiate in città astrali che alla nascita sono piatte e rimangono piatte a causa del loro movimento di rotazione.

Ed ora, mentre assistiamo allo svolgimento del grande dramma, possiamo vedere una certa stella, il nostro sole, soffrire l'incidente di cui abbiamo già detto. Una seconda stella gli si avvicina più di quanto qualsiasi altra stella gli si sia mai avvicinata, e solleva maree di materia infuocata più alte di quante ne siano mai state sollevate, maree simili ad enormi montagne di gas incandescenti, che si spostano sulla sua superficie. Finalmente, la stella giunge così vicina che, per chiunque si trovi sulla superficie del sole, riempie la maggior parte del cielo. Mentre ciò avviene, la forza di gravità della seconda stella diviene così forte che la cresta della marea viene attratta e si stacca dal sole, condensandosi in gocce. Queste gocce sono i pianeti, ed uno dei più piccoli di essi è la nostra terra. Dapprima non è che una massa caotica di gas in ignizione ma, come si raffredda, il suo centro si liquefa. Col passar del tempo si raffredda tanto che sulla sua superficie si forma una crosta solida. E, più tardi, quando è diventata ancor più fredda, su questa crosta solida appare uno strano fenomeno nuovo: gruppi di atomi cominciano ad agglomerarsi in organizzazioni coerenti del genere che noi — non sapendo nulla della loro natura o del modo in cui hanno cominciato

a essere — chiamiamo vita. Qualunque sia questa vita, essa mostra una strana capacità a riprodursi, e mentre ciò avviene, forma continuamente organizzazioni di sempre maggior complessità. Finalmente scorgiamo noi stessi, lontano nei secoli, chiamati a rappresentare l'organismo più complesso che, fino ad ora, sia stato prodotto sulla terra. Se vi sia altra vita più complessa su altri pianeti o altri soli, o solamente una vita meno complessa, o forse nessuna vita affatto, non sappiamo. Ma, come guardiamo indietro nel quasi interminabile panorama del grande corridoio del tempo, ci rendiamo conto che la nostra razza è assolutamente l'ultima venuta nell'universo; il nostro breve passato non è altro che un granello di tempo nella storia dell'universo. Il grande panorama continua a svolgersi, e, volgendo le spalle alla parte che si è già svolta, ci troviamo dinanzi ad un futuro lungo migliaia, e probabilmente milioni di volte il nostro passato — un futuro più lungo di qualsiasi altra cosa la nostra mente possa immaginare. E ci rendiamo conto di trovarci, con ogni probabilità, assolutamente ai primi passi della nostra razza; siamo ancora solamente all'alba di un giorno che dovrà essere di una lunghezza quasi impossibile ad immaginare.

Capitolo VIII - IL GRANDE UNIVERSO

Ancora un secolo fa, l'astronomia si preoccupava di poche altre cose, oltre che del sole, della luna e dei pianeti — la piccola colonia che abbiamo già chiamato la famiglia del sole. Oggi, invece, si preoccupa più di studiare in particolare le varie altre stelle e colonie di stelle, come le tre che formano il sistema dell'Alpha Centauri, le nostre vicine più prossime nello spazio. L'insieme di tutte queste stelle e colonie forma il Sistema Galattico, l'enorme agglomerazione di stelle rinchiusa nel cerchio della Via Lattea. Al tempo stesso, l'astronomia ha scoperto che anche questo enorme sistema è solamente uno in una grandissima quantità di sistemi simili. La situazione attuale potrebbe forse esser riassunta in queste tre affermazioni:

1. La terra non è che un membro della famiglia del sole.
2. La famiglia del sole non è che un membro del Sistema Galattico.
3. Il Sistema Galattico non è che un membro del sistema di città astrali disseminate nello spazio.

Questo è il punto più lontano cui l'astronomia sia giunta fino ad ora, ma possiamo cercare d'immaginarci quale sarà la situazione tra, mettiamo, un migliaio d'anni. Corrisponderanno ancora queste tre affermazioni al reale stato di cose? O non dovranno essere appoggiate da altre affermazioni dello stesso genere? In altre parole, scopriremo che l'intero sistema delle città astrali non forma che un'unità in un ancor più grande sistema, il quale, a sua volta, non sarà altro che una singola unità di un altro, ed ancor più esteso?

Questa è una vecchia domanda. Già fin dal 1755 Kant scriveva nella sua *Teoria dei cieli*:

«Se la grandezza di un mondo planetario in cui la terra, come un grano di sabbia, è scarsamente percettibile riempie chi sappia comprendere di meraviglia, da quale stupefazione saremo colpiti quando vedremo l'infinita moltitudine di mondi e di sistemi che riempiono l'estensione della Via Lattea! Ma come questa stupefazione aumenterà ancora, quando ci accorgeremo che, ancora, tutti questi immensi ordini di mondi astrali non sono che una combinazione in un numero di altre combinazioni di cui

non conosciamo la fine! Noi vediamo i primi membri di una famiglia progressiva di mondi e di sistemi; e la prima parte di questa progressione infinita ci permette già di comprendere quanto si potrà congetturare a proposito del tutto. A tutto ciò non vi è fine, ma un abisso di reale immensità, in presenza del quale ogni capacità umana di concezione si dimostra impotente.»

Era una concezione sensazionale, ma la scienza moderna non la conferma. Al contrario, essa ci dice che il sistema delle città astrali costituisce l'universo completo. Se, oltre ad esso, esiste ancora qualcosa, questo non può essere che una certa quantità di altri universi, senza interferenza alcuna con il nostro, di modo che le affermazioni antecedenti sono complete e non ammettono estensione.

Un modello dell'Universo

Abbiamo paragonato le grandi nebulose dello spazio a città astrali. Abbiamo preso Londra per rappresentare la nostra città astrale, il sistema astrale in cui il nostro sole non rappresenta che la parte di semplice cittadino, ed i cui membri più distanti formano la Via Lattea. Poi abbiamo visto che le due città astrali più vicine a noi nello spazio possono, con proprietà, essere paragonate a Cambridge e ad Oxford. Ogni pollice (centimetri 2 e mezzo circa) di Londra, Cambridge o Oxford, rappresenta quasi due milioni e mezzo di milioni di chilometri nelle corrispondenti città astrali, vale a dire la stessa distanza che

la luce percorre in tre mesi. Ed ogni pollice dell'aperta campagna che si stende tra Londra e Cambridge o Oxford, rappresenta la stessa distanza nello spazio astronomico.

Portando tali paragoni, noi ci preoccupavamo, effettivamente, di costruire una specie di modello, su di una certa scala, del nostro sistema astrale e dei suoi vicini più prossimi nello spazio. La scala di questo modello è, logicamente, eccessivamente piccola: riduce l'orbita che la terra percorre ogni anno attorno al sole, ad una circonferenza microscopica, del diametro di un ottomillesimo di pollice, e l'intero sistema solare, rinchiuso nell'orbita di Plutone, diventa della grandezza di un grano di sabbia. Tutte le stelle che possiamo vedere ad occhio nudo sono disposte a pochi metri di distanza da questo grano di sabbia; la più gran parte, naturalmente, a poche decine di centimetri. Il sistema dell'Alfa Centauri si viene così a trovare a circa quarantacinque centimetri, e Sirio a circa ottanta-ottantacinque. Continuiamo a costruire il nostro modello secondo le stesse proporzioni.

Il telescopio più potente ci mostra circa due milioni di nebulose a forma regolare, cosicché circa due milioni di città astrali debbono trovar posto nel nostro modello. Londra, Cambridge e Oxford rappresentano bene quelle tre di cui abbiamo fino ad ora parlato, benché, rispetto alla media delle Città astrali nello spazio, siano un poco troppo vicine. Nella loro maggioranza, non si trovano così vicine le une alle altre quanto noi alle nostre più prossime; noi abitiamo

in una certa regione dello spazio piuttosto popolata. In media, un raggio di luce o un messaggio radiotelegrafico impiegherebbe circa due milioni di anni per giungere da una città astrale a quella che gli è più prossima, e comprendiamo quanto effimeri esseri siamo noi, rispetto all'universo, quando pensiamo che il lanciare un segnale da un città astrale all'altra ed ottenerne una risposta, richiede un tempo 60.000 volte più lungo della vita d'un uomo.

Le nebulose che si vedono alla Tavola XLIII, distanti 50 milioni di anni-luce, dovrebbero, nel nostro modello, esser disposte a circa 4960 chilometri da Londra, e potrebbero benissimo esser rappresentate da un qualche gruppo di città e di villaggi che si trovi in una qualsiasi parte orientale degli Stati Uniti di America.

Le nebulose più lontane che ci riesce di scorgere nello spazio distano da noi circa 140 milioni di anni-luce — la loro luce impiega 140 milioni d'anni per raggiungerci. Ammesso che Londra rappresenti la nostra città astrale, e Cambridge quella che ci è più vicina nello spazio, queste città astrali più lontane dovrebbero esser poste a circa 13.600 chilometri da Londra.

Dove ci condurrebbe questa distanza? Un viaggio di 13.600 chilometri da Londra, sulla superficie della terra, ci porterebbe o al Capo Horn o nell'Australia occidentale o nella Polinesia centrale o nel Continente Antartico : possiamo disporre le città astrali più lontane da noi in uno qualsiasi di questi luoghi, e la loro distanza da Londra, sul

nostro modello, sarà abbastanza esatta. Queste, con le altre nebulose meno distanti, ora coprirebbero quasi tutta la superficie della terra, lasciando libera solamente una piccola regione degli antipodi o, per essere più precisi, l'interno di una circonferenza con meno di 6400 chilometri di raggio, nella parte meridionale dell'Oceano Pacifico. Se costruiamo il nostro modello sulla superficie della terra, non ci rimarrà molto campo ancora per rappresentare le parti più distanti dello spazio.

Pure, dobbiamo ricordare che gli astronomi americani stanno costruendo un telescopio che ci permetterà di vedere ad una distanza doppia di quella cui si può giungere col telescopio più potente fino ad ora in uso; così possono, ragionevolmente, sperare di scoprire qualche altra nebula distante il doppio di quelle di cui abbiamo parlato. Se queste nuove città astrali dovranno venir rappresentate nel nostro modello, le dovremo mettere ad una distanza di circa 27.000 chilometri da Londra.

E, finché rimarremo sulla faccia della terra, questo ci sarà impossibile. È abbastanza facile compiere un viaggio di 27.000 chilometri sulla superficie della terra, ma questo non ci porterà distanti 27.000 chilometri da Londra. Logicamente, ci riporterà vicini a Londra, poiché avremo coperto i tre quarti o quasi della distanza che rappresenta il giro del mondo. Questo fatto, potrete pensare, dimostra che la superficie della terra non era affatto indicata per farla servire da modello dello spazio: avremmo dovuto scegliere

qualche altra cosa che ci avesse permesso di viaggiare quanto ci fosse stato necessario, e anche per sempre, se ve ne fosse stato bisogno.

Questa era non solamente l'opinione di Kant, nel 1755, come testimonia il passaggio già citato, ma anche l'opinione della maggior parte degli studiosi, ancor fino a vent'anni or sono. Oggi, però, possiamo ritenere che, almeno sotto un certo punto di vista, la superficie della terra serva a darci un modello veramente corrispondente allo spazio.

Corrispondente, perché non continua nell'eternità, perché è di volume limitato, perché non contiene spazio per una quantità infinita di città astrali, distese l'una dopo l'altra nelle abissali profondità dello spazio.

L'Universo limitato

Abbiamo già visto come, fino a tempi abbastanza recenti, gli astronomi non si interessassero a gran che oltre il sole, la luna, i pianeti e a certe poche stelle più vicine, ma non era, allora, questione di libera scelta. I loro deboli telescopî erano insufficienti per esplorare le grandi distanze dello spazio; volenti o nolenti, erano forzatamente costretti a limitarsi alle regioni vicine a noi. Succedeva loro quello che succedeva ai marinai greci che, tremila anni or sono, esploravano poche e piccole isole del Mare Egeo. Queste poche isole rappresentavano, per essi, il mondo intero, perché non avevano i mezzi per navigare a distanze

maggiori. Non si preoccupavano, dunque, di sapere se l'oceano si stendesse attorno ad essi per centinaia o per migliaia di miglia, perché, in nessun modo, avrebbero potuto sperare di portarsi fino alle sue più remote regioni.

In séguito, gli uomini impararono ad aumentare la grandezza e l'efficienza delle loro navi, mentre raffinarono la loro abilità di navigatori. Si cominciarono a tentare viaggi oceanici sempre più lunghi, finché, nei grandi tempi di Magellano e di Drake, le navi poterono tornare al loro punto di partenza, dopo di aver compiuto intero il giro della terra. Allora tutto il mondo rimase aperto alle esplorazioni. Ma, più ancor che questo, era il volume del mondo che rimaneva ancora sconosciuto: era stato provato che la sua superficie non si estendeva fino all'infinito; ne rimaneva solamente una piccola parte da esplorare e misurare, e gli uomini potevano sperare di venire a conoscere per intero il nostro globo entro breve tempo. E, logicamente, noi, uomini dei tempi moderni, possiamo, quattro secoli dopo, affermare che esso è quasi completamente conosciuto.

L'astronomia, al giorno d'oggi, sta raggiungendo uno sviluppo simile a quello raggiunto dalla geografia quattro secoli or sono. Gli astronomi antichi non si preoccupavano troppo di sapere se lo spazio si fosse esteso per l'eternità, oppure no, perché sapevano che, in qualsiasi caso, le sue maggiori distanze sarebbero state per essi irraggiungibili quanto erano irraggiungibili gli Antipodi per gli antichi

marinai greci dell'Egeo. Ma gli astronomi moderni considerano l'universo come uno spazio finito e chiuso, finito quanto la superficie della terra e, se non lo conoscono ancora tutto, sperano di potervi giungere fra non molto tempo. Al giorno d'oggi non crediamo più che possano esistere profondità di spazio infinite e sconosciute, che si estendano interminabilmente, lontano da noi, in tutte le direzioni; oggi, cominciamo a considerare l'universo così come Colombo, e dopo di lui Magellano e Drake, consideravano la terra, vale a dire come una cosa enormemente grande, e pure non infinitamente grande; ora crediamo di potere anche fissare i limiti del nostro universo; ci sentiamo capaci di immaginarlo e studiarlo come un tutto completo e, quasi anche, se vi piace, di poterlo circumnavigare.

E questo spiega perché, almeno sotto un certo punto di vista, la superficie della terra ci dia un modello abbastanza adeguato dello spazio. Se viaggiamo sulla superficie della terra per un tempo sufficientemente lungo, torniamo al nostro punto di partenza, dopo di aver compiuto il giro del mondo. Gli scienziati del giorno d'oggi sono convinti che, se potessimo viaggiare dritti attraverso allo spazio per un tempo sufficiente, potremmo tornare anche noi al punto di partenza, dopo di aver compiuto il giro dell'universo.

Le ragioni che ci spingono a credere in questa affermazione non sono di natura astronomica, né fu un astronomo colui che scoperse come lo spazio si debba

curvare su se stesso come la superficie della terra, fu Einstein, che è un matematico ed un fisico. Se la sua teoria della relatività è vera, lo spazio non può continuare per sempre; deve curvarsi su se stesso come la superficie della terra.

Ed ora voi mi chiederete se questa teoria della relatività corrisponda al vero: io non ve lo posso dare per certo, tutto quello che posso dire si è che ogni esperimento fatto per provare la teoria della relatività ha dato risultati in suo favore. Per questa ragione gli studiosi del giorno d'oggi non esitano ad accettare la teoria e le sue conseguenze, una delle più importanti delle quali è appunto quella dello spazio limitato e incurvato su se stesso, fino a chiudersi, come la superficie della terra.

Appunto perché la superficie della terra si curva su se stessa, finché si chiude, vi sono due vie per recarsi da Londra alla Nuova Zelanda: vi si può andare, dirigendosi ad oriente, passando per il Canale di Suez e l'Oceano Indiano, oppure dirigendosi ad occidente, attraverso le Americhe e l'Oceano Pacifico. Ad ogni estate, gran numero di neozelandesi viene a Londra dalla Nuova Zelanda, alcuni viaggiano in un senso, altri nell'altro, di modo che, quando s'incontrano a Londra, certuni vi sono arrivati da oriente e altri da occidente, dalla direzione, vale a dire, esattamente opposta. Allo stesso modo, se lo spazio è simile alla superficie della terra, vi debbono essere due vie per viaggiare da uno dei capi dell'universo all'altro. Se

continuiamo a considerare Londra come la nostra città astrale, un'altra città astrale situata in una regione dello spazio corrispondente alla Nuova Zelanda, lancerà la sua luce in tutte le direzioni.

Una parte di questa cadrà sulla terra, e da essa vedremo la nebula; ma la città astrale lancerà la sua luce anche nella direzione opposta, ed una parte di questa luce, giungendo dallo spazio, ma dal lato contrario, dopo di averne percorso il giro, cadrà pure sulla terra, di modo che, anche da questa, vedremo quella città astrale. La luce della stessa città astrale, vale a dire, ci giungerà da due direzioni esattamente opposte, come i neozelandesi che arrivano a Londra. Di conseguenza, saremo in grado di scorgere la stessa città astrale, guardando nello spazio in due direzioni diametralmente opposte.

Per citare un esempio concreto, la città astrale che ci è più vicina nello spazio, è la nebula M 33, nella costellazione del Triangolo.

Se la luce può viaggiare attorno a tutto lo spazio, una parte della luce di tale nebula ci dovrebbe giungere dalla parte esattamente opposta a quella in cui si trova la costellazione del Triangolo, cosicché, guardando in quest'altra direzione, dovremmo poter scorgere la nebula M 33, benché piccolissima e debolissima, perché la luce per mezzo della quale la possiamo vedere ci giungerebbe dopo di aver compiuto tutto il giro dell'universo.



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XLI. Le più lontane profondità dello spazio.

Questa tavola ci mostra alcuni dei più remoti corpi celesti accessibili all'osservazione; un gruppo di 162 nebulose, che si trova in Pegaso, per la maggior parte alla distanza di 100 milioni di anni-luce, o anche più. Ciascuna contiene materiale a sufficienza per fare una città astrale di migliaia di milioni di stelle.



Osservatorio del Monte Wilson.

TAVOLA XLII. Regione centrale della Grande Nebula M 32 in Andromeda.

Questa tavola mostra i particolari della regione centrale della nebula riprodotta alla Tavola XXXVI. Nessuna stella può essere scoperta nella confusa massa centrale.

Allo stesso modo, se guardiamo nella direzione esattamente opposta a quella in cui si trova la costellazione di Andromeda, dovremmo vedere la nostra vicina più

prossima nello spazio dopo M 33, la Grande Nebula di Andromeda, e la vedremo di nuovo piccolissima e debolissima.

Ora, quando volgiamo i nostri telescopi nelle direzioni perfettamente opposte a quelle in cui si trovano questi nostri due vicini, scorgiamo effettivamente due nebulose, piccolissime e debolissime. È stata avanzata l'ipotesi che, quando guardiamo queste nebulose, rivolgiamo effettivamente i nostri sguardi ai nostri più prossimi vicini, ma per la via più lunga, quella che percorre tutto il giro dello spazio, esattamente come un radioamatore di Londra può udire la stazione di Daventry, eccessivamente debole per il lungo percorso effettuato attorno alla terra, poiché i suoni avranno viaggiato per 40.000 chilometri prima di giungere al suo orecchio. Questa congettura sarebbe veramente interessante, ma temo sia tanto improbabile da non poter essere sostenuta. Tutte le prove tendono a dimostrare che lo spazio è ancor troppo grande perché i telescopi di cui ci possiamo servire attualmente possano scorgervi tutto attorno, così come la terra è ancor troppo grande perché l'ordinario apparecchio di radiorecezione possa ricevere i messaggi che ne hanno fatto il giro.

È importante comprendere che la limitazione dello spazio è come la limitazione della superficie della terra e non come quella della terra solida. Anche la terra solida è contenuta in certi limiti, ma in modo piuttosto diverso. Se viaggiassimo in linea retta attraverso la terra solida, col

tempo giungeremmo a qualcosa che non sarebbe terra solida, avremmo scavata una galleria attraverso alla terra, e usciremmo di nuovo all'aria aperta. D'altra parte, se viaggiassimo in linea retta sulla superficie della terra, non incontreremmo mai altra cosa che non fosse la superficie della terra. Così avverrebbe nello spazio: non potremmo mai passare dallo spazio a qualcosa che non fosse spazio.

Forse potremo rendere la cosa con maggior evidenza se paragoneremo lo spazio alla pellicola di una bolla di sapone; allora potremo paragonare noi stessi e tutti gli oggetti materiali esistenti nello spazio, e tutte le luci che lo attraversano, ad un qualche genere di creature che possano esistere solamente nella pellicola della bolla di sapone, senza aver nemmeno l'idea di uscirne. La teoria di Einstein della relatività dimostra che lo spazio è limitato nello stesso modo in cui è limitata la pellicola della bolla di sapone.

L'Universo in espansione

Negli ultimi anni si è fatta una scoperta veramente sensazionale. Tutti i ragazzi sanno come sia facile fare le bolle di sapone, ma quanto sia più difficile il farle durare più di un minuto o due; dopo di questo tempo la bolla scoppia improvvisamente e scompare. In tempi recentissimi si è scoperto che l'universo è simile ad una bolla di sapone. Un matematico belga, Lemaitre, ha dimostrato che l'universo di Einstein ha proprietà simili a

quelle della bolla, ed è instabile, ma non esattamente come una bolla di sapone. L'instabilità dell'universo assume l'aspetto di una incapacità a fermarsi. Non appena è venuto ad esistere, ha cominciato ad aumentare — a gonfiarsi — e deve continuare ad espandersi indefinitamente; non accade già come accade alla bolla di sapone che abbiamo gonfiato e staccato dal tubetto che ci è servito a tale scopo, né a quella che stiamo ancora facendo: la sua grandezza, al contrario, aumenta sempre, e deve continuare ad aumentare fino alla fine del tempo. Come la pellicola della bolla di sapone si allarga, diviene sempre più sottile, e le sue diverse particelle vengono a trovarsi sempre più distanti tra di loro. Così, come l'universo aumenta di volume, la distribuzione dei corpi nello spazio diviene sempre più sparsa, e le nebulose, le grandi città astrali disposte nella pellicola della bolla di sapone, si staccano sempre più tra di loro. Già adesso alcune di esse sono così distanti che è necessario un potentissimo telescopio per poterle scorgere; col tempo esse si saranno allontanate tanto che saranno necessari telescopî sempre più potenti, se non si vorranno perdere di vista.

Logicamente, dobbiamo considerare un caso ancor peggiore di questo: perché un universo in espansione, non solamente aumenta sempre di volume, ma aumenta sempre anche la velocità di questa sua espansione. Così si giungerà ad un tempo in cui esso si espanderà così rapidamente che nessun raggio di luce ne potrà più compiere il giro; mentre

la luce percorrerà un milione di chilometri, la circonferenza dell'universo si sarà allargata di due milioni di chilometri, cosicché la luce si troverà a dover compiere un viaggio ancora più lungo di quello che doveva compiere quando era partita. Allora, cercare di guardare attorno all'universo sarà come cercar di prendere un treno che si sia già avviato ad una velocità maggiore di quella delle nostre gambe. Ho detto che tal tempo giungerà; dovrei aggiungere che, se i calcoli dei matematici sono degni di fede, questo tempo, è già giunto; noi siamo entrati a far parte dell'universo troppo tardi, per potervi vedere tutto attorno.

Gli astronomi hanno a loro disposizione i mezzi per misurare la velocità con cui i corpi astronomici si allontanano da noi o si avvicinano, di modo che dovrebbero essere in grado di dirci se le nebulose si allontanano effettivamente da noi, come certi matematici assicurano debba avvenire.

Una pazza fuga di nebulose

Ora, i risultati della misurazione della velocità delle nebulose sono assolutamente sensazionali e dimostrano che esse si stanno allontanando da noi a velocità spaventosa. Milleseicento chilometri al secondo sono pochi; la maggior parte di esse si allontana a velocità molto più grande. L'ultima nebula che si studiò all'osservatorio del Monte Wilson, ha dimostrato di allontanarsi da noi alla velocità di

circa 42 milioni di chilometri all'ora, vale a dire ad una velocità 200.000 volte superiore a quella di un aeroplano.

Pure, appunto perché queste velocità apparenti sono così enormi, molti astronomi dubitano che possano esser reali. Se lo fossero, l'intero universo dovrebbe andare espandendosi — potremmo dire esplodendo — ad una velocità realmente spaventevole, pur calcolando il tempo su basi astronomiche, e l'intero universo dovrebbe essere un fenomeno transitorio ed effimero assai più di quanto generalmente non si creda. Pure, i risultati generali ottenuti dall'astronomia, indicherebbero esattamente il contrario.

Noi possiamo giudicare l'età delle stelle in varî modi — secondo il loro peso, il loro aspetto, il loro moto, e così via, quasi come possiamo dire l'età di un cavallo dai suoi denti, dal suo aspetto, e dal suo modo di comportarsi. Stando a quel che si può giudicare con i mezzi che abbiamo attualmente a disposizione, si può ritenere provato che le stelle abbiano milioni di milioni di anni. Se la nostra estimazione dell'età delle stelle è corretta, allora l'universo non potrebbe espandersi a quella terribile rapidità che ci indicherebbe l'apparente moto delle nebulæ, perché l'espansione avrebbe potuto continuare a tale velocità, o a qualche altra simile, solo per poche migliaia di milioni d'anni, al massimo, altrimenti l'universo avrebbe dovuto cominciare dal nulla o ancor da meno che dal nulla.

Non credo che dobbiamo aver poca fiducia nelle misurazioni reali da cui si sono dedotte le alte velocità

delle nebulose; tali misurazioni sono facili da compiere, e certamente sono abbastanza accurate, almeno fin dove è ragionevole pretendere. È piuttosto il principio su cui si basano, che può esser sospetto. Vi sono molti fatti che possono dare l'impressione di questa enorme velocità di retrocessione, e può appunto uno di essi essere la causa di questa apparente velocità sensazionale.

Pure, se anche le misurazioni fossero interamente errate, e anche tutta l'interpretazione che ne facciamo — se persino venissimo ad accorgerci che, in realtà, la supposta velocità fosse completamente fittizia — continueremmo ad aver la sensazione che l'universo si stia espandendo. I lavori matematici di Lemaitre dimostrano che esso non potrebbe conservarsi immobile, in nessun caso. Potremo soltanto dubitare se si espanda realmente alle fantastiche velocità che le osservazioni fatte sulle nebulose ci tendono a far credere, o se questa espansione avvenga a velocità più ridotta. Questa è una domanda di carattere eminentemente tecnico, alla quale fino ad ora non si è risposto; senza dubbio, fra non molto tempo, la scienza saprà scoprire la verità. Non è però da stupire se non l'abbia ancora trovata, poiché è solamente da pochi anni che ha cominciato a contemplare l'universo nella sua intera complessità.

La grandezza dell'universo

Se l'universo cominciasse ad esistere solamente ora, e non avesse ancora iniziata la sua espansione in modo

veramente apprezzabile, allora la sua curvatura dipenderebbe solamente dalla distribuzione che, in esso, ha avuto la materia. Da ciò potremmo calcolare che il viaggio della luce attorno all'universo dovrebbe richiedere circa 500.000 milioni di anni, di modo che, se mai uno dei nostri telescopî ci mostrasse il nostro stesso sistema galattico, o qualsiasi altro dei nostri vicini dello spazio in tutta la loro interezza, li vedremmo come essi erano 500.000 milioni di anni or sono.

D'altra parte, se l'apparente velocità di retrocessione delle nebulose rappresenta effettivamente una espansione dell'universo, e null'altro, allora l'universo originale, prima di cominciare ad espandersi, deve esser stato molto più piccolo di questo attuale; dovrebbe esser stato così piccolo da permettere alla luce di compierne il giro in circa 8000 milioni di anni. L'universo presente, l'universo dopo la sua espansione, deve per forza esser più grande, ma difficilmente possiamo dire di quanto. Tutto quello che sappiamo è che la sua circonferenza dovrebbe essere minore dei 500.000 milioni di anni come sarebbe se non si espandesse affatto.

Qualsiasi possa essere la corretta interpretazione del moto apparente delle nebulose, la circonferenza dell'universo deve essere probabilmente tra gli 8000 milioni di anni-luce e i 500.000 milioni di anni-luce. La differenza è veramente assai notevole, e pure la sua esatta misura importa poco, dal momento che persino la più piccola cifra permessa è

enormemente al di là dei limiti della nostra immaginazione. Qualunque essa sia, la maggior distanza a cui siano giunti nella spazio i nostri telescopî, vale a dire quella di 140 milioni di anni-luce, non è che una piccolissima frazione dell'intero viaggio attorno all'universo.

Entro a questa distanza di 140 milioni di anni-luce, sono visibili circa due milioni di nebulose. Ciascuna di esse contiene altrettanta materia quanta ne occorrerebbe per fare 2000 milioni di soli, cosicché la quantità totale della materia che si trova a portata dei nostri telescopî è, all'ingrosso, sufficiente per fare 4000 milioni di milioni di soli. Questa è la materia che vediamo con i nostri telescopî; logicamente, il totale della materia esistente nell'universo deve essere molto maggiore. Sir Arthur Eddington ha calcolato che, se le nebulose stanno retrocedendo realmente a quella velocità che ci sembra, l'ammontare totale della materia che si trova nell'universo dovrebbe essere di 11.000 milioni di milioni di milioni di soli, vale a dire circa tre milioni di volte quanta ne possiamo scorgere nei nostri telescopî. Se parte dell'apparente velocità di retrocessione risulterà fittizia, in modo che, realmente, le nebulose si stiano allontanando a velocità inferiore, allora il peso totale deve essere ancor più grande.

Se possiamo giudicare da quanto vediamo in quelle parti dello spazio accessibili alle osservazioni telescopiche, una grande parte di questa materia è già condensata in stelle. Logicamente, non ci è possibile enunciare il numero

totale con esattezza, ma la sua grandezza ci può essere suggerita dal sapere che probabilmente vi sono all'incirca nell'universo altrettante stelle quanti sono i grani di sabbia che si contano in tutte le spiagge del mondo. O, per fare un altro paragone, il numero totale delle stelle che compongono l'universo è probabilmente all'incirca quello delle gocce d'acqua che cadono su tutta la città di Londra in un giorno di forte pioggia. E dobbiamo ricordare anche che le stelle, in media, sono grandi circa un milione di volte quanto la terra.

Avremmo potuto supporre che lo spazio contenente un sì gran numero di stelle enormi fosse terribilmente affollato, ma in verità succede piuttosto il contrario: lo spazio è assai più vuoto di quanto ci possiamo immaginare. Lasciando libere solamente tre vespe nell'atmosfera di tutta l'Europa, l'aria di questo continente sarà più folla di vespe che non lo spazio di stelle, almeno riferendoci a quelle parti dello spazio che già conosciamo.

L'età dell'universo

Non potremo dire, con certezza, nulla sull'età dell'universo, finché non conosceremo la verità sull'apparente retrocedere delle nebulose. Se questo risulterà reale, sarà necessario comprendere tutti gli eventi astronomici, in un modo o nell'altro, in un passato di poche migliaia di milioni di anni. Al presente, l'evidenza dello stato di cose generale, sembra protestare contro un passato tanto breve;

parrebbe quasi impossibile, data l'attuale disposizione delle stelle, che le loro vite siano tanto brevi. Per questa ragione credo assai probabile che l'apparente retrocessione delle nebulose risulti fittizia, nel qual caso la disposizione delle stelle dimostrerebbe che ci troviamo di fronte ad un passato di milioni di milioni di anni, e che ci attende un futuro di lunghezza simile, se non ancora maggiore. Al presente, la realtà sembra alquanto confusa, ed anche contraddittoria, e non siamo affatto ancora in grado di giungere ad una conclusione definitiva.

Ad ogni modo, qualsiasi sia la realtà, l'universo, calcolato secondo la gradazione umana del tempo, è vecchissimo: le vite degli uomini e delle nazioni e persino l'intera storia dell'umanità, sono un nulla in paragone. Prima che l'uomo facesse la sua comparsa sulla faccia della terra, le stelle erano già quasi quali sono adesso, e con ogni probabilità saranno ancora quasi uguali quando l'ultimo uomo sia scomparso dal mondo. In rapporto all'età delle stelle, la storia intera dell'uman genere non è altro che un batter di palpebra.

Noi, individualmente, vediamo l'universo solamente come un viaggiatore può vedere un paesaggio al rapido bagliore di un lampo. Esso esisteva molto tempo prima che il lampo che lo facesse scorgere, e continuerà ad esistere per molto tempo dopo che l'oscurità sarà di nuovo piombata su di lui. Il bagliore dura così breve tempo che non ci è possibile notare nel paesaggio alcun cambiamento

mentre esso dura, e pure noi sappiamo che il paesaggio non è immutevole. Se lo potessimo illuminare con qualcosa di meno transitorio del bagliore d'un lampo, lo vedremo come una sempre mutevole rappresentazione di vita in sviluppo e poi in deperimento. Allo stesso modo, crediamo che l'universo non sia una struttura permanente: vive la sua vita, percorre la sua strada dalla nascita alla morte, esattamente come noi. Perché la scienza non conosce alcun cambiamento all'infuori di quello d'invecchiare, e nessun progresso all'infuori di quello che facciamo verso la tomba. Fino al punto a cui giungono i nostri conoscimenti attuali, siamo costretti a credere che l'intero universo materiale sia, su grande scala, un esempio di questo fenomeno.

Abbiamo veduto come le stelle si consumino continuamente in radiazioni, con tanta sicurezza e tanta continuità quante ne ha un «iceberg» a fondere e a tornare acqua. Possiamo ancora dubitare dell'estensione di questa trasformazione, ma praticamente non è permesso dubitare in alcun modo che il sole pesi parecchi milioni di milioni di tonnellate meno di quanto non pesasse or fa un mese. E, come le altre stelle si vanno disperdendo nello stesso modo, l'universo intero è meno sostanziale di quanto non lo fosse trenta giorni or sono.

Non solamente la materia dell'universo diminuisce, ma quello che ne rimane tende a separarsi sempre più. A causa della continua perdita di peso del sole, la forza di gravità

che esercita si va facendo sempre più debole, cosicché tutti i pianeti, compresa la terra, vanno sempre più staccandosi dal sole e allontanandosi nelle gelide profondità dello spazio. E, ancora, tutte le stelle del Sistema Galattico, fino alla Via Lattea, sono trattenute assieme reciprocamente dalla forza di gravità delle altre. Siccome le stelle cambiano il loro peso in radiazioni, queste forze vanno sempre più indebolendosi, ottenendo così il risultato di lasciare che il sistema si espanda continuamente. La nostra stessa città astrale va diventando sempre più e più vasta, mentre le sue luci individuali si vanno facendo sempre più e più deboli. Lo stesso, logicamente, accade per le altre città astrali esistenti nello spazio. Allora, oltre a tutto, abbiamo l'espansione generale dell'universo — il gonfiarsi della bolla di sapone — cosicché le stesse città astrali si vanno sempre più staccando tra di loro. In un certo qual modo, sembra che l'universo materiale stia scomparendo come una fiaba che ci venga raccontata e si dissolva nel nulla come una visione. La razza umana, la cui intelligenza non è più vecchia del tempo che occorre a battere un solo colpo della pendola astronomica, potrebbe appena appena sperare di comprendere così presto il significato di tale fenomeno. Forse, un giorno lo sapremo: al presente possiamo solamente cercare d'indovinarlo.

APPENDICE I¹

Guida del cielo

Le due carte riportate alla fine di questo volume aiuteranno il lettore a riconoscere le costellazioni ed a localizzare le stelle e gli altri corpi celesti sparsi nel cielo. Ma dapprima è necessario spiegare il moto delle stelle in modo più completo di quanto non sia stato fatto prima. A rigor di termini, è vero in modo solamente approssimativo che la terra compia la sua rivoluzione nello spazio ogni 24 ore; non è, però, vero nel modo più esatto. Trascorrono, è vero, 24 ore dall'istante in cui il sole ci sta quasi dritto sul capo un giorno, fino a quell'altro istante in cui il sole si

1 La disposizione della materia e molti degli argomenti di cui si tratta in questa appendice sono stati tratti, col permesso dei Sindaci della Cambridge University Press, dal *Primo Libro di Astronomia* di SIR ROBERT BALL. L'intero materiale, però, è stato trascritto e reso più moderno.

ritrova nella stessa posizione il giorno seguente, ma in questo intervallo la terra compie una piccola frazione in più di rivoluzione. Un giro completo riporta la terra nell'esatta posizione sotto alle stelle, ma siccome il sole stesso avanza continuamente attraverso alle costellazioni, è necessario che la terra compia questa frazione addizionale di rotazione, per ritornare alla stessa posizione sotto ad esso (vedi fig. 2).

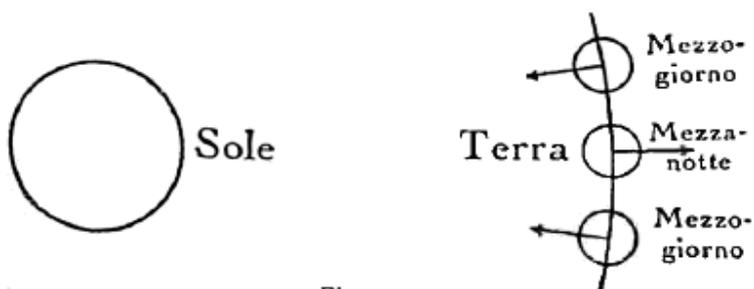


Fig. 2.

Il sole sembra compiere il giro del firmamento una volta all'anno, cosicché la somma totale delle frazioni di giro compiute in questo periodo di tempo, deve equivalere ad un giro completo. Siccome in un anno abbiamo 365 giorni e un quarto, ciò significa che la terra compie 366 rivoluzioni e un quarto in 365 giorni e un quarto. Da ciò si deduce che il tempo necessario alla terra per compiere una rivoluzione completa, è di 23 ore, 56 minuti primi e 4 secondi. Ogni giorno la terra impiega questo tempo a compiere un giro completo e poi si serve degli altri 3 minuti primi e 56 secondi per compensare il moto che il sole ha compiuto attraverso il cielo in 24 ore.



Osservatorio del Monte Wilson.

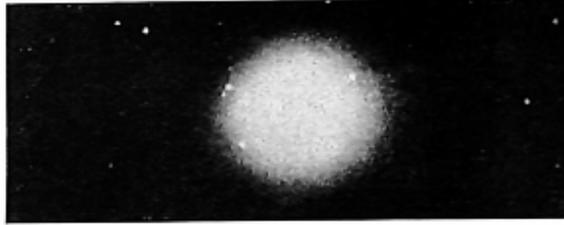
TAVOLA XLIII. La Nebula M 51 in Canes Venatici.

Questa è una delle nebulose che ci stanno più vicine, dopo le due che si vedono alle Tavole XXXVI e XXXVIII; la sua luce impiega probabilmente 1 100 000 anni per giungere fino a noi.

N.G.C. 3379.



N.G.C. 421.



N.G.C. 4621.



N.G.C. 5115.

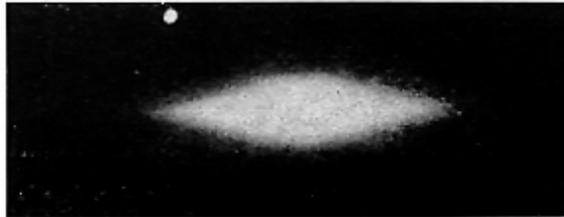


TAVOLA XLIV.

*Varie Nebule disposte in modo da formare una serie. -
I.*

Tempo siderale

Se regoliamo il pendolo di un orologio a 24 ore in modo da fargli guadagnare 3 minuti primi e 56 secondi ogni giorno, la posizione delle sue lancette tornerà a ripresentarsi uguale ad ogni 23 ore, 56 minuti primi e 4 secondi. Così ogni volta l'orologio ci dirà la stessa ora, come, per esempio, le 14 o qualsiasi altra, la terra si troverà nella stessa direzione, nello spazio, e sotto alle stesse stelle.

Tali pendoli si trovano in ogni osservatorio. Un orologio a pendolo ordinario ci dice, infatti, dove si trova il sole nel cielo, ma questi altri orologi ci indicano invece la posizione delle stelle, e appunto per ciò vengono conosciuti sotto il nome di orologi a «tempo siderale». Vengono messi in moto all'ora zero quando le stelle si trovano in una certa posizione prestabilita, e con ciò ci indicheranno, in seguito, il tempo siderale.

Non è possibile a ciascuno di possedere un orologio siderale, ma la tavola che riportiamo darà accuratamente il tempo siderale, rispetto all'ora più vicina, la qual cosa ci permette in genere di ottenere l'orientazione delle stelle nello spazio, con esattezza sufficiente a riconoscere ciascuna stella individualmente.

TAVOLA DEL TEMPO SIDERALE

Ora lo- cale	Dalle 16 alle 17	Dalle 17 alle 18	Dalle 18 alle 19	Dalle 19 alle 20	Dalle 20 alle 21	Dalle 21 alle 22	Dalle 22 alle 23	Dalle 23 alle 24	Dalle 24 alle 1	Dalle 1 alle 2	Dalle 2 alle 3	Dalle 3 alle 4	Dalle 4 alle 5	Dalle 5 alle 6	Dalle 6 alle 7	Dalle 7 alle 8
Gennaio	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Febbraio	—	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	—
Marzo	—	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	—
Aprile	—	—	—	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	—	—	—
Maggio	—	—	—	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	—	—	—
Giugno	—	—	—	—	—	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	—	—	—	—	—
Luglio	—	—	—	—	—	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	—	—	—	—	—
Agosto	—	—	—	—	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	—	—	—	—	—
Setteemb.	—	—	—	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	0	I	II	III	IV	V	VI	VII
Ottobre	—	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	—
Novemb.	—	XXI	XXII	XXIII	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	—
Dicemb.	XXII	XXIII	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII

Se le osservazioni avvengono mentre è in vigore l'ora estiva, il numero delle ore dato dalla tavola deve essere ridotto di uno.

Tavola del tempo siderale

Siccome il polo del cielo si trova sempre a nord, una linea che venga tirata da questo allo Zenith (il punto che si trova esattamente sopra il nostro capo) e venga continuata, deve al fine incontrare l'orizzonte ad un punto situato a sud di noi. Questa linea è chiamata meridiano. Qualesiasi stella noi scegliamo, incrocerà sempre il meridiano allo stesso punto, una notte dopo l'altra, e naturalmente sempre alla stessa «ora siderale». Per esempio, Sirio incrocia sempre il meridiano all'ora siderale delle 6 e 40 minuti, ad un punto distante 106° dal Polo Nord. Diciamo allora che 6 ore e 40 minuti rappresentano la «ascensione retta» di Sirio, e che 106° è la sua distanza polare nord.

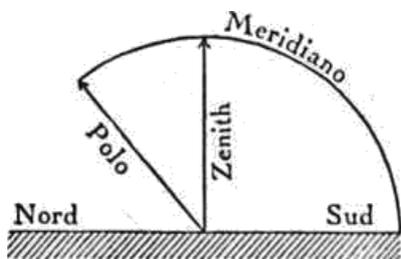


Fig. 3.

La prima delle due carte del cielo alla fine di questo volume, indica tutte le stelle brillanti che si trovano entro 115° dal Polo Nord, includendo quindi tutte le parti del cielo che si possono facilmente scorgere dalla zona di latitudine in cui si trova l'Inghilterra. Le stelle più lontane di queste, dal Polo Nord, sono o troppo lontane oltre l'orizzonte, o troppo vicine ancora all'orizzonte, perché si

possano vedere con comodità. Queste sono indicate nella seconda carta.

Per scoprire dove si trovi una qualsiasi determinata stella ad un qualsiasi tempo determinato, dobbiamo dapprima trovare l'ora siderale servendoci della tavola apposita. Supponiamo, per esempio, che siano le 7. Allora sapremo che tutte le stelle di 7 ore di ascensione retta si troveranno sul meridiano. La carta delle stelle ci mostra quali siano queste stelle, poiché l'ora dell'ascensione retta è indicata attorno al margine di ogni carta, e da ciò noi possiamo approssimativamente localizzare qualsiasi stella vogliamo.

Le stelle mostrate da queste carte sono divise in quattro classi, o categorie, secondo il loro splendore apparente, designate come stelle di prima, seconda, terza e quarta grandezza. All'incirca, le venti stelle più brillanti del cielo sono chiamate stelle di prima grandezza; una stella che dia il 40 per cento della luce che dà una stella di prima grandezza è chiamata stella di seconda grandezza e così via, ogni diminuzione del 60 per cento in splendore, rappresenta uno scalino di discesa nella classificazione secondo grandezza.

Le stelle di grandezze diverse sono indicate nelle carte da cerchi di dimensione differente; logicamente, quelli più larghi indicano le stelle più splendenti.

REGIONI STELLARI

La carta divide il cielo in venti regioni, come segue:

REGIONI NORDICHE

Regione	Nome	Ascensione retta	
1	La Stella Polare	Tutte	Entro i 25° dal polo
2	Cassiopea	XXII a II	
3	Capra	II a VI	
4	Gemelli	VI a X	A più di 25° e a meno di 70° dal polo
5	Orsa Maggiore	X a XIV	
6	Ercole	XIV a XVIII	
7	Vega	XVIII a XXII	

REGIONI EQUATORIALI

8	Cetus	0 a IV	
9	Sirio	IV a VIII	
10	Regolo	VIII a XII	A più di 70° e a meno di 110° dal polo
11	Arturo	XII a XVI	
12	Altair	XVI a XX	
13	Pegaso	XX a 0	

REGIONI MERIDIONALI

14	Fomalhaut	XXII a II	A più di 110° dal polo
15	Eridano	II a VI	
16	Canopo	VI a X	
17	Croce del Sud	X a XIV	
18	Centauro	XIV a XVIII	

19	Sagittario	XVIII a XXII	
20	Polo sud	Tutte	A più di 155° dal polo

I corpi celesti che presentano un interesse principale in queste varie regioni sono:

REGIONI NORDICHE

Regione 1 - *La Stella Polare*

Questa regione comprende tutta la costellazione dell'Orsa Minore (vedi Tavola IV) e parte di Cepheus, del Camelopard, del Drago, di Cassiopea e dell'Orsa Maggiore. Contiene poche cose interessanti, eccezion fatta per la Stella Polare o Alpha Ursae Minoris. Questa sarà facilmente identificata sulla carta delle stelle o nella Tavola IV. Può anche esser riconosciuta con l'aiuto delle due stelle conosciute sotto il nome di Guardie che si trovano nell'Orsa Maggiore (vedi Regione 5). Una linea che venga tirata da Beta Ursae Majoris ad Alfa Ursae Majoris, e continuata per cinque volte la stessa lunghezza, terminerà presso la Stella Polare, la quale non può essere confusa, non trovandosi nelle sue vicinanze alcun'altra stella lucente.

Abbiamo già visto (Tavola IV) che la stella non coincide esattamente col Polo attorno al quale il cielo sembra girare. È circa ad $1\frac{1}{4}^\circ$ di distanza, o ad un quarto della distanza delle Guardie, che distano 5° . Questa distanza è anche due

volte e mezza il diametro del sole o della luna, ma tale metodo di riconoscimento la fa sembrare indebitamente grande, poiché, dato il loro splendore, tanto il sole quanto la luna possono darci una errata impressione della loro grandezza. Il vero Polo si trova su di una linea che congiunge la Stella Polare alla Zeta dell'Orsa Maggiore, la penultima stella che si trova nella coda dell'Orsa Maggiore.

Siccome Polaris (la Stella Polare) è distante da noi alcune centinaia di anni-luce, deve essere una stella enormemente brillante. E' una stella variabile, con un periodo di 4 giorni, ed è accompagnata da un'altra stella assai più debole.

Regione 2 - *Cassiopea*

Questa regione è occupata, per la maggior parte, dalle costellazioni di Cassiopea, Andromeda e parte di Pegaso. La costellazione di Cassiopea si trova dalla Stella Polare ad una distanza circa uguale a quella a cui si trova l'Orsa Maggiore, ma esattamente nella direzione opposta. Le sue cinque stelle principali sono facilmente riconoscibili, poiché formano una «W», il trono di Cassiopea.

La stella che si trova all'estrema destra di Cassiopea è conosciuta sotto il nome di Beta Cassiopeiae, o Caph; vicina si trova l'Alfa Cassiopeiae, o Schedar. Queste due stelle formano i piedi del Trono.

Se si tira una linea da Beta attraverso ad Alfa, e la si prolunga quattro volte la sua lunghezza, questa ci porta alla Gamma Andromedae, o Almak, una delle più belle fra le stelle doppie. La più brillante del paio è di color giallo, e la più piccola di un azzurro verdastro; sono state paragonate ad un topazio montato con uno smeraldo. Un buon telescopio ci può mostrare che la stella smeraldo è a sua volta composta di due stelle, e si è notato che esse compiono, l'una attorno all'altra, una rivoluzione completa ogni 55 anni. Queste stelle distano da noi circa 400 anni-luce, e devono quindi esser brillantissime per se stesse.

A circa mezza via tra Gamma Andromedae e l'angolo più vicino del Gran Quadrato di Pegaso, troviamo una stella di seconda grandezza, la Beta Adromedae. Da questa possiamo trovare la posizione di un corpo celeste assai importante, vale a dire della Grande Nebula di Andromeda, l'unica delle nebulose regolari che si possa scorgere ad occhio nudo. È situata ad un quarto circa della distanza che separa Beta Andromedae da Beta Cassiopeiae.

Regione 3 - *Capra*

In questa regione la Via Lattea attraversa la costellazione dell'Auriga, che contiene la brillante stella Capra, o Alfa Aurigae.

Capra è facilmente riconoscibile perché si trova a mezza via tra la Cintura di Orione e la Stella Polare. Si trova quasi in linea, anche, con la parte più larga della grande figura

quadrilatera che fa parte dell'Orsa Maggiore, o, ancora, può essere identificata a causa di tre stelle brillanti, disposte a forma di V che le stanno vicine. Queste sono conosciute come Haedi o i Capretti, essendo Capra la loro madre.

Capra giunge sul meridiano a mezzanotte al principio di dicembre, ed allora si trova solamente a circa 6 gradi a sud dello zenith sopra a Londra. È la stella caratteristica delle notti invernali, così come Vega (vedi Regione 7) è la stella caratteristica delle notti estive. Capra è insensibilmente meno brillante di Vega, ma entrambe sono più brillanti di qualsiasi altra stella dell'emisfero nord. Però Sirio, Canopus, e l'Alfa Centauri, che si trovano nell'emisfero sud, sono tutte assai più brillanti di queste due (vedi Appendice II).

Capra è una stella doppia, e la sua distanza, conosciuta con una certa esattezza, è di 52 anni-luce. I suoi due componenti hanno una luce rispettivamente 105 e 80 volte più forte di quella del sole, e compiono, l'uno attorno all'altro, una rivoluzione completa ogni 104 giorni. La stella più grande ha un diametro che è circa undici volte quello del sole, e quindi il suo volume è circa 1300 volte quello di tale astro, pure il suo peso è solamente $4 \frac{1}{5}$ volte quello dello stesso. La più piccola ha un diametro minore della metà di quello della stella più grande, e pesa circa quattro quinti del suo peso. Entrambe sono giganti gialli.

Quasi sullo stesso parallelo di Capra (vale a dire alla stessa distanza dal polo) troviamo Beta Aurigae. Questo è pure un altro sistema binario, formato da due stelle, entrambe più grandi del sole, che compiono un movimento di rotazione l'una attorno all'altra, in poco meno di 4 giorni, e, in tale movimento, si eclissano l'una con l'altra, cosicché la luce della stella mostra un temporaneo affievolimento. Il sistema dista da noi circa 100 anni-luce. I suoi componenti sono dello stesso splendore, e ciascuno di essi è 50 volte più luminoso del sole; appartengono alla serie principale e la loro costituzione fisica è quasi uguale a quella di Sirio.

A sud di queste (e circa al doppio da ciascuna di esse di quanto distano tra di loro) troviamo un'altra stella brillante, la Beta Tauri, la seconda per splendore delle stelle che compongono la costellazione del Toro, una gran parte della quale si trova in questa regione. La stella più brillante, Alfa Tauri o Aldebaran, si trova nella Regione 9, ma la parte che si trova nella Regione 3, include il famoso gruppo conosciuto fino dai tempi antichi sotto il nome di Pleiadi. Esse impressionano persino l'occhio nudo, ma acquistano ancor maggiormente se vengono osservate attraverso ad un telescopio, anche se di potenza limitata. Formano un gruppo di stelle fisicamente collegate, che si spostano tutte nello spazio alla stessa velocità e nella stessa direzione, come un volo di uccelli selvatici.

Se tiriamo una linea che ci conduca da Beta Aurigae a Capra, e poi la prolunghiamo ancora del doppio, giungiamo ad Algol, o Beta Persei, per splendore la seconda stella di Perseo. È famosissima come stella variabile, poiché la sua variabilità è conosciuta fino dai tempi più antichi. Anch'essa è composta da un sistema binario consistente di due stelle, una brillante e l'altra fioca, che muovono l'una attorno all'altra in 2 giorni e 21 ore, eclissandosi, in questo moto, reciprocamente. Quando la stella più fioca giunge dinanzi all'altra, la luce comincia a diminuire improvvisamente fino a scendere ad un terzo di quello che era prima, dopo di che, senza nessuna pausa sensibile, riprende a salire, finché non torna allo splendore di prima. L'aumento e la diminuzione di luce durano circa 4 ore ciascuno, ed il cambiamento è facile da notare anche ad occhio nudo. A nord di Algol, attraverso ad un ramo della Via Lattea, si trova la stella brillante Alpha Persei, o Mirphak.

La costellazione di Perseo contiene anche due bellissimi gruppi di stelle brillanti. Entrambi sono visibili ad occhio nudo, e sembrano chiazze luminose nella Via Lattea, per quanto, logicamente, le stelle che li formano siano a noi enormemente più vicine di quelle della Via Lattea. Esse si trovano vicinissime alla linea che congiunge Alpha Persei a Delta Cassiopeiae, a circa tre quinti di distanza dalla prima. Un piccolo telescopio può permetterci di scorgere un bellissimo ferro da cavallo di stelle situato nel gruppo più

brillante, e due triangoli, pure di stelle, in quello più debole.

Regione 4 - *I Gemelli*

La Regione 4 contiene gran parte della costellazione dei Gemelli, del Cancro, e tutta la costellazione della Lince. I suoi corpi più importanti sono le due stelle più brillanti della costellazione dei Gemelli, Alpha e Beta Geminorum, universalmente conosciute sotto il nome di Castore e Polluce. Castore, che è probabilmente il più bel sistema binario del cielo nordico, forma uno splendido soggetto d'osservazione, anche con un piccolo telescopio. Una delle due stelle sembra brillare meno della metà dell'altra; realmente le due componenti hanno circa 23 e 11 volte la luminosità del sole, e si trovano distanti da noi circa 43 anni-luce. Hanno la costituzione fisica generale di Sirio; assieme pesano circa cinque volte e mezza quanto il sole, e compiono l'una attorno all'altra una rivoluzione che si completa ad ogni 306 anni. Un terzo membro della colonia è una debole stella rossa, Alpha Geminorum C, la quale irradia solamente tanta luce quanto una venticinquesima parte del sole, ed è visibile soltanto con un buon telescopio.

Recentemente è stato scoperto che ciascuno dei tre componenti è, in sé, una stella doppia, cosicché Castore è, in realtà, una colonia di sei stelle. Nessuna delle tre stelle principali può essere vista come una stella doppia, nemmeno con il più potente telescopio, ma metodi

spettroscopici simili a quelli usati per scoprire le velocità delle lontanissime nebulose, dimostrano che ogni stella consta di due parti, moventesi a velocità differenti; dunque ciascuna deve essere composta di due masse staccate che muovono l'una attorno all'altra a così piccola distanza che nessun telescopio può permettere di scorgerle come corpi distinti. Tali stelle sono conosciute sotto il nome di «binarie spettroscopiche». I periodi di rivoluzione sono di giorni 9,22 per la stella più brillante, giorni 2,93 per quella che viene seconda in splendore, e solamente di giorni 0.814 (vale a dire 20 ore) per la debole stella rossa. I due componenti dell'ultima si eclissano a vicenda regolarmente girando luna attorno all'altra: sembrano stelle uguali sotto ogni punto di vista, avendo ciascuna di esse un diametro corrispondente a 0.58 del diametro del sole, ed un peso uguale a 0.52 volte quello del sole.

Quelle parti della costellazione del Cancro che si trovano situate nella Regione 4 non contengono stelle brillanti o altri corpi di interesse speciale.

Per quanto anche la costellazione della Lince contenga solamente stelle di poca importanza, ne contiene parecchie di doppie, con altri corpi interessanti per chi possieda un buon telescopio.

Regione 5 - *Orsa Maggiore*

Il gruppo più cospicuo della Regione 5 è quello composto dalle sette stelle principali della costellazione

dell'Orsa Maggiore, che sono Alpha o Dubhe, Beta o Merak, Gamma o Phecka, Delta o Megrez, Ypsilon o Alioth, Zeta o Mizar, ed Eta o Alkaid. Queste formano il ben conosciuto gruppo chiamato Carro di Boote. Zeta, o Mizar, è una stella doppia che può esser scorta ben distinta nelle sue due parti, con l'aiuto di un piccolo telescopio.

La Chioma di Berenice, che si trova anche in questa regione, è una raccolta di stelle deboli, appena densa a sufficienza per essere chiamata gruppo.

Questa regione include anche quasi tutta intera la costellazione dei Canes Venatici, la quale contiene la bella stella doppia Alpha Canum Venaticorum, o Cor Caroli. L'astronomo Halley diede alla stella questo secondo nome per consiglio del medico di corte di Re Carlo II, il qual medico sosteneva che la stella era aumentata percettibilmente di splendore alla vigilia del ritorno del re a Londra. La si trova facilmente tirando una linea da Alpha a Gamma dell'Orsa Maggiore, e prolungandola di una volta e mezza la sua lunghezza. Una circonferenza disegnata attraverso alle tre stelle della coda dell'Orsa, passa esattamente attraverso a Cor Caroli. La stella principale è di terza grandezza, e la sua compagna, ad un terzo di minuto d'arco di distanza, sta tra la quinta e la sesta grandezza, cosicché è facilissimo trovarla con un piccolo telescopio.

La costellazione contiene pochi altri corpi interessanti: tra i quali, però, la magnifica nebula a spirale che si vede

nella Tavola XLIII, e che è comunemente conosciuta sotto il nome di Vortice. Questa nebula fu scoperta nel 1845, per mezzo del riflettore gigante di Lord Rosse, un riflettore del diametro di 6 piedi (metri 1,80 circa), ed è la prima nebula in cui si sia riscontrata questa caratteristica struttura a spirale. Con piccoli telescopi non si possono scorgere null'altro che due puntini, molto vicini, di luce diffusa.

Regione 6 - *Ercole*

Questa Regione contiene la maggior parte delle costellazioni Ercole, Boote e Dragone.

Circa a mezza strada tra le stelle Zeta ed Eta di Ercole si incontra il superbo ammasso globulare M. 13 che vediamo alla Tavola XXXII. Per quanto questo sia l'ammasso globulare più impressionante dell'emisfero nord, è appena visibile ad occhio nudo, e ancora solamente nelle più favorevoli condizioni di tempo. Gli unici ammassi globulari visibili ad occhio nudo, si trovano nell'emisfero sud.

Tra Ercole e Boote si trova un grazioso gruppo di stelle in forma di U, gruppo conosciuto sotto il nome di Corona Borealis (Corona del Nord). Ed è una delle poche costellazioni il cui nome è giustificato dall'aspetto.

Regione 7 - *Vega*

La costellazione Lira, in questa Regione, contiene la stella di prima grandezza chiamata Alpha Lyrae, o Vega. Questa è la più brillante di tutto il cielo settentrionale, ed è

facilmente visibile da tutti i punti dell'emisfero nord, quanto da una buona parte dell'emisfero sud. Come Vega si trova a circa 51° dal Polo Nord, è sempre sull'orizzonte in tutte quelle parti dell'emisfero nord la cui latitudine sorpassa i 51° , latitudine che naturalmente comprende le Isole della Gran Bretagna.

La stella è facilissima da identificare: così come due stelle, Beta e Alfa, nel quadrilatero dell'Orsa Maggiore formano come un indicatore che punta verso la Stella Polare, le altre due stelle, Gamma e Delta, dello stesso quadrilatero, formano un indicatore che punta verso Vega. Possiamo vedere allora come la Stella Polare, Arcturus e Vega formino un triangolo isoscele.

A mezzanotte, verso la fine di giugno, Vega attraversa il meridiano a circa 12 gradi a sud dello zenit di Londra. Altrettanto avviene alle 22 in luglio e alle 20 in agosto, e così via. Dunque Vega è la stella delle notti estive; da settembre a febbraio attraversa il meridiano di giorno.

Come costituzione fisica Vega è simile a Sirio; di quest'ultimo ha due volte la luminosità, il che vuol dire che la sua luminosità equivale a 50 volte quella del sole. Da noi dista circa 26 anni-luce.

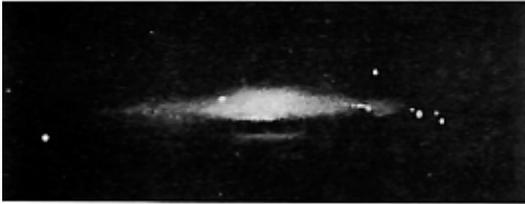
La costellazione Lira contiene anche la stella doppia Ypsilon Lyrae.



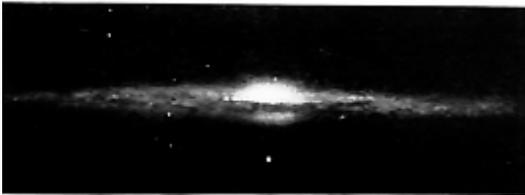
N.G.C. 5866.



N.G.C. 4594.



N.G.C. 5746.

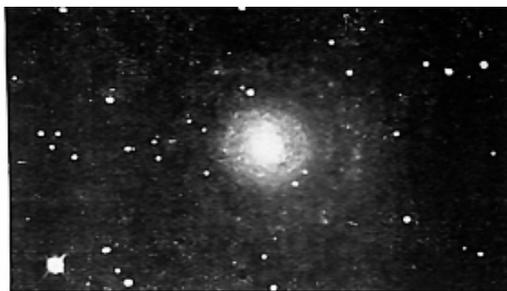


N.G.C. 4565.

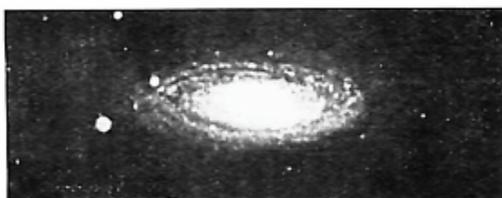
TAVOLA XLV. Varie Nebule disposte in modo da formare una Serie. - II.

Le illustrazioni della pagina precedente formano, assieme a queste una serie di nebulose disposte secondo il diminuire delle loro rotondità.

N.G.C. 7217.



N.G.C. 2841.



N.G.C. 5487.

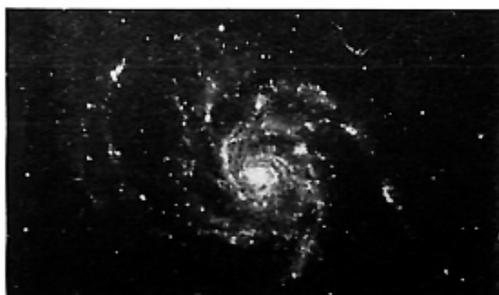


TAVOLA XLVI. Varie Nebule disposte in modo da formare una Serie. - III.

Come i due suoi componenti si trovano separati dalla distanza di un ventesimo di grado, basta una buona vista per vederle separatamente in una notte oscura e trasparente, per quanto sia bene avere anche l'aiuto di un piccolo binocolo da teatro. Un telescopio, anche se di forza

ridotta, mostrerà come ciascuno dei due costituenti sia, a sua volta, in se stesso una stella doppia.

Questa regione comprende tutta la costellazione del Cigno, che a sua volta contiene le stelle di prima grandezza Deneb o Alpha Cygni, ed anche Albireo, o Beta Cygni, una squisita stella doppia i cui componenti sono di colori contrastanti e che si trova situata nel becco del Cigno. Questa regione comprende alcune delle più ricche parti della Via Lattea.

REGIONI EQUATORIALI

Ed ora giungiamo alle sei regioni equatoriali che si trovano tanto nella carta I quanto in quella II.

Regione 8 - *Cetus*

Dalla Tavola del Tempo Siderale vediamo che la Regione 8 si trova sul meridiano circa verso le ore 18 in gennaio, cosicché può essere vista bene, durante i mesi invernali, poco dopo che la sera è discesa. Verso la fine d'agosto attraversa il meridiano alle 4; in settembre alle 2; in ottobre a mezzanotte; in novembre alle 22 e in dicembre alle 20. È dunque principalmente una regione adatta per osservazioni vespertine da compiere in autunno.

Per quanto si dica che Cetus sia la costellazione più grande di tutte, essa non presenta molte stelle splendenti. Contiene due stelle di seconda grandezza, e nove di terza e quarta.

La stella variabile Omicron Ceti, o Mira Ceti, si trova in questa costellazione; la sua variabilità fu scoperta, più di 300 anni or sono, dall'astronomo tedesco Fabricius. La sua luce varia continuamente in un periodo di circa undici mesi, e mostra una straordinaria fluttuazione di splendore. Stella tanto debole da esser osservata col telescopio, ed assegnata alla nona grandezza, Mira lentamente comincia a risplendere con sempre maggior vivacità, passando dalla nona alla ottava grandezza, e quindi alla settima, e alla sesta, successivamente, finché si rende visibile ad occhio nudo, e gradatamente ascende alla seconda grandezza. Raggiunge il suo massimo splendore circa quattro mesi dopo di aver cominciata l'ascesa e, dopo di esser rimasta al suo massimo punto di lucentezza per circa un mese, comincia a declinare. Lentamente il suo splendore si spegne finché, cinque mesi dopo, è tornata ad esser l'insignificante stella telescopica di nona grandezza; vale a dire che si ritrova al punto da cui è partita. È giustamente chiamata Mira Ceti, la stella meravigliosa di Cetus, perché la luce che emana quando è al suo massimo grado di splendore è 500 volte maggiore di quella che emana quando è al minimo.

Gli osservatori faranno bene a studiare un gigantesco «W» di cui Alpha Ceti (Men Kar) e Alpha Arietis (Hamal) formano i punti inferiori, mentre Alpha Tauri (Aldebaran), le Pleiadi e Beta Persei (Algol), segnano i punti superiori.

Regione 9 - *Sirio*.

Questa è una parte del cielo eccezionalmente interessante, e contiene il gruppo di Orione circondato da animali. Comprende interi Orione e il Canis Minoris, assieme ad una grande parte del Canis Major, del Toro, della Lepre, e dell'Unicorno.

La stella più brillante della costellazione del Canis Major è Alpha Canis Majoris, o Sirio, la più brillante del cielo. Si trova nell'emisfero sud, ma, siccome è solamente a 18° gradi al sud dell'Equatore, può essere, a epoche determinate, visibile da tutte le parti della terra, eccezion fatta per una piccola zona che si trova nel Circolo Artico. Attraversa il meridiano nella notte del primo dell'anno, verso la mezzanotte, cosicché nelle nostre latitudini è visibile meglio nelle sere di primavera o nelle notti d'autunno, dopo la mezzanotte. È veramente affascinante, anche per il suo magnifico sfoggio di colori. Realmente, è una stella bianca tipica, ma, come risultato del suo scintillio, sembra irradiare vari colori in rapida successione.

Fin dal tempo di Omero, Sirio viene chiamata la Stella Cane, ed è indicata in vari monumenti egizi sotto forma di un cane. Il suo alzarsi quasi assieme al sole verso la metà dell'estate, si credeva indicasse l'inizio delle inondazioni del Nilo.

Tolta questa splendentissima stella, la costellazione del Canis Major contiene pochi altri corpi interessanti. La caratteristica principale della Regione 9 è la costellazione

di Orione, di cui diamo una fotografia alla Tavola XXVIII. Verso le 22, in qualche notte di gennaio, chi osservi l'emisfero nord, troverà la costellazione di Orione immediatamente al suo sud. Un poco a destra della Cintura di Orione e sotto ad essa, si trova la stella di prima grandezza Rigel o Beta Orionis, una stella la cui luce, misurata con una certa esattezza, risulta esser 15.000 volte più forte di quella del sole. Ad una uguale distanza dalla Cintura, ma a sinistra ed un poco più in alto, si trova un'altra stella ugualmente interessante, Betelgeux, un gigante rosso che misura circa 300 volte il diametro del sole, e ne ha 1200 volte il potere illuminante. Queste due brillanti stelle, assieme a Sirio e ad Alpha Tauri o Aldebaran, formano una notevolissima losanga di stelle di prima grandezza (vedi Appendice II). La Cintura di Orione si trova quasi al centro di questa losanga. Una linea, tracciata in modo da attraversare le tre stelle della Cintura, e prolungata otto volte la lunghezza della Cintura in ciascuna direzione, avrà Aldebaran alla sua estremità nord, e Sirio a quella sud.

Esattamente sotto alla stella centrale della Cintura di Orione si trova la Elsa (Tavola III), la quale contiene la Grande Nebula d'Orione, uno dei corpi celesti più interessanti per il telescopio (vedi Tavola XXVII).

Questa regione contiene anche la costellazione Canis Minor, la cui stella più splendente è Procione. La sua posizione è facile da trovare, continuando verso sinistra la

linea che passa per le stelle Gamma Orionis (Bellatrix) e Alpha Orionis (Betelgeux), che formano il lato superiore del quadrilatero di Orione. Castore e Polluce, le due stelle più brillanti della costellazione dei Gemelli, si trovano quasi esattamente sulla linea che congiunge Procione alla Stella Polare.

Regione 10 - *Regolo*.

Questa regione contiene gran parte delle costellazioni del Leone, del Crater, dell'Idra, e del Cancro. Gli indicatori dell'Orsa Maggiore che ci sono serviti per trovare la Stella Polare, ci serviranno anche per trovare la costellazione del Leone, poiché la linea che attraversa l'indicatore e che conduce in una direzione alla Stella Polare, nell'altro senso ci condurrà al Leone, il quale si trova da quest'altra parte, quasi altrettanto distante dall'indicatore, quanto lo è la Stella Polare dall'altro lato. Le stelle di questa costellazione formano una configurazione notevole. La più brillante del gruppo, una stella di prima grandezza, è Alpha Leonis, o Regolo, la prima di un notevole arco di stelle che forma la testa del Leone, ed è talvolta chiamata Falce. Il resto della costellazione si trova nella parte convessa di quest'arco e termina con la stella di seconda grandezza Beta Leonis, o Denebola, alla punta della coda del Leone.

La seconda stella dell'arco, per splendore, Gamma Leonis, è una stella doppia, che si può vedere benissimo con un piccolo telescopio. Il componente più brillante è di

seconda grandezza, ed il più debole, il quale non ne dista che 3 secondi d'arco, è della quarta. Esse mostrano un interessante contrasto di colore. È bene notare che Aldebaran, Gamma Geminorum, Gamma Leonis e Denebola si trovano quasi tutte su di una stessa linea.

Al centro della Falce si trova la direzione da cui, nella notte del 13-14 novembre del 1866, cadde una magnifica pioggia di stelle filanti. Questa pioggia ritorna, con maggiore o minore regolarità, e ogni qualvolta ciò avviene, se ne parla come di una manifestazione delle Leonidi.

La costellazione del Cancro non contiene stelle brillanti, ma è caratterizzata da un curioso gruppo di stelle conosciuto sotto il nome di Presepio o di Alveare. Ad occhio nudo non sembra altro che una macchia confusa situata tra i Gemelli ed il Leone, ma con un piccolissimo ausilio ottico, quale può dare un binocolo, Praesepe mostra di esser composto tutto di stelle.

Regione 11 - *Arturo*.

In questa regione si trovano parti importanti delle costellazioni della Vergine, del Serpente, e della Libra, assieme ad una piccola parte della costellazione di Boote (Regione 6) che include la sua stella più brillante, Arturo, o Alpha Bootis.

Questa è la stella più splendente dell'emisfero nord, dopo Vega e Capra, ed è facilissima da identificare. Troviamo l'Orsa Maggiore, seguiamone la coda,

continuando per circa il doppio della sua lunghezza, e giungiamo ad Arturo.

Arturo attraversa il meridiano a mezzanotte, nell'ultima parte d'aprile, ed è allora a circa 30° a sud dello zenit per chi la osservi dall'Inghilterra. Trovandosi a solamente 19° al nord dell'Equatore, è visibile da ogni punto della superficie della terra, eccetto che dall'interno del Circolo Antartico.

La più notevole caratteristica della costellazione della Vergine è la stella di prima grandezza Alpha Virginis o Spica. Tirando una linea da Alpha Ursae Majoris a Gamma Ursae Majoris e prolungandola dandole una leggera incurvatura, questa ci condurrà a Spica. Sarà bene notare che tre bellissime stelle, Arturo, Spica e Denebola, formano un triangolo i cui tre lati sono quasi perfettamente uguali.

La costellazione del Serpente, che si trova anche in questa regione, può essere identificata dalla sua stella più brillante che è Alpha Serpentis, situata alla sinistra di Arturo.

La costellazione Corvus si trova un poco più sotto di Spica, verso la destra, e le sue due stelle più brillanti, Beta Corvi e Gamma Corvi, formano un triangolo a forma di V, assieme a Spica.

Regione 12 - *Altair*

Questa interessante parte del cielo contiene gran parte delle costellazioni dell'Aquila, del Serpente, di Ophiuchus,

del Sagittario e di Sagitta. Comprende pure quella parte della costellazione di Ercole nella quale si trova Alpha Herculis, una magnifica stella doppia i cui componenti presentano colori finemente contrastanti, arancione e verde azzurroastro.

La costellazione Aquila è distinta dalla stella di prima grandezza Altair, o Alpha Aquilae. Possiamo osservare l'impressionante triangolo formato dalle tre stelle Altair, Vega e Alpha Cygni o Deneb, (quest'ultima non è da confondere con Denebola, che si trova nella coda del Leone). Una linea che parta da Vega e passi sotto Beta Cygni, passerà vicino ad una fila di tre stelle delle quali Altair, quella che si trova in mezzo, è di gran lunga la più bella. Questa fila di stelle forma una caratteristica cospicua di Aquila, tanto che, a volte, viene scambiata per la Cintura di Orione.

La Via Lattea passa attraverso ad Aquila; ed esiste una leggenda la quale afferma che in questo punto l'aquila celeste attraversa il fiume celeste chiamato Via Lattea.

Le tre stelle principali di Ophiuchus, assieme ad Alpha Herculis, formano un quadrangolo irregolare il cui centro si trova quasi alla stessa distanza dal Polo a cui si trova Altair.

Regione 13 - *Pegaso*

In questa regione si trovano le costellazioni dell'Acquario, dei Pesci, del Capricorno ed altre minori. Anche, assieme alle regioni 2 e 8, contiene il Grande

Quadrato di Pegaso, che rivaleggia quasi con l'Orsa Maggiore e la Cintura di Orione, come familiare caratteristica del cielo. È formato da tre delle stelle più brillanti di Pegaso, Alpha, Beta e Gamma Pegasi, e da una quarta, Alpha Andromedae, che appartiene alla vicina costellazione di Andromeda.

Una buona prova della bontà della vista è quella di contare quante stelle si possono vedere ad occhio nudo nell'interno del Quadrato di Pegaso. Avviene di rado che, in Inghilterra, se ne possano contare più di 30, ma questo numero aumenta, scendendo verso i cieli più trasparenti del sud. Ad Atene se ne sono contate fino a 102.

REGIONI MERIDIONALI

Ora passiamo alle regioni che si trovano tanto a sud che la loro maggior parte non può mai essere vista dalla Gran Bretagna.

Regione 14 - *Fomalhaut*

Questa è una delle parti più brillanti del cielo meridionale: contiene due stelle di prima grandezza, Alpha Eridani, o Achernar, e Alpha Piscis Australis o Fomalhaut.

Piscis Australis, a sud delle costellazioni dei Pesci e dell'Acquario, è una piccola raccolta di stelle che contiene Fomalhaut, il quale ne è l'ornamento principale. La linea che va da Fomalhaut ad Achernar, continuata per altrettanta lunghezza nella stessa direzione, ci conduce a Canopus, la stella più brillante di tutto il firmamento, dopo Sirio.

Abbiamo qui, perfettamente allineate, tre stelle di prima grandezza. Questa linea è di grande aiuto agli osservatori dell'emisfero sud per riconoscere i gruppi di stelle meridionali. Solamente quella che si trova più a nord delle tre, Fomalhaut, è visibile dalla Gran Bretagna.

Regione 15 - *Eridano*

L'interesse maggiore della Regione 15 è dato dal lungo fiume celestiale Eridano. D'accordo con l'antica divisione delle costellazioni, questa ha origine in Achernar (la fine del fiume) da cui fluì verso il nord attraverso ad una successione di stelle brillanti. Dapprima sorpassa un interessante gruppo di quattro stelle di quarta e di quinta grandezza. Un poco più innanzi si imbatte in una di terza grandezza, e poi, serpeggiando ancora verso nord, entra finalmente nella Regione Equatoriale 18.

Sussequentemente, la costellazione venne estesa ancora verso il sud, cosicché ora scorre anche al sud di Achernar, nella costellazione Hydrus (Regione 20).

Eridanus è una delle costellazioni più grandi del cielo, e contiene circa 300 stelle visibili ad occhio nudo. Pure, nessuna di queste, eccetto Achernar, è di splendore tale da superare la terza grandezza.

Regione 16 - *Canopo*

La famosa costellazione Argo Navis, o più semplicemente Argo, è la caratteristica della Regione 16. È così grande che generalmente si trova più conveniente

suddividerla in tre costellazioni minori: Carina (la Chiglia), Puppis (la Poppa) e Vela.

La stella più brillante di tutta l'intera costellazione, Alpha Argus, o Canopus, è, per splendore, seconda solamente a Sirio. Ma, laddove Sirio è abbastanza vicino a noi, Canopus, che sembra solamente un poco meno splendente, risulta esser enormemente lontano, e così deve possedere uno splendore ben maggiore. Sfortunatamente, non se ne conoscono con esattezza né la distanza né la forza in candele.

Regione 17 - *La Croce del Sud*

In questa regione vediamo le costellazioni più notevoli del cielo meridionale, Centaurus e Crux, o la Croce del Sud.

La Croce del Sud, che contiene un certo numero di stelle brillanti in uno spazio relativamente ristretto, è creduta volgarmente una caratteristica del cielo meridionale, così come l'Orsa Maggiore lo è del cielo settentrionale.

La linea formata dalle lunghe dimensioni della Croce del Sud indica nettamente il Polo Sud da una parte e, attraverso alla costellazione Centaurus, Beta Corvi dall'altra parte. Le punte della parte più stretta indicano le due stelle più brillanti di Centaurus, alle quali torneremo descrivendo la Regione 18.

La stella più brillante della Croce, Alpha Crucis, è la più vicina al Polo Sud. Quella che le viene seconda per

splendore è quella più ad oriente, Beta Crucis. Vicinissima a questa si trova una stella dell'ottava grandezza, che Sir John Herschel descrisse come «la stella del più pieno e profondo color marrone rosso, del più intenso color di sangue che io abbia mai visto. Paragonata con la bianchezza di Beta Crucis, sembra una goccia di sangue».

In questa regione si trova una delle parti più brillanti della Via Lattea (vedi Tavola XXIX), ed anche una delle sue più notevoli caratteristiche, una chiazza nera a forma di pera, lunga 8° per 5° di larghezza, che i primi navigatori e gli astronomi antichi chiamarono «Sacco di Carbone». Il folklore australiano lo interpreta come un pozzo di oscurità che spalanchi la bocca in uno sbadiglio, ed anche come una incarnazione del diavolo in forma di un emù, all'agguato ai piedi di un albero, rappresentato dalle stelle della Croce, in attesa di un opossum cacciato dai suoi persecutori, che fugge a cercar rifugio tra i rami. Ora noi sappiamo che il Sacco di Carbone non è affatto un buco, ma una nube di materia oscura che ci nasconde le stelle che vi stanno dietro.

Centaurus non solo è di molta grandezza, ma contiene anche un maggior numero di stelle brillanti che non qualsiasi altra costellazione. In esso ne troviamo due di prima grandezza, una della seconda, cinque della terza, sette della quarta e non meno di trentanove della quinta.

Regione 18 - *Centauro*

Alpha Centauri, la stella più brillante della costellazione del Centauro, si trova a 30 gradi dal Polo Sud, cosicché è ben difficile vederla dall'emisfero nord, eccetto che dai tropici.

È facile a riconoscere perché un'altra stella, quasi altrettanto splendente, Beta Centauri si trova a meno di 5° da essa. Una tale sovrapposizione di due stelle di prima grandezza, non si trova in alcuna altra parte del cielo. Castore e Polluce sono separate circa dalla stessa distanza di 5°, ma non uguagliano in splendore Alpha e Beta Centauri.

In questa regione troviamo anche la bella costellazione dello Scorpione, la cui stella più brillante, Antares, o Alpha Scorpii, si trova presso al termine di una catena di stelle di seconda e di terza grandezza. Questa costellazione può appena esser veduta, dalle latitudini della Gran Bretagna, nei mesi estivi, e contiene alcuni dei più ricchi depositi della Via Lattea. Fra tutte le stelle più notevoli del cielo, Antares appare la più rossa; dopo di essa vengono Betelgeux e Aldebaran. Queste tre stelle sono Giganti Rossi, poiché Antares misura circa 450 volte il diametro del sole, Betelgeux 300, e Aldebaran 40.

Regione 19 - *Sagittario*

Le stelle più importanti della Regione 19 sono due stelle della seconda grandezza. La prima è Alpha Pavonis, la più

brillante della costellazione del Pavone; la seconda è Alpha Gruis, la più brillante della Gru, che si trova situata, in maggior parte, nella Regione 14.

In questa Regione, la Via Lattea è ricca e bella in modo speciale.

Regione 20 - *Il Polo Sud*

Qui non vi è alcuna stella per indicare la posizione del Polo Sud come la Stella Polare indica quella del Polo Nord. I corpi più notevoli della Regione 20 sono le Nubi Magellaniche Maggiore e Minore, la Nubecola Major e la Nubecola Minor (vedi Tavola XXXI). Queste sono visibili anche ad occhio nudo, essendo di grande mole, tanto che la Nube Maggiore è persino visibile in piena luce di luna piena.

Sull'orlo della Nube Magellanica Minore si trova uno dei gruppi di stelle più vicini a noi, 47 Tucanae, anche questo visibile ad occhio nudo.

APPENDICE II

LE VENTI STELLE APPARENTEMENTE PIÙ SPLENDENTI

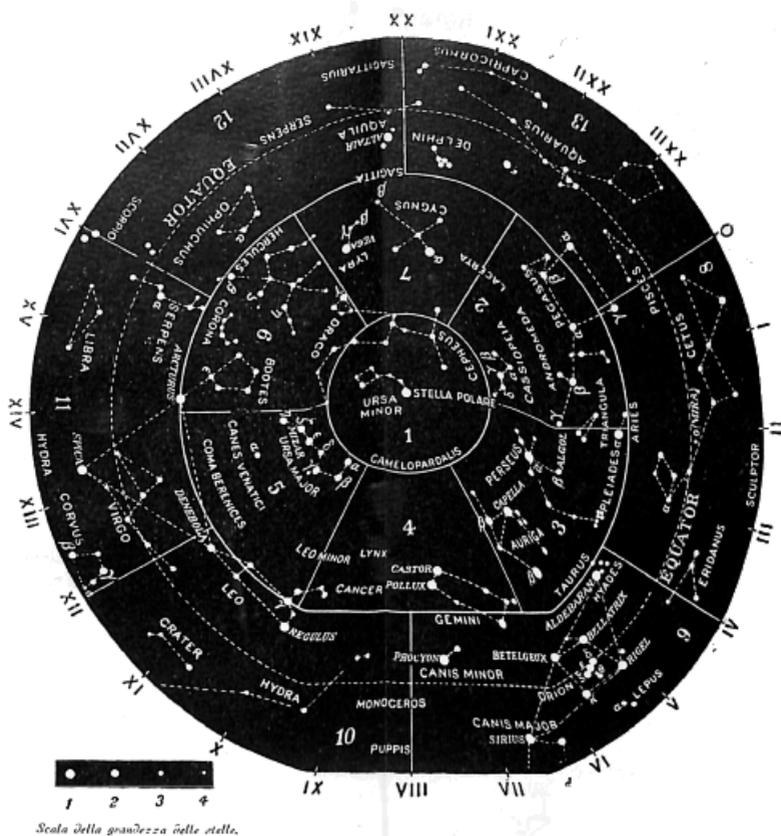
Stella	Costellazione	Distanza in anni- luce	Luminosità (in raffronto col sole)	Carta delle stelle (Regione)
Sirius	α Canis Majoris	8*6	26* ³	9
Canopus	α Carinae	600 (?)	80,000 (?)	16
α Centauri	α Centauri	4*3	1*3	18
Voga	α Lyrae	26	50	7
Capella	α Aurigae	52	185	3
Arcturus	α Boötis	41	100	11
Rigel	P Orionis	500	15,000	9
Procyon	α Canis Minoris	10*5	5*5	9
Achernar	α Eridani	70	200	14
β Centauri	β Centauri	300	3,000	18

Altair	α Aquilae	16	9*2	12
Betelgeux	ν Orionis	200	1,200	9
α Crucis	α Crucis	250	1,600	17
Aldebaran	α Tauri	57	90	9
Pollux	α Geminorum	32	28	4
Spica	α Virginis	250	1,500	11
Antares	α Scorpii	560	3,400	18
Fomalhaut	α Piscis Australis	24	13*5	14
Deneb	α Cygni	600 (?)	10,000	12
Regulus	α Leonis	56	70	10

APPENDICE III

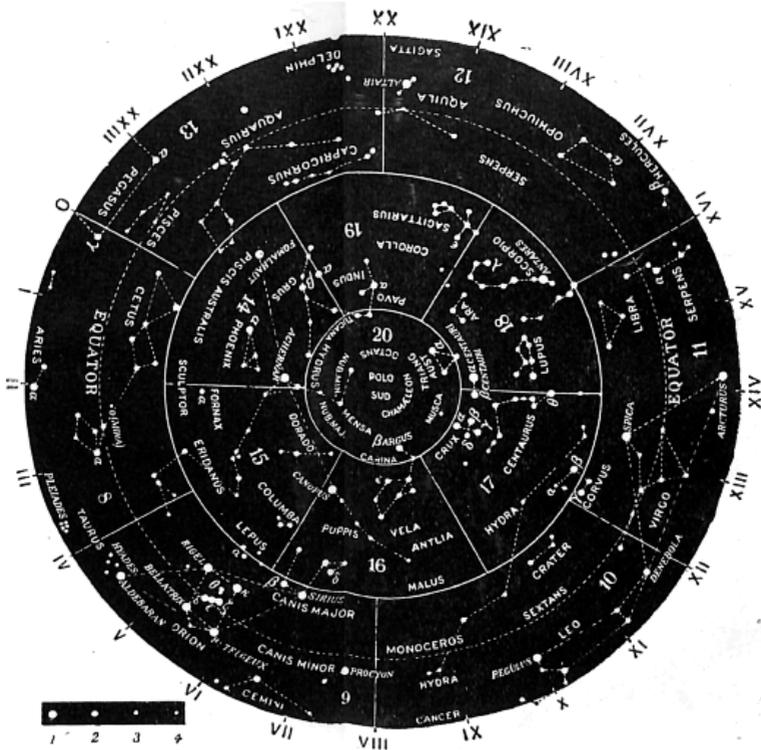
POSIZIONE DEI PIANETI

Pianeta	Num. dei satelliti	Volume in raffronto con la terra			Distanza dal sole (in rapporto alla terra)	Periodo di rivoluzioni e (in anni)	Velocità nell'orbita (miglia per secondo)
		Diametro	Volume	Peso			
Mercurio	0	0·09	0·06	0·04	0·39	0·24	29·7
Venere	0	0·97	0·92	0·81	0·72	0·62	21·7
Terra	1	1·00	1·00	1·00	1·00	1·00	18·5
Marte	2	0·53	0·15	0·11	1·52	1·88	15·0
Asteroidi	—	—	—	—	1·46-5·71	176-13·7	—
Giove	9	10·95	1312	317	5·20	11·86	8·1
Saturno	9	9·02	734	95	9·54	29·46	6·0
Urano	4	4·00	64	14·7	19·19	84·01	4·2
Nettuno	1	3·92	60	17·2	30·07	164·78	3·4
Plutone	—	—	—	—	39·8	250	2·9



Il cielo settentrionale, fino al 25° a Sud dell'Equatore.

(I numeri romani si riferiscono all'Ascensione retta, quelli arabi alle venti 20 regioni descritte).



Scala della grandezza delle stelle.

Il cielo settentrionale, fino al 25° a Sud dell'Equatore.

(I numeri romani si riferiscono all'Ascensione retta, quelli arabi alle venti 20 regioni descritte).

APPENDICE IV

POSIZIONE DEI PIANETI

(Questa tavola dà l'epoca approssimativa in cui i pianeti si trovano più distanti dal sole. A queste epoche, Mercurio e Venere sono più visibili, mentre Marte, Giove e Saturno, trovandosi esattamente in direzione opposta al Sole, attraversano il meridiano a mezzanotte e così si possono vedere nel cielo notturno nelle migliori delle condizioni.)

Anno	Mercurio		Venere		Marte	Giove	Saturno
	Come stella del mattino	Come stella della sera	Come stella del mattino	Come stella della sera			
1931	Febb., maggio, settemb.	Aprile, agosto, novembre	Febb.		Genn.	Genn.	Luglio
1932	Genn., magg., sett., dic.	Marzo, luglio, novembre	Sett.	Apr.	—	Febb.	Luglio

1933	Aprile, agosto, dicembre	Marzo, luglio, ottobre	—	Nov.	Marzo	Marzo	Agos.
1934	Aprile, luglio, novembre	Febbraio, giugno, ottobre	Apr.	—	—	Apr.	Agos.
1935	Marzo, luglio, novembre	Febbraio, maggio, settem.	Nov.	Luglio	Apr.	Maggio	Agos.
1936	Febbraio, giugno, ottobre	Genn., magg., settem., dic.	—	—	—	Giugno	Sett.
1937	Febbraio, giugno, settem.	Aprile, agosto, dicembre	Giugno	Febb.	Maggio	Luglio	Sett.
1938	Gennaio, maggio, settem.	Aprile, luglio, novembre	—	Sett.	—	Agos.	Ott.
1939	Genn., magg., agosto, dic.	Marzo, luglio, novembre	Febb.	—	Luglio	Sett.	Ott.
1940	Aprile, agosto, dicembre	Febbraio, giugno, ottobre	Sett.	Apr.	—	Nov.	Nov.
1941	Aprile, luglio, novembre	Febbraio, giugno, settem.	—	Nov.	Sett.	Dic.	Nov.
1942	Marzo, luglio, ottobre	Gennaio, maggio, settem.	Apr.	—			Nov.
1943	—	—	Nov.	Giugno	Dic.	Genn.	Dic.
1944	—	—	—	—		Febb.	Dic.
1945	—	—	Giugno	Febb.	—	Marzo	—

INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI

TINTORETTO - L'origine della Via Lattea

- Tavola I. La rotante cupola del cielo
 - » II. Perseo ed Andromeda
 - » III. Orione e le costellazioni vicine
 - » IV. L'Orsa Minore e la Stella Polare
 - » V. Una palla di fuoco ed una nebula .
 - » VI. La scoperta di Plutone
 - » VII. La Luna piena
 - » VIII. La Luna (terzo quarto)
 - » IX. La Luna (primo quarto)
 - » X. Particolari della Luna. La regione circostante a Copernico (vedi Tavola VII)
 - » XI. Particolari della Luna. Il Mare Imbrium (vedi Tav. VII) e le montagne circostanti

- » XII. Crateri e formazioni vulcaniche
- » XIII. Il Sole fotografato alla luce di calcio
- » XIV. Eruzioni solari
- » XV. L'eruzione a «formichiere» (29 maggio 1919)
- » XVI. Una piccola parte della superficie del Sole fotografata in luce di idrogeno
- » XVII. Il Sole fotografato in luce di idrogeno
- » XVIII. Azione di marea
- » XIX. Il Sole ed i Pianeti in proporzione
- » XX. Venere e Marte
- » XXI. Saturno
- » XXII. Giove
- » XXIII. La Cometa di Halley come fu vista il 7 maggio 1910
- » XXIV. La Cometa di Brooke come fu osservata il 3 novembre del 1911
- » XXV. Esplosione di una Meteora
- » XXVI. La Corona solare vista durante l'eclisse del 1919
- » XXVII. La Grande Nebula in Orione
- » XXVIII. Parte della Costellazione d'Orione
- » XXIX. La Via Lattea - I
- » XXX. Nebulosità in Orione
- » XXXI. La Nube Magellanica Minore

- » XXXII. L'Ammasso Globulare M 13 in Ercole
- » XXXIII. La Via Lattea - II
- » XXXIV. La Via Lattea in Sagittario
- » XXXV. Nebulosità in Cigno
- » XXXVI. La Grande Nebula M 31 in Andromeda
- » XXXVII. Il margine esterno della Grande Nebula M 31 in Andromeda
- » XXXVIII. La Nebula M 33 in Triangulum
- » XXXIX. La Nebula M 81 nell'Orsa Maggiore
- » XL. Un gruppo di Nebule nella Chioma di Berenice
- » XLI. Le più lontane profondità dello spazio
- » XLII. Regione centrale della Grande Nebula M 31 in Andromeda
- » XLIII. La Nebula M 51 in Canes Venatici
- » XLIV. Varie Nebule disposte in modo da formare una serie - I
- » XLV. Varie Nebule disposte in modo da formare una serie - II
- » XLVI. Varie Nebule disposte in modo da formare una serie - III
- » Il cielo settentrionale, fino al 25° a Sud dell'Equatore
- » Il cielo meridionale, fino al 25° a Nord dell'Equatore