



Alfred Russel Wallace

**Il posto dell'uomo nell'universo**



[www.liberliber.it](http://www.liberliber.it)

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



**E-text**

**Web design, Editoria, Multimedia  
(pubblica il tuo libro, o crea il tuo sito con E-text!)**

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

QUESTO E-BOOK:

TITOLO: Il posto dell'uomo nell'universo

AUTORE: Wallace, Alfred Russel

TRADUTTORE: Lo Forte, Giacomo

CURATORE:

NOTE:

CODICE ISBN E-BOOK: n. d.

DIRITTI D'AUTORE: no

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

COPERTINA: n. d.

TRATTO DA: Il posto dell'uomo nell'universo : studi sui risultati delle ricerche scientifiche sulla unità o pluralità dei mondi / Alfred Russel Wallace ; traduzione dall'inglese riveduta e preceduta da uno studio critico di Giacomo Lo Forte. - Milano ; Palermo ; Napoli : Sandron, 1906. - XXXV, 436 p., [2] c. di tav. : ill. ; 22 cm.

CODICE ISBN FONTE: n. d.

1a EDIZIONE ELETTRONICA DEL: 8 gennaio 2019

INDICE DI AFFIDABILITA': 1

0: affidabilità bassa

1: affidabilità standard

2: affidabilità buona

3: affidabilità ottima

SOGGETTO:

SCI015000 SCIENZA / Cosmologia

DIGITALIZZAZIONE:

Paolo Alberti, paoloalberti@iol.it

REVISIONE:

Catia Righi, catia\_righi@tin.it

IMPAGINAZIONE:

Paolo Alberti, paoloalberti@iol.it

PUBBLICAZIONE:

Catia Righi, catia\_righi@tin.it

# Liber Liber



Se questo libro ti è piaciuto, aiutaci a realizzarne altri.  
Fai una donazione: <http://www.liberliber.it/online/aiuta/>.

Scopri sul sito Internet di Liber Liber ciò che stiamo realizzando: migliaia di ebook gratuiti in edizione integrale, audiolibri, brani musicali con licenza libera, video e tanto altro: <http://www.liberliber.it/>.

# Indice generale

Liber Liber.....	4
ALFRED RUSSEL WALLACE E LA SUA IPOTESI.....	14
PREFAZIONE DELL'AUTORE.....	36
CAPITOLO I. L'UOMO E L'UNIVERSO (IDEE ANTICHE).....	43
CAPITOLO II. L'UOMO E L'UNIVERSO (IDEE MODERNE).....	50
CAPITOLO III. LA NUOVA ASTRONOMIA.....	68
MOVIMENTO DELLE STELLE SECONDO LA VI- SUALE.....	81
STELLE INVISIBILI E MOVIMENTI IMPERCET- TIBILI.....	85
LE NEBULOSE.....	90
ASTRONOMIA FOTOGRAFICA.....	91
CAPITOLO IV. DISTRIBUZIONE DELLE STELLE.....	96
LA VIA LATTEA.....	98
DESCRIZIONE DELLA VIA LATTEA.....	102
LE STELLE IN RELAZIONE CON LA VIA LAT- TEA.....	110
AMMASSI STELLARI E NEBULOSE IN RAP-	

PORTO CON LA VIA LATTEA.....	119
CAPITOLO V.	
DISTANZA DELLE STELLE.	
MOTO DEL SOLE ATTRAVERSO LO SPAZIO.....	126
CHE COSA È UN MILIONE?.....	136
MISURA DELLE DISTANZE STELLARI.....	140
MOVIMENTO DEL SOLE ATTRAVERSO LO SPAZIO.....	147
ALCUNI RISULTATI NUMERICI DELLE PRECEDENTI MISURE.....	149
POSTO PROBABILE DELLE STELLE.....	152
CAPITOLO VI.	
UNITÀ ED EVOLUZIONE	
DEL SISTEMA STELLARE.....	156
L'UNITÀ DELL'UNIVERSO STELLARE.....	158
L'EVOLUZIONE DELL'UNIVERSO STELLARE.	
.....	161
IL SOLE COME STELLA TIPICA.....	162
CIÒ CHE CIRCONDA IL SOLE.....	165
LE IPOTESI NEBULARI E METEORICHE.....	170
NATURA METEORICA DELLE NEBULOSE.....	176
CENNI DEL DOTTOR ROBERTS SULLE NEBULOSE A SPIRALE.....	178
UNA SUPPOSIZIONE SULL'ORIGINE DELLE NEBULOSE SPIRALI.....	181
L'EVOLUZIONE DELLE STELLE DOPPIE.....	184
AMMASSI STELLARI E STELLE VARIABILI..	188
L'EVOLUZIONE DELLE STELLE.....	191

CAPITOLO VII.	
IL NUMERO DELLE STELLE È INFINITO?.....	199
EVIDENZA TELESCOPICA DEI LIMITI DEL SI- STEMA STELLARE.....	211
LEGGE DEL NUMERO DECRESCENTE DELLE STELLE.....	216
IL RAPPORTO TRA LA LUCE E IL NUMERO DELLE STELLE PIÙ DEBOLI..	219
CAPITOLO VIII.	
I NOSTRI RAPPORTI CON LA VIA LATTEA.....	224
LA VIA LATTEA È UN GRAN CERCHIO.....	226
LA FORMA DELLA VIA LATTEA E LA NOSTRA POSIZIONE NEL SUO PIANO..	228
L'AMMASSO SOLARE.....	235
IL MOVIMENTO DEL SOLE ATTRAVERSO LO SPAZIO.....	240
CAPITOLO IX.	
L'UNIFORMITÀ DELLA MATERIA E DELLE SUE LEGGI NELL'UNIVERSO STELLARE.....	255
L'UNIFORMITÀ DELLA MATERIA.....	256
CAPITOLO X.	
I CARATTERI ESSENZIALI DELL'ORGANISMO VI- VENTE.....	264
CAPITOLO XI.	
LE CONDIZIONI INDISPENSABILI ALLA VITA ORGANICA.....	282
LIEVE TEMPERATURA RICHIESTA PER L'ACCRESIMENTO E LO SVILUPPO....	283

LA NECESSITÀ DELLA LUCE SOLARE.....	285
L'ACQUA PRINCIPIO ESSENZIALE DELLA VITA ORGANICA.....	286
L'ATMOSFERA DEVE ESSERE SUFFICIENTE- MENTE DENSA E COMPOSTA DI GAS PROPOR- ZIONATI.....	287
I GAS DELL'ATMOSFERA.....	290
IL VAPOR D'ACQUA DELL'ATMOSFERA.....	291
L'ALTERNANZA DEL GIORNO E DELLA NOT- TE.....	292
CAPITOLO XII.	
LA TERRA IN RAPPORTO CON LO SVILUPPO E CON LA CONSERVAZIONE DELLA VITA.....	296
L'OBBLIQUITÀ DELL'ECLITTICA.....	297
PERSISTENZA DEI CLIMI TEMPERATI NELLE EPOCHE GEOLOGICHE.....	301
LA QUANTITÀ DELL'ACQUA E LA SUA DISTRIBUZIONE SUL GLOBO.....	307
COME SI PRODUSSERO LE PROFONDITÀ OCEANICHE.....	312
L'ACQUA REGOLATRICE DELLA TEMPERATU- RA.....	320
CAPITOLO XIII.	
LA TERRA IN RELAZIONE CON LA VITA. CONDIZIONI ATMOSFERICHE.....	325
LE NUVOLE, LORO IMPORTANZA E LORO CAUSE.....	330
NUVOLE E PIOGGIA DIPENDONO DAL PULVI- SCOLO DELL'ATMOSFERA.....	332

ELETTRICITÀ ATMOSFERICA.....	341
CAPITOLO XIV.	
LA TERRA È IL SOLO PIANETA ABITABILE DEL SISTEMA SOLARE.....	347
MASSA DI UN PIANETA E SUA ATMOSFERA. .....	348
ABITABILITÀ DEGLI ALTRI PIANETI.....	351
UN PICCOLO E DETERMINATO LIMITE DI TEMPERATURA.....	352
GLI ESTREMI LIMITI DI VITA SULLA TERRA. .....	357
I GRANDI PIANETI SONO TUTTI INABILITABI- LI.....	359
L'ESTREMO ARGOMENTO PER L'ABITABILITÀ DEI PIANETI.....	361
LIMITAZIONE DEL CALORE SOLARE.....	363
CAPITOLO XV.	
LE STELLE POSSEGGONO SISTEMI PLANETARI? – SONO ESSE UTILI A NOI?.....	370
SISTEMI STELLARI DOPPI E MULTIPLI.....	375
SONO LE STELLE UTILI PER NOI?.....	378
CAPITOLO XVI.	
STABILITÀ DEL SISTEMA STELLARE. IMPORTANZA DELLA NOSTRA POSIZIONE CEN- TRALE.....	385
UNIFORME QUANTITÀ DI CALORE DOVUTA ALLA POSIZIONE CENTRALE.....	396
RIASSUNTO.....	403
CONCLUSIONE.....	410

INDICE ALFABETICO.....421



*Alfred Russel Wallace*

ALFRED RUSSEL WALLACE

# **IL POSTO DELL'UOMO NELL'UNIVERSO**

STUDI SUI RISULTATI DELLE RICERCHE SCIENTIFICHE  
SULLA UNITÀ O PLURALITÀ DEI MONDI

Traduzione dall'inglese  
riveduta e preceduta da uno studio critico

DI

GIACOMO LO FORTE

«O, glittering host! O, golden line!  
I would I had an angel's ken,  
Your deepest secrets to divine,  
And read your mysteries to men.»

*(O luminosa dimora! O volta d'oro! Vorrei che un angelo indovinasse i vostri segreti e rivelasse i vostri misteri agli uomini.)*

«I said unto my inmost heart,  
Shall I don corslet, helm, and shield,  
And shall I with a Giant strive,  
And charge a Dragon on the field?»<sup>1</sup>

J. H. DELL.

---

<sup>1</sup> *Io dissi a me stesso: – Non avrò io corazza, elmo e spada, non combatterò un gigante e non caricherò sul campo contro un dragone?*

# ALFRED RUSSEL WALLACE E LA SUA IPOTESI

Mentre il nome e la gloria di Darwin correvano trionfanti pel mondo, il Wallace restava quasi ignorato fuori dell'ambiente scientifico, sebbene anch'egli, quasi contemporaneamente al grande naturalista che ha legato il suo nome alla dottrina dell'evoluzione, avesse formulato l'ipotesi della selezione, che doveva imprimere un carattere così speciale alla scienza e alla filosofia moderne. Le ragioni di tale oblio – inesplicabile per chi non conosca i particolari della vita dei due naturalisti – debbono ricercarsi prima di tutto nei temperamenti diversi dei due autori, nei casi diversi della loro vita, e nelle opere diverse che da tali circostanze risultarono; subordinatamente nella cura che mise sempre il Wallace, cura che sembra quasi una preoccupazione, nell'attribuire esclusivamente al Darwin l'ipotesi della selezione naturale, nelle pubblicazioni che egli fece in seguito su tale argomento. Certo questo contegno del Wallace fu ispirato sin dal principio da elevata gentilezza d'animo e da un

nobilissimo sentimento di cortesia verso il Darwin, che aveva consacrato venti anni della sua vita a elaborare la poderosa sintesi su una congerie immensa di materiali; molto probabilmente però, in seguito, un'altra causa intervenne nel determinare tale contegno: il desiderio di staccarsi, almeno in parte, da una fede scientifica che non doveva essere più la sua. Esponiamo per ordine gli avvenimenti.

Il Darwin di ritorno dal suo celebre viaggio intorno al mondo, ricco di un abbondante materiale scientifico di prim'ordine, si accinse in una solitaria villa all'inesauribile lavoro. Già la prima idea della sua vasta ipotesi gli era balenata durante il viaggio; la lettura della celebre opera di Malthus<sup>2</sup> diede consistenza e forma a tale idea. Mente sovranamente equilibrata ed educata con severità ai principii della scienza sperimentale, egli non poteva decidersi a presentare al mondo scientifico la sua teoria come un nudo prodotto del suo pensiero, senza l'ausilio di evidenti e numerose prove. E per lungo tempo raccolse tali prove, sperimentando sugli animali domestici e sulle piante del suo giardino. La teoria della sopravvivenza del più adatto venne così elaborata giorno per giorno, rafforzata e completata sempre da nuove e felici osservazioni, che con la semplicità di una logica di ferro si riannodavano naturalmente al filo conduttore esistente nella mente del Darwin. Tale lavoro di induzioni, di ricerche, di confronti durò per circa ventun anni: i risultati

---

<sup>2</sup> *Essay on the Principle of Population*, 1826.

venivano comunicati quasi giorno per giorno al geologo Lyell e al botanico Hooker, frai pochissimi intimi che frequentavano la tacita e solitaria villa di Down. Darwin giudicava sempre incompleta la sua opera, e non si decideva mai alla pubblicazione. Ma venne un momento, nel 1858, che la irruzione del Wallace nella vita e nell'opera del Darwin fece rompere ogni indugio.

Alfred Russel Wallace, nato nel 1822 a Usk, nel Monmouthshire, viaggiava da parecchi anni come naturalista. Aveva percorso le foreste del Brasile e le isole dell'arcipelago malese, e si trovava allora a Ternate, nelle Molucche, ammalato di febbre intermittente. Anch'egli conosceva l'opera di Malthus, e quando più era travagliato dal male, la celebre teoria sulla popolazione gli tornò insistentemente al pensiero, e, quasi nel delirio, gli suggerì la stessa ipotesi alla quale era già arrivato il Darwin. Guarito, redasse in due o tre giorni una breve memoria sulla tendenza che hanno le varietà ad allontanarsi definitivamente dal loro tipo originale, nella quale la selezione era esposta con frasi simili e quasi identiche a quelle adoperate dal Darwin, e senz'altro la inviò a questo, con preghiera di esaminarla e curarne la pubblicazione in qualche rivista inglese, se la trovasse degna.

Casi simili non accadono due volte nella storia. Il Darwin sottomise lettera e manoscritto ai due amici, il Lyell e l'Hooker, che già conoscevano l'opera del solitario di Down, e così gli fu possibile di far riconoscere la precedenza dell'opera sua. Del resto il Wallace, con

perfetta rettitudine, non esitò un momento ad ammetterla, ma il Darwin volle che la memoria del Wallace e quella che egli stesso redasse in fretta riassumendo la sua vastissima opera, fossero lette contemporaneamente alla Società Linneana di Londra; e nel 1859 esse comparvero nello stesso numero del *Journal of the Linnean Society*. Pochi mesi dopo vedeva la luce la prima edizione dell'*Origine della specie*.

Si comprende facilmente come, per forza degli avvenimenti, il Wallace dovesse restare nell'ombra. Quella del Darwin infatti aveva i requisiti di un'opera organica, ricca di prove strabocchevoli, ordinata ed accurata nell'esposizione. Tutto ciò doveva necessariamente mancare nel lavoro del Wallace, che era stato concepito quasi in un baleno, mentre il Darwin vi aveva impiegato ventun anni. E il nome di *Darwinismo* restò fatalmente acquisito alla nuova teoria sul fenomeno della vita, e il Wallace stesso lo adottò attingendo largamente alle evidenti e coscienziose pagine del suo emulo, e a questo attribuendo ogni merito, quando volle esporre sistematicamente l'ipotesi nel suo posteriore volume sul trasformismo, comparso nel 1889.

In questa sua pubblicazione egli si stacca nettamente dal suo amico in ciò che la comune dottrina, può riguardare l'uomo. Ma già nel 1869, in un articolo comparso sulla *Quarterly Review*, il Wallace aveva affermato che la selezione naturale non può produrre che un cervello di poco superiore, nelle sue funzioni, a quello della

scimmia, mentre le facoltà mentali dell'uomo non hanno nulla che rammenti la mentalità animale.

In una serie di saggi comparsa nel 1870 sotto il titolo: *Contributions to the Theory of Natural Selection*, egli fissava nettamente la sua teoria di fronte a quella del Darwin, dal quale si separava del tutto per ciò che riguarda la psiche umana. La selezione è insufficiente, secondo il Wallace, a spiegare l'origine della meravigliosa funzione mentale dell'uomo. Egli non crede che l'ipotesi darwiniana possa dar ragione dell'origine di variazioni che siano nocive all'individuo. Il ragionamento del Wallace è strettamente logico, date le basi dalle quali parte, ma queste basi non possono esser considerate come indiscutibili. Egli dice presso a poco: Se è provato che alcune variazioni inutili o anche dannose all'individuo nel loro primo apparire, diventano utili a sviluppo completo, e sono anzi indispensabili, adesso, per una funzione completa della natura intellettuale e morale dell'uomo, non si può comprendere il meccanismo col quale esse si siano sviluppate, poichè avrebbero dovuto fatalmente far soccombere nella lotta per la vita quegli individui ai quali tornavano dannose. Quindi l'intervento di un'azione intelligente, previdente, preparante l'avvenire, nel modo identico dell'allevatore che preserva le variazioni che vuol conservare, s'impone.

Ma tal ragionamento, come è facile comprendere, pecca alla base. Quali sarebbero, infatti, le variazioni dannose nel loro primo apparire, che si sono conservate e sviluppate?

Il Wallace compie la sua indagine nella specie umana, rilevando l'esistenza di caratteri che sarebbero di nessuna utilità all'uomo selvaggio, e che furono quindi inutili all'uomo preistorico, quantunque essi siano indispensabili, oggi, all'uomo civile, completamente sviluppato.

Ed ecco l'esempio maggiore che egli adduce: Vi è una differenza minima di volume fra il cervello dell'uomo contemporaneo incivilito e quello dell'uomo preistorico: il selvaggio adunque possedeva un organo di cui non sapeva che farsi, poichè soltanto oggi il cervello funziona pienamente. – Qui l'errore del Wallace è evidente: egli vede nel cervello soltanto la *quantità* e non la *qualità*, e non si accorge, restando anche a considerare soltanto la *quantità*, come una differenza minima sia più che sufficiente a spiegare la grande differenza di una funzione tanto delicata quanto è quella del pensiero umano. Ma v'è ancora di più: come mai egli può asserire che tale organo, utilizzato pienamente soltanto dall'uomo civile, si sia sviluppato nella sua funzione, *quantunque* dannoso all'individuo?

Lo stesso ragionamento egli ripete per il senso morale, che giudica dannoso al selvaggio, non riflettendo che il senso morale dell'uno (un convenzionalismo come un altro del resto) trova riscontro nel senso morale dell'altro, onde esiste perfetta reciprocità tra gli individui coabitanti di una data specie, e che infine, se anche il primo accenno di senso morale si fosse manifestato a caso *in un solo individuo*, (cosa che resta sempre a pro-

varsi e che anzi appare del tutto incredibile) l'imitazione doveva fare il resto.

Ma non è una critica delle teorie del Wallace che intendo fare in questa rapida corsa attraverso le sue opere; voglio semplicemente constatare l'evoluzione del suo pensiero, che doveva fatalmente condurlo alla concezione geocentrica da lui esposta in questo suo ultimo lavoro, che ho l'onore di presentare al pubblico italiano.

Il distacco dalla teoria darwiniana della selezione avviene ancora più profondo nella esposizione sistematica che egli fece nel 1889 del darwinismo<sup>3</sup>, esposizione alla quale aggiunse un capitolo originale contenente le sue personali vedute. Questo capitolo è intitolato: *Il Darwinismo applicato all'uomo*. Veramente, dal punto di vista scientifico, è un'applicazione molto superficiale, specialmente al confronto di quanto il Darwin stesso aveva fatto nell'altra sua opera: *L'origine dell'uomo*; però la sua importanza massima risiede nel fatto che l'autore vi afferma recisamente le sue tendenze metafisiche.

Il Wallace in sostanza dice che nell'evoluzione generale del Cosmo tre cose misteriose si constatano, a spiegar le quali la teoria della selezione è insufficiente, anzi del tutto inadeguata, cioè: il passaggio della materia dallo stato inorganico a quello organico; la comparsa della sensazione o coscienza, che rappresenta la distinzione fondamentale tra il regno vegetale e quello animale; e

---

<sup>3</sup> *Le Darwinisme* – trad. francese – *Lecrosnier et Babé*, éditeurs, Paris, 1891.

finalmente le facoltà superiori dell'uomo, che schiudono a questo la possibilità di un progresso quasi indefinito. L'autore scrive testualmente: «Queste tre tappe ben distinte del progredire del mondo organico materiale e del movimento sino all'uomo, indicano chiaramente l'esistenza di un Universo invisibile, di un mondo dello spirito, al quale il mondo della materia è completamente subordinato. A questo mondo spirituale noi possiamo attribuire le forze meravigliosamente complesse che chiamiamo gravitazione, coesione, forza chimica, forza di radiazione ed elettricità, senza le quali l'Universo materiale non potrebbe esistere, neppure per un istante nella sua forma attuale, nè, probabilmente, sotto alcun'altra forma, poichè senza queste forze, e fors'anche altre che possiamo chiamare atomiche, non sappiamo se l'esistenza della materia stessa sia possibile». Più oltre afferma ancora che le manifestazioni della vita dipendono da «differenti gradi d'influsso spirituale». Egli vede inoltre uno scopo in tutto ciò che esiste: «Per noi lo scopo ultimo, la sola ragion d'essere del mondo è stato lo sviluppo dello spirito umano associato col corpo». Le facoltà intellettuali e spirituali dell'uomo non si sono sviluppate per selezione naturale, «ma debbono avere avuto un'altra origine, e a quest'origine noi non possiamo trovare una causa adeguata che nell'Universo invisibile dello spirito.»

Con queste parole egli chiude il suo volume sul darwinismo. Ma con ciò non esclude affatto la derivazione *materiale* di tutte le forme, inorganiche e organiche, le

une dalle altre; la legge della continuità della materia è da lui pienamente accettata, e non dubita che le prime forme viventi siano direttamente derivate dalla materia bruta. Però egli modifica l'ipotesi del trasformismo ammettendo che, mentre cresceva la complicazione della molecola che doveva rappresentare il protoplasma, dovette intervenire un'altra causa ignota a infondere la vita a questa antica particella di materia organica. «Noi abbiamo indizi – dice il Wallace – di una nuova forza che si mette all'opera, forza che noi possiamo chiamare *vitalità*, perchè essa dà ad alcune forme della materia tutti i caratteri e le proprietà che costituiscono la vita.»<sup>4</sup> Così, quando vediamo comparire la sensazione e la coscienza, «noi sentiamo che sarebbe del tutto assurdo il supporre che a una certa fase di complessità (organica) un *ego* sorga nell'esistenza, qualcosa che *senta*, che *abbia coscienza* della propria esistenza. Noi abbiamo qui la certezza che qualcosa di nuovo è nato, un essere la cui nascente coscienza va crescendo in potenza e in carattere determinato, sino a che abbia raggiunto il suo apogeo negli animali superiori.»<sup>5</sup> E quando da qualcuna delle più alte forme animali si sviluppa l'uomo, interviene ancora un'altra causa ignota, che dà all'ultimo essere comparso la sua mentalità speciale, «l'amore della verità, la gioia che dà la bellezza, la passione per la giustizia, il fremito del trionfo che noi sentiamo al racconto di qual-

---

4 L. c., p. 648.

5 L. c., pag. 649.

che atto di coraggioso sacrificio di sè stesso»<sup>6</sup>, insomma tutte le facoltà intellettuali e morali.

La debolezza del ragionamento del Wallace risiede soprattutto nella precisa delimitazione che egli intende stabilire nei caratteri più essenziali degli organismi: egli stacca nettamente il mondo inorganico dalle più basse forme viventi, così come stacca nettamente le funzioni vitali delle piante da quelle degli animali, e la funzione psicologica animale da quella umana. Ma, ripetiamo, non è questo il luogo di insistere in una discussione. L'esposizione delle idee biologiche del Wallace e le citazioni che abbiamo fatto, ci serviranno semplicemente per comprendere più chiaramente per quale intimo processo logico la sua mente sia arrivata alla concezione geocentrica, che se sollevò asprissime critiche da un lato, venne accolta con largo favore nel nuovo ambiente spiritualista.

\*

\* \*

Alfred Russel Wallace fu fatalmente attratto verso questo ambiente che si andava formando, specialmente in Inghilterra, ove cresceva rigoglioso per il fatto che non sdegnarono di far parte di esso degli uomini la cui solidità scientifica era ed è indiscussa. Lo storico futuro darà certo tutta la sua attenzione al fenomeno, e ne ricercherà le ragioni nel grado di sviluppo cui la mente umana pervenne a un dato momento della sua storia.

---

<sup>6</sup> Id. pag. 647.

Mai come oggi, infatti, la ricerca delle cause prime ha affaticato la mente; i dotti, arrivati quasi al limite attuale della conoscenza umana, si trovano ancora di fronte a una inesplicabile sfinge, ma il desiderio acuto di sapere, insito nell'uomo, sviluppatosi ancora più con l'abitudine delle scientifiche ricerche, non può acquetare la mente. Lo spiritismo adunque sembrò sollevasse il velo che nascondeva la ragione ultima delle cose, o almeno sembrò una via, per lo dianzi ignota, che si offriva inaspettatamente all'uomo per slanciarsi al di là dei confini della fisica. Inoltre parve che lo spiritismo offrisse tutte le garanzie di una scientifica ricerca, e degli scienziati veri si occuparono dei fenomeni iperfisici e delle manifestazioni spiritiche. La Società per le ricerche psichiche di Londra annovera tra i suoi membri delle vere celebrità scientifiche, le quali si sono accinte allo studio delle misteriose manifestazioni con una sufficiente dose di scetticismo. In generale gli scienziati inglesi si limitano a descrivere i fenomeni, a controllarli con metodi severi, senza nulla affermare riguardo alla loro possibile origine; e ci piace a questo proposito rammentare il Crookes, il quale, sebbene confessi di aver assistito a fenomeni tali da ingenerare la convinzione dell'esistenza di esseri immateriali, materializzantisi in date circostanze, non si è lasciata mai sfuggire una sola parola che possa sembrare acquiescenza a tale giudizio. Qualunque sia per essere la spiegazione dei fenomeni meravigliosi, ormai volgarizzati dai libri e dalle riviste spiritiche, è certo che non si ha per ora il diritto di enunciare alcuna teoria o

ipotesi come scientificamente sicura, o semplicemente probabile, anche ricercandone la spiegazione soltanto nelle forze fisiche, conosciute o ignorate.

E molti degli scienziati che si sono occupati della questione non si sono allontanati da tale criterio. Altri invece, sedotti dalla vecchia spiegazione di un mondo immateriale, spiegazione bella e pronta a portata di mano, spiegazione che, per atavismo, doveva possedere tutti i vantaggi che la rendono atta a penetrare senza alcun ostacolo anche nelle menti non volgari, non esitarono ad affermare l'esistenza di un mondo dello spirito, che fatalmente doveva essere antropomorfo.

E il Wallace fu di questi ultimi. Abbiamo già visto come egli si fosse allontanato dal Darwin, non già per adottare un proprio modo di vedere sul complesso della natura e sui fenomeni di essa, ma per staccare nettamente, alla vecchia maniera, il fenomeno della vita dalle manifestazioni della materia, e più specialmente l'uomo dagli altri animali. Il Wallace divenne un *evocatore di spiriti*<sup>7</sup>, un credente nello spiritismo.

L'opera che presentiamo al pubblico italiano non è in fondo che lo sforzo di un'anima, che tenta infondere scientificamente la propria fede negli altri. Tutte le scienze, l'astronomia matematica e fisica, la fisica, la chimica, la biologia sono state messe a contributo per arrivare alla conclusione che la personalità umana è un

---

<sup>7</sup> HAECKEL. — *Antropogenia*. Trad. it., p. 67. Torino, U. T. E. 1895.

fenomeno unico nell'Universo, e che essa rappresenta l'apice dello sviluppo organico e intellettuale. Abbiamo già visto come altrove il Wallace abbia definito l'uomo quale un essere suscettibile di un progresso quasi indefinito, la qual cosa mal si accorderebbe col concetto di perfezione che egli scorge nell'uomo attuale. Potrebbe infatti chiedersi all'autore se dall'umanità attuale non possa eventualmente originarsi un'altra manifestazione specifica più elevata, ma questa sarebbe una questione del tutto secondaria. Per noi importa insistere soltanto in questo concetto: la presente opera del Wallace si riannoda fatalmente alle credenze spirituali del suo autore.

Eppure quest'opera che ha un contenuto evidentemente trascendentale, come il lettore vedrà facilmente da ogni capitolo, da ogni pagina del libro, è un vero modello di precisione scientifica, ed è questo il suo maggiore pregio, anche a voler fare astrazione della vasta coltura in essa contenuta. Il Wallace non si discosta di un rigo dai risultati delle scienze sperimentali, nè compie alcuno sforzo per farle rientrare nel gran quadro che egli ci presenta dell'Universo. Opera di rigorosa sintesi, *Il posto dell'Uomo nell'Universo* potrebbe esser sottoscritto dal più difficile positivista, astrazion facendo delle conseguenze ultime alle quali l'autore arriva. E nel modo stesso con cui l'autore, in fine del volume, formula queste sue conclusioni, si scorge ancora l'onestà dello scienziato, il quale non dà la propria interpretazione dei fatti come una cosa indiscussa, ma la enuncia accanto all'interpretazione diametralmente opposta. Egli crede

fermamente che l'uomo sia un fatto unico in tutto l'Universo, e vede in ciò una mente sovrana, coordinatrice di tutto il mondo dei fenomeni, diretti a quest'unico supremo scopo: la manifestazione dell'uomo sulla terra; però riconosce lealmente che, anche ammettendo tutto il ragionamento svolto nel volume, anche ammettendo che nessun altro corpo gravitante nello spazio posseda un'umanità, perchè nessuno ne esiste sul quale si possono trovare riunite tutte le condizioni biologiche identiche a quelle che coesistono sulla terra, ciò non obbliga alla fede in una mente direttiva e finalistica, poichè non v'è alcuna ragione che si opponga alla opinione che il caso della terra non rappresenti che uno dei milioni di casi possibili in tutto l'Universo.

Ma vediamo come procede il ragionamento del Wallace, per arrivare alla conclusione che il sistema solare sia il più favorito in tutto l'Universo, e che la terra sia il solo pianeta del sistema stesso ove si trovano riunite tali eccezionali condizioni cosmo-biologiche, soltanto per mezzo delle quali la manifestazione del fenomeno umano è possibile.

L'autore muove dai dati astronomici, dimostrando come l'Universo stellare formi un'immenso sistema unico, limitato all'esterno, dove esso confina con lo spazio infinito che lo circonda, dal gran cerchio della Via Lattea. Naturalmente questa concezione dell'Universo visibile è fondata, oltre che sulle osservazioni astronomiche dirette, le quali tendono tutte a tale conclusione, anche sulla probabilità che il numero delle stelle non sia infini-

to, come volgarmente si crede. Le prove indirette che il Wallace riunisce in questo libro su tale argomento sono veramente schiaccianti, e il suo ragionamento assume una chiarezza meravigliosa, anche quando muove da calcoli matematici. In uno spazio infinito, sul quale non discute, egli colloca adunque un numero finito di stelle, disposte in modo da formare un aggregato schiacciato ai poli, presso a poco come qualsiasi corpo gravitante nello spazio, e il cui equatore è rappresentato dalla Via Lattea, ove più si addensano i corpi celesti. In questo immenso aggregato il sistema solare deve trovarsi sul piano equatoriale, non solo, ma anche vicinissimo se non addirittura al centro. Le prove astronomiche dirette che il Wallace adduce, se non sicure, rendono molto probabile tale ipotesi; lo stesso si dica per ciò che riguarda, dentro i confini del sistema solare, i caratteri fisici della terra, la meravigliosa, combinazione dei quali si trova soltanto sul nostro pianeta: distanza dal sole, massa, inclinazione dell'asse sull'eclittica, distribuzione dei mari, composizione dell'atmosfera, cose tutte che generano quel ritmo di condizioni biologiche, quell'alternarsi di stagioni, quella sapiente distribuzione e circolazione del calore e dell'umidità, che permettono le manifestazioni superiori della vita a noi note. Il Wallace non crede che la coesistenza precisa di tutte queste fortunate condizioni possa verificarsi ancora una volta in qualche altro corpo gravitante nello spazio, e quindi che non si possa ammettere come possibile la manifestazione di una for-

ma di vita superiore in qualsiasi altra regione dell'Universo.

Il ragionamento del Wallace si allarga in tutti i campi delle scienze naturali, e abbraccia una quantità di argomenti secondari, di varia importanza, che il lettore potrà facilmente seguire e più o meno apprezzare. Il concetto fondamentale, riassunto nelle poche linee che precedono, basterà però a dare sin da ora un'idea dell'ipotesi, che si presenta sotto una veste strettamente scientifica, ma che indubbiamente contiene un grave errore, proveniente dalle tendenze personali del suo autore.

Già l'andamento di tutta l'opera mostra la debolezza del filo logico che conduce il ragionamento. Quando il Wallace comincia a parlare delle condizioni biologiche coesistenti sulla terra, adotta un modo di esprimersi che rivela una credenza nella finalità della natura, credenza che, verso la fine del volume, egli dichiara come non strettamente necessaria. Il Wallace giudica *meravigliosi* e *precisi* gli adattamenti delle condizioni fisiche, meteorologiche, etc. che permettono il completo sviluppo della vita, ed in ciò si trova addirittura agli antipodi del Darwin, il quale avrebbe invece detto che è la vita che si è *adattata* alle condizioni cosmiche, qualunque esse siano o abbiano potuto essere. La debolezza del ragionamento del Wallace appare più evidente ancora quando egli parla della impossibilità in cui si troverebbe il protoplasma di funzionare, se la terra si trovasse a una diversa distanza dal sole, e ricevesse quindi una diversa quantità di calore. Egli non riflette che questa sostanza

organica si è sviluppata per l'appunto a tale distanza, e che la supposizione più ovvia è che a una distanza diversa si sarebbe avuto probabilmente qualche altra cosa, di differente costituzione, di cui non abbiamo nè possiamo avere alcuna idea, fors'anche qualcosa di analogo al protoplasma, o qualcosa del tutto diversa, ma sempre perfettamente adatta alla data quantità di calore solare. Che diritto abbiamo noi di asserire che, a una maggiore o minore distanza solare, la manifestazione della vita non sarebbe possibile, o non sarebbe possibile l'evoluzione verso quelle forme che noi, molto soggettivamente, chiamiamo superiori o anche perfette? Questa obiezione si è certo presentata alla mente del Wallace, il quale, a pag. 297, asserisce: «Lo sviluppo della vita avrebbe presumibilmente preso un andamento diverso, da quello presente», data, per esempio, una diversa obliquità dell'asse terrestre. Il principio di causalità riprende così prepotentemente tutto il suo impero nella mente stessa del Wallace, e assume la forma di un'auto-obbiezione, del quale l'autore non si avvede, o che dimentica facilmente in tutto il corso dell'opera.

\*

\* \*

Ma il ragionamento del Wallace si presenta con una grande parvenza di verità, appunto per il fatto che egli non manca di ammettere tutta l'importanza del principio di causalità per ciò che riguarda la terra, gli esseri viventi e l'uomo in particolare; ma egli trascura del tutto

tale principio per altre possibili manifestazioni di vita a noi sconosciute. Quando egli afferma che in nessun altro pianeta dell'Universo possono trovarsi *contemporaneamente* tutte le condizioni che esistono sul nostro pianeta, a cominciare da una determinata quantità di radiazioni stellari a noi quasi ignote, per finire alla distribuzione dei mari sulla terra e del pulviscolo nell'atmosfera, ha verosimilmente ragione. Per il solo fatto che qualsiasi altro corpo si trova in un altro punto dell'Universo, le sue condizioni cosmiche e biologiche non possono essere *identiche* a quelle che esistono sul globo. Così anche quando afferma che l'uomo è, di conseguenza, un fenomeno unico, che non può verificarsi in alcun altro posto dello spazio, perchè strettamente legato alle condizioni biologiche che soltanto sulla terra coesistono. Ma l'errore del Wallace comincia quando egli asserisce che non è possibile, altrove, lo sviluppo completo di una forma di vita.

Conosciamo noi, forse, *tutte* le possibilità della vita? Possiamo invece dire che le sconosciamo tutte, meno una, quella che si verifica sulla terra. Perchè negare tali possibilità o perchè affermarle? Quale diritto ne abbiamo noi? E come potremo asserire, come fa il Wallace, che l'uomo abbia raggiunto l'apice della vita intellettuale, quando noi riconosciamo che la nostra mente è incapace di rappresentarsi molte cose che inutilmente l'affa-

ticano, per esempio l'infinito, il pensiero del quale sembra al Wallace stesso una pazzia?<sup>8</sup>

All'ipotesi del Wallace si potrebbe opporre qualsiasi altra ipotesi, senza aver prove contro di essa, per quanto assurda potesse sembrare. Se noi dicessimo che altrove, in una terra lontana navigante nella profondità dei cieli, date certe condizioni, è possibile una manifestazione organica nella quale le due principali funzioni della vita vegetativa siano rovesciate, in modo che l'organismo possa vivere in uno spazio privo di atmosfera, avendo delle *ore stabilite* per la respirazione, così come noi abbiamo delle ore per i pasti, mentre la nutrizione si compie automaticamente e continuamente, appunto come avviene la respirazione negli organismi terrestri, faremmo certo sorridere. Sarebbe questo un bel tema per una fantasia semi-scientifica alla Wells e non altro; eppure questa fantastica concezione di una vita diversa fa chiaramente intendere come noi non possiamo limitare le possibilità della vita alla forma speciale che essa ha assunto sulla terra.

In generale si ha il torto, e il Wallace non si sottrae al comune equivoco, di credere che meriti il nome di vita soltanto quella che noi conosciamo sulla terra. Ciò proviene dal fatto che, mancandoci qualunque cognizione in proposito, noi non sappiamo immaginarne altra. Nello stesso esempio fantastico che abbiamo poco fa addotto, abbiamo scambiato tra di loro due funzioni generali

---

<sup>8</sup> Vedi a pag. 429 di questo volume.

degli organismi terrestri, ma non abbiamo saputo trovarne alcuna nuova. Se sfogliamo tutti gli autori che hanno esercitato la loro fantasia nel descriverci gli abitanti di altri mondi, ci accorgeremo subito che essi non hanno fatto altro che creare dei mostri terrestri o addirittura umani. Per questo gli abitanti di Marte sono tutti testa, per quell'altro gli abitanti di Saturno hanno le ali e quelli di Giove, quantunque possedenti una mentalità analoga a quella dell'uomo, vivono di una vita acquatica, come i nostri pesci. I fenomeni ipnotici, quelli di doppia coscienza, quelli cosiddetti spiritici non riescono a rappresentarci altrimenti la vita: gli abitanti di Marte veduti e descritti dalla signorina Smith, la cui storia ci è stata raccontata dal Flournoy,<sup>9</sup> sono dei piccoli uomini d'animo eccessivamente gentile; le materializzazioni che avvengono per mezzo dei *mediums* sono delle brutte e sciocche contraffazioni antropomorfe, insomma non pare che l'uomo possa concepire una vita con caratteri diversi da quella terrestre. Però, ripetiamo, ciò non ci autorizza a negare la sua possibilità, come non ci autorizza certo ad asserirla. Ma appunto perchè riconosciamo che tale asserzione non è possibile, non possiamo nemmeno ammettere la negazione wallaciana.

Tanto più che a noi sembra che l'ipotesi del nostro autore, la quale fece tanto chiasso al suo primo apparire, perchè sembrò nuova e nello stesso tempo rigorosamente scientifica, non sia in fondo che la resurrezione, sotto

---

<sup>9</sup> Flournoy. *Dalle Indie al pianeta Marte*.

diverse parvenze, del vecchio errore geocentrico e antropocentrico, con la variante che a un punto geometrico centrale è sostituita una vasta regione centrale, la quale, per quanto ammissibile nel suo significato materiale, assume nell'opera del Wallace un significato finalistico che ripugna alla logica. Il credere che non sia inverosimile, come asserisce il Wallace, che l'Universo intero sia stato creato con lo scopo preciso di permettere lo sviluppo dell'uomo sulla terra, o anche, seguendo la seconda spiegazione che l'autore suggerisce, che esso abbia avuto come risultato occasionale ma necessario lo sviluppo di una forma superiore di vita soltanto sulla terra, ci sembra un'asserzione gratuita, priva di qualsiasi scientifico valore.

Ma adunque, dirà il lettore, è un libro falso quello che voi ci presentate, un libro che contiene un errore scientifico imperdonabile? La domanda è legittima, poichè sarebbe veramente strano offrire al pubblico italiano un libro che si giudichi privo di ogni valore. Ma il lettore si rassicuri: quest'opera contiene una verità indiscutibile, scientificamente dimostrata, questa: che *l'uomo*, come tale, non può esistere su alcun altro pianeta del sistema solare o di qualsiasi altro sole, e il valore del sapiente scritto consiste appunto in ciò: che esso riunisce tutte le prove possibili contro l'ipotesi di un'*umanità* extraterrestre. È questo quindi un libro che può metter fine a molte fantasie e a molte ipotesi assurde, mentre contribuisce nello stesso tempo a diffondere e a volgarizzare una

quantità di cognizioni, delle quali il grande pubblico ignora financo l'esistenza.

L'equivoco in cui cade il Wallace è quello di giudicare la manifestazione della vita sulla terra come la sola possibile, e l'uomo come l'essere più elevato nella scala degli organismi. Come abbiamo visto, tale equivoco è dovuto al temperamento e alle tendenze personali dell'autore, ma il lettore potrà facilmente discernere queste tendenze dal resto, che rappresenta uno studio scientifico dei più coscienziosi e dei più sintetici.

V'è insomma in questo libro una grande verità, questo è fuor di dubbio, ma *probabilmente* vi è anche un grande errore, rappresentato dall'immenso orgoglio umano, il quale giudica ancora, come quattro o cinquemila anni fa, che nulla esista di più perfetto di questo piccolo parassita terrestre, anzi che non possa esistere nulla di semplicemente *diverso*, più o meno simile, in tutta la creazione. Abbiamo detto *probabilmente*, appunto perchè non crediamo di poter asserire che ciò sia un errore. Anche qui si tratta di una questione di temperamento e di tendenze, e l'asserzione nostra sarebbe altrettanto gratuita di quella diametralmente opposta che enuncia il Wallace.

In tale materia, adunque, qualsiasi ipotesi resta al di fuori del campo scientifico. Ma quella del nostro autore, limitata soltanto alla manifestazione della vita nella forma che noi conosciamo sulla terra, ci appare non solo infinitamente probabile, ma rispondente addirittura a verità scientifica. Per questo giudichiamo il libro del Wal-

lace degno dell'attenzione di qualsiasi persona colta, malgrado le critiche, in parte giustificate, che ha sollevato da ogni parte, critiche dovute più che altro all'equivoco al quale abbiamo accennato.

*Palermo, febbraio 1906.*

GIACOMO LO FORTE.

## PREFAZIONE DELL'AUTORE

*Quest'opera è stata scritta in seguito al grande interesse suscitato da un mio articolo, portante lo stesso titolo, pubblicato contemporaneamente nella Fortnightly Review e nel New York Independent. Due amici, i quali avevano letto il manoscritto dell'articolo, ebbero a manifestare l'avviso che un volume nel quale la mia tesi fosse dimostrata più completamente, fosse opportuno, e l'effetto ottenuto dalla pubblicazione dell'articolo suddetto confermò tale opinione.*

*Io mi occupavo in quel tempo di uno studio su questo stesso soggetto, e compilavo quattro nuovi capitoli di astronomia per una nuova edizione del Wonderful Century. Constatasi allora che quasi tutti gli scrittori di astronomia generale, da sir John Herschel al prof. Simon Newcomb e a sir Norman Lockyer, hanno stabilito come indiscutibile il fatto che il nostro sole si trova nel piano dell'immenso cerchio della Via Lattea, non solo, ma anche vicinissimo al centro di tale cerchio. Più recenti ricerche hanno inoltre dimostrato che non vi è al-*

*cuna prova, per piccola che sia, che esistano delle stelle o delle nebulose oltre la Via Lattea, la quale sembra sia il limite – in quella direzione – dell'Universo stellare.*

*Considerando poi la terra e gli altri pianeti del sistema solare, mi accorsi che le più recenti indagini conducono alla conclusione che nessun altro pianeta può essere sede di vita organica, eccezione fatta – forse – di qualche tipo molto basso. Per alcuni anni ho dedicato uno speciale studio al computo del tempo geologico, ai climi temperati e alle altre condizioni generalmente uniformi che sono prevalse durante le varie epoche geologiche, e, considerando il numero delle cause concorrenti e il delicato equilibrio delle condizioni richieste per mantenere l'uniformità, sono giunto alla convinzione che la possibilità o la probabilità che ogni altro pianeta sia inabitato è eccessivamente grande.*

*Avendo studiato a lungo molte opere che trattano la questione della supposta pluralità dei mondi, mi sono del tutto convinto che questo soggetto è stato trattato molto superficialmente, anche da parte di scrittori valorosi, la qualcosa mi indusse volentieri a trattare l'interessante argomento, sia dal punto di vista astronomico, che da quello fisico e biologico, seguendo un metodo che esponga tanto ciò che è scientificamente provato, quanto ciò che scientificamente è lecito supporre.*

*Il presente volume è il risultato di tal proponimento, ed io oso pensare che quelli che lo leggeranno riconosceranno che questo libro doveva essere scritto. Esso è fondato esclusivamente sul meraviglioso insieme dei*

*fatti provati e delle conclusioni cui è venuta la nuova astronomia, e su quelli che ci annunziano i moderni fisici, chimici e biologi. La novità del libro consiste soltanto nell'esporre la sintesi di questi diversi rami della scienza, mostrandone la complessa unità e l'importanza per un problema unico, problema che è di immenso interesse per noi.*

*Questo problema, sia che si tenga conto o no dei diversi risultati della scienza moderna, permette l'ipotesi che la nostra terra sia l'unico pianeta abitato, non soltanto nel sistema solare, ma anche in tutto l'Universo stellare. Certo, questo è un punto sul quale una dimostrazione assoluta, in un senso o nell'altro, non è possibile; ma, in mancanza di prove dirette, è logico affidarsi alle probabilità, probabilità che non devono esser determinate dai nostri preconceppi per una particolare opinione, ma da un assoluto, imparziale e spregiudicato esame della conclusione cui tendono tutti gli indizî.*

*Siccome il libro è stato scritto per una maggioranza di lettori, certamente colti, i quali però non possono avere dimestichezza con tutti gli aspetti dell'argomento e col meraviglioso progresso delle conoscenze moderne nel campo che spesso è designato come nuova astronomia, ho fatto un'esposizione compendiosa e volgarizzatrice delle diverse branche che hanno relazione con lo speciale argomento che qui è discusso. Questa prima parte dell'opera occupa i primi sei capitoli. Quei lettori che conoscono la letteratura astronomica moderna, come è esposta nelle opere di volgarizzazione, potranno*

*incominciare la lettura dal settimo capitolo, nel quale comincia l'esposizione del numero considerevole di fatti e di argomenti che mi è stato possibile addurre.*

*A quelli tra i miei lettori che sono stati impressionati dalle critiche avverse alle mie vedute, esposte nel summentovato articolo, io potrei ancora dire che, nel corso di tutto questo lavoro, nè i fatti, nè le più ovvie conseguenze di essi sono presentati con la mia sola autorità, ma sempre con quella dei migliori astronomi, matematici ed altri uomini di scienza, dalle cui opere ho attinto, e i cui nomi, con esatte referenze, ho generalmente citato.*

*Io credo di aver riassunto sinteticamente i diversi fatti e i fenomeni che altri hanno raccolto, di aver tratto delle ipotesi da quello che altri hanno indagato per proprio conto, di aver dato i risultati di ciò che si riferisce a punti indiscutibilmente evidenti, di aver giudicato tra opinioni e teorie discordi, e finalmente di aver messo assieme i risultati dei diversi rami della scienza, mostrando quali relazioni essi abbiano col grande problema, che qui ho cercato di delucidare con accurato esame.*

*E poichè una larga massa di fatti e di argomenti, appartenenti alle più diverse scienze, è stata qui accumulata, ho dato anche un riassunto completo degli argomenti, stabilendo le mie conclusioni in sei brevi postulati. Quindi ho brevemente discusso il doppio aspetto del vasto problema – materialista e spiritualista – concludendo con alcune osservazioni generali sui più diffi-*

*cili problemi suggeriti dall'idea dell'infinito, problemi che la maggior parte dei miei critici credono che io abbia tenuto in maggior conto, mentre io posso qui dimostrare che le quistioni che io ho discusso, ed equamente sotto ogni aspetto, rappresentano le manifestazioni più alte dell'umano intelletto.*

BROADSTONE, DORSET. — *Settembre 1903.*

«The wilder'd mind is tost and lost,  
O sea, in thy eternal tide;  
The reeling brain essays in vain,  
O stars, to grasp the vastness wide!  
The terrible tremendoos scheme  
That glimmers in each glancing light,  
O night, O stars, too rudely jars  
The finite with the infinite!»<sup>10</sup>

J. H. DELL.

---

10 *O mare, il rozzo pensiero si perde nella tua profondità! O stelle, il cervello vacillante tenta invano di vagare per lo spazio immenso! O notte, o stelle, il terribile tremendo disegno che brilla in ogni pallida luce, troppo aspramente dissona tra il finito e l'infinito!*

«Who is man, and what his place?  
Anxious asks the eart, perplext  
In this recklessness of space,  
Worlds with worlds thus intermixt:  
What has he, this atome creature,  
In the infinitude of Nature?»<sup>11</sup>

F. T. PALGRAVE

---

<sup>11</sup> *Che cosa è l'uomo, e quale è il suo posto? Questo ansiosamente domanda l'anima, perplessa nella immensità dello spazio, dove i mondi si confondono. Che cosa è nell'infinita Natura quest'atomo vivente?*

# CAPITOLO I.

## L'UOMO E L'UNIVERSO

### (IDEE ANTICHE)

Quando l'intelligenza dell'uomo raggiunse un sufficiente sviluppo per intendere la propria natura e quella del globo sul quale vive, non potè non sentirsi profondamente attratta dallo spettacolo grandioso del cielo stellato e dal luminoso scintillio delle stelle, quali Sirio e Vega, dalla luce più estesa e più ferma di Venere e di Giove, dai singolari aggruppamenti degli astri in costellazioni, i cui nomi fantastici, indicanti la loro somiglianza con animali o con oggetti terrestri, sono loro bene appropriati e perciò furono generalmente adottati, insieme con quelli delle stelle, apparentemente innumerevoli, sparse nel firmamento, le quali più sono lontane e più perdono del loro splendore. Ma molte di queste stelle sono visibili soltanto nelle notti limpide, e per coloro che hanno la vista acuta formano un insieme di tanta grandiosa bellezza, che sembra impossibile il potersene fare un'idea concreta ed esatta. È perciò che esse aprono

un campo sterminato all'immaginazione dell'osservatore.

La relazione delle stelle col sole e con la luna nel loro rispettivo movimento, fu uno dei primi problemi dell'astronomia, e fu risoluto soltanto dopo accurate e continue osservazioni, le quali dimostrarono come la invisibilità di quelle durante il giorno fosse assolutamente dovuta allo splendore della luce del sole. Si dice che ciò fu dimostrato in un'epoca lontana, per l'osservazione fatta che nel fondo di un pozzo profondissimo si possano veder le stelle anche quando il sole illumina il firmamento, e per l'altra che, durante un'eclissi totale di sole, le stelle brillano. Il fatto, messo in relazione con la posizione fissa della stella polare e col corso di quelle circumpolari, stelle le quali mai si vedono alla latitudine della Grecia, dell'Egitto e della Caldea, rese possibile l'ipotesi la quale suppose che la terra fosse sospesa nello spazio e che, ad un'ignota distanza da essa, una sfera cristallina ruotasse sopra un asse indicato dalla stella polare, portando seco l'intera legione dei corpi celesti. Tale era la teoria di Anassimandro (510 a. C.) ed essa fu il punto di partenza delle teorie più ampie e più complete che si seguirono, assumendo nuove forme e modificandosi fino al secolo decimosesto.

Si crede che le prime nozioni astronomiche possedute dai Greci siano state loro fornite dai Caldei, che sembra furono i primi sistematici osservatori dei corpi celesti mediante strumenti. Si dice pure che essi furono anche primi a scoprire il ciclo di diciotto anni e dieci giorni,

dopo il quale il sole e la luna ritornano nella medesima relativa posizione rispetto alla terra. Forse gli Egiziani attinsero le loro cognizioni alla stessa fonte, ma nulla ci prova che siano stati profondi osservatori, e la meravigliosa orientazione, le proporzioni e gli angoli della grande piramide e i suoi passaggi interni, furono forse disegnati da qualche architetto caldeo.

La prova evidente che la terra ripete la sua vita dal sole, dal quale riceve luce e calore, spiega assai chiaramente l'origine della credenza che l'una non sia che una dipendenza dell'altro. Ma poichè la luna illumina con le stelle – chè pur da esse emana una certa quantità di luce – le notti serene delle regioni orientali, dove il clima è più asciutto e l'atmosfera più limpida; paragonandone la bellezza tranquilla con le tenebre profonde delle notti nuvolose, o quando la luna non appare sull'orizzonte, parve sicuro che l'insieme di tutti quei corpi luminosi: sole, luna, stelle e pianeti, non fosse che una dipendenza del sistema terrestre, e che esistesse solamente per beneficiare gli abitanti del nostro globo.

Si dice che Empedocle (444 a. C.), per il primo abbia distinto i pianeti dalle stelle fisse, osservando i loro particolari movimenti, e che Pitagora ed i suoi seguaci abbiano determinato in modo preciso l'ordine della loro disposizione, da Mercurio a Saturno. Ma nulla fu fatto per spiegarne i movimenti fino al secolo scorso. Eudossio di Cnido, contemporaneo di Platone e d'Aristotele, il quale dimorò per qualche tempo in Egitto, dove divenne dotto astronomo, fu il primo ad immaginare un metodo siste-

matico atto a spiegare i movimenti molteplici dei corpi celesti con la teoria del movimento uniforme e circolare intorno alla terra, presa come centro, per mezzo di una serie di sfere concentriche, ognuna rotante con differente velocità intorno ad un asse suo proprio, e tutte insieme moventisi intorno all'asse polare. Alla luna, per esempio, furono attribuite tre sfere; la prima con l'asse perpendicolare all'equatore, che ne spiegava il moto diurno, cioè il sorgere e il tramontare; la seconda con l'asse perpendicolare all'ecclittica, con la quale si spiegavano le fasi mensili; la terza con l'asse alquanto inclinato all'ecclittica, con la quale si spiegava l'inclinazione dell'orbita lunare rispetto alla stessa ecclittica.

Nel medesimo modo, ciascuno dei cinque pianeti doveva avere quattro sfere, due con lo stesso movimento che era attribuito alle due prime della luna, un'altra moventesi nell'ecclittica, e alla quale era attribuito il movimento retrogrado dei pianeti, e finalmente una quarta, con l'asse obliquo all'ecclittica, che era necessaria a spiegare il movimento divergente, dovuto alla differente obliquità dell'orbita di ciascun pianeta rispetto a quella terrestre.

Tale era il celebrato sistema tolemaico nella sua forma più semplice, che spiegava con grande chiarezza i movimenti più palesi dei corpi celesti. Ma nel corso dei tempi i Greci e gli Arabi, facendo più accurate osservazioni astronomiche, scoprirono piccole divergenze dovute ai diversi gradi di eccentricità delle orbite della luna e dei pianeti, e le differenti velocità di moto, conse-

guenza di quelli. A spiegare queste differenze furono aggiunti altri piccoli cerchi roteanti eccentricamente, i quali arrivarono al numero di circa sessanta, tra sfere, epicicli ed eccentriche, tutti necessari e per rendersi ragione dei varî movimenti osservati con quei primitivi ed imperfetti strumenti, e della velocità di essi, determinata dai grossolani cerchi equatoriali che si conoscevano in quelle remote età. E benchè qualche filosofo, in epoche differenti, respingesse questo complicato sistema, tentando di promulgare idee più vere, il tentativo non ebbe influenza sull'opinione pubblica, e nemmeno fra gli astronomi ed i matematici, ed il sistema tolemaico signoreggiò fino al tempo di Copernico, e non fu abbandonato finchè le leggi di Kepler ed i dialoghi di Galileo non costrinsero le menti ad adottare più semplici e intelligenti teorie.

Ora che siamo abituati a veder chiaro nei fatti più salienti dell'astronomia ed a riguardarli come nozioni elementari, ben difficile è per noi rappresentarci lo stato di quasi completa ignoranza che avvolgeva le nazioni più incivilite dell'Antichità e del Medio Evo. Nondimeno la sfericità della terra fu da qualcuno intravista fino dai primi tempi, e meglio stabilita e diffusa negli ultimi tempi classici.

La prima idea manifestata intorno alla grandezza del nostro globo nacque subito dopo che le osservazioni fatte per mezzo di strumenti cominciarono ad esser più esatte, e la distanza e la grandezza della luna furono misurate con sufficiente accuratezza; il risultato fu quello

di dimostrarci che essa è più piccola della terra. Ma questo segnò il limite delle determinazioni delle grandezze e delle distanze astronomiche, finchè non fu inventato il telescopio. Della vera grandezza del sole, come della sua distanza da noi, non si ebbe per lungo tempo cognizione alcuna; solo fu ritenuto che esso fosse molto più grande e più lontano della luna. Nel secolo che precedette il principio dell'era cristiana, Posidonio determinò la circonferenza terrestre, che disse raggiungere 240000 stadi, cioè circa 28600 miglia. È cosa meravigliosa che egli abbia potuto tanto approssimarsi al vero, se si consideri l'imperfezione dei dati dei quali poteva disporre. Vuolsi anche che egli calcolasse la distanza del sole, che valutò solamente un terzo meno di quello che è in realtà, ma questa deve essere stata una fortunata combinazione, perchè egli non aveva modo di misurare gli angoli con approssimazione minore di un grado, mentre per determinare la distanza del sole occorrono strumenti che misurino con l'approssimazione di un secondo.

Prima che si fosse inventato il telescopio, la grandezza dei pianeti era affatto sconosciuta, ed il più che si potesse accertare intorno alle stelle, fu che esse erano poste ad una grande distanza fra loro; e poichè questo fu tutto quanto gli antichi seppero della dimensione e della forma dell'Universo visibile, del quale – non devesi dimenticare – la terra fu creduta essere il centro, non bisogna meravigliarsi della quasi universale credenza che l'Universo esistesse solamente per la terra e per i suoi abitanti. Nell'epoca classica fu creduto che il cielo fosse

la dimora degli dèi, donde questi spargessero sugli uomini i loro doni e le loro grazie; e se l'era cristiana rovesciò queste credenze come insulse e infondate, in ambedue le dette età sarebbe stata ritenuta come empia cosa il manifestare l'idea che le stelle e i pianeti non fossero stati creati solamente per deliziare l'umanità, ma che potevano forse essere anch'essi abitati, e che l'intelletto degli esseri che li popolavano poteva essere anche superiore a quello dell'uomo. Durante l'intero periodo del quale ci siamo occupati, nessuno fu tanto ardito da affermare che esistessero altri mondi abitati come il nostro, nè da dubitare che quello sul quale viviamo non fosse il vero centro dell'Universo che lo circonda, esistente solo per noi; così che le scoperte di Copernico, Tycho-Brahé, Kepler e Galileo suscitarono immensa opposizione, perchè vennero ritenute empie e incredibili. Sembrò quasi che le nuove idee capovolgessero tutto l'ordine della natura, fino allora accettato per vero, e degradassero l'uomo da un lato, perchè lo toglievano dal suo posto, e la terra dall'altro, perchè la spostavano dalla posizione centrale che fino allora aveva occupato.

## **CAPITOLO II.**

# **L'UOMO E L'UNIVERSO**

### **(IDEE MODERNE)**

Le credenze circa la subordinata posizione del sole, delle stelle, della luna rispetto a quella della terra, quasi universali fino a Copernico, cominciarono a cadere quando le scoperte di Kepler e le rivelazioni del telescopio dimostrarono che il nostro pianeta non si distingue dagli altri per una maggiore grandezza. Allora nacque l'idea che anche gli altri pianeti fossero abitati, ed il telescopio, divenendo sempre più perfetto e potente, come tutti gli altri strumenti astronomici, fece conoscere le meraviglie del sistema solare ed il numero sempre crescente delle stelle fisse. L'ipotesi che esistessero altri mondi abitati si divulgò e divenne universale, come era stata quella delle età passate, che negava tale probabilità e che vige ancora, benchè modificata.

Ma si può veramente asserire che quest'ultima, come la prima, siano fondate più sull'idea religiosa, che sopra un esame accurato e scientifico del complesso dei fatti

fisici, astronomici e biologici; e si può convenire, col compianto dottor Whewell, che «la credenza che gli altri pianeti siano abitati, non si basò mai sopra ragioni fisiche, ma impugnandole». Il Whewell aggiunge: «Fu detto che Venere ed anche Saturno siano abitati, non perchè ciò fosse supponibile e probabile, nè perchè la loro struttura si adattasse alla vita animale, ma perchè la grandezza, la bontà, la saggezza del creatore e tutti gli altri suoi attributi, sarebbero stati manifestamente imperfetti, se sulla superficie di quei corpi non avesse messo creature viventi.»

Coloro che sanno solamente che molti eminenti astronomi, ormai posti in oblio, sostennero la loro convinzione della *pluralità dei mondi*, crederanno, e con ragione, che essi abbiano posseduto molti dati in favore della loro ipotesi, e che la abbiano formulato con un accumularsi di fatti concludenti. Perciò saranno assai sorpresi nel sapere che mancava del tutto a quegli astronomi qualsiasi diretta evidenza che appoggiasse questa teoria, e che la maggior parte degli argomenti da loro invocati sono deboli e di poco valore.

Ben è vero che qualche scrittore si avventurò a far rilevare quante difficoltà si oppongono a queste asserzioni, ma forse neppur questi esaminò mai la questione sotto i diversi punti di vista essenzialmente necessari per ben considerarla; ma, oggi, per sostenere l'ipotesi, sarebbe sufficiente il dimostrare che qualche pianeta possiede tutte le condizioni necessarie per la vita animale.

Nei tanti milioni di sistemi planetari che si suppone esistano, parrà cosa incredibile che solamente pochi possano essere abitati. In questo mio libro mi propongo di dimostrare che le probabilità e l'evidenza tendono tutte ad una conclusione assolutamente opposta, e sarà perciò necessario di dare uno sguardo alle opere dei varî scienziati che hanno scritto sopra questo soggetto, ed accennare agli argomenti che hanno usato ed ai fatti che hanno dimostrato. Tra i primi fautori di questa teoria devo rammentare il dottor Whewell, che nel suo *Dialogo sulla pluralità dei mondi*, supplemento alla sua diffusa e conosciuta opera sopra questo soggetto, riferisce le opinioni di tutti i più importanti scrittori da lui conosciuti.

I primi sono i grandi astronomi Kepler e Huygens e il dotto vescovo Wilkins. Essi credettero che la luna fosse, con tutta probabilità, abitata, e Whewell considera Wilkins come il più tenace nel sostenere questa opinione. Anche Isacco Newton stesso, in un'epoca a noi più vicina, arguì che il sole fosse probabilmente abitato. Il primo trattato regolare intorno a questo soggetto sembra essere stato scritto da Fontenelle, segretario dell'Accademia Scientifica di Parigi, che nel 1686 pubblicò i suoi *Dialoghi sulla pluralità dei mondi*. Questo libro è diviso in cinque capitoli: il primo spiega la teoria di Copernico, il secondo sostiene che la luna è un mondo abitabile; il terzo descrive la luna nei suoi particolari ed arguisce che gli altri pianeti devono essere anch'essi abitati; il quarto parla della materia dei cinque pianeti; il quinto final-

mente dichiara che le stelle fisse sono soli e che ciascuna di esse illumina un mondo. Quest'opera è scritta tanto bene ed il soggetto ne è tanto attraente, che fu tradotta nelle principali lingue d'Europa, e l'astronomo Lalande ne curò un'edizione in francese. In inglese ne furono pubblicate tre traduzioni, e di una di queste furono fatte sei edizioni nello spazio di cinquantun anno, cioè fino al 1737. L'influenza esercitata da questo lavoro fu grandissima, e nessuno dubitò delle teorie appoggiate da uomini quali erano Guglielmo Herschel, Giovanni Herschel, il dottor Chalmers, il dottor Dick, il dottor Isacco Taylor ed Arago, benchè tali teorie fossero fondate sopra semplici supposizioni, senza essere confortate da alcuna evidenza.

Tale era lo stato della pubblica opinione, quando nel 1853 comparve un'opera d'incognito scrittore, che portava il titolo seducente: *Saggio sulla pluralità dei mondi*. Di ciò aveva già scritto il dottor Whewell, che per il primo arrischiò obiezioni alla teoria generalmente accettata e dimostrò che, secondo ogni evidenza, si doveva concludere che qualcuno dei pianeti non potesse in alcun modo essere abitato, che altri probabilmente non lo erano e che in nessuno si trovano tutte le condizioni indispensabili alla vita degli animali e dell'uomo. Il libro, scritto magistralmente, in cui l'autore dava prova di possedere vaste cognizioni della scienza d'allora, cercava in ogni modo di dimostrare che le sue idee e le sue teorie non erano per niente opposte alla religione. Uno dei suoi migliori argomenti era fondato sulla convinzione che

«l'orbita della terra è la zona temperata del sistema solare», perchè solamente a questa condizione sono possibili le moderate variazioni di caldo e di freddo, di siccità e di umidità, necessarie alla vita animale.

Il Whewell aggiunge altresì che gli altri pianeti del sistema sono quasi esclusivamente composti d'acqua, gas e vapori, come indica il loro basso peso specifico, e che per tal modo non è possibile sulla loro superficie la vita terrestre. Ed anche quelli situati più vicini al sole sono egualmente disadatti, perchè, riscaldati eccessivamente come sono dal sole, l'acqua non può esistere sulla loro superficie. Una grande parte del suo libro è dedicata inoltre a dimostrare che non v'è vita animale nemmeno sulla luna. Prendendo questa evidenza come una prova, l'autore se ne vale come potente argomentazione per appoggiare le sue deduzioni, e se a queste si oppone il fatto che, come la terra è abitata, lo devono essere anche gli altri pianeti, egli risponde: «Noi sappiamo che la luna non è abitata, quantunque abbia tutti i vantaggi della terra per la sua posizione, relativamente al sole; ed allora perchè gli altri pianeti dovrebbero essere abitati?»

Parlando di Marte, ammette che questo pianeta somigli molto alla terra, per quanto ne possiamo giudicare da lontano, e che per conseguenza potrebbe anche essere abitato, o, per esprimerci come l'autore, «può essere ch'esso sia stato giudicato dal creatore degno di essere abitato». Ma non trascura di far notare la piccolezza del pianeta, la sua distanza eccessiva dal sole, di modo che il fondersi annuale dei suoi ghiacci polari fa continuare

l'inverno, anche quando sopravviene l'estate. Se vi sono animali, non possono essere che meno perfetti di quelli del nostro globo, come i *sauriani* e gli *iguanodoni* che abitavano i nostri mari durante l'epoca di Wealden. La sua conclusione è questa: «Se la nostra Terra si preparò a dar vita all'uomo con un lungo processo di tanti milioni di anni, come poter discutere se vi siano esseri intelligenti sul pianeta Marte, prima di esser sicuri che vi sono creature viventi?»

Molti dei primi capitoli sono dedicati a diminuire l'impressione di sgomento, provata da quelle persone religiose che si sentono oppresse dall'immensità dell'Universo rivelataci dall'astronomia moderna e dalla piccolezza relativa della terra ove dimora dell'uomo, piccolezza che ai nostri occhi aumenterebbe smisuratamente, ove siano abitati, non soltanto i pianeti del sistema solare, ma altresì quelli che circondano le miriadi di soli esistenti nell'Universo. E le medesime persone sono anche più inquiete, perchè i medesimi fatti precisi sono menzionati dagli scettici delle diverse scuole, che se ne valgono per impugnare le credenze della cristianità. Qualche scrittore insiste sulla irrazionalità e sull'assurdità della supposizione che il creatore di tutti questi meravigliosi ed innumerevoli sistemi solari, sparsi in uno spazio che diciamo infinito, dovesse *specialmente* interessarsi ad una tanto meschina creatura quale è l'uomo, abitatore d'imperfetto sviluppo di uno dei più piccoli mondi, dipendenti da un sole di secondo ed anche di terzo grado, a un essere che, traverso i periodi storici, ha vis-

suto una vita di guerre sanguinose, di tirannia, di torture, di morte, e che da sè stesso ne ha scritto i sublimi ricordi in libri come la *Hystory of the Jews*, *The Decline and Fall of the Roman Empire*, e *The Martyrdozm of Man*, dove sono dipinte in modo anche più sommario e tremendo, la miseria e la infernale cattiveria dell'uomo. Il suo carattere specialmente è descritto con parole concise, ma espressive, da uno dei più buoni, e più semplici poeti:

Man's inhumanity to man  
Makes countless thousands mourn.<sup>12</sup>

Ad un essere simile Dio avrebbe dunque rivelato i suoi voleri, qualche migliaio di anni fa, e, vedendo che i suoi comandamenti non erano tenuti in conto, per beneficiarlo ancora di più, avrebbe fatto il sacrificio del figlio suo unico, perchè salvasse una piccola parte di questi miserabili peccatori dalle conseguenze delle loro meravigliose follie e dei loro incredibili delitti? E sostengono che questa fede è troppo assurda, perchè possa essere accettata da esseri ragionevoli, e che diventa anche più incredibile e meno razionale, se riteniamo che esistano innumerevoli mondi anch'essi abitati.

Gli uomini religiosi non hanno trovato adeguata risposta ad una simile domanda, e ne è risultato che molti hanno sentito la loro posizione diventare insostenibile, ed in conseguenza è svanita in loro la fede nei dogmi

---

<sup>12</sup> L'inumanità dell'uomo contro l'uomo fa sparger lacrime senza fine.

speciali della cristianità ortodossa e si sono trovati dinanzi ad un dilemma. Se vi sono miriadi di mondi, è incredibile e impossibile che tutti siano stati oggetto di speciali rivelazioni e sacrifici, ma se poi siamo noi i soli esseri intelligenti che esistano nell'Universo materiale, se siamo veramente noi la più sublime creazione dell'Essere infinitamente saggio e potente, non c'è da meravigliarsi ancor di più della grande ed evidente proporzione fra il creatore e la creatura? Ed ecco che molti si sono avviati verso l'ateismo, perchè disperati di poter comprendere come un così meschino risultato sia la sola rivelazione di un infinito potere.

Whewell ci fa sapere che il gran predicatore dottor Chalmers, nei suoi *Discorsi astronomici*, cerca di appianare questa difficoltà, ed a questo scopo dedica molta parte del suo libro, ma, secondo l'opinione del Whewel, non vi riesce. Una delle più gravi ragioni che adduce, è questa: che noi non conosciamo ancora tanta parte dell'Universo da poter arrivare ad una ben definita conclusione sulla quistione sorta, quindi le idee che noi possiamo farci dei disegni del creatore nel formare il vasto sistema che vediamo intorno a noi, non possono essere che errate, perciò ci dobbiamo contentare di rimanere ignoranti e soddisfatti nel pensare che, se il creatore non ci ha ancora permesso d'investigarlo, è di certo per il nostro bene. Ed a coloro che dicono che gli altri mondi possono esser governati da altre leggi che li rendono atti, come il nostro globo, ad essere abitati da esseri intelligenti, risponde che se noi supponessimo altre leggi

di natura, stabilite allo scopo di rendere ogni pianeta abitabile, metteremmo un termine ad ogni razionale indagine su questo soggetto, ed in conseguenza potremmo sostenere e credere che degli esseri animali possano vivere sulla luna senz'aria e senz'acqua, od anche sul sole, sopportando quel calore che fonde la terra e i metalli.

L'argomento che egli adduce come conclusione, e che forse giudica il più stringente, è quello che si appoggia sulla dignità dell'uomo, al quale attribuisce la preminenza sul pianeta che lo ha generato. «Se – egli dice – l'uomo è capace di sentimenti di virtù e di dovere, di amar tutti e di rispettare sè stesso, può essere anche immortale; e se il suo essere è di infinita durata, la sua anima mai muore, quindi possiamo ben dire che un'anima sola vale più di tutta la parte non intelligente della creazione.» E quando, indirizzandosi alle persone religiose, aggiunge che se, come esse credono, Dio ha redento l'uomo sacrificandogli il figliuolo ed ha a lui rivelato le sue volontà, non può sorgere in noi dubbio alcuno che l'uomo sia la creatura più perfetta dell'Universo. Il parlare dell'esaltazione di milioni di creature intelligenti, morali, religiose e spirituali ad un destino così preparato, sviluppato e perfetto, non è lieve compito, e manca spazio e tempo per occuparci della materia.

Segue un capitolo sull'*unità del mondo* ed un altro sul *futuro*, ma nè l'uno nè l'altro contengono cosa alcuna che dia forza all'argomento dell'autore, e così il libro finisce.

La pubblicazione di questo vago, ma assai bello e diffuso lavoro, che si opponeva alle opinioni popolari, provocò l'indignazione e la critica di un uomo che eccelleva in qualche ramo della fisica, David Brewster, ma che era veramente inferiore, tanto nelle generali cognizioni scientifiche come in letteratura, allo scrittore di cui cercava combattere le idee. Il libro che riporta le sue obiezioni è intitolato: *Non uno, ma diversi mondi. – Il credo del filosofo e la speranza del Cristiano*. Benchè scritto con forza e convinzione, molto si appella ai principali pregiudizi religiosi, e sostiene, dal principio alla fine, che ogni pianeta ed ogni stella sono una speciale creazione, ed ogni loro singolarità è stata destinata ad un determinato fine. «Se – dice – la luna fosse stata destinata soltanto ad essere la lampada che rischiara il nostro globo, non vi sarebbe stata certo ragione alcuna di spargere sulla sua superficie alte montagne, vulcani estinti, e coprirli di grandi macchie e di materia diversa, che riflette differentemente la luce, dando alla sua superficie l'apparenza di continenti e di mari. La lampada sarebbe stata certamente migliore, se la luna fosse una massa levigata, per esempio di gesso impastato; quindi è evidente che essa fu fatta per essere abitata.» Da ciò l'autore arguisce che anche tutti gli altri corpi celesti siano abitati, ed aggiunge che quando i dotti trovarono che Venere aveva, presso a poco, la stessa grandezza, della terra, che aveva montagne e vallate, notti, giorni ed anni analoghi ai nostri, sarebbe stato assurdo il credere ancora che non fosse abitata, quando nessun altro scopo razionale poteva

esser attribuito alla sua creazione; mentre il farla, come la terra, sede di vita animale e vegetale, divenne argomento di grande importanza. Fu detto che Giove è così gigantesco da esser necessarie quattro lune per illuminarlo, e per analogia l'idea che fosse abitato divenne anche più incalzante, perchè esso ha l'estensione di *due* pianeti. Per cui, avendo ogni altro successivo pianeta alcuni punti di somiglianza cogli altri, il fatto divenne un argomento addizionale, e poichè noi possiamo renderci ragione che tutti i pianeti posseggono atmosfera, nuvole, nevi artiche e venti, l'argomento per analogia – soggiunge – diviene molto stringente, mentre l'assurdità dell'opposta opinione, cioè che i pianeti siano lune non abitate, atmosfere dove le creature non respirano, venti che non alimentano la vita, diviene un argomento formidabile, al quale poche menti, e forse nessuna, potrebbero resistere».

Come si vede, il lavoro è pieno di fallace retorica; così dopo aver descritto le stelle doppie, l'autore soggiunge: «Ma nessuno può credere che due soli possano esser posti nel cielo senz'altro intendimento che quello di farli roteare intorno al loro comune centro di gravità». E, parlando sempre delle stelle, così termina il capitolo: «Ovunque è materia può esservi vita. Vita fisica per godere delle sue bellezze, vita morale per adorare il creatore, vita intellettuale per riconoscere la saggezza ed il potere di questo. Una casa senza inquilini, una città senza cittadini, suscitano nella nostra mente la stessa idea di un pianeta senza vita, di un Universo senza abitanti; ed

in tal caso, perchè la casa sia stata costruita, la città fondata, il pianeta fatto e l'Universo creato, sarebbe difficile congetturare». Argomenti di questa fatta, che quasi mai risolvono la questione, sono ripetuti sino alla sazietà.

L'autore fa appello anche al Vecchio Testamento, perchè appoggi le sue idee, e riporta i più bei passi dei salmi:

«Quando considero i Tuoi cieli, lavoro delle Tue mani, la luna e le stelle che Tu hai ordinato, che cos'è l'uomo, mi domando, perchè Tu debba ricordarti di lui?» Al che risponde: «Non possiamo dubitare che furono le sue ispirazioni (parla di David) che gli rivelarono la grandezza, la distanza e il perchè delle gloriose sfere che attiravano la sua ammirazione». E dopo avere riportati molti altri versetti dei profeti, dai quali crede ricavare un sostegno alle sue teorie, espone una sua idea straordinaria come argomento probatorio, cioè che i pianeti, o almeno molti di essi, saranno la futura dimora dell'uomo. Egli dice: «La futura esistenza dell'uomo consisterà, come quella presente, in una natura spirituale residente in una spoglia mortale, perciò potrà vivere sopra un pianeta materiale, soggetto a tutte le leggi della materia.» E conclude: «Se non vi è spazio sopra il nostro globo per i milioni e milioni di esseri che hanno vissuto e che sono morti sulla sua superficie, non possiamo dubitare menomamente che la loro futura dimora non debba essere sopra uno dei primari o secondari pianeti del sistema solare, gli abitanti dei quali abbiano cessato di esistere; oppure sopra pianeti che si trovano, da

un lungo periodo, in istato di preparazione, come lo fu la nostra terra per l'avvento della vita intellettuale».

Ci sentiamo sollevare lo spirito quando abbandoniamo simili volgari e deficienti argomenti, e prendiamo in mano opere recenti che trattano diffusamente questa materia, come quella del defunto Riccardo A. Proctor: *Altri mondi oltre il nostro*, od un altro suo volume pubblicato cinque anni fa: *Il nostro posto nell'infinito*. Scritti come sono da uno dei più celebri astronomi contemporanei, che unisce all'acutezza dei suoi ragionamenti la chiarezza dell'esposizione ed una forma elegante, possiamo leggerli con piacere, trovando in essi diletto ed istruzione, anche se non possiamo associarci alle idee che espongono. Nella prima delle opere che abbiamo menzionato, l'autore parla, come David Brewster, della probabilità, accennata antecedentemente, che i pianeti siano abitati, e procede per la medesima via teologica, e tanto è compreso della sua persuasione, che continuamente ritorna al suo dilemma favorito, cioè: che crederà che i pianeti siano abitati fino a che non gli saranno addotte ragioni plausibili per fargli credere il contrario; e provocando così le obiezioni degli scienziati, non si azzarda a provare la propria convinzione, ma solo espone ipotetiche considerazioni sui disegni inscrutabili di Dio allorchè creò i mondi. E prendendo questo come punto di partenza, cerca di dimostrare come le molteplici difficoltà esposte da Whewell possano essere rimosse, facendo appello a fatti fisici e astronomici sui quali ragiona mirabilmente. Venendo poi alla conclusione che Giove,

Saturno, Urano e Nettuno non possono essere abitati, ne adduce coscenziosamente l'evidenza e ne determina il risultato; ma quando afferma invece di credere che i satelliti di Giove e Nettuno possono essere abitati, conclude che, se *possono* esserlo, *devono* anche esserlo. Il più grande sbaglio nel complesso dei suoi argomenti lo commette affermando di esser soddisfatto di potere dimostrare che la vita può esistere altrove, ma non si ferma punto sulla questione se la vita possa essersi altrove sviluppata dai suoi primi rudimenti, producendo i più perfetti vertebrati e l'uomo. Questo, come abbiamo già accennato, è il pernio di tutto il problema.

Circa gli altri pianeti, dopo un accurato esame di tutto ciò che sappiamo intorno ad essi, l'autore arriva a concludere che, se Mercurio è protetto da un'atmosfera umida e nuvolosa di particolare costituzione, può esser anche possibile, ma non probabile, che ivi esista una perfetta vita animale; ma nel caso di Venere e di Marte, nei quali trova tanta somiglianza e tanta analogia con la Terra, afferma che è pressochè indubitabile che ivi si trovi la vita animale all'apice della perfezione.

Per le stelle fisse, che lo spettroscopio ci ha rivelato quali veri soli, molti dei quali somigliano al nostro, e dai quali, come da questo, emanano luce e calore, Proctor dice, che il fatto che le stelle emettono una grande quantità di calore, non solamente conduce alla conclusione che intorno ad esse debbano aggirarsi mondi ai quali tale calore è destinato, ma fa intravedere altresì l'esistenza delle varie forme di forza nelle quali può trasmutarsi

il calore. Noi infatti sappiamo che il calore solare che si riversa sul nostro globo si trasforma in vita animale e vegetale e si manifesta in tutti i fenomeni della natura, cioè in venti, in nuvole, in pioggia, in lampi, in uragani e grandine; che le opere stesse dell'uomo si compiono per virtù del calore solare; perciò, il fatto che le stelle scaldano gli altri corpi che le circondano, fa nascere in noi il pensiero che su questi mondi debba esistere qualche forma di vita animale o vegetale.

Notiamo che, nella prima parte di questo passo, la presenza dei mondi e dei pianeti è «suggestionata», e che nell'ultima si parla dei «mondi che si muovono intorno alle stelle», come di un fatto provato, da cui si possa desumere esistere altra vita animale e vegetale. Una suggestione dipendente da una precedente suggestione non è una base stabile ad una tanto vasta e tanto difficile conclusione.

Nella seconda delle opere su menzionate, vi è un capitolo intitolato: *Una nuova teoria della vita in altri mondi*, in cui l'autore espone le sue più naturali considerazioni sulle questioni che sono riassunte brevemente nella prefazione, dicendo che «la chiara evidenza favorisce la sua teoria della (relativa) scarsezza dei mondi». Le sue considerazioni si fondano quasi esclusivamente sulla teoria della probabilità, sul qual soggetto pare che egli abbia fatto studi speciali. Occupandosi prima di tutto del nostro globo, cerca di dimostrare che il periodo di vita sulla sua superficie è assai corto, a paragone di quello durante il quale il globo lentamente si è formato e

raffreddato, mentre la sua atmosfera condensandosi formava la terra e le acque che lo ricuoprono; e quindi, se consideriamo il tempo che l'uomo lo ha abitato, troviamo che non è che una minima parte, forse neppure la millesima, del periodo durante il quale questo globo ha esistito come pianeta. Aggiunge che, se noi consideriamo quei pianeti la cui fisica condizione ci sembra tale da farli capaci di sostenere la vita, è molto dubbio il grado di sviluppo raggiunto dagli esseri che vi possono esistere; vale a dire che noi ignoriamo, non soltanto se la vita abbia cominciato a svilupparvisi, ma anche se abbia raggiunto un alto grado di perfezione, come sul nostro globo.

Per quel che riguarda le stelle, l'argomento è sempre più difficile, perchè le epoche necessarie alla loro formazione sono assolutamente sconosciute, così come sconosciuti del tutto sono quei sistemi planetari che possono gravitare intorno ad esse. E su ciò vorrei fare osservare che non sappiamo se vi siano delle probabilità, o anche delle possibilità, che questi soli abbiano prodotto pianeti, che, per la loro posizione, grandezza, atmosfera, o altre fisiche condizioni, siano diventati mondi atti alla vita. Se vogliamo spingerci più oltre, vedremo che questo quesito è stato trattato a esuberanza da molti scrittori, non escluso lo stesso Proctor, il quale conchiude che, se anche i mondi che possono essere abitati da esseri somiglianti a quelli della terra, ci sembrano in numero relativamente scarso, ove consideriamo l'Universo come infinito potrebbero anche essere molti.

Era necessario dedicar qualche pagina alle idee di coloro che si occuparono espressamente della pluralità dei mondi, perchè le loro opere furono molto lette e commentate, ed ebbero molta influenza sulle opinioni che si hanno del nostro mondo, tanto più che Proctor, nel suo ultimo lavoro che tratta questo soggetto, parla della teoria come «identificata con la moderna astronomia». Infatti, se ne discute sempre in molte opere di astronomia popolare; però tutte seguono la medesima linea generale d'argomentazione, già riferita, ed il curioso è che, mentre rilevano molte delle più essenziali condizioni della vita, parlano anche spesso di quelle che non sono per nulla essenziali, come, per esempio, che l'atmosfera debba avere le stesse proporzioni d'ossigeno della nostra. E poichè affermano, e giustamente, che se qualcuno dei nostri quadrupedi o dei nostri uccelli fosse trasportato in un altro pianeta, non vi potrebbe vivere, concludono che gli altri pianeti non possono essere abitati da esseri perfettamente organizzati; ma osservando il fatto palese che l'ossigeno è necessario alla vita, dato che l'ossigeno esista in altri globi in date proporzioni, aggiungono che la vita deve necessariamente essersi adattata a quelle proporzioni, che sono probabilmente maggiori o minori che sul nostro globo.

Il presente volume dimostrerà quanto leggermente sia stata trattata questa questione, che comprende tutta la varietà delle importanti considerazioni sopra accennate, le quali sono molte e di diverso carattere, ma tutte convergono alla medesima conclusione, almeno per quel

che ci consta, non ancora raggiunta da alcun precedente scrittore, cioè rendere il problema degno dell'osservazione e degli studi accurati degli imparziali pensatori. Su questo soggetto non è possibile ottenere l'evidenza, ma oso credere che, poichè tante probabilità e induzioni mirano ad una teoria sola e definita, che ha intimi ed immediati rapporti con la natura e col destino dell'uomo stesso, questa teoria verrà in tal modo portata ad un molto più alto grado di probabilità, di quel che non abbiano fatto le vaghe possibilità e le teologiche suggestioni addotte dagli antecedenti scrittori.

Affinchè ogni passo del mio libro sia chiaro ed intelligibile all'argomentazione dei colti lettori, sarà necessario di ricorrere continuamente alle cognizioni così meravigliosamente vaste che possediamo sull'Universo, acquistate nella seconda metà del secolo scorso, che costituiscono quella che noi chiamiamo *nuova astronomia*. Perciò il seguente capitolo sarà tutto dedicato ad una semplice ed elementare esposizione del nuovo metodo di ricerche, e dei risultati ottenuti, che saranno poi applicati nei successivi capitoli. Spero che la chiarezza dell'esposizione non mi renda noioso o difficile.

## CAPITOLO III.

# LA NUOVA ASTRONOMIA

Durante la seconda metà del secolo passato si fecero scoperte ed invenzioni, che molto contribuirono ad aumentare il potere delle ricerche astronomiche: ci fu dato spingere le nostre investigazioni in regioni affatto nuove e neanche supposte più di duecento anni prima, quando fu inventato il telescopio. La vecchia astronomia, che ormai data da oltre duemila anni, era tutta meccanica e matematica, e si limitava all'osservazione e alla misura del movimento apparente dei corpi celesti, tentando di comprendere, in base a quel moto apparente, il moto reale e determinare così la struttura del sistema solare. Il primo a portar nuova luce in questo campo della conoscenza fu Kepler, che istituì le sue tre celebri leggi; poi Newton, il quale dimostrò che queste leggi sono la necessaria conseguenza di una legge di gravitazione; poi altri osservatori matematici provarono che ogni ulteriore irregolarità sui movimenti dei pianeti veniva spiegata da una più profonda e minuta applicazione di queste leggi.

Fu allora che questo ramo dell'astronomia raggiunse la sua maggior forza efficiente e lasciò poco più da desiderare.

Comparve il telescopio, ed allora obbietto della osservazione dei dotti fu la superficie dei pianeti e dei loro satelliti, che furono guardati e scrutati con la massima pazienza, allo scopo, se pure fosse possibile, di acquistare maggiori cognizioni sulla loro costituzione fisica e sulla loro storia. Simili accurati studi furono rivolti alle stelle, alle nebulose, agli ammassi stellari, e tutto il cielo fu disegnato e descritto, e per tutto il mondo si diffusero elaborati cataloghi fatti da astronomi entusiasti. Altri si dedicarono al grande e difficile problema della determinazione delle distanze stellari, e verso la metà del secolo qualche distanza fu infatti misurata in modo soddisfacente.

Verso la metà del secolo decimonono fu creduto probabile che l'astronomia dell'avvenire si sarebbe quasi completamente limitata al perfezionamento del telescopio e degli altri varî strumenti di misura, per mezzo dei quali sarebbe possibile ottenere una più esatta determinazione delle distanze. Infatti il fondatore della filosofia positiva, Augusto Comte, ne fu così persuaso che sconsigliò ogni ulteriore studio sulle stelle, dicendo che era tempo sprecato, perchè mai avrebbe condotto ad un risultato utile e concreto. Nel suo *Trattato filosofico d'astronomia popolare*, pubblicato nel 1844, egli sostenne questa sua opinione con molta energia ed affermò che, siccome le stelle non sono per noi accessibili altri-

menti che per mezzo della vista, rimarranno sempre di imperfetta conoscenza. Sappiamo che esistono, e poco più potremo sapere di esse. Anche se noi le consideriamo come semplici fenomeni, per quel che riguarda la loro temperatura saranno sempre inapprezzabili ad un esame soltanto visuale. La conoscenza che abbiamo delle stelle è adunque in gran parte negativa, cioè, non possiamo dire altro con sicurezza che esse *non* appartengono al nostro sistema. Ma oltre questo sistema tutto è dubbio e confusione in astronomia, per mancanza di fatti indiscutibili, tanto che il Comte conclude: «Per oltre mezzo secolo si è tentato invano di creare due basi distinte in astronomia, l'una solare, l'altra siderale. Per coloro che credono alla scienza che si appoggia sopra leggi vere, quella che non si basa che sopra fatti discordanti non esiste che di nome, e solamente la prima rappresenta la vera astronomia, nè temo di aggiungere che sempre è stato così.» E continua: «Ogni sforzo che per mezzo secolo ha mirato a questo scopo, non ha fatto che accumulare tanti fatti empirici e discordanti, che non possono far altro che interessare una irragionevole curiosità.»

Spesso, nella scienza, una fiduciosa, asserzione decisiva ha provocato una risposta che l'ha annichilita, come quella che fu data alle induzioni del Comte, perchè nel 1860, solo tre anni dopo la sua morte, fu applicato alle stelle il metodo dell'analisi spettrale, che operò una rivoluzione in astronomia, mettendoci in grado di procurarci tante cognizioni che altrimenti non avremmo mai potuto avere. Per mezzo dell'analisi spettrale noi sappiamo

molto sulla costituzione fisica e chimica delle stelle e delle nebulose, e possiamo dire che ci siamo fatta un'idea abbastanza precisa della natura, costituzione e distanza degli immensi soli che chiamiamo col nome generico di stelle, più chiara assai di quella che abbiamo della maggior parte dei pianeti del nostro sistema. Abbiamo anche potuto accertarci dell'esistenza di numerose stelle invisibili, determinarne l'orbita, il movimento e la velocità, ed anche, approssimativamente, la massa. La disprezzata astronomia stellare del principiare del secolo, si è così innalzata al grado di necessità, e rappresenta nella scienza generale una parte importantissima, che promette per il futuro ancor più meravigliose scoperte. Avremo spesso da parlare, nel corso di questo libro, dei risultati ottenuti per mezzo di questo potente mezzo di ricerca che è l'analisi spettrale, accenneremo quindi ora alla sua natura ed ai principî dai quali dipende.

Lo spettro solare è quella striscia di luce colorata che si vede nell'arcobaleno e, parzialmente, nelle goccioline di rugiada, ma che si rende del tutto evidente quando un raggio di sole traversa un prisma o un pezzo di ghiaccio di forma triangolare. Allora non scorgiamo più un raggio di luce bianca, ma una sottile striscia di brillanti colori disposti regolarmente, che cominciano da una parte col violetto, al quale segue il turchino, il verde, il giallo ed in ultimo il rosso. Da ciò possiamo intuire che la luce non è una irradiazione sempre uniforme del sole, ma che invece è composta di un certo numero di raggi separati, ciascuno dei quali produce ai nostri occhi la sensazione

di un colore speciale. Ciò vale a spiegare che la luce è dovuta a certe vibrazioni dell'etere, misteriosa sostanza che non solamente passa per i meati di ogni natura, ma riempie lo spazio esistente fra le più remote stelle e fra le nebulose. Dei movimenti appena sensibili, o vibrazioni dell'etere, producono i fenomeni del calore, della luce e dei colori, così come la fotografia deve i suoi sorprendenti effetti a certi processi chimici. Per mezzo d'ingegnosi esperimenti, si sono potute misurare l'estensione e l'energia di questi movimenti, ed è stato constatato che essi variano in modo considerevole e che taluni producono la luce rossa, l'ultima dello spettro, con un'onda lunga circa  $\frac{1}{326.000}$  di pollice, mentre le vibrazioni della luce violetta, che limita la parte opposta dello spettro, hanno solamente circa la metà di tale lunghezza, cioè  $\frac{1}{630.000}$  di pollice. La frequenza con la quale le dette vibrazioni si succedono è di 302 milioni di milioni ogni secondo per i raggi rossi, e di 737 milioni di milioni per quelli violetti. Riferisco queste cifre per far comprendere la meravigliosa esiguità e la rapidità di quei movimenti di luce e di calore, dai quali dipende tutta la vita del mondo e quindi anche le nostre cognizioni sugli altri mondi e sugli altri soli.

Ma i raggi coloranti dello spettro solare non sono la parte più importante di esso. Al principio del secolo decimonono, un accurato esame dimostrò che esistono in

ogni parte dello spettro delle linee scure di diverso spessore, qualche volta isolate, qualche volta riunite in gruppi. Molti dotti le studiarono e ne fecero degli esatti disegni, che ne indicarono la posizione e lo spessore, e con la combinazione di diversi prismi, messi in maniera che il raggio del sole li traversasse successivamente, uno spettro potè financo mostrare più di 300 di queste linee nere, anche lunghe parecchi piedi. Ma cosa tali linee denotassero, e quale fosse la causa di esse rimase un mistero, finchè nell'anno 1860 il fisico tedesco Kirchhoff potè darne una spiegazione, dando così ai fisici e agli astronomi un nuovo ed inaspettato strumento per i loro esperimenti.

Era già stato osservato che gli elementi chimici in istato di incandescenza producono spettri consistenti in linee o strisce colorate, sempre eguali per ogni elemento, di modo che si può subito riconoscere un corpo semplice soltanto dall'aspetto caratteristico del relativo spettro. Era pure stato veduto che molte delle dette strisce, specialmente quella gialla prodotta dal sodio, avevano una posizione eguale a certe linee nere dello spettro solare. La scoperta di Kirchhoff dimostrò che, quando la luce proveniente da un corpo incandescente passa per la medesima sostanza ridotta allo stato di gas o di vapore, tanta luce è assorbita che le linee o strisce diventano scure nello spettro. Così fu rivelato l'enigma che da oltre mezzo secolo imbarazzava gli scienziati, poichè fu constatato che le numerosissime linee nere dello spettro solare sono prodotte dalla luce delle materie incandescenti

che si trovano sulla superficie del sole, e che passa attraverso i gas o vapori incandescenti che lo circondano più da vicino; quindi la linea colorata dei brillanti colori dei rispettivi spettri diventa nera a causa dell'assorbimento.

Subito fisici e chimici si misero all'opera per esaminare gli spettri di tutti gli elementi, fissando nello stesso tempo la posizione delle diverse linee o strisce colorate, mediante accurate misure, e comparandole con le linee nere dello spettro solare. I risultati furono oltre ogni dire soddisfacenti. La maggior parte degli elementi chimici conosciuti presenta delle linee nere che corrispondono esattamente ad un gruppo di altre linee nello spettro solare; sul sole quindi devono evidentemente esistere quei medesimi elementi la cui esistenza è stata constatata sulla terra. Fra i primi corpi in tal guisa scoperti, furono l'idrogeno, il sodio, il ferro, il rame, il magnesio, lo zinco, il calcio e molti altri. Quasi quaranta elementi sono stati così rintracciati sul sole, e vi sono grandissime probabilità che anche tutti gli altri da noi conosciuti vi esistano, ma parecchi o sono molto rari o si presentano in così piccole quantità che non si possono rivelare. D'altro canto, molte delle linee scure dello spettro solare non appartengono a nessuno degli elementi conosciuti sulla terra; uno di questi è quel sottile *helium*, tenuissimo gas la cui presenza fu dapprima constatata sul sole, e che in seguito venne anche scoperto in piccole proporzioni in un raro minerale terrestre. Parecchi degli elementi sono rappresentati da molte linee, altri da poche. Il ferro, per

esempio, ne ha più di 2000, mentre il piombo ed il potassio ne hanno una per ciascuno.

Per gli astronomi che vollero determinare la costituzione dei corpi celesti, lo spettroscopio e la chimica acquistarono gran valore, e divenne di somma importanza il conoscere la posizione delle linee nere nello spettro solare, come di quelle lucide negli spettri di tutti gli elementi, determinate con grande accuratezza per poterne fare un esatto paragone. E ciò fu fatto dapprima per mezzo di disegni eseguiti su grande scala, riproducenti l'esatta posizione di ciascuna delle linee scure o lucide. Ma poi fu riscontrato che questo sistema presentava molti inconvenienti, senza avere il vantaggio dell'esattezza voluta, e perciò fu convenuto di adottare una scala naturale per la lunghezza d'onda delle varie parti dello spettro. La misura relativa si può ottenere per mezzo dei così detti reticoli di diffrazione, che consistono in una superficie levigata di metallo durissimo, solcata da innumerevoli linee, qualche volta anche più di 20000 ogni pollice. Quando il raggio del sole cade sopra uno di questi, vi si riflette, e per l'interferenza dei raggi fra lo spazio dei delicati solchi, si converte in un bellissimo e perfetto spettro, che, quando le linee sono molto vicine l'una all'altra, raggiunge la lunghezza di qualche *yard*. In queste diffrazioni degli spettri si possono vedere molte linee non visibili in altra guisa, e lo spettro che ne risulta è molto più uniforme di quello prodotto dai prismi di cristallo, nei quali, per quanto minima sia la differenza

di composizione del cristallo adoperato, pure la rifrazione non avviene mai in tutti in modo identico.

Gli spettri ottenuti dai reticoli di diffrazione sono doppi, cioè si distendono da ambo i lati della linea centrale del raggio, che rimane bianca, mentre le linee colorate o scure sono chiaramente definite e possono essere proiettate sopra uno schermo posto a molta distanza, poichè lo spettro raggiunge considerevoli lunghezze. Gli elementi per ottenere la lunghezza d'onda sono: la distanza delle linee, la distanza dello schermo e la distanza fra il primo paio di linee scure da ambo i lati della linea centrale luminosa. Tutte queste distanze possono essere accuratamente misurate col telescopio, col micrometro e con altri mezzi, e permettono di ottenere una esatta determinazione della lunghezza d'onda, che probabilmente non avremmo potuto conoscere se ci fossimo serviti di altri metodi di misurazione.

Essendo la lunghezza d'onda eccessivamente piccola, è stato convenuto di fissare per essa un'unità di misura speciale, ed essendo il millimetro l'unità più piccola del sistema metrico, è stata adottata per la lunghezza d'onda la decimilionesima parte di esso, tecnicamente chiamata *decimo misuratore* e che corrisponde a 250 milionesimi di pollice. Così sappiamo che le lunghezze d'onda delle linee caratteristiche d'idrogeno rosse e turchine sono rispettivamente 6563,07 e 4861,51. L'eccessiva piccolezza della lunghezza d'onda, quando sia misurata con la misura più esatta, è di grandissima importanza. Avendo in tal guisa determinata la lunghezza d'onda delle due li-

nee dello spettro, lo spazio fra esse esistente può essere ridotto ad un diagramma di qualsiasi lunghezza, e tutte le linee che si presentano fra queste due ed in qualunque altro spettro, possono essere segnate nella loro esatta posizione. E poichè lo spettro visibile è composto di circa 300,000 raggi di luce, ciascuno di differente lunghezza d'onda e perciò di differente refrangibilità, se impiccoliamo tanto lo spettro da lasciargli la lunghezza di 3000 pollici (250 piedi), ogni lunghezza d'onda sarà di un centesimo di pollice, spazio facilmente visibile ad occhio nudo.

Il possedere un mezzo di tanta meravigliosa delicatezza, che ci diede la possibilità di arrivare alla conoscenza dei più reconditi globi che popolano l'Universo, ci rese possibile in pochi anni la creazione di una nuova scienza, cioè l'*astrofisica*, volgarmente detta *nuova astronomia*. E qui è necessario fare un breve cenno dei principali risultati di questa scienza.

La prima grande scoperta compiuta dopo che lo spettro solare ebbe una spiegazione, fu quella di poter comprendere la vera natura delle stelle fisse. È vero che da molto tempo gli astronomi le avevano credute soli, ma questa fu un'opinione della cui realtà non era stato mai possibile ottenere la prova, fondata solamente sopra questi due fatti, cioè: la loro distanza da noi, tanto enorme che l'intero diametro dell'orbita terrestre non era sufficiente a farci conoscere la loro relativa posizione, ed il loro intenso splendore, che a tale distanza non poteva essere dovuto che a delle dimensioni e ad una luce para-

gonabili a quelle del nostro sole. Lo spettroscopio provò quanto questa opinione fosse fondata, poichè le stelle furono esaminate accuratamente una dopo l'altra, e fu riscontrato che esse davano uno spettro di tipo generalmente uguale a quello solare. Le prime stelle esaminate dall'astronomo Guglielmo Huggins mostrarono che in esse esistono dieci dei nostri elementi. Subito dopo furono esaminate con lo spettro tutte le principali stelle del cielo, e si giudicò necessario dividerle in tre o quattro gruppi.

Il primo gruppo, il maggiore, comprende più della metà delle stelle visibili e quasi tutte le più lucenti, come *Sirio*, *Vega*, *Regolo* ed *Alfa della Croce del Sud*. Queste sono caratterizzate da una luce bianca o azzurra, sono ricche in raggi di un violetto carico, ed i loro spettri si distinguono per la lunghezza e per l'intensità delle quattro strisce dovute all'assorbimento dell'idrogeno, mentre le varie linee nere che indicano vapori metallici sono relativamente poche, quantunque con un accurato esame se ne scoprano delle centinaia.

Il secondo gruppo, a cui appartengono *Capella* e *Arturo*, è pure numerosissimo e forma il tipo solare delle stelle. La loro luce è giallognola, ed i loro spettri sono traversati in tutti i sensi da innumerevoli linee scure finissime, più o meno corrispondenti a quelle dello spettro solare.

Il terzo gruppo comprende le stelle rosse e variabili, che sono distinte da uno spettro molto rigato. Qualche spettro sembra quasi una fila di colonne doriche vedute

di faccia, ed il lato rosso è quello che rimane più illuminato.

Il quarto gruppo è rappresentato da poche e relativamente piccole stelle, ed ha pure lo spettro rigato, ma la maggiore intensità luminosa si constata dalla parte opposta.

La divisione delle stelle in gruppi, fu fatta nel 1867 dal P. Secchi, astronomo italiano, e venne adottata con qualche modificazione da Vogel dell'Osservatorio astrofisico di Potsdam. L'esatta interpretazione di questi differenti spettri è spesso incerta, ma non vi può esser dubbio ch'essi siano in rapporto, prima di tutto con la differenza di temperatura esistente sugli astri, e poi con la corrispondente differenza di composizione ed estensione delle atmosfere assorbenti. Vi sono stelle il cui spettro rigato indica la presenza di vapori di metalli o di altre sostanze miste, mentre le rigature rovesciate indicano la presenza di carbonio. Queste conclusioni sono state ottenute dopo accurati esperimenti, applicati anche agli esami spettrali delle stelle e degli altri corpi celesti, così che tutte le particolarità dei loro spettri, per quanto confuse e apparentemente insignificanti, sono state giudicate atte ad indicare certe condizioni della costituzione chimica e della temperatura.

Ma benchè sia molto difficile lo spiegare simili particolari, tutti i dati di fatto fondamentali non ci permettono di dubitare che le stelle siano veri soli, i quali per la grandezza e per lo sviluppo, che è indicato dal colore della loro luce e dall'intensità del loro calore, sono certa-

mente diversi, ma simili in questo: tutti hanno egualmente una fotosfera, ossia una luce che emana dalla loro superficie, ed una atmosfera assorbente di differente qualità e intensità.

Innumerevoli altri fatti, come i colori incerti delle stelle doppie, l'accidentale variabilità del loro spettro, la loro relazione con le nebulose, i varî stadi del loro sviluppo ed altri problemi di grande importanza, hanno sempre attirato l'attenzione degli astronomi spettroscopisti e chimici; ma ulteriori notizie su queste difficili questioni sarebbero qui fuori di luogo. Questi dati, riguardanti l'analisi spettrale applicata alle stelle, sono stati esposti allo scopo di rendere i principî e i metodi di osservazione intelligibili ad ogni lettore e d'illustrare la meravigliosa ed accurata precisione del risultato da essi ottenuto. Tanta è la fiducia che hanno gli astronomi nella esattezza di queste osservazioni, che prima di credere certa la presenza di un elemento in una stella o nel sole, bisogna che le varie linee lucide di un elemento, nello spettro del laboratorio, corrispondano perfettamente alle linee scure dello spettro solare o di una data stella. Miss Clerke definì la cosa con chiarezza quando disse: «Le coincidenze spettroscopiche non ammettono transazioni: o sono complete o non hanno importanza.»

## MOVIMENTO DELLE STELLE SECONDO LA VISUALE.

Ora dobbiamo intrattenerci di un'altra ed affatto diversa applicazione dello spettroscopio, più sorprendente ancora di quella testè descritta, cioè del modo di misurare la velocità del movimento di ogni corpo celeste a noi visibile, diretto verso di noi, oppure tendente ad allontanarsene, movimento che tecnicamente è chiamato «radiale» e, secondo un'altra espressione, «in linea visuale». La cosa che più colpisce si è che la potenza di misura è del tutto indipendente dalla distanza, così che la velocità delle stelle fisse, le più lontane da noi, se abbastanza luminose per mostrare distintamente il loro spettro, può essere misurata in miglia e per secondi, con esattezza uguale a quella con la quale si misurano la stella o il pianeta più vicini. E per fare intendere con chiarezza come ciò possa essere possibile, bisognerà nuovamente parlare della teoria dell'onda luminosa e dell'analogia che essa ha con altre onde di moto, che ci metteranno in grado di concepire i principî dai quali dipendono tali calcoli.

Se in un giorno di calma contiamo le onde che passano in un minuto accanto ad un battello ancorato, ci accorgiamo che esse sono in numero maggiore di quelle che contiamo navigando in direzione opposta a quella delle onde. Ed anche se ci fermiamo sulla strada ferrata, mentre ci viene incontro fischiando una macchina a vapore, sentiremo che il fischio cambia di tono quando ci passa d'accanto: se il treno indietreggia, il tono diventa

più basso, anche se la macchina passa alla medesima distanza da noi di quando avanza, nondimeno il fischio all'orecchio del macchinista sarà restato costantemente identico. Questo fatto è causato dalle onde sonore, che giungono a noi con un più rapido succedersi quando la locomotiva avanza, più lentamente quando retrocede, e come l'altezza di una nota dipende appunto dalla rapidità con la quale le successive vibrazioni dell'aria giungono ai nostri orecchi, così il colore di una parte dello spettro dipende dalla rapidità con la quale le onde dell'etere che producono quel dato colore giungono ai nostri occhi, essendo questa rapidità assai maggiore quando il corpo dal quale emana si avvicina, che quando si allontana da noi.

Ed avverrà un leggero cambiamento di posizione nelle linee colorate, e per conseguenza anche nelle linee scure, se le paragoneremo a quelle dello spettro del sole o di qualunque altra sorgente di luce che rispetto a noi sia ferma, purchè l'intensità del movimento sia sufficiente per produrre un percettibile spostamento nello spettro. Il cambiamento di colore che si verifica nel caso che la sorgente luminosa si allontani o si avvicini direttamente all'osservatore, fu notato dal professore Doppler di Praga nel 1842, ed ora è noto col nome di *principio di Doppler*; però il cambiamento di colore era così lieve che non fu possibile misurarlo e quindi l'osservazione ebbe nessuna pratica importanza in astronomia. Ma quando le linee scure dello spettro poterono essere esattamente delineate e la loro posizione accuratamente de-

terminata, fu trovato che esisteva un mezzo di misurare i cambiamenti prodotti nello spettro dal movimento che si compie secondo la linea visuale, poichè la posizione nello spettro di ciascuna delle linee colorate o scure dei corpi celesti, può essere comparata con quella delle corrispondenti linee prodotte nel laboratorio. Sir William Huggins per il primo fece quest'esperimento nel 1868, e per mezzo di un potentissimo spettroscopio, appositamente costruito, trovò che questo cambiamento succedeva in molte stelle, e che la velocità, con la quale si avvicinano e si allontanano da noi (moto radiale), poteva essere calcolata. Per tal modo si è potuta misurare la vera distanza di qualcuna di queste stelle, determinare il suo cambiamento annuale di posizione (moto proprio), ed il fattore addizionale dell'ammontare del movimento in direzione della nostra linea visuale, completa i dati per fissare la vera linea del suo movimento fra le altre stelle. L'esattezza di questo metodo, adoperato in favorevoli condizioni e con i migliori strumenti, è grandissima, come è stato provato in quei casi nei quali si sono potuti adoperare altri mezzi per calcolare il movimento stellare. Il movimento con cui il pianeta Venere si avvicina o si allontana rispetto a noi, può essere calcolato con molta esattezza e in qualunque tempo, poichè tale calcolo risulta dall'insieme dei movimenti del pianeta e della nostra terra nella loro rispettiva orbita. Il moto radiale di Venere fu determinato all'osservatorio di Lick in agosto e settembre del 1890 per mezzo dell'osservazione

spettroscopica da un lato, e, per mezzo del calcolo dall'altro. I risultati ottenuti furono i seguenti:

	PER OSSERVAZIONE:	PER CALCOLO:
16 agosto	7,3 miglia al secondo	8,1 miglia al secondo
22 agosto	8,9 miglia al secondo	8,2 miglia al secondo
30 agosto	7,3 miglia al secondo	8,3 miglia al secondo
3 settembre	8,3 miglia al secondo	8,3 miglia al secondo
4 settembre	8,2 miglia al secondo	8,3 miglia al secondo

Questi calcoli dimostrano che vi è soltanto un errore di circa un miglio per secondo, al massimo, e di un quarto di miglio circa, al minimo. Per quel che riguarda le stelle, l'esattezza del metodo è stata provata osservando una stella nei momenti in cui la terra, nel suo movimento di rivoluzione, si avvicina o si allontana rispetto alla stella stessa, la cui apparente velocità radiale è perciò cresciuta o diminuita da un altro fattore conosciuto, cioè dal movimento terrestre. Molte osservazioni di questo genere furono fatte dal dott. Vogel, direttore dell'osservatorio astrofisico di Potsdam, il quale dimostrò come, per tre stelle che erano state osservate per ben dieci volte, il calcolo fosse stato errato di circa due miglia per secondo; ma poichè i movimenti astrali sono più rapidi di quelli dei pianeti, l'errore proporzionale non è tanto grande quanto quello dell'esempio che abbiamo dato più sopra.

La grande importanza di questo metodo nel determinare i movimenti delle stelle, consiste nella possibilità di ottenere una conoscenza esatta della proporzione colla quale tali movimenti variano, e quando, con l'andar del tempo, ci potremo accertare se talune delle loro orbite sono rettilinee o curve, saremo anche capaci di dire qualcosa sulla natura dei cambiamenti che in loro si succedono e delle leggi dalle quali dipendono.

## STELLE INVISIBILI E MOVIMENTI IMPERCETTIBILI

Ma dalla possibilità di poter determinare il movimento radiale dei corpi celesti, possiamo ottenere un altro risultato, inaspettato quanto meraviglioso, che ha esteso le nostre cognizioni sulle stelle in un campo affatto nuovo. Per mezzo di tale metodo è stato possibile determinare l'esistenza di stelle invisibili, e di misurare la velocità del loro moto, che altrimenti sarebbe rimasto anch'esso ignorato. E si noti che queste stelle rimangono sconosciute anche ai telescopi moderni più potenti, e che i movimenti di esse occupano uno spazio così limitato che il telescopio non potrebbe determinarlo.

Le stelle doppie o binarie formano dei sistemi che hanno un movimento di rotazione intorno a un comune centro di gravità. L'esistenza di esse fu constatata dapprima da sir William Herschel; in seguito ne sono state rilevate un gran numero. Per lo più il loro periodo di ri-

voluzione è lungo e non dura mai meno di dodici anni, ma molte ve ne sono che lo compiono nello spazio di più secoli. In questi sistemi entrambe le stelle sono visibili, ma ne conosciamo anche altri nei quali una sola stella è appariscente mentre l'altra o non è luminosa o è così vicina alla sua compagna, che anche al più potente telescopio appaiono entrambe come un sol corpo. Molte delle stelle variabili appartengono alla prima categoria, ed a confortare questa regola possiamo citare *Algol*, nella costellazione di Perseo, il quale passa dalla seconda alla quarta grandezza in circa quattro ore e mezzo, riacquistando in un periodo di tempo quasi uguale il suo splendore, che dura fino all'altro suo periodo d'oscurazione, il che avviene regolarmente ogni due giorni e ventun'ora. Il nome *Algol* viene dall'arabo *Al ghoul*, il *ghoul* familiare delle notti arabe, folletto così chiamato a causa del suo contegno perennemente strano.

Per molto tempo fu creduto che l'oscuramento di questa stella fosse dovuto ad una compagna non luminosa, che ne eclissasse parzialmente la luce ad ogni rivoluzione, e si suppose che i piani delle orbite di ambedue fossero quasi esattamente diretti verso la terra. L'applicazione dello spettroscopio dimostrò che questa congettura corrispondeva alla realtà. In un eguale trascorrer di tempo, prima e dopo l'oscurazione, si notano nello spettro dei movimenti di linee, i quali dimostrano che gli astri si allontanano o si avvicinano a noi, in linea radiale, con una velocità di circa ventisei miglia per secondo. Da questi dati alquanto imperfetti e dalle leggi di gravi-

tazione che determinano il periodo di rivoluzione dei pianeti secondo le varie distanze dai loro centri di rivoluzione, il professore Pickering, dell'osservatorio di Harvard, poté arrivare alle seguenti affermazioni come le più probabili, e che non si allontanano certo di molto dalla verità:

Diametro di Algol	1,061,000 miglia
Diametro dell'altra stella	830,000 miglia
Distanza fra i loro centri	3,230,000 miglia
Celerità orbitale d'Algol	26,3 miglia per secondo
Celerità orbitale della stella oscura	55,4 miglia per secondo
Massa di Algol	$\frac{4}{9}$ della massa del nostro sole
Massa dell'altra stella	$\frac{2}{9}$ della massa del nostro sole

Se consideriamo che questi dati si riferiscono ad una coppia di stelle, delle quali è stato possibile vedere soltanto una, e che il moto orbitale della stella visibile non può esser determinato nemmeno con un telescopio potente; e se inoltre riflettiamo all'enorme distanza che passa fra noi e quei corpi, non possiamo che restare meravigliati dei felici risultati ottenuti con l'osservazione spettroscopica. Ma se tali calcoli, fatti con un mezzo così semplice, sono meravigliosi, sono ancora più meravigliosi gli altri risultati ottenuti con tale mezzo. Tutto

quello che sappiamo delle stelle e che siamo arrivati a conoscere per mezzo del telescopio, è che esse sono situate a enorme distanza l'una dall'altra, sebbene guardando in cielo ci sembrano così fitte. Ciò avviene anche nelle stelle doppie telescopiche, che ci sembrano vicinissime tra loro a causa della loro enorme distanza da noi. Possiamo calcolare che tutte le stelle, anche le più grandi, sono, in media, più di ottanta miliardi di miglia distanti dalla terra, mentre le stelle doppie più vicine, che un forte telescopio arrivi a risolvere in due colpi separati, sono distanti fra loro di circa un mezzo secondo, cioè quasi millecinquecento milioni di miglia. Ma nel caso di Algol e della sua compagna, abbiamo due corpi entrambi più grandi del nostro sole, e nondimeno vi è fra loro soltanto una distanza di due milioni di miglia e un quarto, distanza che non supera la somma dei loro diametri. Non occorre dire che tali enormi corpi debbono, per quanto così vicini l'uno all'altro, avere ognuno il loro moto di rivoluzione, e poichè sappiamo che il nostro sole, e probabilmente tutti gli altri soli, sono circondati da materie meteoriche e cometiche, sembra probabile che, nel caso di due soli assai vicini fra loro, la quantità delle dette materie sia grandissima, e che, per continue collisioni, la loro massa venga continuamente accresciuta, sì che si può anche supporre che forse finiranno col fondersi finalmente in una sola e gigantesca sfera. Si dice che un astronomo persiano del decimo secolo abbia indicato Algol come una stella rossa; ora noi sappiamo che essa invece è bianca, e qualche volta leg-

germente giallognola. Le collisioni e gli attriti che abbiamo immaginato come possibili, avrebbero dunque probabilmente prodotto un aumento di temperatura, diminuendo contemporaneamente la distanza che esiste fra le due stelle del sistema.

Un considerevole numero di stelle doppie, delle quali una luminosa e l'altra oscura, sono state scoperte per mezzo dello spettroscopio, benchè il loro moto non si compia sul piano della visuale terrestre, e non vi siano quindi eclissi. Per scoprire tali coppie, lo spettro di un gran numero di queste stelle è stato fotografato ogni notte e per lungo tempo, cioè per un anno ed anche per più anni, poi le lastre sono state esaminate con cura, per poter constatare se fosse avvenuta qualche periodica variazione nelle linee spettrali. Pare quasi incredibile come in moltissimi casi sia stato constatato che tale variazione esiste; così s'è potuto determinare il periodo nel quale si compie il moto di rivoluzione di questi astri.

Ma oltre alla scoperta di stelle doppie, delle quali una luminosa e l'altra oscura, abbiamo potuto vedere col medesimo mezzo stelle doppie ambedue luminose. Però il metodo in questo caso differisce alquanto, poichè, essendo le stelle ambedue luminose, esse danno uno spettro separato, che gli spettroscopi migliori, cioè, hanno il potere di separare quando le stelle sono alla loro massima distanza, mentre nessun telescopio di quelli esistenti, e forse nessuno di quelli che verranno fabbricati in avvenire, potrà farci vedere tali stelle staccate. La separazione degli spettri è comunemente mostrata dal succes-

sivo sdoppiamento e ricongiunzione delle linee principali; la qual cosa indica che il piano di rivoluzione è diretto più o meno obliquamente verso di noi, così che le due stelle, se fossero separatamente visibili, sembrerebbero ora allontanarsi, ora avvicinarsi, in ciascuna rivoluzione che compiono.

Dunque, poichè ogni stella ha un moto alternante che l'avvicina, e l'allontana da noi, la velocità radiale di ciascuna può essere dedotta e determinata dalla massa relativa; per tal modo sono state scoperte non soltanto stelle doppie, ma anche triple e multiple. Le stelle che con questi due mezzi abbiamo potuto riconoscere come doppie, sono tanto numerose, che uno dei migliori astronomi ha giudicato che circa ogni tredici stelle ve ne sia una il cui moto mostra delle irregolarità, e che perciò può esser considerata come doppia.

## LE NEBULOSE

Un altro importante risultato dell'analisi spettrale, quello che potrebbe esser considerato come il più grande, è la dimostrazione del fatto che tra le nebulose ve ne sono di quelle che sono veramente tali, vale a dire che le nebulose non debbono esser considerate tutte come gruppi di stelle tanto lontani da noi da non poterli studiare, come finora era stato supposto.

Ora sappiamo che esistono delle nebulose il cui spettro è gasoso, e qualche volta stellare e gasoso insieme. Queste cognizioni, unite al fatto che le nebulose spesso si riuniscono intorno a nebulose stellari o gruppi di stelle, ci fa certi che le nebulose non sono separate nello spazio dalle stelle, ma bensì formano una parte essenziale di un vasto Universo stellare, e questa ragione è sufficiente per credere che si formino dalla materia stessa della quale son fatte le stelle, e che nella loro forma, condensamento e aggregazione, noi possiamo seguire il processo di evoluzione delle stelle e dei soli.

## ASTRONOMIA FOTOGRAFICA

Ma gli astronomi posseggono anche un altro mezzo potente che li aiuta nelle loro ricerche, il quale, solo o insieme allo spettroscopio, ha accresciuto e accrescerà ancora il numero delle cognizioni che abbiamo dell'Universo stellare, cognizioni che non si sarebbero mai ottenute con altri mezzi. D'altro canto è indubitabile che la scoperta di nuove stelle, variabili e doppie, è stata possibile per la conservazione delle lastre fotografiche, sulle quali sono impressi gli spettri, notte per notte, con ogni linea, sia pur oscura o colorata, nella sua vera posizione, come l'ha prodotta l'obbiettivo. Poichè, paragonando tali linee con altre della serie, s'è potuto determinarne i più piccoli cambiamenti e misurarne accuratamente il valo-

re. Se non si fossero potute conservare le lastre fotografiche per poterle paragonare fra loro, non sarebbero state possibili molte delle scoperte fatte con lo spettroscopio.

Ma vi sono ancora due altri modi di utilizzare nel campo astronomico la fotografia, affatto differenti fra loro, ma di eguale importanza di quello suddetto, modi che con l'andare del tempo diverranno fors'anche più utili ed importanti. Con l'uso delle lastre fotografiche abbiamo potuto infatti determinare l'esatta posizione di centinaia, anzi di migliaia di stelle, che sono state disegnate simultaneamente e con grande esattezza in un mappamondo celeste, del quale si sono fatti molti esemplari. Ciò ha eliminato del tutto la necessità del vecchio metodo, quello di determinare cioè la posizione di ciascuna stella misurandola ripetutamente per mezzo di delicati strumenti e prendendone nota in costosi cataloghi, cosa che richiedeva faticoso e lungo lavoro. Ma il nuovo metodo è stato riconosciuto così efficace, che sono state costruite macchine speciali per la fotografia celeste, e per mezzo di meccanismi precisi a montatura equatoriale, esse si fanno girare lentamente e sincronicamente al corso delle stelle in cielo, in modo che l'immagine di ciascuna stella rimanga stazionaria sulla lastra per parecchie ore.

Di recente, nei più importanti osservatorî di tutto il mondo, sono state prese delle disposizioni per tentare di ottenere, con appositi strumenti, una riproduzione fotografica di tutta la volta celeste, allo scopo di fare un di-

segno dell'intero sistema stellare, che potrebbe servire come punto di partenza ai futuri astronomi, i quali così, con maggior facilità, potrebbero rendersi conto del movimento delle stelle di ogni grandezza in modo certo ed accurato, cosa sinora a noi rimasta ignota.

L'altro importante uso della fotografia risiede nel fatto che, con una più lunga, benchè limitata esposizione delle lastre, potremo aumentare la sensibilità delle lastre fotografiche, tanto da raccogliere dei raggi luminosi invisibili all'occhio. Molti saranno coloro che rimarranno sorpresi nell'apprendere che una stessa macchina fotografica, con un obbiettivo di tre o quattro pollici di diametro, purchè montata a dovere così che se ne possa fare un'esposizione di più ore, ci mostrerà stelle così piccole che rimangono invisibili anche al grande telescopio di Lick. In tal modo la macchina fotografica ci rivela stelle doppie o piccoli gruppi, che non si mostrerebbero a noi con alcun altro mezzo.

Nei trattati d'astronomia e in articoli di periodici popolari, sono spesso riprodotte fotografie di stelle, e quantunque la maggior parte di queste riproduzioni sia addirittura sorprendente, molte persone ne rimangono deluse e non possono capire il loro grande valore, perchè ogni stella vi è rappresentata da un cerchietto bianco, spesso di considerevole grandezza, circondato da una specie di sfumatura, e non da un piccolo punto luminoso, quale le stelle mostrano in un buon telescopio. Ma la parte essenziale in tutte queste fotografie non consiste nella piccolezza, nè nella rotondità delle imma-

gini delle stelle, ma bensì nella prova che danno della grande precisione con la quale l'immagine di ciascuna stella è stata presa, con un apposito movimento di orologeria annesso allo strumento, col quale si ottiene che l'immagine si proietti sempre sul medesimo punto della lastra, durante tutto il tempo dell'esposizione di questa. Per esempio: nella bellissima fotografia della grande nebulosa di Andromeda, fatta il 29 dicembre 1888 dal dottor Isacco Roberts mediante un'esposizione di quattro ore, si vedono un migliaio di stelle fra grandi e piccole, ciascuna rappresentata da un punticino bianco quasi esattamente rotondo, la cui grandezza corrisponde a quella della stella che riproduce. Questi punti rotondi possono essere bisecati con grande accuratezza dal filo traversale di un micrometro, e così la distanza dei centri e la direzione della loro congiungente in ciascuna coppia può esser determinata con precisione, come se ciascuna fosse rappresentata da un solo punto. Ma siccome una piccola macchia bianca disegnata sulla carta celeste sarebbe quasi invisibile, nè potrebbe dirci con esattezza, o almeno con approssimazione, la grandezza di una stella, e sarebbe perciò possibile commettere degli errori, è stato creduto conveniente di indicare ciascuna stella con un cerchio ben visibile, che ne denoti proporzionalmente la grandezza.

Dunque, ciò che si crede un difetto non è in realtà che un grande vantaggio. La summenzionata fotografia è stata magnificamente riprodotta nel trattato di *Astrono-*

*mia antica e moderna* di Proctor, pubblicato dopo la sua morte.

Oltre i risultati, che noi abbiamo esposto, ottenuti col nuovo metodo di ricerca, si sono acquistate anche molte cognizioni sulla distribuzione delle stelle, sulla loro natura e sulla estensione dell'Universo stellare, sia per l'accurato studio dei materiali ottenuti coi vecchi metodi, sia con l'applicazione delle ipotesi e delle probabilità ricavate dai fatti osservati. Soltanto con questo mezzo abbiamo potuto ottenere sorprendenti risultati appoggiati e rinforzati dai metodi moderni e dall'uso di nuovi strumenti, atti a misurare le distanze delle stelle. Alcuni di questi risultati riguardano tanto da vicino e tanto direttamente il soggetto che abbiamo preso a trattare nel presente volume, che è necessario dedicare il seguente capitolo all'esposizione di essi.

## **CAPITOLO IV.**

# **DISTRIBUZIONE DELLE STELLE**

Se guardiamo il cielo in una chiara notte d'inverno, quando non splende la luna, e da una posizione dalla quale possiamo abbracciar con lo sguardo l'intero orizzonte, lo spettacolo sarà veramente di meravigliosa bellezza. Lo scintillio brillante di Sirio, di Capella, di Vega e di altre stelle d'immensa grandezza, l'ordine stupendo col quale sono disposte in gruppi o in costellazioni, delle quali Orione, l'Orsa Maggiore, Cassiopea e le Pleiadi sono a noi le più famigliari, e, fin dove il nostro occhio arriva, il constatare che lo spazio che intercede fra queste è sparso di punti luminosi sempre e sempre più piccoli, che coprono l'intero firmamento di una rete scintillante di luce, risvegliano in noi un'idea così grandiosa ed insieme così confusa del numero enorme degli astri, che ci pare impossibile il poterli contare, e ancor più arduo il poter dare ad essi un ordine sistematico. E nondimeno ciò fu fatto, eccettuate le stelle più lontane, 134 anni prima dell'era volgare, da Ipparco, che dette il nome e fissò

la posizione di più di mille stelle, che è all'incirca il numero di quelle fino alla quinta grandezza, visibili alla latitudine della Grecia. Una recente enumerazione di tutte le stelle visibili ad occhio nudo, per coloro che hanno la vista acuta, è stata fatta dall'astronomo americano Picking. Nell'emisfero settentrionale sono in numero di 2509 ed in quello meridionale 2824, il che dimostra che vi è molto maggior numero di stelle nell'emisfero celeste meridionale. Ma questa differenza è dovuta interamente alla preponderanza delle stelle poste tra la quinta e la sesta grandezza, oltre le quali non vanno i limiti della vista umana, mentre di quelle che sono inferiori alla quinta grandezza e mezza, ve ne sono 85 di più nell'emisfero settentrionale. Il professor Newcomb è d'opinione che le stelle visibili ad occhio nudo siano presso a poco in egual numero tanto nell'uno quanto nell'altro emisfero. Ora, addizionando il numero delle stelle visibili ad occhio nudo, abbiamo un totale di 5333 stelle, ma questo numero comprende anche quelle inferiori alla grandezza 6,2 mentre si crede generalmente che il limite della grandezza delle stelle visibili senza strumento alcuno, non possa andare al di là della sesta grandezza. Riesaminando tutti questi materiali, l'astronomo italiano Schiaparelli conclude che il numero totale delle stelle, di grandezza inferiore alla sesta, sia di 4303, sparse in numero eguale tanto nel cielo settentrionale che in quello meridionale.

## LA VIA LATTEA

Oltre le stelle, da entrambi gli emisferi è visibile ancora un fenomeno molto notevole, cioè quella striscia irregolare, meravigliosa, emanante una luce debole e diffusa, chiamata Via Lattea, che forma un arco magnifico traversante il firmamento, e che alla latitudine d'Inghilterra appare più netta nei mesi autunnali. Quest'arco si muove descrivendo un gran cerchio intorno al cielo, ma è irregolarissimo nei suoi particolari: in qualche punto è unico, in qualche altro doppio con molte diramazioni e frammisto di molte strisce scure, macchie o soluzioni di continuità, attraverso le quali appare il cielo cupo e quasi senza stelle. Ma guardando con un cannocchiale o con un piccolo telescopio, si scorge da quelle fessure una certa quantità di astri e con l'aiuto di un potente telescopio poi, molte e molte stelle divengono visibili, e con i più grandi e migliori strumenti si vede che tutta la Via Lattea è addirittura composta di astri, i quali, per quanto irregolarmente disposti, hanno l'apparenza di un vero fiume di stelle, interrotto da fenditure e da macchie, le quali sempre offrono un fondo incerto e nebuloso, come se vi fossero altre miriadi di stelle che un altro più potente strumento ottico ci potrebbe rivelare.

I rapporti che questa grande striscia di stelle telescopiche ha con il resto del sistema stellare, hanno per molto tempo interessato gli astronomi, e molti hanno tentato di risolvere il problema con un sistema di misurazione, cioè calcolando tutte le stelle che passano in un certo

tempo nel campo del loro telescopio. Guglielmo Herschel fu il primo a tentare di determinare sistematicamente la forma dell'Universo stellare. Dal fatto che il numero delle stelle cresce rapidamente quanto più la nostra linea visuale si avvicina alla Via Lattea, da qualunque direzione si muova, mentre che quando lo sguardo arriva proprio su di essa questo numero diventa improvvisamente doppio, sorse in lui l'idea che la forma dell'intero sistema dovesse essere quella di una grande massa discoidale di densità un poco minore verso il centro, dove è situato il nostro sole, o, per parlare più volgarmente, che l'Universo visibile fosse fatto come un disco piatto o una macchina da mulino, ma di spessore irregolare, con una fenditura da un lato, dove la Via Lattea appare sdoppiata. E fu detto che l'immensa quantità di stelle che la compongono sia dovuta al fatto che noi la vediamo di sghembo attraverso ad una grande profondità di stelle, e all'angolo destro della sua direzione, quando guardiamo verso quello che si chiama polo della Via Lattea. Tale quantità di stelle diminuisce infatti se guardiamo obliquamente, penetrando con lo sguardo in uno strato più sottile di stelle che per tal modo sembrano essere molto più rade.

Negli ultimi anni della sua vita, Guglielmo Herschel si accertò che questa non era la vera spiegazione dell'apparenza della Via Lattea. Le macchie lucenti che si osservano in essa, come le fenditure oscure, stretti fiumi di luce spesso limitati da fiumi egualmente stretti di tenebre, fanno supporre che la forma complessiva di

questo cerchio luminoso sia quella d'un disco complesso, che si estenda nella direzione dalla quale lo vediamo, per una distanza immensamente più grande di quella del suo spessore. Herschel, osservando una costellazione molto luminosa, credè di esser penetrato col suo telescopio in regioni venti volte più lontane delle stelle più brillanti, che formano la parte più vicina del circolo.

In quanto alle Nuvole di Magellano, che sono due grandi nebulose situate nell'emisfero celeste meridionale, a qualche distanza dalla Via Lattea, e che sembrano far parte di essa, lo stesso Giovanni Herschel ha dimostrato che volerne indovinare la forma è cosa impossibile, perchè bisognerebbe supporre che in ambedue noi vedessimo, non masse rotonde composte di irregolari forme globulari, ma coni o cilindri immensamente lunghi, e posti in modo che noi non ne possiamo vedere che la base, e ci fa notare che un tale oggetto che avesse una tal posizione, sarebbe una coincidenza straordinaria, e che non è poi ammissibile che ve ne possano essere due o più. Nella Via Lattea vi sono centinaia, anzi migliaia, di tali macchie di eccezionale lucentezza o di eccezionale oscurità, e se la forma di essa è quella di un disco molto più esteso in diametro che in spessore, e che noi vediamo di sghembo, anche ciascuna di queste macchie o gruppi, e tutti gli stretti e sinuosi ruscelli di luce brillante o d'intense tenebre, potrebbero esser veramente lunghissimi cilindri o tunnelli o cupe lamine curve o strette fessure. E ciascuna di queste che possiamo vedere in questo vasto circolo luminoso, dovrebbe avere una

posizione precisamente volta verso il nostro sole. La validità di questo argomento, che con molta sapienza e chiarezza trattò il defunto R. A. Proctor nel suo bellissimo ed accreditato volume intitolato: *Il posto che occupiamo nell'infinito*, approvato da quasi tutti gli astronomi, conduce alla conclusione che la forma della Via Lattea è quella di un immenso cerchio irregolare, il profilo del quale, preso da qualsiasi parte, è, grossolanamente parlando, circolare, e che le molteplici fenditure, stradicciuole o aperture dalle quali a noi sembra poter scorgere le tenebre che stanno nello spazio che si trova al di là di esse, rendono probabile che in quelle direzioni il suo spessore sia minore e non maggiore della sua apparente grandezza, il che equivarrebbe a dire che noi ne vediamo il lato più largo invece dello stretto margine.

Prima di cominciare a considerare la relazione che passa fra le innumerevoli stelle che noi vediamo sparse nella volta celeste, e quest'immensa striscia di stelle telescopiche, sarà bene dare una descrizione il più possibilmente completa della Via Lattea, sia perchè spesso non si trova disegnata sui mappamondi celesti con sufficiente accuratezza, sia per descrivere la sua meravigliosa struttura, sia anche perchè essa rappresenta il fenomeno fondamentale sul quale si basano precisamente gli argomenti trattati in questo volume. Per raggiungere più efficacemente lo scopo, mi varrò della descrizione fatta da Giovanni Herschel nel suo libro: *Principii di Astronomia*, perchè egli, come tutti gli astronomi dello scorso secolo, fece su di essa studi profondi, osservandola

nell'emisfero settentrionale come in quello meridionale, ad occhio nudo e con l'aiuto di telescopi di grande potenza e di mirabile qualità, ed anche perchè in mezzo alla farragine di lavori moderni e di eccitanti novità divulgate in questi ultimi anni, il suo volume veramente istruttivo è relativamente poco conosciuto. Questa precisa ed accurata descrizione sarà molto utile a coloro dei miei lettori che desiderano farsi un'idea chiara di quell'oggetto magnifico che non può non destare grande interesse per la sua forma particolare, quando se ne ammira la bellezza o per mezzo di un cannocchiale, o con un piccolo telescopio, o anche semplicemente ad occhio nudo.

## DESCRIZIONE DELLA VIA LATTEA

Giovanni Herschel la descrive così:

«La striscia che la Via Lattea disegna attraverso i cieli e che noi possiamo vedere ad occhio nudo, non tenendo conto di accidentali deviazioni e seguendo solamente la linea del suo maggiore splendore, come quella della sua varia larghezza ed intensità, almeno come ci permettono di determinarla i suoi incerti limiti, possiamo immaginarla come un gran cerchio inclinato ad un angolo di circa  $63^\circ$  verso quello equinoziale, e che taglia questo circolo in ascensione retta a 6 ore 47 m. e 18 ore 47 m., per modo che i suoi poli, tanto meridionale che setten-

trionale, siano situati rispettivamente in ascensione retta a 12 ore 47 m. (distanza polare nord  $63^\circ$ ) e 0 ore 4 m. (distanza polare nord  $117^\circ$ ). Attraverso la regione che da esso è così nettamente divisa, questo cerchio occupa una situazione intermedia fra le due grandi correnti, approssimandosi più dalla parte luminosa e continua che da quella più interrotta e indecisa. Se noi seguiamo il suo corso secondo la ascensione retta, lo vedremo traversare la costellazione di Cassiopea e la sua parte più luminosa passare a circa due gradi al nord della stella  $\delta$  di questa costellazione. Passando al di là fra  $\gamma$  ed  $\epsilon$  di Cassiopea, manda un ramo al Sud verso  $\alpha$  di Perseo, che la rasenta molto da vicino; poi si prolunga verso  $\eta$  della stessa costellazione, e può esser seguita sin verso le Hiadi e le Pleiadi. La maggiore diramazione, sebbene molto incerta, passa per l'Auriga, presso le tre notevoli stelle  $\epsilon$ ,  $\zeta$ ,  $\eta$ , della costellazione chiamata Hedi che precede Capella, fra i piedi dei Gemelli e l'estremità del Toro, dove incrocia l'eclittica vicino al Coluro solstiziale, e di là, dalla cima d'Orione alle falde del Monocero, incrocia la linea equinoziale in ascensione retta a 6 ore 54 m. Da questo punto (ramo di Perseo) la sua luce è debole e incerta, ma dopo si anima di splendore e quando passa dietro le spalle del Monocero e sulla testa del Cane Maggiore, presenta una luce moderata ed uniforme, ma ad occhio nudo non vi si vedono stelle quando entra nella prua di Argo, vicino al tropico del sud. Qui si suddivide di nuovo (presso la stella  $m$  *Puppis*) spingendo innanzi, dal lato anteriore, una diramazione stretta e disuguale, che

arriva fino alla stella  $\gamma$  di Argo, dove si tronca bruscamente. La striscia principale prosegue la sua corsa verso il sud fino al  $123^\circ$  parallelo di D. P. N., dove si allarga e si suddivide di nuovo, aprendosi a guisa di un grande ventaglio con quasi 20 gradi di larghezza, formato di strisce intralciate che tutte terminano bruscamente verso  $\lambda$  e  $\gamma$  di Argo.

«A questo punto la continuità della Via Lattea è interrotta da un largo vuoto, ed essa ricomincia dalla parte opposta, prendendo la forma di un fascio di rami convergenti verso la brillante stella  $\eta$  di Argo. Là s'incrocia con i piedi posteriori del Centauro, formando una curiosa e ben definita cavità semicircolare di piccoli raggi, poi entra nella Croce con un lucidissimo braccio o istmo, non più esteso di tre o quattro gradi, poichè è questa la parte più stretta della Via Lattea. Immediatamente dopo si estende in una larga e lucida massa, circondando le stelle  $\alpha$  e  $\beta$  della Croce e  $\beta$  del Centauro, e allargandosi quasi fino all' $\alpha$  di quest'ultima costellazione.

«In mezzo a questa massa luminosa che circonda la costellazione da ogni parte, e che occupa quasi metà della sua estensione, si scorge una lacuna tenebrosa della forma singolare d'una pera, così grande e così nettamente disegnata, da attirar l'attenzione di chiunque guardi il cielo, sia pur profano della scienza e che i primi navigatori nei mari del sud chiamarono col nome bizzarro, ma espressivo, di *sacco di carbone*. In questo vano, largo circa 8 gradi di lunghezza e 5 di larghezza, una sola stella è visibile ad occhio nudo, ma sono invece molte

quelle visibili al telescopio; la sua oscurità è perciò dovuta unicamente all'effetto del contrasto che produce la zona luminosa che lo circonda da ogni parte. Questo è il punto in cui la Via Lattea si trova più vicina al polo sud. In tutte queste regioni il suo splendore è grandissimo, e paragonandolo con quello della sua parte più settentrionale, della quale abbiamo già parlato, lascia supporre da questo lato una maggior vicinanza, suscitando in noi l'idea che il nostro posto di spettatori sia separato da ogni parte da un intervallo considerevole fra i gruppi densi di stelle che compongono la Via Lattea, che da questo punto di vista potrebbe considerarsi come un gran circolo piatto d'immensa grandezza e d'irregolare spessore, nel quale siamo eccentricamente situati, cioè più vicini al sud che al nord del suo circuito.

«Ad  $\alpha$  del Centauro la Via Lattea si suddivide ancora, spingendo innanzi una diramazione larga quasi quanto la metà della sua larghezza totale, ma che si assottiglia rapidamente ad un angolo di circa  $20^\circ$  dirigendosi verso  $\eta$  e  $\delta$  del Lupo, per diventare al di là una striscia sottile e sbiadita. La diramazione maggiore passa per  $\gamma$  di Norma, dove la sua larghezza diventa maggiore, fa un angolo acuto e si suddivide di nuovo, da un lato con un braccio continuo di irregolare ampiezza e splendore, dall'altro in un complicato sistema di strisce intralciate e di vuoti, che cuoprono la coda dello Scorpione e terminano allargandosi e sfumandosi per tutta l'immensa regione occupata dalla gamba anteriore di Ophioco, raggiungendo verso il nord il parallelo di  $103^\circ$  D. P. N.,

passato il quale la perdiamo di vista perchè un largo intervallo di  $14^\circ$ , sgombro da ogni apparenza di nebulosità, la separa dal gran ramo della parte nord dell'equinoziale, del quale è generalmente rappresentata come una continuazione.

«Ritornando al punto in cui questo gran ramo si separa dal principale ruscello, non ci occuperemo che di quest'ultimo. Curvandosi bruscamente passa in faccia alle stelle  $\iota$  dell'Ara,  $\vartheta$  e  $\iota$  dello Scorpione,  $\gamma$  del Tubo, e  $\gamma$  del Sagittario, dove subitamente si raccoglie in una vivida massa ovale di circa  $6^\circ$  di lunghezza e  $4^\circ$  di larghezza, e con tanta ricchezza di stelle, che un moderato calcolo le fa ascendere a 100 mila.

«A nord della massa, questo ruscello di stelle traversa l'eclittica alla longitudine di circa  $276^\circ$ , e procedendo lungo il cerchio del Sagittario sino ad Antinoo, ha il suo corso interrotto da tre profonde cavità separate le une dalle altre da notevoli protuberanze, delle quali la più larga e la più lucente forma la parte più cospicua della porzione meridionale della Via Lattea, visibile nella nostra latitudine.

«Traversando la linea equinoziale alla  $19^{\text{ma}}$  ora di ascensione retta, scorre come un irregolare ruscello macchiato e serpeggiante attraverso l'Aquila, la Sagitta e la Valpecula, fino al Cigno. A  $\varepsilon$  di questa costellazione la continuità della Via Lattea è interrotta, quindi essa appare di nuovo in modo molto confuso e irregolare: il tratto d'interruzione ha l'aspetto di una larga e tenebrosa macchia, non molto dissimile da quella dell'emisfero

meridionale, che fu chiamata *sacco di carbone*. Essa occupa lo spazio fra  $\varepsilon$ ,  $\alpha$  e  $\gamma$  del Cigno, donde divergono le tre grandi correnti luminose, una delle quali è stata già descritta.

«La seconda diramazione rappresenta la continuazione del braccio principale (traverso l'intervallo buio) a nord di  $\alpha$ , fra la Lucertola e la testa di Cefeo fino a Cassiopea, dove si arresta; la terza comincia da  $\gamma$  del Cigno, appare molto risplendente e larga, e si dirige verso il sud, fra  $\beta$  del Cigno ed  $\sigma$  dell'Aquila, fin quasi alla linea equinoziale, dove si perde in una regione poco ricca di stelle, in un punto dove in molti mappamondi celesti è segnata la nuova costellazione del Toro di Poniatowski. Questo ramo, ove venisse prolungato a traverso la linea equinoziale, si riunirebbe con il grande effondimento di Ofioco, di cui abbiamo già parlato. Una diramazione considerevole, quasi un'appendice protuberante, si stacca anche dalla corrente situata a nord del capo di Cefeo e va direttamente verso il polo, occupando il grande quadrilatero formato da  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\iota$  e  $\delta$  di quella costellazione.»

Per rendere più completa e più accurata questa descrizione della Via Lattea, sarà bene aggiungere qualche altro brano del medesimo volume, dove si parla della sua intima struttura, e della sua apparenza telescopica.

«Esaminando con un telescopio potente la struttura di questa meravigliosa zona luminosa, vediamo che essa differisce poco dall'aspetto uniforme che si nota quando è veduta ad occhio nudo, e che si mantiene egualmente

irregolare. In qualche punto, e per lunghi tratti, le stelle che la compongono sono sparse con assoluta regolarità, mentre in altri luoghi la distribuzione di esse è del tutto irregolare, poichè si vedono radunate in gruppi compatti, ai quali succedono intervalli dove sono relativamente rare. In taluni punti le tenebre possono dirsi quasi assolute, perchè non vi si scorge nessuna stella, neppure con l'aiuto del telescopio. In certi altri punti non si vedono in media che 40 o 50 stelle, in un campo di 15 minuti, mentre in altri la media dà un risultato di 400 o 500 stelle. Nè è minore la differenza che si osserva nel carattere delle differenti regioni, riguardo alla grandezza delle stelle che ivi sono e al numero proporzionale delle più grandi e delle più piccole. In talune, per esempio, se ne presentano in moderatissima quantità e piccolissime; la qualcosa ci spinge irresistibilmente a credere che in quelle regioni vediamo *nettamente attraverso* lo strato stellare, perchè altrimenti sarebbe impossibile che il numero delle grandezze stellari non andasse sempre e sempre più degradando all'infinito. Inoltre in tali punti, lo spazio del cielo è per lo più oscuro, e ciò non accadrebbe se una moltitudine incalcolabile di stelle esistesse al di là di esso, fossero pure tanto piccole da non poterle discernere. In altre regioni invece osserviamo un altro fenomeno: le stelle emanano una luce quasi uniforme, e sono disposte sulla volta celeste quasi con esatta regolarità, e mancano quasi del tutto stelle che differiscano nella grandezza. In tali casi noi possiamo presumere con fondamento di causa che i nostri sguardi attraversino

uno strato di stelle che in grandezza non differiscono fra loro, il quale strato non ha neppure un grande spessore in rapporto alla distanza che ci separa da esso. Se così non fosse, dovremmo supporre che le stelle più grandi siano anche le più lontane e compensino la loro maggiore distanza con la maggiore lucentezza, supposizione contraria ad ogni probabilità.

«In ambidue gli emisferi la Via Lattea occupa una grande estensione, ma l'assoluta oscurità della volta dei cieli sulla quale spiccano gli astri dove è certo che manca un agglomeramento innumerevole di stelle delle più piccole grandezze visibili, e il constatare anche l'assenza di splendore che sarebbe prodotto dalla riunione della luce di quelle troppe piccole per esser vedute ad occhio nudo, rappresentano degli indizi che devono esser considerati di non dubbio significato, i quali indicano che la estensione della Via Lattea nella direzione dove queste condizioni si verificano, non solamente non deve essere infinita, ma che anzi non supera lo spazio che i nostri telescopi possono penetrare ed anche oltrepassare.»

Le parole che ho riportato sono dello stesso Giovanni Herschel, il quale dai fatti che descrive deduce la stessa conclusione che Proctor dedusse dall'osservazione di Guglielmo Herschel. Come vedremo, i migliori astronomi moderni, dall'esame dei fatti a loro conoscenza, sono arrivati a un identico risultato, che hanno in certi casi confortato di nuove argomentazioni.

## LE STELLE IN RELAZIONE CON LA VIA LATTEA.

Giovanni Herschel fu così meravigliato della forma, struttura e immensità del grande cerchio della Via Lattea, che scrisse: «Questo circolo è per l'astronomia siderale ciò che l'invariabile eclittica è per l'astronomia planetaria; un piano di ultima referenza, cioè il piano fondamentale del sistema siderale.»

Esamineremo adesso i rapporti che il cerchio visibile della Via Lattea ha con l'intera massa delle altre stelle, cioè il piano fondamentale dell'universo stellare.

Se noi contempliamo il cielo in una notte stellata, lo vediamo sparso di fitte stelle di diverso splendore, e la regione maggiormente estesa tra il nord, l'est, il sud o l'ovest, cioè la parte posta verticalmente al disopra di noi – è veramente notevole per il numero di stelle che ora vi abbondano, ora vi sono deficienti.

Da ogni parte ammiriamo una grande quantità di stelle delle prime tre grandezze, e se in qualche punto ci sembra che esse siano in minor numero, gli è perchè in quello spazio si accumulano infinite stelle di dimensione minore. Ma un'accurata osservazione delle stelle visibili ci mostra come nella loro distribuzione esista una grande irregolarità, e come quelle di maggior grandezza siano per l'appunto quelle che si trovano nella Via Lattea, o nelle immediate vicinanze di questa; benchè la differenza non sia tale da poter renderle visibili ad occhio nudo. L'area complessiva della Via Lattea non occupa certamente uno spazio maggiore di un settimo di

tutta la sfera celeste, ed alcuni astronomi sono anzi d'opinione che essa non arrivi nemmeno ad un decimo. Se le stelle che essa contiene fossero tutte di una medesima grandezza e regolarmente distribuite, il loro numero dovrebbe ascendere almeno a un settimo del totale delle stelle. Gore dice che delle 32 stelle più brillanti tra quelle di seconda grandezza, 12 almeno sono comprese nella Via Lattea, ma ve ne dovrebbero essere assai più del doppio se la distribuzione di esse nell'Universo fosse regolare; delle 99 stelle più lucenti di terza grandezza, 33 sono comprese nella Via Lattea, vale a dire un terzo, invece di un settimo. Gore, contò pure le stelle dell'atlante di Heis comprese nella Via Lattea, e trovò che il numero ne è di 1186 sopra un totale di 5356 proporzione che rappresenta una media fra il terzo e il quinto, invece che il settimo di tutte le stelle.

Proctor disegnò nel 1871, sopra una carta di due piedi di diametro, tutte le stelle più piccole della nona grandezza e mezza, visibili nell'emisfero settentrionale, e che Agrelander aveva disegnato sopra una carta grande quattro piedi. Esse erano in numero di 324.198 ed indicavano per la loro immensa densità, non solamente l'intero corso della Via Lattea, ma altresì le sue parti più luminose, e molte delle strane e tenebrose fenditure e vuoti quasi assolutamente privi di stelle.

Dopo, il professor Seeliger, di Monaco, osservò 135.000 stelle della Via Lattea inferiori alla nona grandezza, e divise il cielo in nove regioni o cerchi di 20 gradi di ampiezza, cioè di quaranta gradi di diametro,

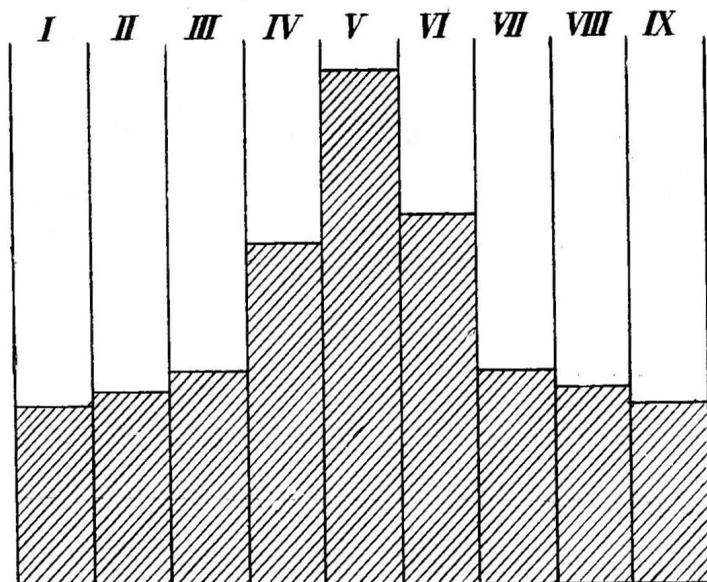
che si estendono da un polo all'altro della Via Lattea: la regione di mezzo, vale a dire la quinta, è una zona di venti gradi di ampiezza, che include la Via Lattea, le altre zone intermedie sono esse pure di eguale dimensione. La seguente tavola mostra i risultati ottenuti dal professore Newcomb, il quale fece qualche modificazione nell'ultima colonna, quella che contiene la densità delle stelle, allo scopo di correggere alcune differenze nelle grandezze calcolate dai diversi astronomi:

REGIONI:	AREA IN GRADI:	NUMERO DELLE STELLE:	DENSITÀ:
I.	1398,7	4.277	2,78
II.	3.146,9	10.185	3,03
III.	5.126,6	19.488	3,54
IV.	4.589,8	24.492	5,32
V.	4.519,5	33.267	8,17
VI.	3.971,5	23.580	6,07
VII.	2.954,4	11.790	3,71
VIII.	1.796,6	6.375	3,21
IX	468,2	1.644	3,14.

*N.B.* – L'ineguaglianza delle aree a nord e a sud esiste perchè la numerazione delle stelle andò solamente fino a 24° di D. sud, e perciò non include che una parte soltanto delle regioni VII, VIII, IX.

Su questa tavola di densità il professor Newcomb, fa le seguenti osservazioni: «La densità delle stelle in alcune regioni che sono vicine ai poli aumenta incessantemente (regioni I e IX) e nella stessa Via Lattea (regione V). Se quest'ultima fosse un semplice anello di stelle che circondasse un sistema sferico di stelle, la densità dei corpi celesti luminosi sarebbe presso a poco la medesima nelle regioni I, II e III come nella VII, VIII e IX, eccetto lo spazio compreso nella IV e VI regione, quando si approssimassero i limiti del circolo. Ma se questo non fosse il caso, i numeri 2.78, 3.03 e 3.54 al nord e 3.14, 3.21 e 3.71 al sud, dimostrerebbero un aumento progressivo dal polo galassico alla Via Lattea stessa. La conclusione che ne possiamo trarre è una e fondamentale: l'Universo, o almeno la parte più densa di esso, è schiacciato fra i due poli della Via Lattea, come già avevano supposto Herschel e Struve.

## DIAGRAMMA DELLA DENSITÀ DELLE STELLE



Secondo i calcoli di Herschel (*dati dal prof. Newcomb a p. 251*).

Ma osservando la serie delle figure disegnate sopra una tavola, per esempio quella del Prof. Newcomb, mi sembra che l'enunciato non venga dimostrato, e perciò disegnai io stesso il diagramma delle figure della tavola, il quale dimostra con certezza che la densità nelle regioni I, II e III, e nelle regioni VII, VIII e IX, può dirsi che sia press'a poco eguale, le stelle cioè vi aumentano di numero con molta lentezza, ma presentano un improvviso accrescimento nelle regioni IV e VI all'avvicinarsi dei confini della Via Lattea. La causa di questo fatto, del

resto, potrebbe essere uno schiacciamento verso i poli, o anche un diradamento di stelle in quella direzione.

Per dimostrare l'enorme differenza che passa tra l'addensamento delle stelle nella Via Lattea, e quello che si nota ai poli galassici, il professor Newcomb dà la tavola seguente delle misure herscheliane, nella quale nota soltanto che vi è un enorme e sempre crescente addensamento nella regione galassiana, poichè il dotto astronomo ne contò, in quelle parti, molte di più di quelle che ne avevano contato gli altri studiosi.

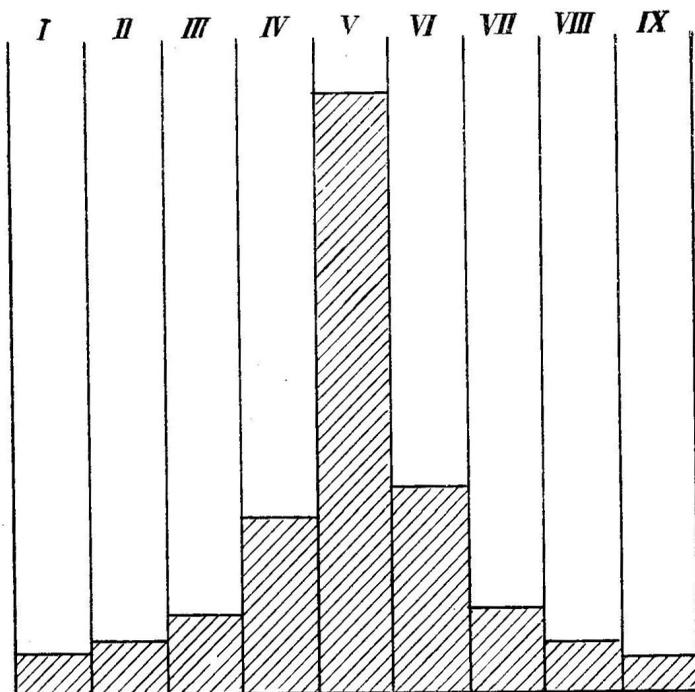
Regione	I.	II	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX
Densità	107	154	281	560	2,019	672	261	154	111

Ma un'importante caratteristica di queste cifre è che gli Herschel soli studiarono l'intera volta celeste dal polo nord al polo sud, con strumenti della stessa grandezza e qualità e passando quasi tutta la vita ad occuparsi di questi loro lavori, per il che giunsero ad acquistare una precisione incomparabile nella loro facoltà di contare rapidamente e con accuratezza le stelle che passavano nel campo del telescopio.

I risultati, perciò, devono essere considerati come aventi un valore molto maggiore di quelli ottenuti da qualche altro osservatore, ed anche dall'insieme degli osservatori, ed ho creduto ben fatto di disegnare un diagramma delle loro figure, dal quale sarà facile vedere quanto stretto rapporto esso abbia con il primo per quel

che riguarda il lento aumento delle stelle nelle prime tre regioni, al nord ed al sud, ed il rapido aumento nelle regioni IV e VI nelle vicinanze della Via Lattea. La sola notevole differenza fra i due diagrammi trovasi nella immensamente più grande ricchezza che si scorge nella stessa Via Lattea, il che rappresenta un fenomeno che possiamo apprezzare soltanto mediante l'inarrivabile potenza d'osservazione dei due più grandi astronomi che siano mai vissuti, e che consacrarono la loro vita a questo speciale studio.

### DIAGRAMMA DELLA DENSITÀ DELLE STELLE



*Da una tavola dell'opera LE STELLE (pag. 249).*

Il Prof. Newcomb stesso, dopo investigazioni affatto differenti, arriva ad un risultato che si accorda con questi diagrammi e che noi riferiremo: ed essendo questo un soggetto interessantissimo, non sarà inutile riportare ancora un terzo diagramma, tolto dalle tavole di addensamento dello stesso Giovanni Herschel:

ZONE DELLA DISTANZA POLARE NORD DELLA VIA LATTEA			CIFRA MEDIA DELLE STELLE in un campo di 15'.
0°	a	15°	4,32
15°	a	30°	5,42
30°	a	45°	8,21
45°	a	60°	13,61
60°	a	75°	24,09
75°	a	90°	53,43
ZONE DELLA DISTANZA POLARE SUD DELLA VIA LATTEA			CIFRA MEDIA DELLE STELLE in un campo di 15'.
0°	a	15°	6,05
15°	a	30°	6,62
30°	a	45°	9,08
45°	a	60°	13,49
60°	a	75°	26,29
75°	a	90°	59,06

In questi prospetti la Via Lattea è considerata come occupante due zone di 15° ciascuna, invece di 26°, come in quelli del Prof. Newcomb; così vediamo che il

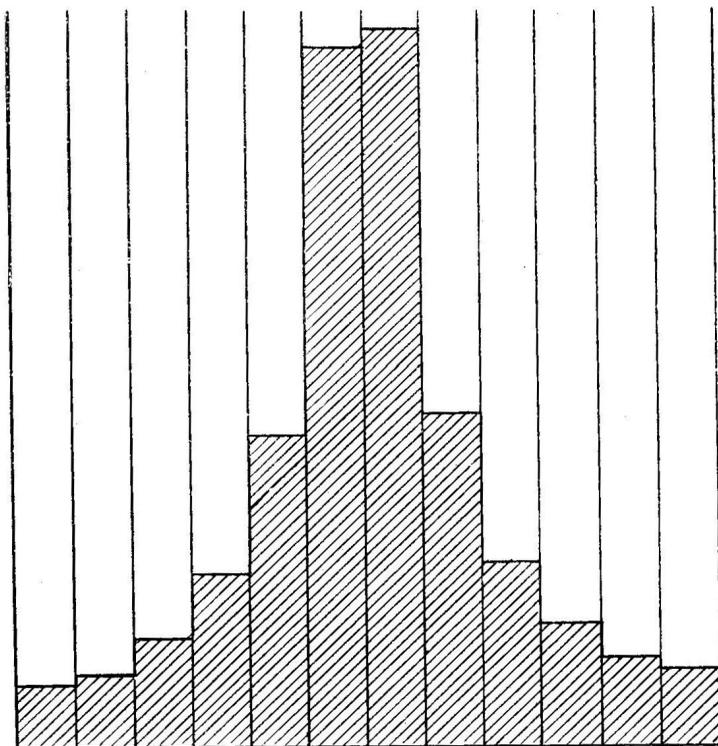
numero delle stelle non supera molto quello delle altre zone, e mostra anche una lieve preponderanza nell'emisfero sud, preponderanza che probabilmente è dovuta al fatto che al capo di Buona Speranza vi è un'atmosfera più limpida di quella attraverso la quale si compiono in Inghilterra le osservazioni astronomiche.

### DIAGRAMMA DELLA DENSITÀ DELLE STELLE

Polo Nord  
della Via Lattea

Zona equatoriale  
della Via Lattea

Polo Sud  
della Via Lattea



Da una tavola dei PRINCIPII DI ASTRONOMIA di Giovanni Herschel (10<sup>a</sup> edizione, pag. 577-578).

Sarà necessario far notare che da questo diagramma si possono ricavare risultati identici a quelli degli altri due, vale a dire un addensamento continuo delle stelle, dai poli della Via Lattea a quella che si può chiamare zona equatoriale; inoltre, l'addensamento aumenta più rapidamente, quanto più ci accostiamo alla Via Lattea. Noi dunque dobbiamo accettare questo fatto senza discuterlo.

#### AMMASSI STELLARI E NEBULOSE IN RAPPORTO CON LA VIA LATTEA.

Un fatto importantissimo, che ci dimostra anch'esso la struttura del cielo, è la distribuzione delle due categorie di fenomeni celesti, conosciuti col nome di *ammassi stellari* e di *nebulose*. Quantunque possiamo formare una quasi continua serie che dalle stelle doppie, le quali hanno un moto di rotazione intorno al loro centro comune di gravità, arriva a quelle triple ed anche quaduple, radunate in nuclei ed aggregazioni d'infinita estensione, delle quali le Pleiadi danno il migliore esempio, perchè le loro sei stelle visibili ad occhio nudo, guardate con un potentissimo telescopio, diventano di centinaia e centinaia, e le fotografie in tre ore d'esposizione ne danno un numero di due mila, nondimeno nessuna di queste corrisponde alla numerosa classe di quelle chiamate *ammassi*, sia globulari che irregolari, e che sono numerosissimi.

mi, tanto che Giovanni Herschel ne conobbe circa seicento, più di cinquanta anni fa. Molti di questi ammassi sono fra i più lucenti e i più belli che si vedano nel firmamento, anche guardando con un telescopio o con un cannocchiale dei più perfetti. Tali sono la luminosa macchia chiamata Presepe o Alveare, nella costellazione del Cancro, e quella che si trova nell'elsa della spada di Perseo.

Nell'emisfero meridionale si osserva una stella fosca di quarta grandezza,  $\omega$  del Centauro, lo splendore della quale, secondo Giovanni Herschel, aumenta sempre verso il centro. Con un buon telescopio si vede che essa è invece un gruppo di stelle, il cui insieme ha un diametro lungo circa due terzi quello della luna; le stelle sono tutte di tredicesima e quindicesima grandezza, questo è perciò il corpo più meraviglioso che si ammira nella volta celeste. Herschel lo descrive come circondato da un merletto formato di stelle. Oggi, con una buona fotografia, si vede che la detta cintura è formata da più di 6000 stelle, alcuni astronomi assicurano anzi che essa non debba averne meno di 10.000.

Nell'emisfero settentrionale uno dei più belli di tali ammassi è quello della costellazione di Ercole, conosciuto col nome di 13 Messier. Può esser osservato ad occhio nudo o con un semplice cannocchiale, ed allora appare come una stella di sesta grandezza, ma se lo osserviamo con un telescopio, si scopre che esso è formato da un gruppo globulare di stelle. Il gran telescopio di Lick ne risolve la parte centrale, più densa, in stelle di-

stinte, le quali, secondo Giovanni Herschel, sono migliaia di migliaia.

Questi due bellissimi ammassi stellari sono descritti in molte moderne pubblicazioni di astronomia popolare, che ne danno un'idea splendida. Quando si potranno studiare più profondamente, è probabile che ci aiuteranno a spiegare molti dei difficili problemi che riguardano la costituzione e lo sviluppo dell'Universo stellare. Attualmente, ai fini del presente lavoro, dobbiamo contentarci di rilevare il fatto che ci desta più interesse, cioè la distribuzione che hanno nel cielo gli ammassi stellari, per constatare che essi abbondano più specialmente nella Via Lattea e nelle immediate vicinanze di questa, cosa che era stata bensì già notata, ma che non era sembrata importante, finchè Proctor, e più tardi Sidney Waters, non disegnarono una mappa dei due emisferi celesti, contenente tutti gli ammassi stellari e tutte le nebulose. Il risultato fu di gran vantaggio. Gli ammassi si vedono fitti e sparsi per tutto il corso della Via Lattea e lungo i suoi margini, mentre nelle altre parti del cielo sono situati a grandi intervalli. La sola eccezione che si nota è rappresentata dalle Nuvole di Magellano, situate nell'emisfero australe, nelle quali si scorgono col telescopio molti ammassi, e se vi fosse bisogno di provare il rapporto fisico di questi ammassi colla Via Lattea, basterebbe considerare la quantità che se ne scorgono in quelle immense estensioni nebulose, che sembrano far parte integrale della Via Lattea stessa. Considerando queste due eccezioni, è probabile che soltanto la vente-

sima parte del numero totale degli ammassi stellari si trovi al di fuori della Via Lattea.

Le nebulose furono, per lungo tempo, confuse cogli ammassi stellari, perchè generalmente si credeva che bastasse un buon telescopio perchè apparissero tali, e la stessa Via Lattea non veniva altrimenti considerata. Ma quando lo spettroscopio dimostrò che molte delle nebulose risultavano principalmente, od anche esclusivamente, di gas incandescenti, mentre nè i più potenti telescopi, nè le prove fotografiche, ancora più efficaci nelle ricerche, davano dati sicuri e sufficienti per risolvere il problema «se fra queste vaste estensioni di gas incandescenti esistessero delle stelle, formanti evidentemente parte di quelle», si comprese come le nebulose rappresentino un fenomeno celeste speciale, opinione che fu rinforzata e resa certa dal modo addirittura unico col quale esse sono distribuite.

Poche, del tipo più grande e regolare, come si può osservare nella grande nebulosa d'Orione, visibile ad occhio nudo, nella nebulosa spirale d'Andromeda e nella stupenda nebulosa Buco di Chiave che si scorge intorno a  $\eta$  di Argus, sono situate nella Via Lattea o vicine ad essa. Ma tolte queste e altre poche eccezioni, la maggioranza delle più piccole nebulose irriducibili pare che la sfugga, essendovi uno spazio quasi interamente sgombro tra queste e i limiti della Via Lattea, tanto nell'emisfero settentrionale che in quello meridionale. Invece, nei punti più distanti della Via Lattea se ne scorgono in gran numero sulla volta celeste; nell'emisfero meridio-

nale specialmente ed intorno al polo galassico poi, esse abbondano straordinariamente. La distribuzione delle nebulose è dunque esattamente inversa di quella degli ammassi stellari, ma le une e gli altri sono in relazione tanto intima con la Via Lattea, cioè col piano fondamentale del sistema siderale, come la chiama Giovanni Herschel, che siamo costretti a considerarle tutte come parti importanti di un grandioso e mirabile Universo simmetrico, ed i loro notevoli ed opposti modi di distribuzione nel cielo possono, probabilmente, offrirci il mezzo di studiare questo Universo e comprendere i cambiamenti che continuamente vi avvengono. La carta celeste che riproduciamo in fine del volume, col gentile permesso della *R. Società Astronomica*, ha un'importanza grandissima, anzi è indispensabile per comprendere con chiarezza la natura e la costituzione del vasto sistema siderale che ci circonda.

Un accurato esame dei due emisferi celesti ci darà un'idea chiara dei fatti più salienti della distribuzione degli ammassi stellari e delle nebulose, che potrà servirci di descrizione o ragguglio numerico.

La forma di molte di queste nebulose è strana; molte sono assolutamente irregolari, come quella d'Orione, del Buco di Chiave, nell'emisfero meridionale, e molte altre. Qualcuna presenta una forma spirale nettamente delineata, come quelle di Andromeda e del Cane da Caccia; altre hanno una forma anulare o circolare, come quelle della Lira e del Cigno; molte di esse sono chiamate *nebulose planetarie*, perchè hanno la forma di un disco dai

contorni sfumati, precisamente come quello dei pianeti. Molte possiedono delle stelle, ed anche gruppi di stelle, che evidentemente formano parte integrante di esse, e questo più specialmente si può osservare nelle nebulose maggiori, ma esse sono relativamente poche e di tipo più o meno eccezionale, perchè la maggior parte delle nebulose sono molto piccole, e in generale visibili solamente con un buon telescopio, e tanto tenui da lasciare l'osservatore in dubbio sulla loro vera forma e natura.

Giovanni Herschel nel 1864 contò 5000 nebulose, ma verso il 1890 ne furono scoperte oltre 8000 e più. L'applicazione della camera ottica ne ha accresciuto tanto il numero, che possiamo dire con certezza che esse ascendano a centinaia e centinaia di migliaia.

Lo spettroscopio dimostra che le più grandi e quelle più irregolari sono composte di gas, e che quelle anulari e planetarie sono altrettanto lucide quanto le più brillanti stelle; di questo genere ne esistono moltissime nella Via Lattea, o nelle vicinanze di essa. Il loro spettro dà una linea verde non prodotta da alcun elemento terrestre.

Con il gran telescopio di Lick, molte delle nebulose planetarie ci appaiono irregolari e qualche volta con la forma di un anello compresso, intrecciato, o in altre strane forme. Molte delle nebulose più piccole sono doppie ed anche triple, ma la loro forma precisa e il loro movimento ci rimangono ancora sconosciuti.

La grande maggioranza delle piccole nebulose, che occupano un grande spazio del cielo lontano dalla Via Lattea, sono spesso dette *irriducibili*, perchè i più grandi

e potenti telescopi non ci dicono niente di esse, le quali sono anche troppo deboli perchè lo spettroscopio ne possa indicare con precisione la struttura. Molte di esse hanno forma cometaria, e non è fuor di luogo il credere che la loro struttura non sia molto dissimile da quella di tali corpi celesti.

Abbiamo così passato in rivista, i principali corpi che possiamo osservare nel cielo al di fuori del sistema solare, tanto per quel che riguarda il numero e la distribuzione delle stelle lucide, visibili ad occhio nudo, quanto per quelle visibili soltanto col telescopio; la forma e le principali caratteristiche della Via Lattea ed inoltre il numero e la distribuzione di quei meravigliosi fenomeni celesti, quali sono gli ammassi stellari e le nebulose, nei loro speciali rapporti con la Via Lattea. Quest'esame ci ha dato un'idea chiara dell'armonia dell'intero Universo visibile, dimostrandoci che ogni cosa che noi possiamo scorgere nel cielo e della quale possiamo ottenere una certa conoscenza con l'aiuto dei moderni e giganteschi telescopi, o delle lastre fotografiche, o dello spettroscopio, mezzo ancora più meraviglioso degli altri, forma parte di un vasto sistema che brevemente e propriamente è stato chiamato Universo stellare.

Nel seguente capitolo avizzeremo ancora di un passo nelle nostre investigazioni, e parleremo di quel che è a nostra conoscenza circa la distanza e il movimento delle stelle; così, acquistando alcune importanti e necessarie cognizioni, arriveremo più facilmente all'argomento che abbiamo preso a trattare.

## **CAPITOLO V.**

### **DISTANZA DELLE STELLE.**

### **MOTO DEL SOLE ATTRAVERSO**

### **LO SPAZIO.**

Nelle età più antiche, prima che gli uomini si fossero formati un'idea esatta della distanza che passa fra noi e le stelle, la semplice concezione di una sfera di cristallo, alla quale fossero attaccati quei punti luminosi, e che girasse ogni giorno intorno ad un asse situato vicino alla nostra stella Polare, era sufficiente alla spiegazione del fenomeno. Ma quando Copernico indovinò il vero andamento dei corpi celesti, ed affermò che la terra e i pianeti gravitano intorno al sole ad una distanza di molti milioni di miglia, e quando questo suo dire fu appoggiato dalle leggi di Kepler e dalle scoperte del cannocchiale del Galilei, allora sorse un'altra difficoltà, che gli astronomi non furono capaci di risolvere. Se, dicevano essi, la terra rotea intorno al sole ad una distanza che non può esser meno (secondo le misure di Kepler, ricavate dalla

distanza di Marte quando è in opposizione) di 13 milioni e mezzo di miglia, come avviene che le stelle più vicine non cambiano la loro apparente posizione, se guardiamo dalla parte opposta di questa orbita enorme? Copernico, e dopo di lui Kepler e Galilei, strenuamente sostennero che ciò avviene perchè le stelle sono ad una così enorme distanza dalla terra, che l'orbita terrestre non è che un atomo al paragone. Ma ciò sembrò assolutamente incredibile anche al grande osservatore Tycho Brahe, e perciò la teoria di Copernico non fu generalmente e immediatamente accettata, come lo sarebbe stato senza quella obiezione.

Galilei ebbe sempre l'idea fissa che un giorno si sarebbe potuta fare questa misura, e suggerì anche il modo di compierla, che oggi viene adoperato come quello che dà più sicuri risultati. Ma la distanza del sole non fu da prima misurata con molta accuratezza, cosa che fu fatta solamente sul finire del secolo decimottavo, durante il passaggio di Venere, con osservazioni fatte per mezzo di strumenti perfetti. Tale distanza è presentemente stabilita di circa 92 milioni e 780 mila miglia e se errore vi può essere, è solamente nel numero 780.000, e dicendo che essa è di 92 milioni di miglia e tre quarti, si può esser sicuri che la cifra sia esatta.

Con tale enorme linea di base, quale è il doppio di questa distanza, la quale giova facendo le necessarie osservazioni ad intervalli di circa sei mesi, quando la terra si trova cioè ai punti opposti della sua orbita, sembrò certo che qualche parallasse delle stelle più vicine potes-

se essere misurata, e molti astronomi si consacrarono al detto lavoro coll'aiuto dei migliori strumenti; ma bisognava sormontare enormi difficoltà, e pochi risultati, veramente soddisfacenti, furono potuti ottenere fino alla seconda metà del secolo decimonono. La distanza di circa quaranta stelle è stata misurata con abbastanza certezza, sebbene bisogna ammettere la possibilità ed anche la probabilità d'errore; di circa altre trenta conosciamo una parallasse di un decimo di secondo e forse meno; ma anche questo calcolo è tutt'ora incerto.

Le due stelle più vicine a noi sono:  $\alpha$  del Centauro e la 61<sup>a</sup> del Cigno. La prima è una delle stelle più brillanti dell'emisfero meridionale, ed è circa 275 mila volte più lontana da noi del Sole. La luce emanata da questa stella impiega, per giungere fino a noi, 4 anni e un quarto, e questo viaggio della luce, come viene chiamato, è un dato che gli astronomi usano come mezzo facile per determinare la distanza delle stelle fisse in miglia, che nel suddetto caso sarebbe di circa 25 milioni di milioni. L'altra, la 61<sup>a</sup> del Cigno, è una stella della quinta grandezza circa, e nondimeno è la seconda tra le più vicine a noi, e la sua luce impiega circa sette anni e un quarto per giungere alla terra. Se non avessimo altre distanze determinate che queste due, i fatti sarebbero nonostante della più alta importanza, perchè essi c'insegnano, prima di tutto, che la grandezza e lo splendore di una stella non provano la sua vicinanza a noi, e di questo fatto vi sono molte altre prove; in secondo luogo ci forniscono l'idea di un probabile *minimum* di distanza tra i soli indi-

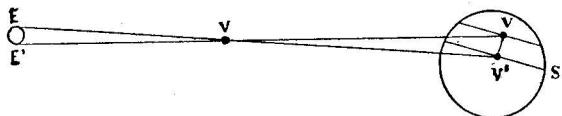
pendenti l'uno dall'altro, distanza che, in proporzione della loro grandezza, essendo qualcuno di essi conosciuto come molte e molte volte più grande del nostro sole, non è quanto potremmo credere. Questo *minimum* di lontananza è forse dovuto al fatto che si sono messi in rapporto fra loro, a causa della gravitazione universale, quei soli che per l'appunto erano un tempo più vicini fra loro.

Perchè questa misura della distanza delle stelle più vicine possa esser chiaramente intesa da tutti coloro che desiderano avere una cognizione esatta della scala di questo vasto Universo del quale facciamo parte, spiegheremo pianamente e con brevità il nuovo metodo adottato come migliore.

Chi non è estraneo ai principî fondamentali della trigonometria, o misurazione, sa che anche una distanza inaccessibile può essere accuratamente determinata, se possiamo misurare la linea che intercede fra due punti, dai quali si possa scorgere l'inaccessibile oggetto, e se abbiamo un buono strumento per la misura degli angoli. L'esattezza dipenderà prima di tutto dalla nostra base, linea che non deve essere eccessivamente corta in paragone della distanza che si deve misurare. Se questa linea di base è la metà od anche un quarto di quella da misurarsi, il risultato può essere esatto se la misura viene direttamente eseguita sul terreno, ma se è lunga soltanto la centesima o millesima parte, un piccolo errore nella misura della lunghezza della base o nel valore degli angoli ne farà risultare, nel totale, uno grandissimo.

Per misurare la distanza della luna, il diametro della terra, o almeno una grande parte di esso, ha servito di *base*. Se due osservatori si pongono ad una grande distanza l'uno dall'altro, ed uno di essi, dopo un intervallo di nove o dieci ore, può esaminare la luna da una posizione sei o sette mila miglia lontano dall'altro, con un'accurata misura della sua distanza angolare dall'astro, e del tempo del suo passaggio sopra il meridiano del luogo, osservato con uno strumento di transito, lo spostamento angolare può essere trovato ad una distanza determinata e con grande esattezza, sia pure la distanza trenta volte maggiore della lunghezza che si è presa come base. La distanza del pianeta Marte, il più vicino a noi, fu misurata allo stesso modo. La sua distanza, quando trovasi nel punto più vicino e durante la più favorevole opposizione, è di circa trentasei milioni di miglia, cioè 4.000 volte maggiore del diametro terrestre; però sono state necessarie le più accurate osservazioni, più e più volte ripetute, per ottenere un risultato il più approssimativo che fosse possibile. Dato questo, per la legge di Kepler sul rapporto proporzionale della distanza dei pianeti dal sole e col tempo impiegato da essi nella loro rivoluzione, la distanza di tutti gli altri pianeti e quella del sole stesso può essere accertata. Però questo metodo non dà risultati tali da soddisfare gli astronomi, perchè è dalla distanza del sole che dipende quella di tutti gli altri corpi del sistema solare. Fortunatamente vi sono altri due metodi per eseguire questa importante misurazione, ed il risultato ottenuto con essi si avvicina di più alla

certezza ed alla precisione. Il primo di questi metodi può adoperarsi le rare volte in cui il pianeta Venere, passando sul disco solare, può esser veduto dalla terra.



*Diagramma del passaggio di Venere.*

Quando ciò accade, l'osservazione del passaggio, come è chiamato, si fa da parecchi punti del globo, lontani fra di loro. La distanza fra questi luoghi può esser facilmente e con sicurezza calcolata dalla latitudine e longitudine. Il diagramma che precede illustra il semplice modo di determinare la distanza del sole. La descrizione che ne dà Proctor nel suo trattato *Vecchia e nuova Astronomia* è così chiara, che la copio testualmente.

«V rappresenta Venere che passa fra la terra E, ed il sole S; un osservatore collocato al punto E vedrà Venere a  $v'$ , mentre un altro osservatore col locato al punto  $E'$  la vedrà a  $v$ . La misura della distanza  $v v'$ , comparata al diametro del disco solare, determina gli angoli  $v V v'$ , ed  $E V E'$ , e la distanza,  $E V$  può esser calcolata con la base conosciuta  $E E'$ . Per esempio, sappiamo (dalle proporzioni conosciute del sistema solare perchè determinate dalle sue rivoluzioni, secondo la legge di Kepler) che tra  $E V$  e  $V v$  è la proporzione come 28 a 72 o 7 a 18; quindi la proporzione  $E E' : v v'$  dà il medesimo risultato. Supponiamo dunque che la distanza fra le due stazioni

sia di 7000 miglia,  $v v'$  sarà di 18.000 miglia, e per mezzo di una misurazione accurata, troveremo che  $v v'$  è la quarantottesima parte del diametro solare. Il diametro solare calcolato e misurato in tal guisa, è 48 volte 18.000 miglia, vale a dire 864.000 miglia; e dalla sua apparente grandezza, quella cioè di un globo  $107\frac{1}{3}$  volte maggiore del suo proprio diametro lontano da noi, deduciamo che la sua distanza da noi è 92,736,000 miglia.

Essendovi due osservatori, la proporzione della distanza  $v v'$  al diametro del disco solare, non può essere misurata direttamente, ma ciascuno di loro misurerà l'apparente distanza angolare del pianeta, dai più bassi ai più alti limiti del sole, quando traversa il disco, e così potremo conoscere la distanza angolare fra le due linee di transito. La distanza  $v v'$  può essere anche ottenuta notando accuratamente i tempi del più alto e più basso passaggio di Venere, poichè, essendo la linea di passaggio considerevolmente più corta nell'uno che nell'altro, si otterrà per le proprietà conosciute del circolo l'esatta proporzione della distanza fra esse ed il diametro del sole, e siccome si crede che questo metodo dia le cifre più esatte, viene generalmente adottato. A tale scopo la stazione dei due osservatori deve esser situata in modo che la lunghezza delle due corde  $v$  e  $v'$  possa essere assai disuguale; la misurazione sarà così più facile.»

L'altro metodo per determinare la distanza del sole, è il misurare la velocità della luce. Ciò fu fatto per la prima volta dal fisico francese Fizeau nel 1849, per mezzo di specchi roteanti velocemente; l'esperimento è descrit-

to in molti trattati di fisica. Questo metodo ha ora raggiunto un tal grado di perfezione, che la misura della distanza del sole, così ottenuta, è assolutamente esatta quanto quella che si ottiene col passaggio di Venere. La velocità della luce determina la distanza del sole, perchè il tempo impiegato da questa per giungere dal sole alla terra, come si sa, è di 8 minuti e 13 secondi e un terzo; questo calcolo fu compiuto per la prima volta nel 1675 per mezzo dell'eclissi dei satelliti di Giove. Questi satelliti roteano intorno al pianeta ognuno in un periodo di tempo che varia da un giorno e tre quarti a sedici giorni, ed a cagione del loro movimento, vicinissimo al piano dell'eclittica ed all'immensa orbita di Giove, i tre più vicini al pianeta vengono eclissati ad ogni rivoluzione. Questa rapida rivoluzione dei satelliti e la frequenza delle loro eclissi, ci mettono in grado di determinare con grande esattezza il periodo di ogni loro ritorno, specialmente dopo diversi anni di accurate osservazioni. Fu osservato che quando Giove è alla sua più grande distanza dalla terra, le eclissi dei suoi satelliti avvengono poco più di 8 minuti dopo il tempo calcolato dal medio periodo di rivoluzione, e quando il pianeta è più vicino a noi, le eclissi avvengono presso a poco con un equivalente anticipo. Dopo che ulteriori osservazioni ebbero dimostrato che non vi è differenza fra il calcolo e l'osservazione quando il pianeta si trova alla maggior distanza da noi, e che l'errore nasce ed aumenta esattamente in proporzione della diminvente distanza, allora fu cosa palese e chiara che la sola causa atta a produrre tale fenomeno,

era il fatto che la luce non ha una velocità infinita, ma percorre invece lo spazio in un tempo determinato. Non-dimeno, benchè questa fosse un'assai importante spiegazione, scorsero ben due secoli prima di poterne dare una prova sicura, ottenuta soltanto per mezzo di due difficili metodi di misura, quello della vera distanza del sole dalla terra e quello della celerità della luce per ogni secondo. I risultati ottenuti con quest'ultimo metodo corrispondono quasi esattamente con quelli dedotti dalle eclissi dei satelliti di Giove e dalla distanza dal sole alla terra, misurata durante il passaggio di Venere.

Ma il problema di misurare la distanza del sole e trovare per tal modo la dimensione dell'orbita dei pianeti del nostro sistema, diventa insignificante a confronto delle enormi difficoltà che s'incontrano per determinare la distanza delle stelle.

Molti, e forse la maggioranza, di coloro che leggono le opere di astronomia popolare, non hanno che poche conoscenze delle matematiche, e non sanno il vero significato di un angolo, di un minuto, di un secondo, credo quindi opportuno darne qui alcune spiegazioni.

Un angolo di un grado ( $1^\circ$ ) è la  $360^{\text{ma}}$  parte di un circolo veduto dal suo centro, la  $90^{\text{ma}}$  parte di un angolo retto, la  $60^{\text{ma}}$  parte di ogni angolo di un triangolo equilatero. Per esaminare con esattezza il valore di un angolo di un grado, basterà disegnare una corta linea (B C) lunga un decimo di pollice, ed un punto (A), alla distanza di cinque pollici e tre quarti da esso (esattamente pollici

5, 72957795), e da questo punto tirare due linee che raggiungano B e C; l'angolo A è di un grado.



In tutti i lavori astronomici un grado è considerato come un angolo molto grande. Anche prima dell'invenzione del telescopio, gli antichi astronomi fissarono la posizione delle stelle e dei pianeti a metà o ad un quarto di grado. Proctor credette che la posizione delle stelle e dei pianeti determinata da Tycho Brahé fosse esatta con una correzione di circa uno o due minuti d'arco. Un minuto d'arco si ottiene dividendo la linea B C in sessanta parti eguali e calcolando la distanza fra due delle divisioni ottenute, ad occhio nudo, guardando dal punto A. Alcune persone che posseggono una vista acuta, possono vedere oggetti minutissimi a dieci ed anche undici pollici di distanza, perciò possiamo raddoppiare la distanza A B, e facendo la linea B C la trecentesima parte della lunghezza di un pollice, avremo l'angolo di un minuto, che Tycho Brahé fu forse capace di misurare. Quale sia il valore d'un minuto sanno perfettamente gli astronomi moderni, perchè a loro lo dimostrò il fatto che la massima differenza fra la posizione calcolata e quella osservata di Urano, che facilitò ad Adams ed a Leverrier la ricerca e la scoperta di Nettuno, era solamente di un minuto e mezzo, spazio così piccolo da essere quasi invisibile ai nostri occhi, così che se vi fossero stati due

pianeti, uno nel luogo calcolato, l'altro nel luogo osservato, sarebbero apparsi addirittura in una sola visione.

Per poter bene spiegare che cosa significhi un secondo d'arco, guardiamo questo circolo ( $\odot$ ), che abbiamo cercato che avesse il più esattamente possibile un decimo di pollice di diametro.

Se guardiamo questo cerchio dopo averlo allontanato da noi di 28 piedi ed 8 pollici, otterremo un angolo di un minuto, e se noi lo metteremo ad una distanza di quasi 1730 piedi, cioè ad un terzo di miglio, ridurremo l'angolo ad un secondo. Ma la stella fissa più vicina a noi,  $\alpha$  del Centauro, ha una parallasse di solamente tre quarti di secondo, perciò la distanza dal sole alla terra, circa 92 milioni e tre quarti di miglia, non appare immensa, paragonata alla stella più vicina, cioè al piccolo cerchio sud-descritto ad un terzo di miglio di distanza. Per vedere questo circolo alla detta distanza occorrerebbe un eccellente telescopio di una potenza di almeno cento ingrandimenti; per vederne una piccola parte e misurare la proporzione di detta parte con l'intero, bisognerebbe una fortissima luce, ed un telescopio astronomico di grande potenza.

### CHE COSA È UN MILIONE?

Ma quando bisogna trattare di milioni, ed anche di migliaia di milioni, sorgono altre difficoltà, perchè po-

chi sono coloro che sanno farsi un'idea esatta di ciò che sia un milione. Fu suggerito che, in ogni grande scuola, le mura di una stanza fossero destinate a dimostrare a prima vista che cosa sia un milione. Per far ciò occorrebbero un centinaio di fogli di carta grandi circa quattro o sei pollici quadrati; supponiamo che siano di quattro. In un quadretto sì e in uno no, dovrebbe collocarsi un'ostia da suggellare, in modo da lasciare eguale spazio bianco fra le macchie nere. Ogni dieci ostie bisognerebbe lasciare doppio spazio, per poter distinguere ogni centinaio di ostie ( $10 \times 10$ ). Ciascun foglio dovrebbe contenere 10000 ostie tutte visibili distintamente dal centro di una stanza di 20 piedi di grandezza; ogni serie orizzontale o verticale dovrebbe contenere mille ostie, dunque cento di esse dovrebbero contenere un milione di ostie, occupando uno spazio lungo in ogni filare 450 piedi, ovvero cinque volte 90 piedi, ed avrebbero in tal guisa coperto tutte le pareti di una stanza di 30 piedi quadrati di superficie e alta 25 piedi dal pavimento al soffitto, lasciando spazio per le porte, ma non per le finestre, dovendo prender luce solamente dall'alto. Una sola stanza così disposta avrebbe gran valore in un paese dove abitualmente si parla di milioni, e ove i milioni si sprecano con tanta facilità, ma dove nessuno conosce nulla della scienza moderna, e tratta inconsideratamente il molto ed il poco, senza avere un'idea precisa di quanto sia grande la cifra di *uno* di quei milioni, dei quali nelle due scienze moderne, l'astronomia e la fisica, bisogna trattare a centinaia, a migliaia ed anche a milioni. In

ogni città considerevole dovrebbe instituirsi una sala o galleria, che dovrebbe avere un milione disposto sopra i suoi muri, nel modo descritto più sopra. E non importerebbe che i muri fossero poi ricoperti di carte, ornamenti o pitture, purchè, tolte queste, il milione visibile, da potersi contare, rimanesse come una permanente lezione per tutti coloro che la desiderassero. Io sono sicuro che ciò avrebbe un benefico effetto sopra molte delle umane azioni e sopra molti degli umani pensieri. Ognuno potrebbe costruirsi questo quadro da sè in piccole proporzioni, prendendo un centinaio di fogli di carta da ingegnere, dividendoli in tanti quadretti ed attaccandovi piccolissime ostie. Facendo così potrebbe farsi un'idea del milione, sebbene non tanto evidente come quando è rappresentato in grandi proporzioni.

Allo scopo di render possibile ad ogni lettore del presente volume il farsi un concetto del numero di unità comprese in un milione, ho fatto il computo delle lettere che questo volume contiene, ed ho trovato che ammontano a circa 420000<sup>13</sup>, cioè considerevolmente meno della metà di un milione. Rifate il conto durante la lettura, e vi persuaderete che se ogni lettera fosse una lira sterlina, ne avremmo in *due* di questi volumi tante quante ne occorrono per la costruzione di una nave. E se ciascuna lettera dei due volumi fosse lunga un miglio, giungeremmo a poco più della centesima parte della distanza che intercede fra noi e il sole.

---

13 Edizione inglese. – N. dell'E.

Ed ora che ci siamo fatta un'idea vera del valore di un milione, potremo meglio comprendere le cifre delle quali abbiamo già parlato.

Dopo aver considerato attentamente queste cifre, ed anche parzialmente calcolato questa enorme distanza, possiamo fare il primo passo, paragonare cioè questa distanza con quella della stella fissa più vicina a noi. Abbiamo veduto come la parallasse di detta stella è tre quarti di un secondo d'arco, numero che significa esser questa stella 271,400 volte più lontana da noi del nostro sole. Dopo aver compreso cosa sia un milione, e sapendo che il sole è 92 volte e tre quarti questa distanza dalla terra, in miglia, spazio che a mala pena possiamo concepire, troviamo che bisogna moltiplicare questa quasi inconcepibile distanza 271,400 volte – più di un quarto di milione – per ottenere quella che ci separa dalla stella fissa più vicina. Così cominceremo a comprendere, benchè imperfettamente, quanto sia vasto il sistema dei soli intorno alla terra, e quale sia l'immensità dell'Universo materiale, che noi vediamo, in modo così meraviglioso e stupendo, spiegare davanti ai nostri occhi la magnificenza delle sue stelle e della sua misteriosa Via Lattea.

Questi preliminari, quantunque possano parere un po' lunghi, sono stati necessari affinchè i lettori potessero formarsi un'idea delle grandi difficoltà da sormontare per misurare una qualsiasi di tali distanze. Ora mi propongo di esporre quali sono queste difficoltà e come sono state superate, e spero anche di dimostrare che le cifre dateci dagli astronomi non sono mere supposizioni,

nè probabilità, ma vere misure, che, in certi limiti e tolti possibili errori, possono darci una assai precisa idea dell'Universo visibile.

## MISURA DELLE DISTANZE STELLARI

La difficoltà principale di questo calcolo è che la distanza è tanto grande, che la più lunga e la più utile linea di base, il diametro dell'orbita terrestre, non comprende che un angolo di poco più di un secondo, mentre per le altre minori è meno di un secondo e spesso soltanto una piccola frazione di esso. Ma questa difficoltà, per quanto grande sia, è resa maggiore dal fatto che non vi sono punti fissi nel cielo, dai quali cominciare a misurare, poichè sappiamo che molte delle stelle si muovono e tutte in varia maniera, e che il sole stesso si sposta fra le stelle con una velocità non ancora ben determinata, benchè se ne conosca la direzione. Conoscendo i movimenti della terra, quantunque complicatissimi, fu dapprima tentato di determinare il cambiamento di posizione delle stelle per mezzo di accurate osservazioni, ripetute più volte a sei mesi d'intervallo l'una dall'altra, e proprio nel momento del loro passaggio sul meridiano della loro distanza dallo zenit. Sottraendo allora dalle osservazioni ottenute tutti i movimenti compiuti dalla terra, quali la precessione degli equinozi e la mutazione dell'asse, e tenendo conto della refrazione e della aberrazione

zione della luce, si tentò di stabilire quale fosse l'effetto rimasto, dovuto alla differenza di posizione dalla quale le stelle sono viste in epoche diverse. Con tal mezzo molti risultati si ebbero, ma molto migliori ne abbiamo avuti da più recenti osservazioni e da metodi migliori. Questi primi risultati, per quanto ottenuti con strumenti perfetti e da dotti eccellenti, sono pieni d'errori che sembrano inevitabili. Gli strumenti stessi sono soggetti a dilatazioni e a contrazioni a causa dei cambiamenti di temperatura, e quando questi cambiamenti sono improvvisi, una parte dello strumento può essere alterata più di un'altra, la qualcosa produce spesso errori che, quantunque piccoli, possano cambiare considerevolmente la cifra totale. Altra causa d'errore è la rifrazione atmosferica, che può cambiare d'ora in ora secondo le differenti stagioni. Ma la cosa più grave è forse il fatto che il livello su cui poggia lo strumento cambia con grande facilità, anche quando la base sia di solida roccia. Tanto il cambiamento di temperatura, come l'umidità del suolo, possono alterare il livello, inoltre sappiamo che i terremoti e i lenti movimenti di elevazione e di depressione sono molto frequenti. In conseguenza di tutte queste cause, le misure attuali di differenza di posizione delle stelle nelle diverse epoche dell'anno, misure che ammontano a minime frazioni di secondo, si sono riconosciute troppo incerte per determinare il calcolo di certi piccoli angoli con l'esattezza dovuta.

Conosciamo però un altro metodo, il quale, evitando quasi tutte queste cause d'errore, è preferito ed adottato

per tali misure: il calcolo, cioè, della distanza fra due stelle, apparentemente situate l'una vicina all'altra, una delle quali abbia un gran movimento proprio e l'altra non ne abbia alcuno che sia a noi sensibile. Il primo a intravedere un movimento proprio nelle stelle fu Halley nel 1717, il quale osservò che molte stelle alle quali Ipparco, 130 anni avanti G. C., aveva assegnato un posto, non erano nella posizione che avrebbero dovuto avere. Altre osservazioni fatte da antichi astronomi, specialmente quella della occultazione delle stelle dietro il disco lunare, portarono al medesimo risultato. Dopo Halley le stelle furono osservate con molta maggiore accuratezza, e fu constatato che alcune si muovono in modo sensibile d'anno in anno, mentre altre si spostano tanto lentamente che solo dopo 40 o 50 anni può esser calcolato il loro cambiamento di posizione. Il movimento più notevole, proprio di una stella, che si sia potuto determinare, oscilla fra 7" e 8" in un anno, mentre per altre stelle occorrono 20, 50 ed anche 100 anni, prima che un egual movimento possa constatarsi. Dapprima fu creduto che le stelle più brillanti dovessero avere un movimento proprio più rapido, perchè si supposeva che fossero anche più vicine a noi, ma fu poi constatato che molte stelle delle meno appariscenti si muovono con rapidità uguale a quella di alcune più brillanti, mentre in molte delle più brillanti non si può constatare alcun movimento. Fra questi corpi celesti, la stella che si muove con maggior rapidità non raggiunge la sesta grandezza.

È cosa che tutti possiamo osservare: il movimento degli oggetti non si può vedere ad una certa distanza tanto bene quanto da vicino, anche quando la celerità non vari. Se vediamo un uomo sulla cima di un monte a qualche miglio lontano da noi, dobbiamo osservarlo per un certo tempo prima di poter affermare ch'egli cammini o stia fermo. Oggetti così enormi quali le stelle, si possono quindi muovere anche con una velocità di molte miglia in un secondo, nondimeno richiedono anni ed anni di indefessa osservazione per darci la sicurezza che esse si muovano.

È stato accertato che il movimento proprio di circa un centinaio di stelle è annualmente maggiore di un secondo d'arco; molte altre ne hanno uno minore, e la maggior parte non ha moto apprezzabile, cosa probabilmente dovuta alla loro grande distanza da noi. Non è dunque difficile il caso di vedere una o due stelle immobili, vicinissime ad una terza che abbia un celerissimo movimento proprio (qualche cosa più d'un decimo di secondo può dirsi tale). Allora la stella o le stelle che appaiono immobili possono servire come punto fisso per la misurazione. Quindi tutto ciò che rimane a fare è calcolare con grande esattezza la distanza angolare che passa fra la stella errante e quella fissa, ad intervalli di sei mesi.

La misurazione può esser fatta in ogni notte serena, e ognuna delle osservazioni compiute può esser paragonata poi con quella fatta dopo un intervallo di sei mesi. Se ne possono così fare circa cento all'anno, e la media del totale, tenendo però conto dello spostamento della terra

avvenuto negli intervalli, darà un risultato più vero di qualunque singola misura. Questo modo di misurazione può esser fatto con assoluta accuratezza quando le due stelle si mostrano contemporaneamente nel campo del telescopio, sia usando il micrometro, sia usando un altro strumento chiamato eliometro, espressamente costruito a questo scopo. L'eliometro è un telescopio astronomico assai grande, il cui obbiettivo è diviso esattamente in due parti; queste due metà si fanno sdruciolare una sull'altra per mezzo di una vite perfetta ed aggiustata in modo da poter misurare la distanza angolare di due oggetti con la massima approssimazione. La misura si deduce dal numero di giri che deve fare la vite per mettere le due stelle a contatto l'una dell'altra, in modo che l'immagine di ciascuna sia riflessa in una delle metà dell'obbiettivo.

Ma il più importante vantaggio di questo metodo è quello di determinare la parallasse, la quale, come dice Giovanni Herschel, evita tutte le cause d'errore che rendono i vecchi metodi così incerti ed inesatti. Non occorrono correzioni di precessione, nutazione, aberrazione o refrazione, poichè l'effetto delle due stelle è eguale; neppure v'influisce alcuna alterazione di livello dalla quale lo strumento potrebbe essere pregiudicato, poichè le misure della distanza angolare, ottenute con questo metodo, sono affatto indipendenti, da tali movimenti. A provare l'esattezza della determinazione della parallasse compiuta col detto strumento, basterà far rilevare l'importanza che le danno gli astronomi, i quali ricono-

scono altresì la grande utilità e forse la superiorità del nuovo metodo nella fotografia. Questo metodo fu dapprima adottato dal professore Pritchard dell'osservatorio di Oxford, con un magnifico riflettore di 13 pollici d'apertura. Il suo gran vantaggio è che tutte le piccole stelle in vicinanza di quella di cui si cerca la parallasse, si vedono nella loro esatta posizione sulla lastra, e che la distanza che passa fra loro può essere esattamente misurata. Paragonando le lastre impressionate a sei mesi di intervallo, ciascuna di queste stelle dà una determinazione di parallasse, così che il calcolo complessivo ci condurrà ad un risultato esatto. Se anche il risultato, per una stella qualunque, fosse notevolmente diverso da quello ottenuto per le altre, sarebbe, secondo ogni probabilità, attribuibile ad un moto proprio particolare a questa stella, e quindi potrebbe essere rigettato.

Per comprendere l'ingente lavoro dedicato dagli astronomi a questo difficile problema, basterà sapere che per misurare, col mezzo della fotografia, la 61<sup>a</sup> del Cigno furono fatte 330 lastre diverse, nel 1886-87, e quindi 30000 misurazioni della distanza fra le due stelle riprodotte. Il risultato ottenuto si avvicina alla determinazione che Sir Roberto Ball aveva fatta per mezzo del micrometro, ed il metodo fu subito accettato dagli astronomi, quale eccellente. Sebbene, per regola, le stelle che hanno grande movimento proprio siano relativamente vicine a noi, non v'è una regolare proporzione fra queste velocità, il che dimostra che la rapidità del movimento delle stelle varia grandemente. Di cinquanta stelle, la di-

stanza delle quali sia stata ben determinata, la velocità del movimento reale varia da una a due centinaia di miglia per secondo e forse anche più. Di sei stelle con un movimento proprio annuale di meno di un decimo di secondo, ve n'è una con una parallasse di circa la metà di un secondo, un'altra di un nono, ed esse sono più vicine a noi che molte altre stelle che hanno un movimento annuale di diversi secondi. Ciò potrebbe anche esser attribuito a una vera lentezza di movimento, ma è, quasi con certezza, causato, in parte, dal genere del loro movimento, che le avvicina o le allontana da noi. Tale movimento quindi è solamente suscettibile di misurazione per mezzo dello spettroscopio, la qualcosa non era stata fatta quando furono pubblicate le liste delle parallasse e dei movimenti propri, dai quali erano stati dedotti questi fatti. È evidente che la vera direzione e la velocità del movimento di una stella non possono esser conosciute, finchè questo movimento radiale, come viene chiamato, cioè quello che l'avvicina o l'allontana da noi, non sia stato misurato. E poichè quest'elemento tende sempre ad aumentare la celerità di movimento visualmente osservata, non possiamo, per la sua mancanza, amplificare il vero movimento delle stelle.

## MOVIMENTO DEL SOLE ATTRAVERSO LO SPAZIO.

Vi è ancora un altro importante fattore che interessa l'apparente movimento di tutte le stelle; il movimento del nostro sole, che, essendo una stella, ha un movimento suo proprio. Guglielmo Herschel sospettò e studiò questo movimento un secolo fa, e conchiuse che la direzione del suo movimento si compie verso un punto della costellazione d'Ercole; nè ciò differì molto da quello che in seguito fu confermato, quando furono compiute altre più accurate osservazioni. Il mezzo per determinare questo movimento è semplicissimo, ma nel medesimo tempo presenta molte difficoltà. Se viaggiamo in ferrovia, gli oggetti vicini passano davanti i nostri occhi con grande rapidità, mentre gli oggetti lontani rimangono visibili a lungo, e quelli che sono lontanissimi ci sembra rimangano stazionari per molto tempo. Per la stessa ragione, se il nostro sole si muove nello spazio in una qualsiasi direzione, ci sembrerà che le stelle a noi più vicine viaggino nella direzione opposta a noi, mentre le più lontane rimangono stazionarie. Questo movimento delle stelle più vicine è dedotto dal paragone e dall'esame del loro movimento proprio, e fu trovato che in una parte dei cieli vi è una preponderanza di moto proprio in una direzione e deficienza nella direzione opposta, mentre in direzione degli angoli retti di queste, i movimenti propri delle stelle non sono in media più grandi in una direzione che nell'altra. Ma poichè il moto proprio delle stelle è così piccolo ed anche così irregolare, solamente

dopo un'elaborata e matematica investigazione del movimento di centinaia ed anche di migliaia di stelle, si è potuta stabilire la direzione del sole. Gli astronomi convennero che il movimento si compie verso un punto della costellazione d'Ercole vicino al braccio steso della figura di questa costellazione; ma ulteriori studi intorno a questo problema, fondati sul confronto dei movimenti di parecchie migliaia di stelle, situate in ogni parte dei cieli, hanno condotto alla conclusione che la più probabile direzione del movimento solare (sempre che il punto verso il quale il sole si muove sia veramente determinato) sia nella adiacente costellazione della Lira, e non lontano dalla lucentissima stella Vega. Tale è la direzione che il professor Newcomb di Washington crede la più probabile, quantunque vi sia ancor campo per altre investigazioni. Rendersi ragione della velocità del movimento è molto più difficile che fissare la sua direzione, perchè per ora non è stata calcolata che la distanza di poche stelle, e poche di queste si trovano in posizione atta a dare buoni risultati. Il calcolo fatto nel 1890 dimostrò che il moto doveva essere di circa 15 miglia al secondo, ma recentemente l'americano Campbell ha determinato, per mezzo dell'elettroscopio, il movimento in linea radiale di un considerevole numero di stelle, che si avvicinano o che si allontanano dall'apice solare, e facendo la media di questi movimenti, ho calcolato che quello del sole deve esser di circa 12 miglia e mezzo al secondo, e probabilmente questa è la cifra che più si avvicina alla realtà.

## ALCUNI RISULTATI NUMERICI DELLE PRECEDENTI MISURE.

Le misure delle distanze e dei movimenti propri di una grandissima quantità di stelle, del movimento del nostro sole nello spazio (moto proprio), e la accurata determinazione della luminosità relativa delle stelle più brillanti, paragonata con quella del nostro sole e con quella che varia da stella a stella, ci ha dato alcuni importantissimi risultati numerici, i quali servono come indicazioni per determinare approssimativamente l'estensione dell'Universo stellare.

Le parallassi di circa 50 stelle sono state da recente misurate parecchie volte, ed i risultati ottenuti sono considerati dal professor Newcomb come rispondenti alla realtà e quindi importantissimi. Queste parallassi variano da un centesimo a tre quarti di secondo. Tre stelle di prima grandezza: Rigel, Canopus ed  $\alpha$  del Cigno, non hanno una parallasse misurabile, benchè molti astronomi abbiano fatto molti sforzi per ottenere tale misura; ciò rappresenta un'altra prova del fatto che lo splendore di una stella non dimostra la sua vicinanza. Altre sei stelle hanno una parallasse di un quindicesimo di secondo soltanto, e cinque di esse sono di prima o di seconda grandezza. Queste nove stelle hanno piccolissima parallasse od anche ne sono prive del tutto; sei sono comprese nella Via Lattea o vicine a questa. Un'altra indicazione della loro immensa lontananza è dimostrata anche dal fatto che esse non hanno moto proprio appa-

rente, o al più ne hanno uno lievissimo. Tutto ciò prova, secondo le ricerche già fatte da astronomi studiosi sulla distribuzione delle stelle, che la maggior parte di esse, di qualunque grandezza esse siano, sparse per la Via Lattea o lungo i confini di essa, appartengono certo a un medesimo immenso sistema; anzi diremo che appartengono addirittura ad esso. Questa conclusione ha per noi un gran valore, perchè c'insegna che i più grandi dei soli, come Rigel e Betelgeuse della costellazione d'Orione, Antares in quella dello Scorpione, Deneb in quella del Cigno ( $\alpha$  *Cygni*) e Canopo ( $\alpha$  *Argus*) sono, con ogni probabilità, lontane da noi quanto lo sono le innumerevoli piccole stelle, che danno alla Via Lattea il suo aspetto di nebulosa.

Ora sarà bene che consideriamo alquanto l'importanza di quello che abbiamo detto. Il prof. Newcomb, una delle più grandi autorità per questi problemi, dice che la lunga serie di calcoli fatti per scoprire la parallasse di Canopus, la stella più brillante dell'emisfero meridionale, avrebbe dato una parallasse di un centesimo di secondo, ammettendo che tale parallasse possa esistere. Però il risultato converge sempre a meno di 0"000! Per esempio, quando possiamo supporre che la parallasse di questa stella sia meno di un centesimo di secondo, diremo che essa è di 1/125. Alla suddetta distanza la luce impiegherà per giungere a noi circa quattrocento anni, quindi, se supponiamo che questa lucentissima stella sia situata un poco più in qua dalla Via Lattea, bisognerà accordare a quel luminoso cerchio di stelle una distanza

tale che la luce dovrà impiegare per superarla cinquecento anni. Ora possiamo comprendere tutto il vantaggio che ricaviamo dal conoscere che cosa sia veramente un milione. Una persona che abbia veduto una volta lo spazio di una muraglia alta più di 100 piedi e lunga 20, completamente coperto di quadretti di un quarto di pollice, quando tenterà di immaginarsi ogni quadretto lungo un miglio, si formerà un'idea molto differente di un milione di miglia, da quella che si è fatta nel leggere semplicemente *un milione*, però non potrà mai figurarsi la sua lunghezza reale. Ma se abbiamo veramente veduto un milione, possiamo in parte comprendere la velocità della luce, la quale, percorrendo questo milione di miglia in meno di 5 secondi e mezzo, non impiega meno di 4 anni e un terzo per giungere a noi dalla stella più vicina! Per comprendere questa cosa quasi inaccessibile alla mente umana, prendiamo la distanza della stella più vicina, che è di 26 *milioni* di *milioni* di miglia; cerchiamo di rievocare dinanzi agli occhi nostri quel muro alto e largo e coperto, dal suolo al soffitto da quadretti grandi un quarto di pollice, e immaginiamo che tutti quei quadretti siano lunghi un miglio. Mettete insieme tutte queste linee lunghe un miglio, una dopo l'altra, ma non avrete raggiunto neppure la ventesima sesta parte della distanza della stella più vicina! Questo *milione* di volte un milione di miglia deve essere ripetuto ventisei volte per raggiungere la stella fissa più vicina. Sembra probabile che ciò indichi la distanza media di tutte le altre stelle, fino alla sesta grandezza, e fors'anco di un grande

numero di stelle telescopiche. Ma poichè noi abbiamo già detto che le stelle brillanti della Via Lattea debbono essere in sostanza un centinaio di volte più remote da noi di queste stelle più vicine, possiamo stabilire un minimum di distanza per questo vasto anello siderale. Così che la Via Lattea potrà anche essere immensamente più lontana, ma è difficile che la sua distanza sia, anche di poco, minore di quella che abbiamo stabilito.

### POSTO PROBABILE DELLE STELLE

Dopo aver ottenuto un minimo della distanza di ogni stella di prima grandezza, e dopo aver misurato lo splendore (o emissione di luce) di ognuna, possiamo esser presso a poco sicuri del posto che ognuna di esse occupa. In base a tali dati è stato stabilito che Canopus emette una quantità di luce diecimila volte maggiore di quella del nostro sole; se la superficie della stella possiede adunque un grado di splendore uguale a quello del sole, essa deve avere un diametro più lungo un centinaio di volte. Però bisogna riflettere che Canopus è una stella bianca dello stesso tipo di Sirio, e che quindi è molto probabile che sia invece più luminoso del sole. Se tale splendore fosse soltanto 20 volte maggiore, il diametro della stella dovrebbe essere soltanto 22 volte e mezzo quello solare. Ora, siccome le stelle di questo tipo sono probabilmente in uno stato del tutto gassoso, e meno

dense quindi del nostro sole, la loro enorme distanza supposta non può essere molto lontana dalla realtà. Si è creduto che le stelle del tipo Sirio abbiano, in generale, una superficie più luminosa di quella del nostro sole.  $\beta$  dell'Auriga, di seconda grandezza e del tipo Sirio, è una delle stelle doppie la cui distanza è stata misurata. Ciò ha indotto il Gore a credere di poter affermare che la massa di tale sistema binario sia cinque volte maggiore che quella del sole, e che la sua luminosità superi quella solare centosettanta volte. Ora, se la densità di questo sistema è minore di quella del sole, lo splendore della sua superficie dovrà essere considerevolmente maggiore. Si è constatato che un'altra stella doppia,  $\gamma$  del Leone, è trecento volte più brillante del nostro sole, sebbene abbia la stessa densità, ma bisognerebbe ricercare se, trattandosi di un corpo sette volte meno denso dell'aria, abbia un'estensione di superficie tale da emettere la medesima quantità di luce, nel caso che il suo potere luminoso non fosse maggiore, ad aree uguali, di quello del sole.

È evidente adunque, per tutte queste considerazioni, che alcune stelle sono molto più grandi e molto più luminose del sole; sono queste un gran numero delle più grandi, delle quali il movimento proprio, osservato secondo gli attuali mezzi di misura, abbastanza considerevole, dimostra che sono relativamente più vicine a noi; anche quelle che hanno soltanto una quinta parte di luce del nostro sole. Queste stelle quindi debbono essere relativamente grandi, oppure, indubbiamente, molto più luminose. Nel caso delle stelle doppie è stato dimostrato

che si tratta di quest'ultima spiegazione; ma sembra provato che le altre stelle siano invece molto più grandi di quel che si ritenga. Fino agli ultimi tempi, con le attuali misure, non si aveva alcun criterio per determinare con precisione il posto di una stella, poichè le distanze sono così grandi, che i telescopi più potenti non mostrano che un semplice punto luminoso. Ma adesso che si è riusciti a misurare la distanza di una buona quantità di stelle, siamo capaci di determinare il limite delle loro attuali dimensioni.

Siccome la stella fissa a noi più vicina,  $\alpha$  del Centauro, ha una parallasse di  $0''75$ , dobbiamo supporre che, se questa stella avesse un diametro grande quanto la distanza che intercede fra la terra e il sole (la quale non è molto maggiore di 100 diametri solari), essa dovrebbe scorgersi come un disco ben definito, grande quanto il primo satellite di Giove. Se tale diametro fosse soltanto la decima parte di quel che supponiamo, ai nostri migliori telescopi la stella apparirebbe ancora come un disco. Roynard notò, che se l'ipotesi nebulare è vera, e se il nostro sole si estendeva in altri tempi fino all'orbita di Nettuno, vuol dire che fra i milioni di soli visibili, ve ne sono altri a diversi stadi di sviluppo. Ma se ogni sole avesse un diametro press'a poco eguale, e se fosse lontano circa cento volte la distanza di  $\alpha$  del Centauro, lo vedremmo col telescopio di Lick con un diametro di un secondo. Diremo quindi che non vi sono stelle con disco visibile, il che prova che non vi sono soli della richiesta

grandezza, e dimostra una volta di più, benchè non tanto evidentemente, che l'ipotesi nebulare non è accettabile.

## **CAPITOLO VI.**

# **UNITÀ ED EVOLUZIONE DEL SISTEMA STELLARE**

Tutto ciò che abbiamo detto sulle nuove scoperte astronomiche, che si riferiscono ai soggetti che noi tratteremo, daranno, come speriamo, un'idea tanto su quello che abbiamo già esposto, quanto sui problemi difficili e pur così interessanti, che ci accingiamo a risolvere.

I più eminenti astronomi, in ogni parte del mondo, si dedicano alla ricerca della soluzione di tali problemi, e non già soltanto perchè essi sono di un gran valore intrinseco, ma perchè tale soluzione segnerebbe un passo di più verso la conoscenza completa dell'Universo che ci circonda. Si mira a fare, nel sistema stellare, quello che Darwin fece nel mondo organico: scuoprire, cioè, il processo delle variazioni che si succedono nel cielo, mostrando inoltre come le nebulose, piene di mistero, i varii tipi di stelle e i gruppi e i sistemi di esse stiano in relazione fra loro.

Come Darwin risolvette il problema dell'origine delle specie organiche, mostrando come esse provengano da altre specie così adesso si tende a dimostrare come tutte le forme di esistenza si siano sviluppate da forme preesistenti. In tal modo gli astronomi credono di poter arrivare a spiegare il problema dell'evoluzione dei soli da tipi di stelle primitive, e potere altresì formarsi un intelligibile concetto del modo con cui l'intero Universo stellare ha potuto divenire ciò che è.

Le opere scritte su questo soggetto sono quasi infinite, e molte ingegnose supposizioni ed ipotesi sono state avanzate. Ma le difficoltà che sussistono ancora sono pur sempre grandissime, e i dati da coordinarsi eccessivamente numerosi, pur non essendo che necessari frammenti di un intero sconosciuto. Nondimeno alcune conclusioni fondate si sono potute stabilire, e l'accordo completo di molti pensatori e di molti osservatori, l'uno dall'altro indipendenti, sui fondamentali principii dell'evoluzione stellare, ci dà il diritto di supporre che andiamo sempre progredendo, benchè ancor lentamente, con una stabile base di verità verso la soluzione del più stupendo problema scientifico, che l'intelletto umano abbia mai osato di approfondire.

## L'UNITÀ DELL'UNIVERSO STELLARE.

Durante la seconda metà del secolo decimonono l'opinione degli astronomi rafforzò sempre e sempre più il concetto che tutto l'Universo visibile, stelle e nebulose, costituisca un completo e collegato sistema. Negli ultimi quindici anni specialmente, i molteplici dati accumulati dai dotti studiosi hanno tanto fermamente stabilito questa opinione, che poche sono le autorità scientifiche di diverso parere. L'idea che le nebulose siano molto più lontane da noi delle stelle, preponderò anche dopo che fu abbandonata dal suo principale sostenitore. Quando Guglielmo Herschel, adoperando ancora il suo imperfetto telescopio, asserì che la Via Lattea non era altro che un ammasso di stelle, e che quelle che erano state dette nebulose in fondo non potevano essere che gruppi di stelle, fu creduto possibile che anche le nebulose osservate coi più potenti telescopi, e che mantenevano ancora un'apparenza nebulosa, fossero altrettanti gruppi o sistemi stellari, e che, per arrivare a conoscere la loro vera natura, non occorresse altro che uno strumento di forza maggiore. Questa congettura si appoggiò sul fatto che molte nebulose hanno una forma anulare, quasi imitando in tal modo, in piccolo, la forma della Via Lattea; tanto che quando Herschel scoprì a migliaia le nebulose di questo tipo, parlava di esse come di distinti Universi, sparsi nell'immensurabile profondità dello spazio.

Ora, benchè l'idea precisa dell'immensità dell'Universo stellare, del quale la Via Lattea con i suoi gruppi di

stelle sarebbe la base fondamentale, sia, come ho dimostrato, quasi irraggiungibile, pure l'idea di un numero illimitato di altri Universi, infinitamente remoti da noi, e pure a noi visibili, preponderava tanto sulla immaginazione nostra, che divenne quasi una volgarità dell'astronomia popolare, e agli stessi astronomi non fu cosa facile combatterla. La colpa di tale errata idea fu, in parte, dei voluminosi scritti di Guglielmo Herschel, che si trovano, quasi tutti, negli atti della *Società Reale*, ma che sono poco letti, e nei quali egli indica il suo cambiamento di opinione soltanto con brevi sentenze, che possono facilmente sfuggire. Sembra che Proctor sia stato il primo astronomo che abbia studiato gli scritti di Herschel; egli confessava di essere stato costretto a leggerli ben cinque volte, prima di potere afferrare e rendersi conto delle opinioni dell'autore nei differenti periodi.

Ma il primo che dimostrò esattamente la distribuzione delle nebulose non fu già un astronomo, ma il più grande studioso delle scienze in generale, Herbert Spencer. In certi suoi articoli importantissimi intitolati: *Cenni sull'ipotesi nebulare*, pubblicati nella *Westminster Review* del luglio 1858, egli sostiene che le nebulose formano veramente parte della Via Lattea e del nostro Universo stellare. Un solo passo dei suoi scritti dirà su che cosa si basano i suoi argomenti, i quali, è necessario aggiungere, sono stati parzialmente riportati da Giovanni Herschel nei suoi *Principii di Astronomia*:

«Se non vi fosse che una sola nebulosa, sarebbe una curiosa coincidenza che questa sola nebulosa fosse po-

sta in una lontana regione dello spazio, in modo da essere in linea retta, attraverso uno spazio privo di stelle, proprio col nostro sistema siderale. Ma se vi fossero due nebulose, ed ambedue fossero situate come abbiamo detto, la cosa diventerebbe anche più strana. E che cosa diremmo trovando migliaia di nebulose poste nella guisa suddetta? Dovremmo credere che in migliaia di casi queste lontane Vie Lattee siano in linea retta, nelle loro posizioni visibili, attraverso spazi più diradati, con la nostra? Questo non è cosa credibile.»

Egli allora applica il medesimo argomento alla distribuzione delle nebulose in generale.

«In quella zona di spazio celeste, dove le stelle sono in numero quasi eccessivo, le nebulose sono rare, mentre nei due opposti spazi celesti, molto remoti da quella zona, le nebulose abbondano. Alcune nebulose giacciono nelle vicinanze del grande cerchio formato della Via Lattea, o sul piano di essa, ma la maggior quantità trovasi intorno ai poli galassici. Devesi anche questo attribuire a mero caso?»

E conclude, dalla riunione di tali evidenze, che «le prove di una fisica connessione, divengono palpabili».

Nulla potrebbe esservi di più chiaro e di più incalzante, ma lo Spencer non è un astronomo, sì bene uno scrittore che pubblicò i suoi articoli in un periodico relativamente poco letto, e poco conosciuto dal mondo astronomico. Fu in questi ultimi 15 anni che Proctor, con le sue elaborate carte ed i suoi varii studi presentati alla *Società reale* e alla *Real Società astronomica* dal 1869 al

1875, si guadagnò l'attenzione del mondo scientifico, contribuendo così, forse più di ogni altro dotto, a stabilire fermamente il grande principio dell'Unità fondamentale dell'Universo stellare, principio il quale è stato accettato da quasi tutti gli astronomi più eminenti del mondo civile.

### L'EVOLUZIONE DELL'UNIVERSO STELLARE.

In mezzo a questa enorme quantità di studi, osservazioni e ipotesi speculative sopra questo grande e tanto difficile problema, è difficile farsi ragione di ciò che è più importante e di ciò che è più vero. Ma tenteremo di appianare queste difficoltà in modo che i lettori abbiano cognizione dei più notevoli fatti che hanno rapporto col suddetto problema, oltre a quelli già esposti, e possano darsi ragione delle cose poco comprensibili che incontra colui che muove i primi passi su questa via, e delle varie idee e ipotesi che sono state emesse per spiegare i fatti ed appianare le difficoltà; senza di che essi non potrebbero essere in grado di apprezzare, sia pure imperfettamente, le meraviglie ed il mistero del vasto e stupendo Universo, nel quale noi viviamo e del quale siamo i più importanti abitatori.

## IL SOLE COME STELLA TIPICA.

È oramai un fatto fuori ogni discussione che le stelle sono soli; alcune cognizioni sul nostro sole rappresenteranno adunque dei preliminari indispensabili per studiare più profondamente la loro natura e farsi un'idea dei cambiamenti che hanno subito.

Sappiamo che la densità del sole è soltanto un quarto quella della terra, cioè una volta e mezzo meno di quella dell'acqua. Che il sole non possa esser solido, è provato dalla forza di gravità alla sua superficie, che è ventisei volte e mezzo quella che esiste alla superficie terrestre. Se il sole fosse solido, i suoi materiali sarebbero così complessi, che la sua densità non potrebbe essere che venti volte maggiore, invece che quattro volte minore di quella della terra. Tutto ci porta a credere, dunque, che la massa solare sia gassosa, ma talmente compressa dalla forza di gravità, da avere tutte le proprietà di un liquido.

Qualche cifra, indicante la vasta dimensione del sole e la quantità di luce e calore che emette, ci farà comprendere meglio i fenomeni che presenta e l'interpretazione che ne è stata data.

Proctor afferma che ogni pollice quadrato della superficie del sole emani tanta luce quanto venticinque archi elettrici, ed il prof. Langloy ha dimostrato, a forza di esperimenti, che il sole è cinquemila trecento volte più luminoso e ottantasette volte più calorifico del metallo

riscaldato al calor bianco in un accumulatore di Bessemer.

Tutta la quantità di calore solare che la terra riceve, se potesse venir utilizzata completamente, basterebbe a far muovere continuamente una macchina della forza di tre cavalli per ogni corda quadrata della superficie del nostro globo. La grandezza del sole è tale, che se la nostra terra fosse nel suo centro, non solamente vi sarebbe ampio spazio per l'orbita della luna, ma anche per un altro satellite posto 190000 miglia lontano da questa, ed entrambi si potrebbero muovere nell'interno del sole. La massa del sole è 745 volte più grande che quella di tutti gli altri pianeti presi insieme, e da ciò deriva la grande forza di gravitazione che li obbliga nelle loro lontane orbite.

Ciò che possiamo vedere della superficie del sole è la *fotosfera*, ovvero lo strato esteriore gassoso, cioè materia parzialmente liquida, mantenuta ad un definito livello dalla forza di gravità. La fotosfera ha un'apparenza granulare, e per questo presenta alcune differenze nella superficie e nella luminosità, benchè l'osservazione della sua periferia indichi che queste irregolarità non sono molto pronunciate. Questa superficie è apparentemente interrotta da quelle che soglionsi chiamare macchie del sole, e che per molto tempo furono credute cavità, dalle quali trasparisse un nucleo opaco, ma che ora si crede non siano altro che ammassi di materia raffreddata, sgorgante dal sole, la quale formerebbe anche le prominenze che osserviamo durante le eclissi solari. Tali

macchie sembrano scure, ma intorno ad esse si vede una penombra circolare, dalla quale si diramano delle lunghe strie lucide somiglianti a fasci di paglia, che la traversano e la lambiscono. Qualche volta delle parti lucide si vedono sovrapposte alle macchie oscure, ed anche succede che le traversino completamente. Queste apparenze luminose, chiamate *facule*, stanno vicine alle macchie ed anche le circondano quasi completamente. Le macchie del sole appaiono talora abbondanti sul suo disco, talora sono poco numerose, ma di tale grandezza da poter esser vedute ad occhio nudo, protetto da un pezzo di vetro affumicato. È stato osservato che per qualche anno le macchie aumentano di numero, raggiungendo il massimo dopo un periodo di undici anni, e che poi diminuiscono; ma questa media non è esatta, poichè l'intervallo fra il massimo e il minimo varia da nove anni a tredici, e il minimo non si constata mai alla giusta metà fra due massimi, ma tende ad oltrepassarla, piuttosto che a raggiungerla. Ma ciò che desta interesse è, che le variazioni nel magnetismo terrestre e le violente commozioni nel sole, indicate dal subitaneo apparir in esso dalle *facule*, sono sempre seguite da disturbi magnetici sulla terra.

## CIÒ CHE CIRCONDA IL SOLE.

Quello che noi chiamiamo sole non è che il nucleo sferico e lucente di un corpo nebuloso. Questo nucleo è composto di materia allo stato gassoso, ma così compressa che potrebbe paragonarsi, come abbiamo detto, ad un liquido o ad un fluido viscoso. Circa 40 degli elementi che compongono il sole si deducono dalle linee scure del suo spettro, ma potremmo affermare che vi esistono, o sotto una forma, o sotto un'altra, tutti gli elementi che noi conosciamo.

Questa ardente e semiliquida superficie solare vien chiamata fotosfera, perchè da essa emanano la luce ed il calore che arrivano al nostro globo. Immediatamente sopra questa luminosa superficie vi è la *cromosfera*, o strato assorbente, consistente in densi vapori metallici di uno spessore di poche centinaia di miglia. La cromosfera, quantunque incandescente, è in parte più fredda della superficie della fotosfera. Lo spettro del sole, preso nel momento del suo eclissi totale, attraverso una fenditura che sia diretta in modo tangente alla periferia del sole, ci fa vedere una massa di linee lucenti, che corrispondono quasi del tutto alle linee scure dell'ordinario spettro solare. Comprendiamo perciò che vi è uno strato di vapore, il quale assorbe i raggi speciali emessi da ciascun elemento e che formano le sue caratteristiche linee colorate, trasformandole in linee scure. Ma siccome linee colorate che corrispondano a tutte le linee scure dello spettro solare non se ne vedono in questo strato, si ritiene

che un assorbimento speciale debba avvenire nella atmosfera e forse nella corona. Norman Lockyer, nel suo libro *Inorganic Evolution*, giunge fino a dire che il vero strato avvolgente del sole, che nel suo assorbimento produce le linee scure dello spettro solare, non è addirittura la cromosfera, ma uno strato al di sopra di questa, e di una temperatura più bassa. Sopra lo strato avvolgente trovasi la cromosfera, una vasta massa di emanazioni rosee o scarlatte, che circonda il sole ad un'altezza di 4000 miglia. Il sole, durante l'eclissi, mostra un contorno ondulato e soggetto a grandi cambiamenti di forma, che sono prodotti dalle variabili protuberanze cui abbiamo accennato. Queste protuberanze sono di due specie: le *quiescenti*, che per lo più rappresentano enormi nuvole, e le *eruttive*, che s'inalzano come torri e gettano fiamme che possono somigliarsi a grandi alberi fronzuti. Durante la loro elevazione queste fiamme raggiungono una velocità di più di 300 miglia al secondo, riabbassandosi con una rapidità quasi eguale. Tanto la cromosfera, quanto le protuberanze quiescenti pare siano veramente gassose, composte d'idrogeno, elio e coronio; quelle eruttive sono composte di materie metalliche, specialmente di calcio.

Le protuberanze aumentano di grandezza e di numero, secondo l'aumentare delle macchie del sole.

Intorno alla rossa cromosfera ed alle protuberanze si svolge infine la meravigliosa bianca gloria della corona, che si estende ad una enorme distanza dal sole.

Come le protuberanze della cromosfera sono soggette ad un periodico cambiamento di forma e di grandezza, corrispondente a determinati periodi delle macchie, così un minimo di macchie solari corrisponde con una massima estensione della corona.

Durante l'eclissi totale del luglio 1878, poco tempo prima del quale la superficie del sole, osservata attentamente, si era mostrata quasi interamente chiara, si scorsero due enormi fiamme equatoriali che sorgevano all'est e all'ovest del sole, e si avanzavano per una diecina di milioni di miglia, mentre ai poli l'estensione della corona era molto minore. Nelle eclissi del 1882 e 1883, quando le macchie del sole erano al massimo, la corona era regolarmente lucida, di una meravigliosa lucentezza, ma non raggiunse una grande estensione. Fatti analoghi sono stati notati ad ogni eclisse, quindi non si può più dubitare che non esista un rapporto fra questi due fenomeni.

Si crede che la luce abbagliante della corona solare derivi da tre cause: dalle particelle incandescenti, solide o liquide, che il sole emette, dalla luce riflessa da queste particelle, e finalmente dai gas e dalle emissioni gassose. Nello spettro solare si scorge un raggio verde particolare, che si suppone provenga da un gas che è stato chiamato *coronio*; del resto lo spettro somiglia a quello della luce riflessa del sole. L'enorme estensione della corona in grandi fiamme angolari sembra indicare inoltre l'esistenza di forze elettriche repulsive, analoghe a quelle prodotte dalla coda delle comete.

In rapporto con la corona del sole resta lo strano fenomeno detto luce zodiacale. La luce zodiacale è quella delicata nebulosità che spesso si vede d'estate, dopo il tramonto, e in autunno prima del sorgere del sole; è di forma piramidale o conica, e dal sole si dirige lungo il piano dell'eclittica. In favorevoli condizioni ne è stata in estate seguita la traccia sul firmamento dalla parte orientale, fino a  $180^\circ$  dalla posizione del sole, il che sembra indicare che tale fenomeno si estenda al di là dell'orbita terrestre.

Lunghe e ripetute osservazioni, fatte dalla sommità del *Pic du Midi*, hanno dimostrato che la luce zodiacale si estende veramente quanto abbiamo detto, e che ha le sue origini quasi precisamente nel piano dell'equatore solare. Perciò possiamo supporre che essa sia prodotta da minute particelle proiettate dal sole nella sua aureola di luce e di fiamme, visibile solamente durante l'eclissi.

Altri studi accurati dei fenomeni solari hanno potuto stabilire con certezza che nulla di ciò che circonda il sole, dallo strato avvolgente fino alla stessa corona, può chiamarsi in alcun modo atmosfera. La concomitanza di una forza enorme di gravità, con una quantità di calore tale da mantenere ogni elemento allo stato liquido o gassoso, conduce a conseguenze che noi difficilmente possiamo seguire e comprendere. Evidentemente nell'interno del sole si compie un costante movimento o circolazione, che è causa delle facule, delle macchie, dell'intensità luminosa della fotosfera, della cromosfera, con le sue grandiose corruscazioni di fiamme e protuberanze

eruttive. Sembra però impossibile che questo incessante e violento movimento possa aver luogo, senza qualche grande rinnovamento di materiale, periodico o continuo, per mantenere il calore, la circolazione interna e supplire al consumo.

Forse i movimenti del sole attraverso lo spazio lo portano a contatto con grandi masse di materia, che lo alimentano continuamente, chè altrimenti la superficie esterna si raffredderebbe con rapidità e la vita planetaria cesserebbe.

I varii strati solari manifestano l'agitazione interna con eruzioni ed esplosioni; l'immensa bianca e luminosa aureola non ha maggior densità della coda delle comete, anzi, probabilmente, non la raggiunge, perchè frequentemente le comete irrompono in essa senza perder nulla della loro velocità.

Il fatto che nessuno degli strati solari esterni è visibile a noi finchè la luce della fotosfera non sia coperta, mentre tutti svaniscono nell'istante medesimo che, finita la fase totale dell'eclissi, il primo raggio di luce solare ci giunge direttamente, fornisce un'altra prova della loro estrema tenuità; però non possiamo dubitare che tali strati rappresentino il limite del disco solare. Questi strati sono formati da materie liquide o gassose, nelle quali veramente non si può stabilire uno stato ben distinto, ed emesse da esplosioni o da forze elettriche. Queste materie, rapidamente raffreddate, si solidificano in minute particelle o molecole fisiche. Grande quantità di queste materie ricade sulla superficie del sole, ma una

certa quantità, come polvere finissima, viene continuamente spinta all'esterno da una repulsione elettrica; si ha così la corona e la luce zodiacale. Le immense fiamme coronali, ed anche il cerchio molto più vasto della luce zodiacale, sono dunque, con tutta probabilità, dovuti alle stesse cause, ed hanno una costituzione fisica simile a quella delle code delle comete.

Poichè la luce del sole che giunge fino a noi, passa attraverso lo strato avvolgente e la rossa cromosfera, il colore ne è alquanto modificato, perciò si crede che se tali strati solari non esistessero, non solamente la luce ed il calore del sole sarebbero considerevolmente maggiori, ma il suo colore sarebbe del più perfetto bianco o tenderebbe al turchiniccio, invece di avere quell'apparenza un po' giallognola che possiamo constatare.

## LE IPOTESI NEBULARI E METEORICHE.

Come la costituzione del sole, e quella dei suoi agenti che producono intorno alla sua orbe fenomeni di magnetismo e di elettricità, ci servono di guida per dedurre la costituzione delle stelle e delle nebulose e la possibile azione che esercitano l'una sull'altra ed altresì sul nostro globo, così il modo di evoluzione del sole e di tutto il sistema solare da qualche preesistente condizione, ci aiuta a intuire la probabile ragione della costituzione dell'Uni-

verso stellare e della connessione dei cambiamenti che vi avvengono.

Sul principio del secolo decimonono il gran matematico Laplace pubblicò il suo celebre lavoro sulla teoria nebulare dell'origine del sistema solare, e quantunque in esso non tratti che di suggestive probabilità, senza alcun appoggio di dati o di calcoli o di altro procedimento matematico, tal libro nondimeno è tenuto in gran conto, e la apparente probabilità e semplicità della teoria ivi esposta la fanno quasi universalmente accettare. Tale volume non è che uno studio dell'evoluzione dell'Universo stellare. L'ipotesi, esposta con molta brevità, afferma che l'intera massa della materia del sistema solare formasse un tempo una massa sferoidale o globulare di gas incandescenti, che si estendeva al di là del più lontano pianeta, animata di un lento moto di rivoluzione intorno ad un asse. Tale massa si raffreddò nel corso del tempo e si contrasse, la sua velocità di rotazione aumentò e divenne così grande che, in epoche successive, abbandonò degli anelli, i quali, a causa di lievi irregolarità, si infransero, e, obbedendo alla universale legge di gravitazione, diedero origine ai pianeti. Continuando la contrazione ne risultò il sole tal quale lo vediamo adesso.

Per circa mezzo secolo l'ipotesi nebulare fu generalmente accettata, ma durante questi ultimi quindici anni sono state elevate tante difficoltà e tante obiezioni, che è divenuto impossibile il considerarla anche soltanto come una stentata ipotesi. Altre ipotesi sono state fatte

che sembrano più acconce ad accordarsi con i fatti che noi osserviamo nel nostro sistema solare e con la natura di essi, i quali, se non dànno adito ad alcuna obbiezione contro la teoria nebulare, ne fanno nascere alcune altre. L'obbiezione fondamentale contro la teoria di Laplace è, che un gas tanto tenue, come deve essere stata la nebulosa solare, anche qualora essa si estendesse solamente sino a Urano o a Saturno, non è possibile che avesse alcuna coesione, e perciò non può aver respinto anelli a lunghi intervalli, mentre avveniva il condensamento, ma soltanto e continuamente piccoli frammenti. Tali piccoli frammenti, raffreddandosi rapidamente, avrebbero costituito solide particelle simili a polvere meteorica, che si sarebbero riunite formando un gran numero di piccoli pianeti, o, restando in istato di particelle per un periodo indefinito, avrebbero formato degli anelli, come quelli di Saturno, o come quello immenso degli asteroidi.

Un'altra egualmente valida obbiezione all'ipotesi di Laplace è questa: se la nebulosa, quando si estendeva al di là dell'orbita di Nettuno, poteva avere una densità soltanto uguale all'incirca a un duecentomilionesimo di quella della nostra atmosfera al livello del mare, doveva essere molte centinaia di volte meno densa alla sua superficie, e nella regione superficiale sarebbe stata esposta al freddo dello spazio stellare, freddo che solidificherebbe l'idrogeno. Perciò è evidente che i gas di tutti i metalli, come degli altri elementi solidi, non potrebbero esistere come tali, ma rapidamente e forse istantaneamente diverrebbero prima liquidi e quindi solidi, for-

mando della polvere meteorica, anche prima che la contrazione fosse tale da produrre un aumento di velocità nella rotazione, capace di respingere una parte delle materie gassose.

Su ciò si fonda l'ipotesi meteorica che va prendendo sempre maggior vigore, perchè si appoggia sul fatto che troviamo prove di tale solida materia in tutti gli spazi planetari che ci circondano, poichè essa cade continuamente sopra la terra, tanto che ne possiamo raccogliere sulle nevi artiche ed alpine, come in tutti i più profondi abissi dell'oceano, dove non vi sono sufficienti depositi organici per nasconderla. Di essa è costituito, come è, stato da poco dimostrato, l'anello di Saturno. Migliaia di anelli di mole immensa, composti di solide particelle, si aggirano intorno al sole, e quando la nostra terra s'incrocia con uno di questi anelli e le loro particelle entrano nella nostra atmosfera planetaria velocemente, la confrazione le infiamma ed ecco che vediamo delle stelle cadenti. La coda delle comete, la corona del sole, la luce zodiacale, sono tre grandi e strani fenomeni, i quali, se non si possono spiegare con alcuna teoria di formazione gassosa, ricevono la loro intelligibile spiegazione, dicendo che provengono da minutissime particelle solide, microscopica polvere cosmica, slanciata nello spazio dalla violenta repulsione elettrica emanata dal sole.

Avendo queste ed altre prove che la materia solida varia in grandezza, tanto da rivaleggiare coll'orbe maestosa di Giove o di Saturno, e scendere fino alle inconcepibili minute particelle lanciate a mille milioni di miglia

nello spazio e che formano la coda delle comete, tale materia deve veramente esistere anche intorno a noi, e, per la collisione fra le sue particelle, o coll'atmosfera planetaria, può produrre luce, calore ed emanazioni gassose. Noi attingiamo da ciò una tal quantità di fatti e d'osservazioni per l'ipotesi meteorica, da distruggere la teoria di Laplace, che le nebulose siano essenzialmente gassose.

Durante l'ultima metà del secolo decimonono, molti scrittori manifestarono delle nuove idee sulla possibile origine del sistema solare, e, per quel che ne so io, Proctor fu il primo a spiegare tale origine in tutte le sue più minute particolarità, dimostrando come la vera ipotesi soddisfacesse a molte delle particolarità circa la grandezza e la disposizione dei pianeti e dei loro satelliti, cose che l'ipotesi nebulare non ha mai spiegato. Su questo tema egli insistette molto nel capitolo riguardante le meteore e le comete, nel suo libro pubblicato nel 1870: *Other Worlds than Ours*.

Proctor sostiene, invece della nebulosa incandescente di Laplace, che lo spazio ora occupato dal sistema solare, per una distanza a noi ancora sconosciuta, fosse un tempo occupato da numerosa quantità di parcelle solide, di tutte le materie che sappiamo esistere sulla terra, sul sole e sulle stelle. Queste materie erano disperse irregolarmente, come ce lo dimostra la distribuzione che al presente hanno nell'Universo, e tutte erano in movimento, così come sono in movimento tutte le stelle e le altre

masse cosmiche, che si muovono verso un centro o si aggirano intorno ad esso.

Date queste condizioni, nei punti in cui la materia si accumulò maggiormente dovevano esistere dei centri di attrazione e di gravitazione, che provocarono necessariamente tale maggiore accumulazione; l'urto continuo di queste materie che si addensavano doveva produrre luce e calore. Coll'andar del tempo, se la quantità di materia cosmica era molta, come il risultato dimostra che doveva essere, qualunque sia la teoria che preferiamo, il nostro sole così formato doveva acquistare a poco a poco la sua mole presente, nonchè un sufficiente grado di calore a causa delle collisioni e della gravità, tanto da essere interamente trasformato in istato liquido o gassoso. Mentre ciò avveniva, dovettero formarsi dei centri di aggregazione secondari, i quali trattennero una parte della materia che si aggirava sotto l'attrazione della massa centrale, e – fatto da attribuirsi alla quasi uniforme direzione e velocità, con la quale l'intero sistema roteava – ciascun subordinato centro dovette roteare intorno alla massa centrale in spazi differenti, ma tutti nella stessa direzione.

Proctor espone la probabilità che la più grande aggregazione esterna dovette essere ad una grande distanza dalla massa centrale, e, formatasi questa, ogni centro più lontano dal sole dovette essere tanto più piccolo quanto più remoto, mentre le aggregazioni che si formarono internamente alla prima, dovettero, per regola, diventare più piccole via via che si avvicinavano al centro. Così si

spiegherebbe lo stato incandescente del centro della terra, che non sarebbe per tal modo dovuto al primitivo calore della materia, allo stato gassoso da cui si formò, condizione fisica impossibile, ma al calore che si sarebbe sviluppato nel processo di accentramento, per la collisione di masse meteoriche ivi cadute e per la propria gravità, forza producente continuamente condensazione e calore.

Ciò ammesso, Giove dovrebbe così essersi formato probabilmente prima d'ogni altro pianeta, e dopo di esso, a lassi di tempo enormi, Saturno, Urano e Nettuno; mentre l'aggregazione dei pianeti interni sarebbe stata minore, poichè il potere più grande di attrazione del sole avrebbe loro accordato, relativamente, poca opportunità di appropriarsi la materia meteorica che di continuo cadeva verso il centro.

#### NATURA METEORICA DELLE NEBULOSE.

Avendo così stabilito che materia nebulosa esiste verosimilmente dentro i limiti del sistema solare, non allo stato gassoso, ma consistente in solide particelle, oppure, se vi sono gas in combustione associati a materie solide, che la causa di ciò deve esser il calore dovuto alla collisione con altre particelle solide, o ad accumulazioni di gas ad una temperatura più bassa delle meteore quando entrano nella nostra atmosfera, è facil cosa ammette-

re che le nebulose cosmiche e le stelle abbiano avuto una simile origine.

Da questo punto di vista si suppone che le nebulose siano un'immensa aggregazione di meteore, o di polvere cosmica, oppure gas dei più persistenti, roteanti con moto circolare o spirale o in fiamme irregolari e sparse, così che le particelle separate possano essere divise in migliaia e forse in centinaia di migliaia; nondimeno anche le nebulose solamente visibili col telescopio, possono contenere tanta materia quanta ne comprende l'intero sistema solare. Da questa tanto semplice origine e dalle vestigia che possiamo vederne nel cielo, diremo che quasi tutte le forme di soli e di sistemi si sono formate per mezzo delle leggi conosciute del movimento, della produzione del calore, e delle azioni chimiche. Colui che più difende questo modo di vedere è al presente l'inglese Sir Norman Lockyer, che in numerosi giornali e nelle sue opere intitolate: *The Meteoric Hypothesis* e *Inorganic Evolution*, lo ha svolto eminentemente, dopo aver fatto studi profondi e pazienti ricerche, che gli fruttarono molte conoscenze, e nelle quali fu coadiuvato da astronomi europei e americani. Queste teorie si sono fatta strada a poco a poco nella mente di quasi ogni astronomo e matematico, come ben dimostreranno i brevi cenni che sono per dare a guisa di spiegazione piana e facile dei tanti fenomeni che presenta l'Universo stellare.

## CENNI DEL DOTTORE ROBERTS SULLE NEBULOSE A SPIRALE.

Il dottor Isacco Roberts, che possiede uno dei più bei telescopi costruiti per la fotografia delle stelle e delle nebulose, ha dato il suo parere sull'evoluzione stellare nel *Knowledge* del febbraio 1897, illustrando il suo scritto con quattro magnifiche fotografie di nebulose spirali.

Questa strana forma di nebulose fu dapprima creduta rara, oggi però si è compreso che è frequentissima, perché le lastre fotografiche ce ne hanno mostrato un gran numero, e si è constatato inoltre che molte nebulose tra le più estese, apparentemente di forma molto irregolare, quali le Nuvole di Magellano, presentano incerte tracce di struttura spirale. Le nebulose che attualmente si conoscono sono all'incirca diecimila, e continuamente se ne scoprono delle altre; molto tempo dovrà ancora passare prima che si siano potute studiare e fotografare tutte, ma, per quel poco che ne sappiamo al presente, possiamo asserire che la maggior parte di esse presenta una forma spirale.

Il dottor Roberts dice che le nebulose spirali delle quali si posseggono fotografie, presentano tutte la caratteristica di un nucleo circondato da una densa nebulosità, nella quale sono sparse delle stelle. Queste stelle sono disposte più o meno simmetricamente, e sembra che seguano anch'esse una disposizione spirale intorno al nucleo. Fuori della nebulosità visibile si trovano an-

cora altre stelle, disposte anch'esse su linee curve, che avvalorano la convinzione di un'antica maggiore estensione della nebulosa. Questo carattere così preciso ci fa subito pensare ad una possibile spiegazione della disposizione delle stelle in numerose e delicate linee curve in ogni parte del cielo, che, cioè, esse abbiano tutte avuto origine da nebulose spirali, la cui sostanza materiale sia stata da esse assorbita.

Il dottor Roberts annuncia parecchi problemi riguardanti questi corpi celesti: – Quale è la materia di cui sono formate le nebulose? – Da che è causato il vorticoso movimento che produce la loro forma a spirale? – Egli trova la risposta a queste domande nelle evanescenti nuvole di materia nebulosa, spesso di vastissima estensione, che esistono in molte parti del cielo, e così numerose che il solo Guglielmo Herschel poté rilevarne ben 52, molte delle quali sono state confermate da fotografie recenti. Roberts considera queste nebulosità o come corpi semplicemente gassosi, o come frammisti di solide particelle. Egli inoltre enumera delle piccole masse nebulose, in processo di condensazione o separazione, in forma più regolare, delle nebulose spirali in diversi stadi di condensazione o di aggregazione, delle nebulose ellittiche, e finalmente delle nebulose globulari. In quest'ultima categoria di nebulose appare evidente, da tutte le fotografie che ne sono state eseguite, che la condensazione in stelle, o in corpi simili a stelle, si va compiendo.

Il dott. Roberts adotta l'opinione di Sir Norman Lockyer, cioè che le collisioni di meteoriti in seno a ogni sciame o nuvola, potrebbero produrre nebulosità luminosa; se avvenissero inoltre delle collisioni fra diversi sciami di meteoriti, ne risulterebbero le condizioni volute per spiegare il movimento vorticoso, e il caratteristico aspetto della nebulosità delle nebulose spirali. Quasi tutte le collisioni fra ineguali masse di materia diffusa, quando manchi una qualsiasi massa centrale intorno alla quale la materia sia costretta a gravitare, debbono provocare dei movimenti spirali. E bisogna anche notare che, sebbene le stelle formatesi nelle circonvoluzioni spirali delle nebulose seguano la disposizione di quelle spire, e la mantengano anche dopo che hanno assimilato tutta la materia della nebulosa, nondimeno, osservando tale nebulosa dal margine delle spire, la disposizione delle stelle che vi sono incluse apparirà in linea retta. Così, non soltanto i numerosi gruppi di stelle disposte in linee curve, ma altresì quelli che ci appaiono in una linea quasi perfettamente retta, dimostrano – intuendone la remota origine – che essi provengono da nebulose spirali.

Il movimento è il risultato necessario della gravitazione; sappiamo infatti che ogni stella, ogni pianeta, ogni nebulosa deve muoversi nello spazio; sappiamo altresì che tutti i movimenti celesti – eccettuati i sistemi che hanno una connessione fisica, o che hanno avuto un'origine comune – sono apparentemente diretti nelle più diverse direzioni. Come nacquero questi movimenti e da

che cosa siano regolati noi non sappiamo, ma tali movimenti esistono, e possono esser causa di collisioni, le quali, quando avvengono tra grandi corpi o masse di materia diffusa, dànno origine ai varii tipi di stelle permanenti, mentre, se la collisione avviene tra ammassi più piccoli, si formano quelle stelle temporanee, che hanno interessato tanto gli astronomi di tutti i tempi. Bisogna ancora notare che, sebbene sembri che il movimento di ogni stella si compia in linea retta, pure – poiché lo spazio nel quale noi percepiamo tale movimento è minimo – il vero moto stellare può essere un'orbita curva intorno ad un qualche corpo centrale, o attorno al centro di gravità di qualche ammasso di astri luminosi od opachi, il quale potrebbe essere relativamente immobile. Di tali centri ne potrebbero esistere a migliaia intorno a noi, la qualcosa spiegherebbe sufficientemente l'apparente moto delle stelle in tutte le direzioni.

#### UNA SUPPOSIZIONE SULL'ORIGINE DELLE NEBULOSE SPIRALI.

In un notevole scritto comparso nell'*Astrophysical Journal* (luglio 1901) T. C. Chamberlin si intrattiene dell'origine delle nebulose spirali come degli sciami meteorici e delle comete. La sua opinione, che probabilmente può esser vera, non rischiara del tutto il mistero.

Una ben conosciuta legge naturale ci insegna che se due corpi, aventi le dimensioni delle stelle, passano nello spazio a una data distanza fra loro, il più piccolo è esposto ad esser ridotto in frantumi, a causa della differente attrazione del più grande e più denso. Originariamente ciò fu provato nel caso di corpi gassosi o liquidi, e la distanza alla quale il più piccolo sarebbe distrutto (detto limite di Roche) è calcolato supponendo che il corpo minore sia una massa liquida. Chamberlin nondimeno dimostra che anche un corpo solido può esser frantumato ad una distanza minore, distanza che dipenderà inoltre della sua grandezza e della sua forza di coesione. Però, se la grandezza dei due corpi aumenta, dovrebbe aumentare anche la distanza minima alla quale avverrebbe la frantumazione, finchè, supponendo che i due corpi siano grandi come due soli, il limite di distanza sarebbe uguale a quello necessario nel caso di due masse liquide o gassose.

La distruzione del corpo avviene a causa di una ben nota legge riguardante la gravità differenziale dei due lati di un corpo, causa della deformazione di un liquido, e dell'ineguale stiramento in un solido. Quando le variazioni della forza di gravità avvengono lentamente ed hanno un piccolo valore, le maree che accadono nei liquidi e le deformazioni che si verificano nei solidi sono lievissime, come nel caso che si constata sulla terra, ove le maree che avvengono nell'oceano e nell'atmosfera sono di piccola entità, come quelle che si verificano, senza dubbio, nella parte interna liquida, sulla quale la

crosta terrestre, relativamente sottile, si può alla meglio adattare. Ma se invece supponiamo due soli, sia luminosi che oscuri, il movimento dei quali si compia in modo da avvicinarli l'uno all'altro, quando saranno abbastanza vicini ognuno di essi devierà, e ognuno comincerà a girare attorno al comune centro di gravità con velocità immensa, di circa 100 miglia al secondo. A una considerevole distanza cominceranno a protendere delle emanazioni liquide l'un verso l'altro, e quando il limite di resistenza sarà quasi raggiunto, la forza di gravità aumenterà così rapidamente, che anche una massa liquida non potrà prendere la sua forma necessaria con sufficiente rapidità, e i violenti sforzi interni produrranno l'effetto di una esplosione, riducendo l'intera massa (la più piccola delle due) in minutissimi frammenti.

Ma è anche dimostrato che durante questo processo le due parti allungate della massa sferica originaria eserciterebbero tale azione sulla gravità, da produrre un aumento di rotazione, che all'avvicinarsi della crisi finale, distenderebbe di più, a sua volta, l'allungamento della massa, la qual cosa contribuirebbe all'esplosione. Questa rapida rotazione della massa che tende ad allungarsi, comunicherebbe necessariamente nel momento della distruzione ai frammenti di essa un moto spirale, iniziando così una nebulosa spirale, della quale le dimensioni e l'aspetto dipenderebbero necessariamente dalla dimensione e dalla costituzione delle due masse originarie, e dalla forza esplosiva generata dal loro avvicinamento.

Ecco adunque uno dei più suggestivi fenomeni, il quale sembra offrire la prova che questo possa essere uno dei modi con che si originano le nebulose spirali. Quando la distruzione esplosiva avviene, le due protuberanze od allungamenti della massa si separano, e poichè ognuna di esse avrà un rapido movimento di rotazione, le spirali che ne risulteranno saranno due. Ora il fatto è che quasi tutte le nebulose spirali ben caratterizzate posseggono due appendici o bracci, l'uno opposto all'altro, come possiamo constatare in M. 100 della Chioma di Bernice, in M. 51 dei Cani, e in altre fotografie eseguite dal dottor Roberts. Nè sembra probabile che vi sia stata un'altra causa diversa, la quale abbia potuto dare origine, in queste nebulose, a una doppia spirale piuttosto che ad una sola.

#### L'EVOLUZIONE DELLE STELLE DOPPIE.

Il numero delle stelle doppie o multiple che si sono andate scoprendo è aumentato rapidamente, poichè molti studiosi si sono esclusivamente dedicati a tale compito. Durante la prima metà del secolo decimonono ne furono constatate a migliaia, e man mano che la potenza dei telescopi crebbe, il loro numero ascese a centinaia di migliaia. Un catalogo pubblicato recentemente dall'osservatorio di Yerkes contiene l'elenco di ben 1290 di tali stelle, scoperte fra il 1871 e il 1899 da un solo os-

servatore, S. W. Barnham. Queste stelle furono scoperte tutte per mezzo del telescopio, ma nell'ultimo quarto di secolo lo spettroscopio ci ha rivelato tutto un mondo nuovo di stelle doppie, di un'estensione enorme e di un interesse immenso. Le stelle doppie telescopiche sono state osservate abbastanza esattamente, tanto da poter determinare le loro orbite, le quali si compiono in un periodo che varia da un minimo di undici anni a un massimo di centinaia od anche di un migliaio e più. Ma lo spettroscopio ci dice che le stelle doppie visibili al telescopio non sono che una piccolissima quantità dei sistemi binari esistenti. L'importanza immensa di tale scoperta consiste nel fatto che essa permette di calcolare i tempi di rivoluzione delle stelle telescopiche doppie oltre questo minimo, attraverso una non interrotta serie di periodi di qualche anno, a quelli che ascendono soltanto a qualche mese, a qualche giorno, ed anche a qualche ora. Queste riduzioni di periodi sono necessariamente uniti a corrispondenti riduzioni di distanza, tanto che le due stelle debbono essere a contatto, così che attualmente può avvenire che una stella doppia si origini, senza che il fatto possa venire osservato. Questa possibilità è stata anticipatamente annunciata dal dottor Lee di Chicago nel 1892, ed egli stesso l'ha confermata dopo molte osservazioni compiute nel breve spazio di dieci anni.

In una importante comunicazione alla *Nature* (12 settembre 1901) Alessandro W. Roberts, di Lovedale (Africa del Sud), dà alcuni dei principali risultati ottenuti in questo genere di ricerche. Naturalmente tutte le stelle

variabili si trovano fra quelle doppie spettroscopiche; esse rappresentano una parte di quella categoria di stelle, il cui piano orbitale è in direzione della nostra visuale, cosicchè, durante la loro rivoluzione, una delle due eclissa l'altra in parte o in tutto. In alcuni di questi casi vi sono molte irregolarità, come un doppio massimo e minimo di ineguale lunghezza, dovuto forse a sistemi tripli o ad altre cause ancora ignorate; ma siccome non hanno che un periodo breve, e si mostrano all'osservatore costantemente come una stella unica anche nel campo del più potente telescopio, così si sono riuniti in una speciale categoria di sistemi doppi spettroscopici.

Sin oggi si conoscono 22 di tali sistemi variabili, del tipo di Algol, ognuno dei quali è formato evidentemente da una stella luminosa e da un corpo oscuro, che è vicinissimo alla prima e la eclissa o del tutto o soltanto in parte ad ogni rivoluzione. In questi casi la densità dei sistemi può esser determinata con sufficiente esattezza; è stato calcolato che, in media, tale densità è soltanto la quinta parte di quella dell'acqua, e l'ottava parte della densità del nostro sole. Ma se molti di questi sistemi sono grandi come il sole, o anche di dimensioni considerevolmente maggiori, è evidente che debbono trovarsi in uno stato del tutto gassoso, e che, anche possedendo un grande calore, deve nondimeno essere di una costituzione meno complessa di quella del nostro sole. A. W. Roberts afferma che più di cinque di queste ventidue stelle variabili gravitano in *assoluto contatto*, formando dei sistemi della forma dei *dumbbell* (manubri da ginnas-

stica). I periodi variano da 12 giorni a nove ore, ma, oltre questi, si ha una serie di lunghi periodi, come nella doppia stella di Castore, in cui trascorrono più di mille anni perchè una rivoluzione sia completa.

Durante l'osservazione delle suddette cinque stelle, Roberts constatò che una di esse, X della Carena, si era allontanata dalla sua compagna, così che, invece di trovarsi aderenti, erano distanti l'una dall'altra un decimo del loro diametro. Egli suppose che questo fatto fosse una prova sicura dell'origine di un sistema stellare.

Un anno dopo comparve una memoria (in *Knowledge*, ottobre 1903) sulle ricerche del professore Campbell, compiute all'osservatorio di Lick. In essa si dice che per oltre 350 stelle, osservate allo spettroscopio, si è constatato il fatto che una ogni otto è spettroscopicamente doppia. L'osservatore è talmente impressionato da questo numero, verificato aumentando l'accuratezza delle misure, che aggiunge: «Una stella che non sia spettroscopicamente doppia è una rarissima eccezione». Il prof. G. Darwin aveva già dimostrato che il *dumb-bell* è una figura di equilibrio di una massa fluida roteante; ora noi sappiamo che tali figure esistono, e che rappresentano la base degli innumerevoli e sempre crescenti di numero sistemi di stelle doppie spettroscopiche, che si vanno scoprendo.

L'origine di queste stelle doppie è anche di speciale interesse, perchè viene a suffragare la ben conosciuta spiegazione data dal prof. Darwin sull'origine della luna, che si sarebbe formata da un frammento della terra,

staccatosi a causa della veloce rotazione del nostro pianeta. Ora sembra certo che i soli si scindano spesso in identica maniera, ma, forse a causa dei loro gas che si trovano allo stato incandescente, pare che di solito essi diano origine a globi uguali fra di loro.

Concluderemo dunque affermando che l'evoluzione di questo tipo di sistemi stellari è un fatto constatato, pur ignorando se tutte le altre stelle doppie abbiano avuto origine in questo modo.

## AMMASSI STELLARI E STELLE VARIABILI

Gli ammassi stellari numerosissimi, che si mostrano al telescopio di tante strane e belle forme, possono esser considerati come i fenomeni più curiosi del cielo, che si offrano all'indagine degli astronomi filosofi.

Molti di questi gruppi, formati di stelle non numerose e di forma irregolare, ci inducono a credere ch'essi abbiano avuto origine da nebulose anch'esse irregolari o di forma strana, e che si siano formati nelle spirali di queste per un processo di aggregazione simile a quello descrittoci dal dottor Roberts. Ma per altri ammassi densi e globulari, bellissimi corpi celesti visibili soltanto al telescopio, qualcuno dei quali contiene perfino 6000 stelle, senza noverare quelle addensate al centro che non è possibile contare, non è facile la spiegazione. Uno dei problemi che questi ammassi suggeriscono è quello ri-

guardante la loro stabilità. Il prof. Simon Newcomb così si esprime a questo proposito: «Come mai delle migliaia di stelle si sono potute addensare in uno spazio così limitato, e nondimeno restare ben distinte, senza formare un'unica massa? Accadrà questo forse in avvenire, e formeranno tali stelle un unico corpo? A queste domande si potrà rispondere in modo soddisfacente, soltanto dopo che si saranno compiute delle osservazioni per molti secoli, bisognerà dunque lasciarne la soluzione agli astronomi dell'avvenire.»

Questi gruppi stellari presentano alcuni caratteri notevoli, che possiamo giudicare quali prove della possibile loro origine e della loro costituzione essenziale. Esaminandole attentamente, molti di essi ci sembrano meno irregolari di quello che a prima vista si sarebbe potuto credere. Vi si scorgono degli spazi vuoti od anche delle fenditure ben definite; molti presentano una struttura raggiata, in altri si osservano delle appendici curve, e alcuni hanno dei centri incerti. I loro confini sono così precisi, come quelli che qualche volta si vedono, quantunque in una forma molto più pronunciata, nelle grandi nebulose; si crederebbe quasi che questi gruppi non siano che il risultato del condensamento di nebulose immense, nelle quali si siano manifestati da principio numerosi centri di aggregazione, i quali, a loro volta, siano stati attratti dal centro comune di gravità dell'intera massa. L'idea di questa loro origine si presenta subito alla mente riflettendo che, mentre le nebulose telescopiche più piccole restano lontane dalla Via Lattea, le più gran-

di abbondano invece nelle vicinanze di essa, come gli ammassi stellari, i quali sono numerosissimi, tanto nella Via Lattea che nelle immediate vicinanze di questa, mentre scarseggiano altrove, se si eccettuano le due vaste nebulose delle Nuvole di Magellano, e le vicinanze di esse. Da queste osservazioni possiamo concludere che i due fenomeni possano essere complementari l'uno dell'altro; la condensazione delle nebulose essendosi più rapidamente compiuta ove il materiale era più abbondante, ne è risultato un gran numero di gruppi stellari, dove esistono molte nebulose.

Uno dei caratteri più sorprendenti dei gruppi di stelle globulari, del quale è necessario occuparci, è la presenza di numerosissime stelle variabili in alcuni di essi, mentre in altri se ne constatano poche o punte. L'osservatorio di Harvard per molti anni si è dedicato a questo genere di ricerche astronomiche, e il risultato è consacrato nella recente opera *The Stars*, del prof. Newcomb. L'autore ci fa sapere che ventitrè gruppi di stelle sono stati osservati per mezzo dello spettroscopio, e che il numero delle stelle esaminate nei limiti di ogni gruppo varia, da 145 a 3000, e che il loro numero totale è di 19050. Oltre a questo numero totale, 509 stelle sono state trovate variabili, ma il curioso si è la notevole divergenza nelle proporzioni delle variabili e l'intero numero di stelle esaminate nei diversi gruppi. In due di essi, sebbene ne siano state osservate ben 1279, non ne fu trovata variabile neppur una; in tre altri la proporzione era da 1050 a 500; in altri cinque ve ne era una ogni 100, ed il

resto aveva la proporzione di 1 a 6. Di 900 stelle esaminate in un gruppo stellare, ve ne erano 132 variabili!

Riflettendo che le variabili formano soltanto una parte – ed anche piccola – dei sistemi delle stelle doppie, possiamo dire che in tutti i gruppi che posseggono una elevata percentuale di variabili – anzi una molto forte percentuale, ed in qualche caso forse tutte – debbono esistere delle stelle doppie o multiple, gravitanti una intorno all'altra. Con questa molto notevole evidenza, aggiunta a quanto si afferma per la prevalenza delle stelle doppie e variabili fra le stelle in generale, possiamo accettare quel che dice il prof. Newcomb, il quale unisce la sua testimonianza a quella del prof. Campbell già ricordato, cioè che «è probabile che tra tutte le stelle esistenti, quelle solitarie siano l'eccezione piuttosto che la regola. Se ciò, è vero, la regola deve riferirsi con maggior ragione alle stelle di un ammasso condensato.»

## L'EVOLUZIONE DELLE STELLE.

Finchè gli astronomi non ebbero a loro disposizione il telescopio, nè il mezzo ancora migliore di ricerche rappresentato dalla fotografia, nulla poteva sapersi sulla vera costituzione delle stelle, nè del loro processo di evoluzione. La loro apparente grandezza, i loro movimenti, e di poche anche la distanza, si erano potuti determinare, ma soltanto la differenza nella loro colorazio-

ne ha potuto far conoscere, sebbene in modo imperfetto, perfino il grado della loro temperatura. La scoperta dell'analisi spettrale ci ha dato i mezzi di ottenere dati ben precisi sulla costituzione fisica e chimica delle stelle, iniziando così un nuovo ramo di scienza, l'astrofisica, la quale ha già raggiunto un grande sviluppo, tanto da fornire abbondante materiale per la pubblicazione di periodici speciali e di alcuni importanti volumi. Per vero dire, questo ramo della scienza è ben complicato, ma poichè esso non è in rapporto diretto coll'argomento di cui ci occupiamo, abbiamo voluto soltanto farne un cenno, per dire come alcuni dei suoi risultati abbiano avuta la loro importanza per le questioni riguardanti la classificazione e l'evoluzione delle stelle.

Dopo lunghe serie di accurati e pazienti esperimenti, siamo arrivati a conoscere che gli spettri dei diversi elementi sono soggetti a variare, secondo il grado di temperatura cui sono sottoposti, man mano che questa temperatura si fa aumentare, per mezzo di una batteria elettrica producente una scintilla lunga parecchi piedi. Queste variazioni degli spettri non avvengono nella posizione relativa delle linee scure, ma soltanto nel loro numero, nella ampiezza e nella intensità. Altre variazioni sono dovute alla densità dell'ambiente nel quale gli elementi sono riscaldati, e al suo grado di purezza chimica. Conosciute queste diverse modificazioni spettrali, e paragonatele con lo spettro solare, e con quello delle sue appendici, è stato possibile determinare, dallo spettro, non soltanto la temperatura di una stella, in confronto a

quella della scintilla elettrica o a quella del sole, ma anche lo stadio di sviluppo cui l'astro è giunto.

Il primo risultato generale ottenuto da queste ricerche, ci afferma che le stelle più calde sono quelle turchine o bianche, le quali posseggono uno spettro che tende al violetto, e che mostra delle linee colorate indicanti l'esistenza soltanto di gas, specialmente idrogeno ed elio.

Vengono dopo quelle che hanno uno spettro più breve, e che non tende tanto al violetto; queste stelle hanno un colorito giallognolo, e a questo tipo appartiene il nostro sole. Infatti, tutte le stelle di questa categoria presentano le caratteristiche dello spettro solare, cioè le linee scure dovute alla presenza e all'assorbimento dei vapori metallici, specialmente del ferro, allo stato gassoso.

Le stelle che appartengono al terzo gruppo hanno un più corto spettro, e sono di color rosso. Il loro spettro presenta delle linee che indicano la presenza del carbonio.

Spesso questi tre gruppi di stelle vengono denotati cogli appellativi di *stelle gassose*, *stelle metalliche* e *stelle carboniche*; alcuni astronomi indicano anche il primo gruppo col nome di *stelle siriane*, perchè Sirio, quantunque non sia la stella più infocata, ne rappresenta caratteristicamente il tipo, e il secondo col nome di *stelle solari*; finalmente altri astronomi parlano semplicemente di stelle di *prima classe*, di *seconda classe*, etc. secondo il sistema di classificazione che hanno adottato.

Si comprese ben presto però che nè il calore, nè la temperatura delle stelle potevano fornire una sicura in-

formazione sulla loro natura e sul loro stadio di sviluppo, poichè – a meno di supporre che le stelle, sin da quando cominciarono ad esistere, siano state sempre infocate, e tutte le evidenze sarebbero contro questa supposizione – esse debbono attraversare un periodo in cui il calore aumenta gradatamente, fino a raggiungere il massimo, al quale periodo deve seguirne un altro, durante il quale ogni calore e ogni luce si disperdono. La teoria meteorica sull'origine di tutti i corpi celesti luminosi, la quale è molto adottata, spiega, a parer nostro, lo sviluppo graduale delle stelle e delle nebulose. Il suo più valido propugnatore, Sir Norman Lockyer, ha esposto uno schema completo dell'evoluzione e della decadenza stellare, che brevemente riferiremo.

Lasciando da parte le nebulose, ci occuperemo delle stelle le quali posseggono uno spettro rigato o scanalato, indicante una temperatura relativamente bassa, e con linee che affermano la presenza del ferro, del manganese, del calcio e di altri metalli. Queste stelle sono più o meno di color rosso: Antares, nella costellazione dello Scorpione, è una delle più brillanti stelle di questo tipo. Si suppone che in questi corpi si vada compiendo un processo di aggregazione, e che il loro volume e il loro calore aumentino continuamente, e che quindi essi siano soggetti a notevoli cambiamenti.  $\alpha$  del Cigno ha un aspetto simile, ma presenta uno sviluppo maggiore di idrogeno, ed è più calda. Un calore più grande si constata in Rigel e in  $\beta$  della Croce, nelle quali sono evidenti grandi masse di idrogeno, di elio, di ossigeno, di azoto e

anche di carbonio, con scarse tracce di metalli. Se consideriamo le stelle più calde, quali  $\epsilon$  di Orione e due stelle della costellazione di Argo, possiamo constatare che vi predomina l'idrogeno, con poche tracce metalliche e carboniche. La serie delle stelle che vanno verso il raffreddamento è caratterizzata, nello spettro, da spesse linee d'idrogeno, e da altre più sottili indicanti elementi metallici, e tale serie è rappresentata gradualmente da Sirio, Arturo, dal nostro sole, e finalmente dalla 19<sup>a</sup> dei Pesci, i cui spettri presentano molte scanalature indicanti il carbonio, ma poche ed incerte indicanti la presenza di metalli. Continuando il processo di raffreddamento, si originano le stelle oscure.

Così abbiamo uno schema completo dell'evoluzione stellare, che rappresenta una catena non interrotta dalle mal definite ed enormemente diffuse masse di gas e di polvere cosmica che chiamiamo nebulose, alle nebulose planetarie e stellari, alle stelle variabili e doppie, a quelle rosse o bianche e, finalmente, a quelle che ci tramandano una luce interamente turchinicia. Non dobbiamo dimenticare che le più brillanti delle stelle, che presentano uno spettro esclusivamente gassoso, e che si trovano al punto culminante della fase ascendente nell'evoluzione stellare, non sono per questo nè più nè altrettanto ardenti di quelle che si trovano nella fase discendente, perchè uno dei paradossi apparenti della fisica ci avverte che un corpo può diventare più caldo durante il processo di contrazione con perdita di calore. La ragione di ciò è che il corpo, raffreddandosi, si contrae, diviene quindi

più denso, perchè una parte della sua massa grava di più verso il centro, ed in tal guisa produce un aumento di calore, il quale, benchè sia in senso assoluto minore di quello irradiato nello spazio, cagionerà, date certe condizioni, un aumento di calore alla superficie; l'essenziale si è che il corpo in questione sia assolutamente gassoso, in modo da permettere una libera circolazione dalla superficie al centro. Questa legge è così spiegata dal prof. S. Newcomb: «Quando una massa sferica di gas incandescente si contrae per l'irradiazione del suo calore nello spazio, la sua temperatura si eleva sempre, fino a che si mantiene lo stato gassoso».

In altri termini: se la compressione viene provocata da forze esteriori, senza perdita di calore, il globo diventerà più caldo, e l'aumento di calore sarà calcolabile a seconda della compressione. Ma il calore che si perde perchè quella data contrazione sia possibile, è minore dell'aumento di calore che la contrazione stessa produce, poichè la leggera diminuzione del calore totale, in un corpo più piccolo, fa aumentare la temperatura della massa.

Ma se le stelle, come con ogni ragione si deve credere, differiscono anche nella costituzione chimica, poichè alcune sono formate principalmente di gas permanenti, mentre altre presentano, in proporzioni differenti, diversi elementi metallici e non metallici, sarebbe necessario possedere una classificazione relativa alla costituzione stellare, come ne abbiamo una per la temperatura. Il cor-

so evolutivo dei gruppi stellari che sono diversamente costituiti, ci si potrebbe così rivelare assai dissimile.

Malgrado questa restrizione, il processo di evoluzione e di decadenza dei soli, per fasi di crescente e decrescente temperatura, come dice Sir Norman Lockyer, è chiaro e suggestivo. Durante il periodo ascendente la massa e il calore di una stella aumentano, per il continuo accentramento di materie meteoriche che la gravità attira, o che cadono per virtù del proprio moto di masse indipendenti. Questo processo dura fino a che tutta la materia, che circonda la stella a una certa distanza, non sia stata utilizzata, in modo che il corpo raggiunga il massimo volume, il massimo calore e la massima luce.

A questo punto la perdita di calore che avviene per irradiazione non è abbastanza compensata dal flusso di nuova materia, e si determina una lenta contrazione, accompagnata da un leggero aumento di temperatura. Quindi, dovuti alle più stabili condizioni, si formano continuamente strati di metalli allo stato gassoso, i quali impediscono la soverchia dispersione di calore, e attenuano la soverchia luce della massa. Con ciò si spiega come alcuni corpi, come il nostro sole, possano essere più caldi delle stelle più brillanti e più bianche, pur non tramandando altrettanto calore. In tal modo la dispersione di calore è minore, e questo ci può dare la spiegazione del fatto indubitabile che dalle lunghissime epoche geologiche ad oggi vi è stata pochissima diminuzione nella quantità di calore che il sole ci tramanda.

Per quel che riguarda la questione dell'ipotesi meteorica, uno dei nostri primi matematici, il prof. Giorgio Darwin, così si esprime: «L'idea che i corpi planetari si accrescano per l'aggregamento di meteore è plausibile, e fors'anco appare più probabile dell'altra ipotesi, secondo la quale l'intero sistema solare provenga da uno stato gassoso». Per conto mio aggiungo che una delle principali obiezioni che siano state fatte è che le meteore sono già troppo complicate, per poter essere considerate come materia primitiva, della quale i soli e i mondi siano stati fatti, obiezione che non trovo valida. La materia primordiale, qualunque essa fosse, deve essere stata impiegata continuamente, e se collisioni tra globi grandi e immensi non sono mai avvenute – e ciò viene asserito da molti astronomi – allora le particelle meteoriche, qualunque fosse la loro grandezza, avrebbero prodotto ciò che sembra una complicazione di costituzione minerale. L'Universo materiale, probabilmente, ha esistito molto tempo prima dei primitivi elementi, e si è poi a poco a poco trasformato in essi, dando origine ai minerali che troviamo sopra la terra, e a molti altri ancora. Non sarà mai adunque abbastanza ripetuta l'affermazione che nessuna spiegazione, nessuna teoria potrà mai condurci alla vera origine delle cose; soltanto potremo far qualche passo incerto nelle tenebre del passato, per comprendere, per quanto imperfettamente, il processo seguito dal mondo, o Universo, per svilupparsi ed abbandonare la sua primitiva e più semplice condizione.

## CAPITOLO VII.

# IL NUMERO DELLE STELLE È INFINITO?

Molti dei critici della mia prima nota su questo argomento<sup>14</sup> hanno dato un gran peso all'obbiezione rivolta-mi, cioè all'impossibilità in cui siamo di provare che l'Universo – di cui noi vediamo soltanto una parte – non sia infinito. Un dotto astronomo conosciutissimo<sup>15</sup> ha affermato che – a meno che non possa venir dimostrato che il nostro Universo abbia dei limiti – ogni argomentazione, fondata sulla posizione che noi occupiamo in esso, non è sostenibile.

---

14 L'idea fondamentale di questo libro fu riassunta dapprima brevemente dal Wallace in un articolo pubblicato in *The Fortnightly Review*, marzo 1903. – *N. d. T.*

15 Evidentemente qui l'autore accenna a H. H. Turner, professore di astronomia ad Oxford, il quale nella stessa *Fortnightly Review*, aprile 1903, replicò brevemente all'articolo del Wallace. – *N. d. T.*

Io ho cercato di dilucidare l'obiezione, piuttosto che ammettere incautamente che, se la massima evidenza sembra giustificarla, ogni ricerca intorno al posto che noi occupiamo nell'Universo è inutile, poichè, se dobbiamo considerar l'Universo come infinito, non potremo più distinguervi alcuna differenza di posizione. Ma nemmeno questo modo di vedere sarebbe in alcun modo esatto, poichè se anche l'Universo materiale fosse infinito e contenesse un numero infinito di stelle, simili a quelle che noi possiamo scorgere, dovrebbe esistere ancora un'infinita varietà di distribuzione e di ordinamenti, che darebbero a certe posizioni vantaggi maggiori di quelli che noi, a quanto credo, attualmente possediamo.

Supponiamo, per esempio, che al di là del vasto anello formato dalla Via Lattea le stelle vadano diminuendo rapidamente di numero in tutte le direzioni, per una estensione che sia 100 o anche 1000 volte quella della Via Lattea stessa, e che quindi, per una estensione altrettanto grande, vadano aumentando lentamente un'altra volta, per formare nuovi sistemi o Universi, diversi del tutto dal nostro sia per la forma che per la costituzione, e così lontani da non possedere alcuna influenza sul nostro globo. Io sostengo che in tal caso il nostro posto nel nostro Universo stellare dovrebbe avere assolutamente la stessa importanza, e dovrebbe essere considerato come se il nostro fosse l'unico Universo materiale esistente, con attiva emissione di energia e aggregazione di materia, come se l'apparente diminuzione del numero delle stelle – fatto del resto già osservato – possa farci

supporre che tale diminuzione continui, tanto che a una distanza a noi sconosciuta non ne esista più alcuna<sup>16</sup>. Ma io non voglio discutere se altri Universi esistano, materiali o no, nè propendo per l'affermativa o per la negativa. Io credo che tutte le speculazioni su ciò che può esistere o non esistere nello spazio infinito siano prive di alcun valore. Ho limitato strettamente le mie ricerche a ciò che è sino all'evidenza dimostrato dagli astronomi contemporanei, e alle dirette conseguenze logiche che se ne possono trarre. Nondimeno, con mia grande sorpresa, il mio più grande avversario dichiara che «il più grave errore del dottor Wallace è per l'appunto quello di aver ragionato dell'infinito, cui non può arrivare l'intelletto umano dalla stretta cerchia che noi possiamo abbracciare con la nostra limitata percezione». Io, per certo, mai lo feci, ma lo fecero molti altri astronomi. Il defunto Riccardo Proctor non solo discusse continuamente la questione riguardante la materia infinita e lo spazio infinito, ma inoltre argomentò, dai supposti attributi della Divinità, sulla necessità che questo nostro Universo materiale sia infinito; e l'ultimo capitolo della sua opera *Other Worlds than Ours* è interamente dedicato a tale argomento. In un suo lavoro successivo, intitolato *Our Place among Infinities*, egli dice che «l'ammaestramento della scienza ci mette in presenza della indiscutibile infinità del tempo e dello spazio, e della infinità probabile

---

16 In una lettera al *Knowledge*, giugno 1903, W. H. T. Monck arriva alla stessa conclusione per mezzo di formule matematiche.

della materia e dei suoi effetti; siamo quindi in presenza di una infinità di energia. Ma la scienza niente ci dice, niente c'insegna circa queste infinità che rimangono inconcepibili; tuttavia forse potremo giungere a persuaderci della loro realtà.»

Tutto ciò è molto logico, e quest'ultima affermazione è altamente importante. Nondimeno molti scrittori confessano che queste idee di infinità esercitano un'influenza sui loro ragionamenti. Nell'opera postuma di Proctor: *Old and New Astronomy*, il defunto Ranyard, che se ne fece editore, scrisse: «Se noi rigettiamo come un'aberrazione della nostra mente la supposizione che l'Universo sia non infinito, ci troveremo di fronte a un dilemma: o l'etere che ci trasmette la luce delle stelle non è perfettamente elastico, o una grande quantità della luce emessa dalle stelle è obliterata da corpi oscuri.» Abbiamo qui un dotto astronomo, che confessa di avere ripugnanza per l'idea di un Universo finito, il quale semplificherebbe i suoi ragionamenti sugli attuali fenomeni che noi possiamo osservare. In tal modo egli fa esattamente quello di cui sono stato accusato io, erroneamente, dal mio critico. Ma, mettendo da parte qualsiasi idea o prevenzione su quanto sopra abbiamo detto, vediamo quali siano i fatti reali, indagati coi migliori strumenti astronomici, e quali le naturali e logiche illazioni che da tali fatti si possono ritrarre.

L'opinione degli astronomi che più accuratamente hanno studiato l'argomento di cui ci occupiamo, è, in generale, favorevole all'affermazione che l'Universo

stellare abbia una estensione limitata, e che anche le stelle, quindi, siano in numero limitato. Qualche citazione, insieme ai fatti e alle osservazioni sui quali è fondata, potrà spiegar meglio il loro pensiero su questo argomento.

Miss A. M. Clerke nel suo mirabile volume: *The System of the Stars*, dice: «Il mondo siderale ha tutte le apparenze di un sistema finito. È quasi certezza la probabilità che lo spazio sparso di stelle sia di dimensioni misurabili, poichè, in caso diverso, se le stelle cioè fossero innumerevoli, si avrebbe una tale quantità di radiazioni luminose, da fugare ogni tenebre dal nostro cielo, e lo spazio immenso, rosseggiante di raggi di inestinguibili soli, affaticherebbe i nostri sensi col suo monotono splendore.... A meno che, come si afferma, la luce non ci arrivi attenuata a causa della lontananza.... Ma l'affermazione non ci dimostra che tale perdita sia reale anzi contrari indizi la combattono, e l'asserzione che essa inevitabilmente avvenga dipende da analogie che possono essere del tutto fantastiche. Per ora quindi noi dobbiamo tener poco conto di un problematico effetto di una più che incerta causa.»

Il professor Simon Newcomb, uno dei più illustri astronomi e matematici americani, in un suo recente volume: *The Stars*, 1902, arriva ad una conclusione simile. Il suo libro si chiude con queste parole: «L'insieme delle stelle che noi chiamiamo Universo ha una estensione limitata. Le stelle più piccole, che noi possiamo vedere soltanto con l'aiuto di un potente telescopio, non sono,

per la maggior parte, separate da noi da una distanza maggiore di quelle che hanno un grado di splendore più intenso, esse non sono altro che stelle meno luminose, situate in una regione presso a poco equidistante» (pag. 319). E a pag. 229 di questa stessa opera dà ragione della sua conclusione nei seguenti termini: «Vi è una legge ottica che viene a diradare in certo qual modo la questione. Supponiamo che le stelle siano sparse in uno spazio infinito, in modo tale che, in media, qualsiasi regione dello spazio sia ugualmente ricca di stelle. A una data distanza immaginiamo una sfera che abbia per centro il nostro sole, al di là di questa sfera immaginiamone un'altra di raggio più grande, e al di là di questa ancora altre e altre sfere equidistanti, in numero infinito. In tal modo avremo un'infinita successione di spazi sferici, ognuno di un uguale spessore.

«Il volume di ognuno di questi strati sferici sarà presso a poco proporzionale ai quadrati dei diametri delle sfere che lo limitano. Ciascuna delle regioni limitate tra due superficie sferiche conterà un numero di stelle, che diventerà maggiore proporzionalmente al quadrato del raggio della regione stessa. Poichè la quantità di luce che noi riceviamo da ogni stella è inversa al quadrato della distanza della stella stessa, è evidente che la quantità totale di luce emessa da tutte le stelle di ciascuna delle regioni sferiche immaginate sarà costante, per cui, immaginando sempre nuove sfere, possiamo immaginare anche un aumento di luce sempre uguale per ogni sfera aggiunta, e in modo illimitato. Il risultato di ciò sa-

rebbe questo: che se il sistema stellare si estendesse infinitamente, il cielo sarebbe completamente coperto da un bagliore simile alla luce del sole.»

Ma la quantità di luce che ci inviano le stelle è stimata da un quattordicesimo a un ventesimo, o, al minimo, a un decimo di quella della luna, mentre la luce solare è uguale a quella che emetterebbero 300.000 lune piene. La luce delle stelle equivale adunque alla sestamillesima parte di quella solare. Tenendo questo bene in mente, le possibili cause della quasi scomparsa della luce stellare, (se le stelle fossero infinite e distribuite, in media, così fitte al di là della Via Lattea come quelle che vi sono contenute) rappresentano delle ipotesi addirittura assurde. Tali cause sarebbero: 1. la perdita di luce attraverso l'etere; 2. le stelle opache o la polvere meteorica, che intercetterebbero una parte di luce. In quanto alla prima causa, come generalmente è ammesso, non vi sono fatti evidenti che la provino, nondimeno si può credere con molta evidenza che se essa esiste, la sua azione è così piccola da non produrre alcun effetto sensibile per una distanza minore di centinaia e forse di migliaia di volte quella della Via Lattea. Questa probabilità la desumiamo dal fatto che le stelle le più brillanti non sono sempre, e neppure in gran parte, le più vicine a noi, come vien provato dal lento moto proprio di esse e dalla mancanza di parallasse misurabile. Gore dimostra che, su venticinque stelle le quali hanno un movimento proprio annuo di due secondi, soltanto due oltrepassano la terza grandezza. Molte stelle di prima grandezza, com-

preso Canopus, che per splendore è la seconda stella fra le più brillanti, sono così lontane che non è stato possibile calcolare la loro parallasse, per quanti sforzi si siano ripetutamente fatti. Queste stelle debbono adunque esser molto più lontane di molte altre piccole e telescopiche, e forse altrettanto lontane che la Via Lattea, nella quale è possibile scorgere tante stelle brillanti; quindi, se una considerevole quantità di luce venisse dispersa nel percorrere tale distanza, poche dovrebbero essere le stelle tra quelle di prima, seconda e terza grandezza molto lontane da noi. Delle ventitre stelle di prima grandezza soltanto dieci hanno una parallasse di un ventesimo di secondo, e cinque delle più piccole tra esse hanno una parallasse di appena uno o due centesimi di secondo; di due di esse non si può affermare se una parallasse esista. Vi sono inoltre 309 stelle della grandezza 3,5; ebbene, soltanto trentuna di esse posseggono un movimento proprio maggiore di 100 secondi in un secolo, e soltanto diciotto hanno una parallasse che supera un ventesimo di secondo. Questi dati sono stati tolti dalle tavole contenute nel volume del professor Newcomb, ed hanno un grandissimo significato, perchè provano che le stelle più brillanti non sono quelle a noi più vicine, e più ancora perchè dimostrano che delle settantadue stelle la cui distanza è stata misurata con una certezza assai approssimativa, soltanto ventitre superano la grandezza 3,5, con una parallasse maggiore di un cinquantesimo di secondo, mentre non sono meno di 49 quelle inferiori all'otta-

va e nona grandezza, le quali sono a noi più vicine di quelle più brillanti!

Se esaminiamo le stelle di cui la parallasse è stata misurata dal professor Newcomb, troviamo che la parallasse media di trentadue stelle delle più lucenti (a cominciare dalla grandezza 3,5, sino a Sirio) è di 0,11 di secondo, e quella di quarantuna altre stelle, minori della grandezza 3, 5, e sino alla grandezza 9,5, è di 0,21 di secondo, il che dimostra che in media soltanto la metà di queste stelle sono più lontane da noi di quelle più brillanti.

A una identica conclusione è giunto Thomas Lewis, dell'osservatorio di Greenwich, nel 1895, cioè, che le stelle comprese tra le grandezze 2,70 e 8,40 circa, hanno in media una parallasse che è doppia di quella delle stelle più lucenti. Questo fatto strano e inaspettato può esser considerato come evidentemente contrario all'idea che avvenga una certa dispersione di luce nelle stelle più distanti, al paragone della luce di quelle più vicine, poichè, se una tal dispersione avvenisse, il fatto sarebbe di molto più difficile spiegazione, perchè esso tenderebbe ad esagerare la dispersione della luce delle stelle più lontane. Le stelle più brillanti essendo quasi tutte da noi più lontane di quello che non siano le meno lucenti fino all'ottava o nona grandezza, si può ritenere che, se veramente una dispersione di luce avviene, le stelle più brillanti debbono essere realmente molto più luminose di quello che ci sembra, perchè a causa della enorme lontananza una parte della loro luce si disperde prima di

giungere a noi. Certamente bisogna convenire che non è stato dimostrato che la luce non subisca alcuna dispersione traversando lo spazio, ma d'altro canto è precisamente all'opposta conclusione che noi potremmo venire: se le stelle più distanti fossero sensibilmente offuscate da questa causa, ciò potrebbe esser considerato come prova che se vi è perdita di luce, essa deve esser così piccola da non aver alcuna importanza nei limiti del nostro sistema stellare, del quale noi esclusivamente ci occupiamo.

Questo notevole fatto della enorme distanza della maggior parte delle stelle più brillanti rappresenta un altro valido argomento contro la dispersione della luce causata da corpi oscuri o da polvere cosmica, poichè, se la luce delle stelle che hanno una parallasse minore di un quindicesimo di secondo non viene diminuita in modo apprezzabile, il fatto non può avere alcuna importanza nei limiti del nostro Universo.

Tanto il signor E. V. Maunder dell'osservatorio di Greenwich, che il professore W. W. Turner dell'osservatorio di Oxford, annettono molta importanza a questi corpi oscuri, e il già menzionato Sir Robert Ball asserisce che «le stelle oscure sono incomparabilmente più numerose di quelle che noi possiamo vedere.... e che se ci provassimo a contar tutte le stelle che esistono nel nostro Universo, limitandoci a quelle di cui possiamo scorgere il temporaneo splendore, sarebbe lo stesso che se volessimo valutare il numero dei ferri di cavallo che esistono in Inghilterra, computando soltanto quelli che

sono in fabbricazione.» Ma la proporzione delle stelle oscure (o nebulose) con quelle brillanti non può esser determinata *a priori*, perchè essa dipende dalle cause del calore delle stelle, e dalla frequenza con cui queste cause agiscono nella vita delle stelle luminose. Sarebbe necessario conoscere bene, prima della costanza della luce delle stelle brillanti durante il periodo storico, e con molta maggior precisione, la durata delle lunghissime epoche nelle quali il nostro sole ha alimentato la vita della terra, epoche che debbono essere immensamente minori della intera esistenza del nostro luminare, considerato come donatore di luce e di calore, poichè la vita del maggior numero delle stelle deve esser misurata a centinaia e forse a migliaia di milioni d'anni. Ma non possediamo alcuna cognizione sulla rapidità del processo di formazione delle stelle. Quelle che sono chiamate nuove, e che appaiono occasionalmente, appartengono evidentemente a un diverso tipo; il loro bagliore si mostra d'un tratto e presto si dilegua, sopravvenendo una totale oscurità, quindi tali stelle ridivengono del tutto invisibili. Ma le vere stelle, con ogni probabilità, passano per i loro stadi di sviluppo (origine, aumento, maturità e decadenza) con estrema lentezza. Non è quindi possibile per noi determinare, per mezzo dell'osservazione diretta, il momento in cui si originano e quello in cui si spengono. Da questo punto di vista esse somigliano alle specie del mondo organico. Esse dapprima avrebbero potuto, probabilmente, essere a noi note, ai limiti estremi della visibilità telescopica o della sensibili-

tà fotografica, come stelle o piccole nebulose, e l'aumento della loro luce deve esser avvenuto così lentamente, da dover essere trascorsi centinaia e migliaia d'anni prima che noi le potessimo distinguere distintamente.

Non accettare questo argomento solo per il fatto che noi non abbiamo mai veduto il nascere di una vera stella permanente, il che deve essere perciò molto raro, rappresenta una cosa assurda e priva di alcun valore. Nuove stelle possono avere origine ogni anno ed anche ogni giorno, senza che sia possibile, per noi, l'accorgercene. Se ciò realmente accadesse, la riserva dei corpi oscuri, sia riuniti in grande masse, sia allo stato di polvere cosmica, lungi dall'essere incomparabilmente più numerosa delle stelle visibili e delle nebulose, potrebbe anche essere uguale, o, al più, poco più grande, e in questo caso, considerando l'enorme distanza che separa le stelle (o i sistemi stellari) l'una dall'altra, non potremmo ricevere alcuna apprezzabile impressione se alla nostra visuale fosse nascosto un considerevole numero dei corpi luminosi che costituiscono l'Universo stellare. L'argomento del professor Newcomb, adunque, circa la piccola quantità di luce perduta dalle stelle non è reso meno valido dai fatti e dagli argomenti addotti contro di esso.

W. H. T. Monck, in una lettera ad *Knowledge* (maggio 1903) appoggia fortemente la mia opinione dicendo: «La quantità di luce emessa dalla luna piena secondo i miei calcoli è di  $\frac{1}{300.000}$  appena quella del sole. Supponiamo che i corpi oscuri siano 150.000 volte più nume-

rosi di quelli luminosi, allora tutto il cielo dovrebbe essere tanto luminoso quanto la parte illuminata dalla luna; ma tutti sappiamo che ciò non avviene. Ma si è detto che le stelle, se sono infinite, devono estendersi infinitamente in una certa direzione, per esempio in quella della via Lattea, e sta bene, ma dove troviamo, osservando i punti più luminosi della Via Lattea, uno spazio di grandezza angolare uguale a quello della luna, che tramandi a noi la medesima quantità di luce? Nei punti più brillanti la luce forse non arriva ad essere la centesima parte di quella della luna piena».

Concludiamo adunque affermando che, se anche le stelle oscure fossero 15 milioni di volte più numerose di quelle luminose, l'argomento del Prof. Newcomb sarebbe ancora applicabile contro un infinito Universo di stelle della stessa densità media della parte a noi visibile.

#### EVIDENZA TELESCOPICA DEI LIMITI DEL SISTEMA STELLARE

Sul principio del secolo decimonono i telescopi, che si facevano viepiù potenti, accrebbero in modo considerevole il numero delle stelle visibili, si credette quindi che il numero di queste sarebbe divenuto infinito, perchè le stelle parevano davvero in numero infinito, tanto che non sarebbe stato possibile contarle. Ma in questi ultimi anni è stato osservato che l'aumento delle stelle

visibili al telescopio non è così grande come si sarebbe potuto credere, e che, in molte parti del cielo, una lunga esposizione delle lastre fotografiche ha rivelato, relativamente, l'esistenza di poche stelle, oltre quelle ottenute da una più breve esposizione del medesimo apparecchio.

La testimonianza del signor I. E. Gore, è molto esplicita. Egli afferma: «La poca riflessione che alcuni consacrano a questo argomento, produce il risultato di far credere che il numero delle stelle sia infinito o almeno così grande da non potersi contare. Questa idea è del tutto assurda, e non può attribuirsi che ad una completa ignoranza delle scoperte astronomiche. È senza dubbio vero che, per una certa estensione, più il telescopio adoperato per esaminare il cielo è potente, più il numero delle stelle sembra aumentare, benchè sia indiscutibile che esista un limite nell'aumento del potere visivo telescopico, ed ogni evidenza chiaramente dimostri che ci andiamo rapidamente avvicinando a tale limite. Ma sebbene il numero delle stelle visibili nelle Pleiadi sia aumentato da quando il telescopio fu adoperato per la prima volta, e sebbene la fotografia abbia in sèguito accresciuto anche maggiormente il numero delle stelle che si trovano in questo bellissimo gruppo, è stato recentemente osservato che una più lunga esposizione (più di tre ore) aggiunge poche stelle al numero di quelle visibili nella fotografia presa all'osservatorio di Parigi nel 1885, nella quale se ne contano circa 2000. Inoltre, assieme con questo gran numero di stelle che occupano una così

piccola area del cielo, degli spazi vuoti, relativamente grandi, si scorgono fra le stelle, ed un'occhiata data alla fotografia originale basta per far comprendere quale ampio spazio vi sarebbe per contenerne un numero molto e molto maggiore di quello che vediamo, tanto che io credo che se tutto il cielo fosse ricco di stelle come lo spazio occupato dalle Pleiadi, ve ne sarebbero almeno 33 milioni in ambedue gli emisferi.»

Quindi, rammentando che il prof. Celoria, con un telescopio che rende visibili le stelle sino all'undecima grandezza, potè vedere su per giù soltanto lo stesso numero di stelle, vicino al polo della Via Lattea, di quello veduto da Guglielmo Herschel con un telescopio, molto più grande e più potente, il Gore osserva: «La loro assenza sembra fornirci una sicura prova che stelle molto deboli non esistono in quella direzione e che, da quella parte almeno, l'Universo siderale sia limitato».

Giovanni Herschel accenna al medesimo fenomeno, e dice che anche nella Via Lattea si trovano «spazi assolutamente oscuri e affatto privi di stelle, anche di quelle della più piccola grandezza telescopica», ed aggiunge ancora: «Se pure non mancano affatto, piccolissime sono le stelle e così poco numerose da farci irresistibilmente concludere che in quelle regioni vediamo veramente al di là dello strato stellare, poichè altrimenti sarebbe impossibile, supponendo che la luce emessa dalle stelle non sia intercettata, che il numero di quelle appartenenti alle più piccole grandezze non vada continuamente aumentando all'infinito. Inoltre in tali casi il fon-

do del cielo, veduto tra le stelle, è per lo più perfettamente oscuro, cosa che non avverrebbe se vi si trovasse un'innumerabile moltitudine di stelle, anche se esse fossero tanto piccole da non poter essere osservate.» E aggiunge ancora: «Per una larga estensione della Via Lattea, ed in ambidue gli emisferi, osservasi un'uniforme oscurità del cielo, sul quale si disegnano le stelle, e l'assenza di una innumerevole moltitudine, o di un eccessivo accumulo di stelle più piccole, ma di visibile grandezza, e la mancanza del bagliore prodotto dall'addensarsi della luce proveniente dagli ammassi di stelle troppo piccole per essere scorte ad occhio nudo – il che sarebbe indispensabile per appoggiare la opinione contraria – sono fatti che devono essere, a mio parere, considerati come indizi non equivoci che le dimensioni della Via Lattea, *nelle direzioni dove queste condizioni esistono*, sono, non solamente non infinite, ma occupano uno spazio che i nostri potenti telescopi possono penetrare ed anche oltrepassare.»<sup>17</sup>

Quest'opinione espressa da un astronomo, che fra gli altri scienziati contemporanei è forse l'autorità più competente, e che a questo quesito scientifico ha dedicato molta parte della sua vita, studiando con grande amore tutto l'Universo stellare, non può esser leggermente trascurata, per accettare le congetture di coloro che vogliono farci credere ad un'infinità di stelle, a meno che non

---

<sup>17</sup> *Outlines of Astronomy*, (ultima edizione) (pp. 518-9. – Le parole in corsivo sono dell'Herschel.

possa provarsi, in modo assoluto, il contrario. Ma, mentre nessuna prova evidente può essere addotta per provare l'infinità, chè anzi tutti i fatti e tutti gli indizi accennano, come abbiamo detto, ad una conclusione opposta, noi dobbiamo fidarci di questa evidenza, e ammettere che l'Universo stellare abbia un'estensione limitata.

Il dottor Isaac Roberts, dopo avere adoperato per le medesime ricerche le lastre fotografiche, scrive: «Undici anni or sono furono prese delle fotografie della grande nebulosa di Andromeda col riflettore di venti pollici, prolungando l'esposizione delle lastre anche per quattro ore. Sopra alcune di esse si videro le immagini delle stelle fino alla diciassettesima e diciottesima grandezza, nonchè quelle delle nebulose del medesimo grado di splendore. Le pellicole delle lastre ottenute in quei giorni erano meno sensibili di quelle che avevano servito cinque anni prima, e durante questo periodo erano state fotografate le nebulose con una esposizione di oltre quattro ore e con un riflettore di venti pollici; ma nè estensione delle nebulose, nè aumento nel numero delle stelle può scorgersi tanto sulle prime che sulle seconde lastre, quantunque le immagini delle stelle e delle nebulose abbiano maggiore intensità su queste ultime.»

Fatti esattamente simili sono stati osservati nella grande nebulosa di Orione e nel gruppo delle Pleiadi. Nella Via Lattea sono state prese delle fotografie della costellazione del Cigno coi medesimi strumenti, con esposizioni che variano da un'ora a due ore e mezzo, ma nessun indizio dell'esistenza di qualche stella di luce più

debole fu notato in alcuna di essa, e il fatto è stato confermato ancora da altre fotografie prese in altri punti della sfera celeste.

#### LEGGE DEL NUMERO DECRESCENTE DELLE STELLE.

Ora noi ci faremo a considerare un'altra prova non meno importante delle due già accennate, quella che potrebbe esser considerata come una legge secondo la quale diminuisce il numero delle stelle oltre una certa grandezza, come è stato osservato con potentissimi telescopi.

Da qualche anno la grandezza delle stelle è stata calcolata con molta esattezza per mezzo di accurati esperimenti fotometrici. Le stelle fino alla sesta grandezza, che sono visibili ad occhio nudo, sono chiamate stelle lucenti. Tutte le stelle più deboli sono telescopiche, e man mano che la grandezza decresce, secondo una serie nella quale la differenza di luce fra ciascuna successiva grandezza è eguale, si arriva alla diciassettesima grandezza, che indica il limite di visibilità nei più grandi telescopi attualmente esistenti. Con la scala ora usata, una stella di qualsiasi grandezza dà quasi due volte e mezzo maggior luce di un'altra che appartenga alla grandezza successiva, e, per accurati confronti, l'apparente splendore di ogni stella è stabilito a un decimo di una grandezza che facilmente può essere osservata. Certamente,

a causa della differenza nel colore delle stelle, queste determinazioni non possono essere fatte con assoluta esattezza, ma se vi è qualche errore è di poca importanza. Secondo questa scala, una stella di sesta grandezza dà circa la centesima parte di luce, in media, di una stella di prima. Sirio, che è eccezionalmente luminoso, dà nove volte maggior luce di qualsiasi stella di prima grandezza.

Sappiamo che dalla prima alla sesta grandezza le stelle aumentano in numero con una crescente proporzione, che è circa tre volte e mezzo maggiore di quella della precedente grandezza. Il Prof. Newcomb afferma che le stelle fino alla sesta grandezza sono 7647. Per le altre grandezze il numero è così grande, che è difficile poterlo calcolare con precisione, nondimeno vi è una meravigliosa continuazione della medesima legge di aumento sino alla decima grandezza, che si crede comprenda due milioni trecento undici mila stelle, il che è molto vicino alla proporzione di 3,5 determinata per le stelle lucenti.

Ma al di là della decima grandezza, nel gran numero di stelle deboli visibili solamente con l'aiuto dei migliori e dei più grandi telescopi, constatiamo un subitaneo cambiamento nella proporzione con cui cresce il numero delle stelle, man mano che diminuisce la grandezza. Queste stelle sono talmente numerose che è impossibile contarle, così come è difficile contare le stelle di grandezza maggiore; pure parecchie volte ne è stata tentata la prova da diversi astronomi, i quali hanno diviso il cielo in piccole aree, ottenendo con questo mezzo una me-

dia approssimativa, così che è ora possibile conoscere approssimativamente il numero delle stelle visibili, sino alla diciassettesima grandezza. Dopo aver fatto studi speciali su questo soggetto, gli astronomi hanno annunciato che il numero totale delle stelle visibili non deve eccedere i 100 milioni.<sup>18</sup>

Ma se noi consideriamo il numero delle stelle sino alla nona grandezza, numero che possiamo asserire di conoscere quasi esattamente, e calcoliamo quindi il numero delle stelle in ciascuna successiva grandezza, fino alla diciassettesima, secondo la medesima proporzione di aumento, la quale corrisponde molto da vicino anche a quella delle stelle di maggior grandezza, secondo il Gore il numero totale delle stelle dovrebbe essere di circa mille quattrocento milioni. Come può credersi, nessuno di questi calcoli la pretende ad esattezza, essi però sono fondati su tutti i fatti che possono riuscire utili allo scopo, e sono in generale accettati dagli astronomi come quelli che più si avvicinano alla realtà. La discrepanza tra questi risultati è così enorme, che probabilmente nessun accurato astronomo che osservi il cielo con un telescopio molto potente, dubita che vi sia una vera e rapidissima diminuzione nel numero delle stelle più deboli, in confronto di quelle più brillanti.

Ma vi è ancora un altro indice del diminuir continuo delle stelle, che potrebbe esser giudicato come conclu-

---

18 *Concise Knowledge Astronomy* di J. E. Gore. – (pp. 541-2).

dente, e, per quel che rammento, non è stato ancora accennato in questa relazione. Perciò ne dirò brevemente.

### IL RAPPORTO TRA LA LUCE E IL NUMERO DELLE STELLE PIÙ DEBOLI.

Il Prof. Newcomb accenna ad un buon risultato dipendente dal fatto che, mentre la media della luce tra le stelle di successive grandezze più piccole diminuisce in proporzione di 2,5, il loro numero aumenta nella proporzione di 3,5. Da ciò ne risulta che, fintanto che questa legge di aumento continua, il totale della luce delle stelle va aumentando di circa il cinque per cento, per ciascuna grandezza successiva, come si vede dalla seguente tavola:

GRANDEZZA	1	LUCE TOTALE	=	1
»	2	»	=	1,4
»	3	»	=	2,0
»	4	»	=	2,8
»	5	»	=	4,0
»	6	»	=	5,7
»	7	»	=	8,0
»	8	»	=	11,3
»	9	»	=	16,0
»	10	»	=	22,6
Luce totale delle prime 10 grandezze			<hr style="width: 100%;"/>	74,8

Dunque, il totale della luce emessa dal numero complessivo delle stelle, sino alla decima grandezza, è settantaquattro volte più grande di quello delle poche della prima grandezza. Noi vediamo ancora che la luce totale emessa dalle stelle di qualsiasi grandezza, è circa due volte maggiore di quella delle stelle di due grandezze precedenti, così che possiamo calcolare facilmente qual luce addizionale potremmo ricevere da ciascuna grandezza addizionale, se esse continuassero a crescere in numero al di là della decima grandezza, come avviene sino alla grandezza suddetta. È stato calcolato, dopo accuratissime osservazioni, che il totale della luce delle stelle sino alla grandezza  $9\frac{1}{2}$  è un ottantesimo di quello della luna piena, benchè di talune sia anche assai maggiore. Ma se noi continuiamo la tavola della proporzione di luce, partendoci dal più basso punto luminoso e arrivando alla grandezza diciassettesima e  $\frac{1}{2}$ , troveremo, se il numero delle stelle anderà sempre crescendo con la medesima proporzione, che la luce complessiva di esse dovrebbe essere almeno sette volte maggiore di quella della luna piena, mentre le misure fotometriche la limitano soltanto a un ventesimo. Rapportando il calcolo della proporzione di luce solamente alle stelle visibili coi più potenti telescopi, senza comprenderne alcuna di quelle delle quali soltanto la fotografia ha provato l'esistenza, avremo in questo caso una dimostrazione che il numero delle stelle dalla decima fino alla diciassettesima grandezza diminuisce rapidamente. Dobbiamo ricordarci che le più piccole stelle telescopiche sono in enor-

me preponderanza nella Via Lattea e nelle vicinanze di questa. Ad una certa distanza dall'area occupata dalla Via Lattea, esse diminuiscono rapidamente ed ai suoi poli sono quasi totalmente assenti, e questo è dimostrato dal fatto già riferito, che il Prof. Celoria di Milano, con un telescopio di un'apertura minore di tre pollici, contò in una regione quasi altrettante stelle, quante ne aveva contate l'Herschel con un riflettore di 10 pollici. Ma se l'Universo stellare ha un'estensione senza limiti, difficilmente si può supporre che tale illimitata estensione esista in un solo piano; quindi l'assenza di stelle minime e di luce galassica diffusa nella maggior parte del cielo, deve esser ritenuta come prova certa che la miriade di piccolissime stelle che vediamo nella Via Lattea appartengono veramente a questa e non alla profondità dello spazio che si vede al di là.

A me pare che in tale modo noi abbiamo una prova diretta che le stelle del nostro Universo siano veramente in numero limitato; ciò si può dimostrare con quattro diverse argomentazioni, che, con maggiore o minor forza, mirano tutte alla conclusione che l'Universo stellare che vediamo intorno a noi, lungi dall'essere infinito, è strettamente limitato nell'estensione, nella forma e nella costituzione ben definita. Questi argomenti possono essere riassunti brevemente come segue:

- 1) Il Prof. Newcomb dimostra che, se le stelle fossero in numero infinito, se quelle che noi vediamo non fossero che una ben meschina parte del numero totale di esse e se non vi fossero sufficienti corpi oscuri per mitigare

la quantità complessiva della loro luce, noi dovremmo riceverne da esse, teoricamente, più che dal sole. Ho detto, ed assai lungamente, che nessuna delle cause accennate di disperdimento di luce ha un valore, per l'enorme sproporzione fra la luce ipotetica e quella reale che emettono le stelle, e perciò l'argomento del Prof. Newcomb deve ritenersi come valido contro l'idea di un Universo infinito, cosa che del resto non è certo contraria all'esistenza di altri Universi nello spazio. Ma di questi noi niente possiamo sapere, cioè se sono materiali o non materiali, e il ricercar di essi sarebbe cosa meno che inutile.

2) Il secondo argomento si basa sul fatto che, in ogni punto del cielo e nella Via Lattea stessa, esistono spazi immensi: fenditure, viuzze, spazi circolari, dove le stelle o mancano affatto, o sono deboli e poche. In molte di queste aree i più grandi e potenti telescopi non scoprono maggior numero di stelle che quelli più piccoli, e queste stelle spiccano sempre sopra un fondo intensamente scuro. Guglielmo Herschel, Humboldt, Giovanni Herschel, R. A. Proctor e molti altri astronomi ancora viventi, sostengono che da queste aree oscure, fenditure, spazi circolari, possiamo vedere, al di là del nostro Universo stellare, profondità prive di stelle.

3) Il terzo argomento è rappresentato dal fatto notevole che il costante aumento del numero delle stelle sino alla nona e decima grandezza segue costantemente una proporzione, e la cambia gradualmente o subitamente dopo, cosicchè il numero totale delle stelle dalla decima

sino alla diciassettesima grandezza è solamente di circa un decimo di quel che dovrebbe essere se il numero continuamente aumentasse con le medesime proporzioni. Quello che dobbiamo dedurre da tutto ciò è ovvio, cioè: che le stelle deboli divengono sempre e sempre più diradate nello spazio, e che il fondo scuro sul quale le vediamo ci dimostra che, eccettuate le regioni della Via Lattea, non vi sono moltitudini di piccole stelle invisibili al di fuori di essa.

4) L'ultimo argomento che parla in favore dell'opinione che l'Universo stellare non sia infinito, e che validamente appoggia i tre primi, è il calcolo del numero delle stelle dalla quantità di luce di ciascuna successiva grandezza.

I quattro differenti argomenti ora addotti possono ritenersi come atti a costituire, il più approssimativamente che le circostanze lo permettano, una prova soddisfacente che l'Universo stellare, del quale il nostro sistema solare forma una parte, ha limiti definiti; e che perciò una più concreta conoscenza della sua forma, della sua struttura e della sua estensione non sarà cosa impossibile per gli astronomi dell'avvenire.

## **CAPITOLO VIII.**

# **I NOSTRI RAPPORTI CON LA VIA LATTEA.**

Ormai ci avviciniamo al vero scopo delle nostre ricerche, la determinazione cioè del nostro vero posto in questo vasto ma limitato Universo, e dell'influenza che questa posizione esercita sul nostro globo, facendolo il teatro dove la vita si sviluppa nelle sue più perfette forme.

Cominceremo a stabilire i nostri rapporti con la Via Lattea, di cui tanto ci siamo intrattenuti nel quarto capitolo, perchè dobbiamo convenire che essa è la più importante caratteristica della volta celeste.

Giovanni Herschel la chiama piano fondamentale del sistema siderale, e più che la studiamo, più siamo costretti a convincerci che tutto l'Universo stellare: stelle, gruppi di stelle e nebulose, sono in qualche modo in rapporto con essa, o almeno da essa dipendenti e influenzate. La Via Lattea non soltanto contiene un maggior numero di stelle delle prime grandezze, più che

qualunque altra parte del cielo, ma preponderano in essa anche i gruppi stellari, una grande quantità di materia nebulosa diffusa, ed innumerevoli miriadi di piccolissime stelle che le danno l'apparenza di una nuvola. Quella è la regione dove degli strani incendi formano nuove stelle, e dove enormi stelle allo stato gassoso – qualcuna probabilmente 1000 ed anche 10000 volte più grande del nostro sole, e di grande calore e lucentezza – abbondano più che in ogni altra parte del cielo. È quasi certo che queste stelle immense e le miriadi di quelle piccolissime, appena visibili con i più forti telescopi, sono veramente in rapporto fra loro, e che insieme costituiscono il tipico aspetto della via Lattea. In tal caso le stelle più deboli sono veramente le più piccole tanto che non possono esser distinte, e se ciò è, formano la prima aggregazione dello strato nebuloso e forse forniscono il combustibile per l'intenso splendore dei soli giganteschi. Se questo è vero, la via Lattea deve essere il teatro d'azione di forze molteplici e di continue combinazioni dalla materia, che a noi non è dato potere osservare, perchè troppo immensa la distanza che la separa da noi. Fra i tanti milioni delle sue stelle telescopiche, possono ogni anno apparirne e sparirne centinaia e migliaia, senza che noi ce ne accorgiamo, finchè le carte fotografiche non saranno ancor più complete e non si potrà scrutare il cielo nei suoi più piccoli intervalli. Non possiamo dubitare che dei cambiamenti siano avvenuti in molte delle più grandi nebulose in questi ultimi 50 anni, e analoghi cambiamenti constateremo ben presto nelle stelle e nelle

masse nebuloze della Via Lattea. Il dottor Isaac Roberts afferma di aver veduto dei cambiamenti nelle nebulose nel breve intervallo di otto anni.

### LA VIA LATTEA È UN GRAN CERCHIO.

Malgrado le sue irregolarità, le sue divisioni e le sue diramazioni divergenti, gli astronomi, in generale, convengono che la forma della Via Lattea è quella di un gran cerchio.

Giovanni Herschel, le cui cognizioni profonde ne fanno uno scienziato incomparabile, dice che il suo andamento è conforme, per quanto le sue irregolarità di limite ci permettano di seguirlo, a quello d'un gran circolo, e dà l'ascensione retta e la declinazione dei punti dove incrocia l'equinoziale, in figure le quali rappresentano quei punti come assolutamente opposti l'uno all'altro. Egli determina i poli anche con altre figure, atte a dimostrare che sono quelli di un gran circolo; e dopo aver riferito il giudizio di Struwe, che non la crede un gran circolo, aggiunge: «Non mi rimuovo dalla mia opinione». Il prof. Newcomb dice che la posizione della Via Lattea «è quasi sempre quella di un gran circolo della sfera», e inoltre aggiunge che «sembra esser dimostrato in due modi che noi siamo nel piano galassico stesso: 1. per l'eguaglianza del numero delle stelle in tutte le direzioni del suo piano e dei suoi poli; 2. per il fatto che la linea

centrale della Via Lattea è circolare, mentre noi non potremmo vederla tale se la fissassimo da un punto che non fosse nel suo piano centrale.» (*The Stars*; pag. 317). Miss Clerke, nella sua *History of Astronomy*, parla della «nostra situazione nel piano galassico» come di una indiscutibile verità astronomica, e Sir Norman Lockyer, in uno scritto pubblicato nel 1899, dice: «La linea media della Via Lattea non si può veramente distinguere da un gran cerchio»; e appresso, nel medesimo scritto, aggiunge che «i lavori recenti, e specialmente quelli di Gould nell'Argentina, dimostrano in modo assoluto che essa è un gran cerchio»<sup>19</sup>.

Questo fatto dunque non dà luogo a discussione. La Via Lattea è un gran cerchio che divide la sfera celeste in due parti eguali, come si vede dalla terra, e perciò il piano centrale di questo cerchio deve passare attraverso la terra. Naturalmente tutto l'insieme avendo dimensioni così vaste, e la Via Lattea variando da dieci a trenta gradi di ampiezza, il piano nel suo corso circolare non può esser calcolato con perfetta esattezza. Ma questo non ha grande importanza. Quando sia disegnata con cura sopra una carta, come quella di Sidney Waters, che si trova alla fine di questo volume, possiamo scorgere che la sua linea centrale segue un corso assolutamente circolare, conforme *quanto più approssimativamente sia possibile* ad un gran cerchio. Noi ci troviamo perciò certamente ben addentro allo spazio che potrebbe essere chiuso se i

---

19 *Nature*; 26 ottobre 1899.

suoi margini, a nord e a sud, fossero connessi attraverso il vasto abisso che li separa, e con ogni probabilità non molto lungi dal piano centrale dello spazio compreso.

## LA FORMA DELLA VIA LATTEA E LA NOSTRA POSIZIONE NEL SUO PIANO.

Benchè dal punto donde noi la vediamo la Via Lattea formi nello spazio celeste un gran circolo, non si deve credere che essa abbia necessariamente una figura circolare. Essendo il suo spessore ineguale e irregolare ai suoi orli, potrebbe avere una forma ellittica o anche angolosa, senza che perciò fosse necessario vederla in tal modo. Se noi ci trovassimo all'aperto, in mezzo a un prato di due o tre miglia di diametro e circondato da boschi di estensione e spessore disuguali e di colorito diverso, ci riuscirebbe difficile giudicare la forma del prato, che potrebbe essere circolare, ovale, esagonale o anche del tutto irregolare, nè saremmo capaci di affermare se i suoi confini fossero più vicini a noi da un lato piuttosto che dall'altro. Inoltre i boschi che circondano il prato potrebbero formare una stretta cintura di poco ma uniforme spessore, oppure una cintura che in qualche punto fosse larga qualche iarda appena, mentre in alcuni altri potrebbe estendersi per miglia e miglia. Ecco perchè gli apprezzamenti dati dagli scienziati, circa l'estensione della Via Lattea in direzione del suo piano, cioè

nella direzione in cui noi la guardiamo, sono stati molteplici. Ma recentemente, dopo lunghi studi e accurate osservazioni, gli astronomi si sono trovati d'accordo circa la sua forma e la sua estensione, come potrà vedersi dai fatti e dagli apprezzamenti che stiamo per esporre.

Miss Clerke, dopo avere esposte le diverse opinioni di parecchi astronomi – e per quel che riguarda la storia della moderna astronomia, i suoi apprezzamenti hanno molto valore – dice che probabilmente la Via Lattea è quel che sembra che sia, cioè un immenso anello, con dipendenze o diramazioni che si staccano da essa e si estendono in tutte le direzioni, producendo l'effetto complessivo che noi vediamo. Ma una nuova opinione sembra che ora si faccia strada: si afferma che tutto l'Universo stellare sia sferico o sferoidale, e la Via Lattea il suo equatore, e perciò, con ogni probabilità, il piano di essa deve essere circolare o presso a poco. Si sostiene anche che la Via Lattea abbia un moto di rotazione, forse molto lento, perchè altrimenti non si potrebbe immaginare per quale altra causa essa abbia potuto assumere la forma di un immenso anello, e come abbia potuto mantenere tale forma, dopo essersi così formata.

Il Prof. Newcomb, considerando che il numero delle stelle sparse intorno alla Via Lattea, in tutte le direzioni, è presso a poco eguale, opina che non vi debba esser grande differenza nella nostra distanza da qualsivoglia parte di essa; da ciò possiamo dedurre che il suo piano è approssimativamente circolare o ampiamente ellittico.

L'esistenza delle nebulose anulari aggiunge verosimiglianza a questa opinione.

Norman Lockyer accenna a fatti che tendono alla stessa conclusione. In un articolo della *Nature* dell'8 novembre 1900 egli dice: «Noi sappiamo che le stelle gassose sono, non soltanto confinate nella Via Lattea, ma anche le più remote in ogni direzione in qualsiasi longitudine galassica, e tutte hanno un piccolo movimento proprio». E quindi, riferendosi alle stelle più calde che sono da ogni lato le più remote da noi, aggiunge: «È perchè noi siamo nel centro, perchè il sistema solare è nel centro, che noi osserviamo i suddetti effetti». E constatata altresì che la nebulosa anulare della Lira rappresenta presso a poco la forma del nostro intero sistema, ed aggiunge: «Noi sappiamo per pratica che nel nostro sistema il centro è la regione più risparmiata dagli sconvolgimenti e perciò allo stato più freddo».

Questi diversi fatti, da noi semplicemente accennati, che hanno portato alla medesima conclusione molti dei più eminenti astronomi, contribuiscono tutti a una conseguenza ben precisa, cioè che la nostra posizione, o quella del sistema solare, non può esser molto lontana dal centro del vasto anello di stelle che costituiscono la Via Lattea; inoltre i medesimi fatti fanno supporre che quest'anello abbia una forma quasi circolare. Ma per quel che riguarda la nostra posizione nel piano della Via Lattea, non è possibile determinarla con precisione, però possiamo ritenere come certo che se noi fossimo molto lontani dal centro, per esempio in modo che un quarto

del suo diametro restasse da una parte e tre quarti dall'altra, le apparenze non sarebbero tali quali sono, e potremmo facilmente determinare l'eccentricità della nostra posizione. Se noi fossimo ad un terzo del suo diametro da una parte e a due terzi dall'altra, io credo ammissibile l'opinione che tale fatto sarebbe stato accertato dai vari metodi di ricerche più efficaci. Bisogna adunque che noi siamo in qualche luogo fra l'attuale centro e un cerchio, il cui raggio sia un terzo della distanza della Via Lattea, e se noi siamo a mezza strada circa tra queste due posizioni, la nostra situazione viene a essere presso a poco lontana del vero centro della Via Lattea soltanto di un sesto del raggio, e di un dodicesimo del diametro di questa; quindi, se noi facciamo parte di un gruppo di stelle gravitanti lentamente intorno a questo centro, avremo probabilmente tutti i vantaggi che provengono dal fatto di possedere una posizione quasi centrale nel sistema stellare.

Il problema riguardante il nostro posto nel gran cerchio della Via Lattea è di grandissima importanza dal punto di vista dell'argomento che intraprendo a trattare, così che mi occorre accennare e trattenermi sopra ogni fatto che abbia rapporto con esso. Ecco uno di tali fatti al quale, almeno secondo la mia opinione, non è stato dato finora quel peso che merita.

Si crede, in generale, che il maggiore splendore di qualche punto della Via Lattea non sia da attribuirsi ad una maggior vicinanza, perchè una superficie mantiene il suo grado di luce qualunque sia la distanza dalla quale

la vediamo. Ciascun pianeta ha la sua particolare lucentezza o il suo potere riflettivo, chiamato tecnicamente *albedo*, ed esso rimane inalterato a qualsiasi distanza, purchè le altre condizioni siano eguali. Malgrado questa ben nota verità, Giovanni Herschel osserva che il maggior splendore della parte meridionale della Via Lattea suscita l'impressione di una maggiore vicinanza, si può quindi supporre che noi occupiamo un posto eccentrico nel suo piano. Questo modo di vedere è stato adottato da molti scrittori, come se esso rappresentasse un fatto sicuro, o almeno l'espressione di un'opinione fondata, piuttosto che una semplice impressione, la quale poi è anche assolutamente falsa. Mi accingo dunque ad esporre i fenomeni che hanno un reale interesse per la questione.

È evidente che se la Via Lattea fosse veramente di larghezza uniforme per tutta la sua estensione, allora la differenza apparente nella sua ampiezza indicherebbe una differenza di distanza. Nelle parti più vicine a noi apparirebbe più ampia; in quelle più remote più stretta, ma in queste diverse direzioni non dovrebbe notarsi alcuna differenza nel grado di splendore. Noi dovremmo aspettarci adunque che nelle parti a noi più vicine le stelle luminose, come quelle comprese in qualsivoglia limite di grandezza, siano in media più numerose, e più rade nelle parti più lontane. Ma questa differenza non è stata mai notata; vi è invece una speciale corrispondenza, e molto suggestiva, nelle parti opposte della Via Lattea. Nella bellissima carta delle nebulose e gruppi stella-

ri del signor Sidney Waters, pubblicata dalla R. Società Astronomica e riprodotta, con la dovuta autorizzazione, in fine di questo volume, la Via Lattea è disegnata in tutta la sua estensione, in tutte le sue più minute parti. Questa carta ci dimostra che in ambidue gli emisferi la Via Lattea raggiunge la sua massima estensione a destra ed a sinistra dei margini della carta, e appare di una eguale superficie, mentre nel centro di ciascun emisfero, nei punti rispettivamente più vicini tanto al polo nord quanto al polo sud, appare più ristretta; e quantunque la parte che si trova nell'emisfero sud sia più luminosa e più nettamente definita, nondimeno l'estensione reale che limita la parte più debole non è molto disuguale dell'opposto segmento.

Notiamo qui una significativa simmetria nelle proporzioni della Via Lattea, cosa che, insieme con la quasi assoluta simmetria con la quale sono disposte le stelle in ogni parte del vasto anello, ci induce a crederla di forma quasi circolare, ed a supporre che la nostra posizione nel suo piano sia quasi centrale. Inoltre la Via Lattea possiede un'altra caratteristica che non si può trascurare. Di solito si dice che essa sia doppia per una considerevole parte della sua estensione, e, generalmente, i mappamondi celesti indicano lo sdoppiamento in modo esagerato, specialmente nell'emisfero del nord. Questa scissione fu considerata di molta importanza, e indusse a credere ad una spaccatura del suo disco, o anche fece emettere l'altra ipotesi che esistessero due regolari anelli separati, e che il più vicino nascondesse a noi, in parte,

quello più lontano, mentre varie combinazioni spirali erano immaginate da altri, come necessarie per spiegare meglio l'apparenza generale della Via Lattea. Ma con una nuova carta, ricavata da quella più grande dell'astronomo lord Rosse, il Dott. Boeddicker, che dedicò cinque anni a disegnarla, ci fa vedere che non vi è una vera scissione in qualsivoglia parte di essa nell'emisfero nord, ma invece per tutta la sua estensione essa appare come un intreccio di strisce e diramazioni, diverse fra loro per lo splendore, mentre d'altro canto i suoi contorni, benchè sfumati e appena distinti, pure la limitano nettamente. I medesimi caratteri si notano nell'emisfero sud che è stato designato dal Dott. Gould.

Un'altra caratteristica, che ben si osserva nelle più esatte carte celesti, è la curva regolare della linea centrale della Via Lattea. Si può benissimo scorgerla anche ad occhio, ma se con un compasso cerchiamo il raggio ed il centro di curvatura, vedremo che l'esatta curva circolare si trova sempre al centro delle masse nebulse, e che il medesimo raggio, riportato allo stesso modo nell'opposto emisfero, dà un eguale risultato. È da notare che, quantunque la Via Lattea sia situata obliquamente su queste carte, il centro della curva sarà in ascensione retta circa a 0 ore e 40 minuti nell'emisfero sud, e in quello nord, in ascensione retta, a 12 ore e 40 minuti, mentre il raggio di curvatura avrà presso a poco la lunghezza della corda di 8 ore di A. R., se misurato dal margine della carta. Questa grande regolarità della curva della linea centrale della Via Lattea appoggia fortemente l'ipotesi

che la sua origine sia dovuta ad un moto rotatorio che la creò e che la mantiene.

### L'AMMASSO SOLARE.

Attualmente quasi tutti gli astronomi si accordano nel convenire che vi è un ammasso stellare del quale il nostro sole fa parte, benchè le sue esatte dimensioni, la forma e i limiti di esso siano ancora discutibili. Guglielmo Herschel molto tempo fa arrivò alla conclusione che la Via Lattea fosse «composta di stelle disseminate in modo molto diverso di quelle che sono più immediatamente intorno a noi.» Il dottor Gould credette che vi fossero circa cinquecento stelle brillanti più vicine a noi della Via Lattea, e le chiamò gruppo solare. Miss Clerke osserva che la reale esistenza di un tal gruppo è indicata dal fatto, che un elenco di stelle disposte in ordine fotometrico manifesta una sistematica eccedenza di stelle brillanti appartenenti almeno alla quarta grandezza, togliendo così ogni dubbio che vi sia una vera condensazione stellare nelle vicinanze del sole, e che lo spazio cubico medio, per ogni stella, è minore entro una sfera che includa il sole, e abbia un raggio di circa 146 anni di luce, e maggiore al di là di essa.»<sup>20</sup>

Ma l'investigazione che su questo soggetto più c'interessa, è quella fatta dal prof. Kapteyn di Groninga, uno

---

<sup>20</sup> *The System of the Stars.* – p. 385.

dei più diligenti studiosi della distribuzione delle stelle, il quale fonda la sua opinione specialmente sul movimento stellare, che giudica l'indizio migliore della distanza, in mancanza di una esatta determinazione della parallasse. Egli si è servito dei movimenti propri e degli spettri di più di 2000 stelle, e ha trovato che un considerevole numero di esse, che hanno movimento proprio e che presentano uno spettro sul tipo di quello solare, circondano da ogni parte il nostro sole, e non sembra che aumentino in densità, come fanno le stelle le più lontane, verso la Via Lattea. Egli trovò altresì che verso il centro di questo gruppo stellare le stelle sono più fitte che verso il limite esterno (novantotto volte di più), che il gruppo è di forma irregolare e che la massima compressione è, almeno per quel che si può accertare, nel centro del cerchio formato dalla Via Lattea, e che il sole è situato a qualche distanza da questo punto centrale.<sup>21</sup>

È un fatto molto suggestivo quello che molte delle stelle comprese in questo gruppo hanno lo spettro sul tipo di quello solare, cosa che dimostra come esse abbiano una costituzione chimica identica a quella del nostro sole, e siano press'a poco al medesimo stadio di evoluzione. Forse queste stelle hanno avuto origine da una grande massa nebulosa situata nel centro del piano galassico, o almeno nelle vicinanze di esso, e gravitano, probabilmente, intorno ad un comune centro di gravità.

---

21 Questo riassunto delle ricerche del prof. Kapteyn è stato tolto da un articolo di miss Clerke, pubblicato nel *Knowledge* dell'aprile 1893.

Il professor S. Newcomb ha esaminato se i risultati di Kapteyn siano fondati sopra un materiale accettabile e attualmente giovevole. Egli si è servito di due recenti cataloghi di stelle, uno dei quali comprende quelle che hanno un movimento proprio di 10" all'anno, delle quali ve ne sono 295, e l'altro comprende quasi 1500 stelle, che hanno «un movimento proprio apprezzabile.» Esse sono situate in due zone ciascuna di 5 gradi di ampiezza, e traversano in più punti il corso della Via Lattea. Questo è un buon punto di partenza per le deduzioni sulla distribuzione delle stelle più vicine rispetto alla Via Lattea. Il risultato fu che, in media, queste stelle non sono più numerose nella Via Lattea e nelle sue vicinanze che altrove, ed il Prof. Newcomb si esprime così a tal proposito: «La conclusione è importante e di molto interesse. Se noi potessimo togliere dalla volta celeste, tutte le stelle che non hanno movimento proprio abbastanza grande da esser visibile, rimarrebbero stelle di tutte le grandezze, ma esse sarebbero sparse nel cielo in modo quasi uniforme, e avrebbero una piccola o nessuna tendenza ad affollarsi intorno alla Via Lattea, eccettuata forse la regione verso la 19<sup>a</sup> ora di ascensione retta.»<sup>22</sup>

---

22 *The Stars*, p. 256. – La regione qui accennata è quella dove la Via Lattea raggiunge la sua più grande larghezza, benchè sia quasi eguale anche nell'opposta regione, e dove, forse più che altrove, si spinge verso di noi.

Miss A. M. Clerke mi fa noto che nell'aprile 1901 Kapteyn ritirò l'opinione emessa nel 1893 circa la parallasse e i movimenti propri, come non vera nè fondata sopra validi ragionamenti. Ma

Rivolgendo per poco la nostra attenzione a quanto abbiamo detto, comprenderemo che le stelle di ogni grandezza che sono in media le più vicine noi, sono sparse nel firmamento in «ogni direzione» e «quasi in modo uniforme». Questo dimostra in modo certo che esse formano un ammasso, e che il nostro sole non è lontano dal centro di questo ammasso. Inoltre il prof. Newcomb afferma la «notevole eguaglianza nel numero delle stelle nelle direzioni opposte rispetto a noi, tanto da non poter rivelar alcuna notevole differenza fra il numero delle stelle che si trovano ai poli opposti della Via Lattea, e neppure, per quel che fino ad ora sappiamo, fra la densità di esse nelle diverse regioni, ugualmente distanti, della Via Lattea.» (*The Stars*, p. 315). Egli afferma inoltre a p. 317, sempre allo stesso proposito, che «per quel che possiamo dire e giudicare dal numero delle stelle in tutte le direzioni e dall'aspetto della Via Lattea, il nostro sistema è vicino al centro dell'Universo stellare.»

Io credo che i miei lettori si saranno fatta un'idea chiara che i quattro principali fatti astronomici enunciati nel mio articolo inserito nell'*Independent* di New York e

---

io aggiungo che questa opinione è propugnata tuttora, benchè non assolutamente, dal prof. Newcomb e da altri astronomi, i quali sono arrivati indipendentemente da essa a simili risultati. Potrebbe anche darsi quindi che la conclusione del prof. Kapteyn non avesse bisogno di molte modificazioni. Il Newcomb ci dice anche (*The Stars*, p. 214, nota) che ha veduto i più recenti scritti di Kapteyn, cioè quelli dopo il 1901, che non esprimono alcun dubbio sulla conclusione che abbiamo qui riferita.

nella *Fortnightly Review*, articolo che fu discusso ed anche addirittura riprovato da parecchi critici astronomi, sono evidentemente appoggiati su basi di tanta verità ed evidenza, che non è possibile negare più a lungo che sono, almeno provvisoriamente, ben stabiliti.

Questi fatti sono: 1. che l'Universo stellare non è d'infinita estensione; 2. che il nostro sole è situato nel piano centrale della Via Lattea; 3. che è situato, almeno, molto vicino al centro del detto piano; 4. che siamo circondati da un gruppo stellare di sconosciuta estensione, il quale occupa un posto non lontano dal centro della Via Lattea, e perciò vicino al centro dell'Universo stellare.

E queste quattro proposizioni non sono soltanto tutte avvalorate da evidenze indiscutibili, alcune delle quali credo non siano state addotte in loro appoggio, ma esse sono state ammesse come valide e convergenti tutte al medesimo risultato da molti astronomi, i quali hanno espresso la loro convinzione nel modo chiaro da me surriferito. È alla loro opinione concludente che io mi appello adottandole; nondimeno due dotti astronomi, miei critici, negano che vi siano dati sicuri perchè il nostro Universo possa esser giudicato di non infinita estensione; uno di essi anzi chiama questa opinione «un mito» e mi accusa di averlo fatto nascere. Ambidue si trovano d'accordo nel formulare un'obbiezione alla mia tesi principale, quella cioè che non è necessario che la nostra posizione astronomica sia nel centro dell'Universo stellare, perchè abbia un significato ed uno scopo per quel che ri-

guarda la vita e lo sviluppo dell'uomo sulla terra, e, per *quel che ne sappiamo*, qui unicamente. Mi occuperò ora di questa obiezione, l'unica che a mio parere abbia una certa importanza.

## IL MOVIMENTO DEL SOLE ATTRAVERSO LO SPAZIO.

I due astronomi che mi fecero l'onore di criticare il mio primo articolo, accordano grande importanza al fatto che, se io avessi anche provato che il sole occupa una posizione quasi centrale nel gran sistema stellare, ciò non avrebbe alcuna importanza, perchè, attesa la velocità con la quale il sole viaggia, «cinque milioni d'anni fa esso doveva trovarsi nelle profondità della Via Lattea. In cinque milioni d'anni avremmo dovuto traversare completamente l'abisso che essa circonda, ritornando nuovamente a rappresentare un membro di uno dei gruppi che la costituiscono, ma dalla parte opposta. E dieci milioni d'anni sono considerati dai geologi e dai biologi come una bazzecola in paragone del tempo che occorre perchè certi fatti si compiano». Così parla uno dei miei critici. L'altro, che si mostra più benevolo, dice: «Se vi fosse un centro nell'Universo visibile e se noi l'occupassimo oggi, non sarebbe stato così ieri e non sarebbe così domani. Sappiamo che il sistema solare si muove fra le stelle con una tale velocità che ci porterebbe al posto di Sirio in centomila anni, ammesso che viaggiassimo in

direzione di esso, cosa che non è. Nei cinquanta o cento milioni d'anni durante i quali, secondo i geologi, questa terra è diventata abitabile, dobbiamo aver passato da vicino a milioni di stelle, tanto a destra che a sinistra. Nella cocciuta idea che ha il Wallace di limitare lo spazio dell'Universo, ha certamente dimenticato una cosa molto importante al suo scopo... limitarne anche il tempo; ma questa sarebbe stata cosa più ardua a farsi di fronte a certi fatti constatati.... Dunque, mentre noi avremmo tranquillamente potuto godere di una posizione centrale per una serie non interrotta di centinaia di milioni d'anni, abbiamo invece avuto il tempo di traversare l'Universo da parte a parte.»<sup>23</sup>

Ora, la maggioranza dei lettori di questi due critici, conoscendo l'alta posizione ufficiale che ambedue gli scrittori occupano, potrebbe accettare l'affermazione suddetta come un fatto dimostrato, senza domandar altro, con la convinzione che tutta la mia argomentazione sia perciò di nessun valore, e che il mio dire non sia altro che un fantastico sogno. Ma io, d'altra parte, posso dimostrare che i fatti esposti dai miei contraddittori, per esempio il movimento del sole, non sono in alcun modo provati, perchè appoggiati a presunzioni che potrebbero essere addirittura erronee. Ed inoltre, ammettendo che i fatti possano essere sostanzialmente veri, essi hanno entrambi omesso di dimostrarli in modo irrefutabile, ed hanno fatto delle restrizioni, le quali distruggono le con-

---

23 Vedi il *Knowoledge* e la *Fortnightly Review* di aprile 1903.

clusioni che essi fanno derivare da fatti molto dubbiosi. I lettori dei miei critici dovranno comprendere che un'apologia ufficiale, sia di medicina, di legge o di scienza, non può essere accettata, finchè non sia stata udita la parte avversa. Cercheremo quindi di studiare i fatti quali veramente sono.

Il prof. Simon Newcomb calcola che, se vi fossero 100 milioni di stelle nell'Universo stellare e se ciascuna fosse cinque volte maggiore del nostro sole e la sua luce si diffondesse in uno spazio per traversare il quale occorressero 30.000 anni, ogni massa che traversasse un tal sistema con una velocità maggiore di 25 miglia al secondo, sarebbe slanciata nello spazio per mai più ritornare. Ma poichè vi sono molte stelle, le quali, almeno apparentemente, hanno una velocità maggiore di quella suddetta, ne viene per conseguenza che l'Universo visibile dovrebbe cambiare sempre. Inoltre ciò lascia supporre che questa grande velocità non sarebbe stata acquistata nel sistema stesso, ma che i corpi che la posseggono l'avrebbero acquistata fuori di esso, cosa che importerebbe l'esistenza di altri Universi oltre il nostro. Per l'esattezza dei precedenti dati, l'autorità del prof. Newcomb è sufficiente garanzia, ma bisogna modificare assai i fatti sui quali il ragionamento è fondato, e questo altera di molto il risultato. Se non erro, il dire che il numero delle stelle è di cento milioni nasce dal conto, o estimo fatto delle stelle di successive grandezze nelle differenti parti del cielo, e questa valutazione non deve comprendere altro che quelle dei più densi gruppi, senza

tener conto di quelle innumerevoli della Via Lattea, al di là della portata del telescopio, e senza considerare nè le stelle oscure, che molti astronomi hanno supposto siano più numerose di quelle luminose, nè la moltitudine delle nebulose, grandi e piccole.<sup>24</sup>

Nell'ultima sua opera il prof. Newcomb dice: «Il numero totale delle stelle è da contarsi a centinaia di milioni», e perciò il potere del sistema di trattenere i corpi che comprende, deve essere molte volte più grande di quello suddetto, e deve esser tanto grande da mantenere nei loro limiti anche le stelle che si muovono con una rapidità vertiginosa, come Arturo, che si crede possieda una velocità maggiore di tremila miglia al secondo. Anche un'altra, e non meno importante conclusione può ricavarsi dai calcoli del Newcomb. Egli presume che le stelle siano distribuite quasi con uniforme regolarità per tutto lo spazio compreso dal sistema. Ma i fatti sono molto differenti. L'esistenza di ammassi, taluni dei quali comprendono diverse migliaia di stelle, è un esempio della loro irregolarità di distribuzione, ed ognuno di questi innumerevoli ammassi potrebbe probabilmente cambiare il corso di qualunque stella delle più veloci che gli passasse vicina. La più grande nebulosa potrebbe avere la medesima potenza, poichè Ranyard, che limita i suoi calcoli in modo da ottenere dei risultati minimi,

---

24 Sir R. Ball, in un articolo del *Good Words* (aprile 1903) dice che la luminosità è un fenomeno eccezionale della natura, e che le stelle luminose non sono altro che le lucciole dell'Universo, al paragone della miriade degli altri animali.

giudica che la mole della nebulosa d'Orione è un milione e mezzo di volte più grande del nostro sole, e che vi possono essere moltissime altre nebulose ugualmente grandi. Il fatto più saliente è che il vasto anello della Via Lattea, che i moderni astronomi ritengono sia, non soltanto apparentemente, ma anche realmente, più denso di stelle e di masse di materia nebulosa che qualunque altra parte del cielo, è possibile che comprenda in sé una ben grande parte della materia dell'Universo visibile. Ciò è anche più probabile per il fatto che la maggior parte degli ammassi stellari si trovano lungo la sua area, molte delle più grandi stelle gassose le appartengono, ed il continuo apparirvi di stelle nuove è una prova che ivi sovrabbondano materie in varie forme, che cagionano frequenti collisioni generatrici di calore, così come la frequente caduta di meteoriti sul nostro globo dimostra come vi sia un'esuberanza di materia meteorica nel sistema solare.

È noto ai matematici che in qualunque sistema di corpi soggetti alle leggi della gravitazione, una cosa come il movimento rettilineo non può aver luogo, nè alcun aumento di moto può prodursi in tal sistema a causa di una forza di gravitazione capace di lanciare al di fuori di esso alcuna delle masse interne del sistema stesso. L'ultima tendenza deve essere verso una concentrazione, anzichè verso una dispersione.

Sarebbe perciò ragionevole considerare soltanto quali movimenti e quali velocità abbiano le stelle, e se questi movimenti e queste velocità siano stati prodotti dalla

forza di gravità esistente in aggregazioni più vaste, modificate forse da forze elettriche repulsive, da collisioni e dai risultati di queste collisioni. Noi possiamo studiare i cambiamenti visibili che avvengono in alcuni gruppi ed in alcune nebulose, come indici delle forze che probabilmente hanno influito sulle attuali condizioni dell'intero Universo stellare.

Esaminando le belle fotografie di nebulose del dott. Roberts e di altri osservatori, scorgiamo che esse hanno forme diverse. Molte sono assolutamente irregolari e sembrano piuttosto cirri di nuvole, ma molte, la maggior parte, presentano una ben definita spirale, o indicano che si avviano verso una tal forma; questo è il caso di molte nebulose irregolari. Esiste poi un'infinità di nebulose che hanno la forma di un anello, e di solito nella densa nebulosità del loro centro s'intravede una stella, separata da uno spazio oscuro di dimensioni variabili dall'anello esterno. Tutte le nebulose di questa specie posseggono stelle immerse nella loro nebulosità, che fanno apparentemente parte della loro struttura, ed altre, le quali non differiscono, almeno in apparenza, dalle stelle ordinarie, e che il dottor Roberts crede siano situate fra noi e la nebulosa. In molte delle nebulose spirali le stelle si trovano spesso nelle volute della spirale stessa, mentre altre linee curve di stelle si vedono proprio al di là della nebulosa, così che è impossibile di poter evitare la conclusione che sono realmente in rapporto fra loro, che le linee esterne delle stelle indicano che la nebulosa ebbe alle origini una estensione maggiore, e che il suo

materiale ha servito ad accrescere il numero delle stelle. Molte di queste nebulose a spirale presentano bellissime e regolari circonvoluzioni, le quali generalmente hanno nel centro una vasta massa stellare, come nella M 100 della Chioma di Berenice e nella I 84 della stessa costellazione, come si può vedere nel vol. II, tav. 14 della raccolta di fotografie del dottor Roberts. Le strisce bianche e diritte che traversano la nebulosa delle Pleiadi e molte altre sono giudicate dal dott. Roberts nebulose spirali che noi vediamo di sghembo. In altri casi i gruppi di stelle sono più o meno nebulosi, e la distribuzione delle stelle par che indichi la loro origine da nebulose a spirale. Bisogna notare che molti di quei corpi celesti che Giovanni Herschel classificò come nebulose planetarie, sono rivelati dalle migliori fotografie quali vere forme anulari, benchè spesso la distinzione fra l'anello e la massa centrale sia piccola.

Ma se queste forme anulari con un nucleo centrale, spesso vastissimo, sono causate, date certe condizioni, dall'azione delle leggi ordinarie di moto sopra masse più o meno estese di materia rada, perchè non può supporre che le medesime leggi, agendo sopra una simile materia dispersa un tempo per lo spazio ove ora esiste l'Universo stellare, o anche al di là di quel che supponiamo essere i suoi limiti più lontani, abbiano provocato l'aggregazione dell'immensa formazione anulare della Via Lattea, con tutti i centri subordinati di concentrazione e dispersione che vediamo in essa e intorno ad essa? E se questa è una supposizione ragionevole, non potremo noi spera-

re che, concentrando tutta la nostra attenzione sopra alcuni dei sistemi meglio caratterizzati e più favorevolmente situati, tanto di forma anulare come a spirale, possiamo ottenere sufficienti cognizioni del loro interno movimento, che potrebbero servirci come guida per comprendere il tipo di movimento che speriamo trovare nel grande anello galassico e nelle stelle ad esso subordinate? Allora, forse, potremo scoprire che il movimento proprio delle stelle e del nostro sole, che ora ci sembra molto dubbioso ed errato, fa veramente parte di una serie di movimenti orbitali limitati e diretti dalle forze del gran sistema al quale essi appartengono, cosicchè, se anche tal movimento non sia matematicamente stabile, può esserlo sufficientemente per una durata di molte migliaia di milioni di anni.

È molto suggestivo il fatto che la posizione calcolata dell'apice solare, cioè del punto verso il quale par che esso si muova, si trova, secondo recenti osservazioni, più vicina al piano della Via Lattea di quel che fosse finora creduto, ed il Prof. Newcomb le assegna un posto vicino alla fulgida stella Vega nella costellazione della Lira, e gli sembra che tal punto debba essere il più esatto. Altri calcolatori la collocano più verso l'est, mentre Rancken ed Otto Stumpe assegnano la sua posizione attuale nella Via Lattea, e G. C. Bompas è di parere che il piano del movimento del sole coincida molto da vicino con quello della Via Lattea. Rancken trova che 106 stelle prossime alla Via Lattea, presentano, nel loro quasi impercettibile moto proprio, una tendenza a dirigersi da

Cassiopea a Orione, la qualcosa, a quanto si suppone, devesi, almeno in parte, attribuire al movimento del nostro sole in direzione opposta.

In molte altre parti del cielo si vedono gruppi di stelle che hanno un movimento proprio quasi identico, fenomeno che il defunto R. A. Proctor chiama *star-drift* (corrente di stelle), accennando specialmente a cinque stelle dell'Orsa Maggiore, che tutte si muovono nella medesima direzione. E benchè ciò sia stato negato da più recenti scrittori, il prof. Newcomb, nel suo recente libro *The Stars*, dichiara che Proctor aveva ragione, e spiega che l'errore dei critici deve attribuirsi al fatto che essi non hanno tenuto conto della divergenza dei circoli in ascensione retta. Le Pleiadi sono un altro gruppo le cui stelle tendono alla medesima direzione; sono molto suggestive le nuove fotografie che mostrano questo gruppo immenso incastrato in una vasta nebulosa, la quale deve avere un movimento proprio, mentre alcune delle piccole stelle non ne partecipano. Anche in Cassiopea vi sono tre stelle che si muovono insieme, e non vi è dubbio che vi sono molti altri gruppi similmente connessi che rimangono, per ora, a noi sconosciuti.

Questi fatti hanno grandissima e importante influenza sulla questione del movimento del nostro sole nello spazio. Questo movimento è stato determinato paragonando quelli di un gran numero di stelle, le quali sono credute affatto indipendenti l'una dall'altra, e che si muovono, se pure è così, a caso. Miss Clerke, nel suo *System of the Stars*, s'intrattiene su questo punto con molta chiarezza:

«Il pretendere che i movimenti assoluti delle stelle non abbiano preferenza per una direzione piuttosto che per un'altra, forma la base di ogni investigazione finora compiuta riguardo alla translazione del sistema solare. Le scarse cognizioni intorno a questo argomento, acquistate con tanto faticoso lavoro, subito cadrebbero nel nulla se questo punto d'appoggio fosse lievemente rimosso. In tutte le investigazioni fatte sul moto del sole, il movimento delle stelle è stato considerato come casualmente irregolare; ma se potessimo provare che tale movimento è in un modo qualunque sistematico, il modo di ragionare adottato (e per ora non ve ne è altro possibile per noi) diverrebbe senza valore, ed i suoi risultati nulli e chimerici. Questo punto, dunque, di tanto interesse e l'evidenza di esso meritano tutta la nostra attenzione».

W. H. S. Monck, dotto e ben noto astronomo, ha la stessa opinione. Egli dice: «La prova di questo movimento trova una base nel seguente ragionamento: Se prendiamo un sufficiente numero di stelle, il loro vero movimento, in qualsiasi direzione, dovrà essere eguale e perciò l'apparente preponderanza di moto, che noi osserviamo in qualche particolare direzione, deve attribuirsi a un vero movimento del sole. Ma non è impossibile che un regolare movimento della maggioranza delle stelle scelte per queste ricerche possa conciliare i fatti osservati, con un sole senza movimento. In secondo luogo, se il sole non è nell'esatto centro di gravità dell'Universo, noi potremmo anche calcolare l'orbita ch'esso percorre

intorno a questo centro di gravità, ma le nostre osservazioni sul suo reale movimento non sono nè bastantemente numerose, nè bastantemente accurate, per poter affermare che il suo movimento è una linea retta piuttosto che un'orbita».

Questo «movimento regolare» che renderebbe ogni calcolo fatto del movimento del sole inesatto e senza importanza, è da molti astronomi ritenuto come una indiscutibile realtà. La corrente stellare (*stars-drift*) alla quale primo di ogni altro accennò il Proctor, è stata osservata in molti altri gruppi di stelle, e la curiosa distribuzione delle stelle in ogni parte del cielo, in linea retta o in curve regolari o spirali, fa ritenere che vi siano molte relazioni della medesima specie. Ma dei movimenti regolari anche più estesi sono stati osservati o supposti dagli astronomi. Sir D. Gill, dopo uno studio accurato, crede di aver trovato dati sicuri sulla rotazione delle stelle fisse più luminose, nel loro insieme, rispetto alle stelle fisse più deboli, nel loro insieme. Maxwell Hall ha trovato delle indicazioni sul movimento di un grande ammasso stellare, che comprende il nostro sole, intorno ad un centro comune situato in direzione di  $\epsilon$  di Andromeda, e ad una distanza di circa 490 anni di luce. Questi due ultimi movimenti non sono ancora stabiliti, ma mi sembra che provino due fatti importanti: (*a*) che eminenti astronomi credono che dei movimenti regolari esistano nelle stelle, perchè altrimenti non avrebbero dedicato tanti studi faticosi alla constatazione del fatto; (*b*) che dei movimenti regolari generali, qualunque ne sia la

specie, devono esistere, altrimenti questi risultati non si sarebbero potuti ottenere.

W. W. Campbell dell'osservatorio di Lick così dice per quel che riguarda l'incertezza delle determinazioni del movimento solare: «Il movimento del sistema solare è puramente una quantità relativa, che si riferisce a dei dati gruppi di stelle. I risultati dei varii gruppi possono differire grandemente, e tutti esser corretti. Sarebbe facile scegliere un gruppo di stelle in rapporto al quale il movimento solare diminuisse di  $180^\circ$  del valore già assegnato. (*Astrophysical Journal*. vol. XIII. p. 87. 1901).

Bisogna ricordarsi che in un gruppo uniforme di stelle, nel quale ognuna di esse si muova intorno ad un centro di gravità comune al gruppo intero, non prevale la legge di Kepler, perchè secondo questa legge le velocità angolari dovrebbero essere tutte identiche, cosicchè le stelle più distanti dal centro dovrebbero muoversi più rapidamente delle più vicine, però con le modificazioni dovute alla differente densità del gruppo. Ma se il gruppo è quasi sferoidale, vi devono essere stelle che si muovono intorno al centro secondo molteplici piani, la qualcosa ci farebbe scorgere dei movimenti apparenti in molte direzioni, sebbene quelle le quali si muovessero secondo il nostro piano, paragonate con le stelle più remote situate fuori del gruppo, ci sembrerebbero tutte animate da un movimento nella medesima direzione e della medesima velocità, formando così una di quelle correnti di stelle delle quali abbiamo già parlato. Inoltre, se nel processo di formazione del nostro ammasso furo-

no da esso attratte aggregazioni più piccole che possedevano già un movimento di rotazione, queste potrebbero ora roteare in direzione diversa di quelli che si formarono dalla originale nebulosa, aumentando così la diversità degli apparenti movimenti.

La dimostrazione, così brevemente esposta, giustifica pienamente, ne convengo, le censure fattemi dagli astronomi miei avversari riferite al principio di questo capitolo. Ambedue sostengono l'opinione generalmente accettata circa la direzione del nostro sole, quasi si trattasse di dati astronomici sicuri e indiscutibili, come la distanza del sole dalla terra; naturalmente saranno stati compresi dalla maggior parte dei loro lettori, digiuni di matematiche! A me pare che se anche le autorità da me citate avessero ragione, l'intero loro calcolo non rappresenterebbe che una semplice presunzione, poichè è certamente in qualche modo errato, per non dire del tutto. Ecco la mia risposta ad una parte della loro critica.

In secondo luogo, essi asseriscono, non soltanto che il movimento del sole è ora in linea retta, ma anche che è stato sempre tale fin da epoche remotissime, allorchè entrò nel sistema stellare da una parte, e che continuerà a muoversi in tal guisa, finchè non abbia raggiunto gli opposti limiti estremi del detto sistema. A questa affermazione non è dato il valore di una loro opinione personale, ma essi parlano del fatto come di cosa certa, servendosi delle parole: *così dev'essere*, e *così sarà....* senza lasciar campo a dubbio veruno. Ma ciò implica l'annullamento della legge di gravitazione, perchè sotto

l'influenza di questa il movimento in linea retta in mezzo a migliaia di milioni di soli di varia grandezza è cosa impossibile, e d'altro canto l'affermazione racchiude l'idea che il sole debba aver cominciato la sua corsa movendo da qualche altro sistema, dalla parte apposta della Via Lattea, con una direzione rigorosamente determinata, perchè non avvenissero da un lato collisioni con un altro sole o un gruppo di soli, nè fosse possibile dall'altro avvicinarsi troppo ad altri corpi, scansando anche le masse nebulse durante il suo passaggio attraverso il nucleo dell'Universo stellare.

Ecco la mia replica al punto principale della critica rivolta, e ciò basterà, io credo, a far comprendere che nulla nel mio articolo è così privo di base quanto quello che è esposto nello scritto critico che ho testè esaminato.

Considerando dunque quanto sia chiara l'evidenza, non posso accettare il postulato di coloro che ci vorrebbero far credere che la nostra posizione, non lontana dal centro dell'Universo stellare, non sia che una temporanea coincidenza senza significato veruno, e che il nostro sole e la miriade delle altre simili masse prossime a noi, vi si siano riunite per caso e si disperderanno nello spazio che le circonda, senza mai più incontrarsi. Finchè questo non sarà provato da una indiscutibile dimostrazione, a me sembra molto più accettabile l'idea che noi percorriamo un'orbita intorno al centro di gravità di un vasto ammasso, come lo indicano le investigazioni di Kapteyn, di Newcomb, e di altri astronomi, e, conseguentemente, che la posizione centrale che noi occupia-

mo adesso è permanente. Se anche l'orbita del nostro sole avesse un diametro mille volte più grande di quella di Nettuno, questa cifra non rappresenterebbe che una piccola frazione del diametro della Via Lattea, poichè le proporzioni del nostro Universo sono così vaste, che l'orbita del sole potrebbe essere anche centinaia di migliaia di volte maggiore, e lasciarci nondimeno profondamente immersi nell'ammasso solare, molto più vicini alla parte densa e centrale, che alle sue regioni esterne più diradate.

E qui ci conviene abbandonare questo argomento, almeno per ora. Dopo che avremo studiato l'evidenza del nostro assunto, resa più chiara dalle essenziali condizioni dello sviluppo della vita sul nostro globo, per i numerosi indizi che possediamo che queste condizioni non possono esistere in nessun altro dei pianeti del nostro sistema solare, daremo uno sguardo generale alle conclusioni alle quali saremo arrivati.

# **CAPITOLO IX.**

## **L'UNIFORMITÀ DELLA MATERIA E DELLE SUE LEGGI NELL'UNIVERSO STELLARE**

Nel secondo capitolo di questo volume ho detto che nessuno dei precedenti scrittori che si occuparono della questione della probabilità che anche gli altri pianeti siano abitati, ha trattato questo soggetto in modo adeguato, poichè non solamente si sono dimostrati addirittura ignoranti del delicato equilibrio delle condizioni, per le quali soltanto può esser possibile la vita sopra un qualsiasi pianeta, ma hanno altresì ommesso ogni notizia, ogni prova del fatto che, non solo le condizioni devono esser tali da rendere ora la vita possibile, ma che queste condizioni debbono aver persistito durante lunghe epoche geologiche, necessarie al lento sviluppo della vita dalle sue forme più rudimentali. Sarà perciò necessario entrare nelle minute particolarità della fisica e della chimica, che sono essenzialmente necessarie per un continuo svi-

luppo della vita organica, e parlare delle combinazioni, delle condizioni fisiche e meccaniche che si richiedono perchè la vita sia possibile sopra un pianeta.

### L'UNIFORMITÀ DELLA MATERIA.

Una delle più importanti e laboriose scoperte dovute allo spettroscopio, è la meravigliosa identità degli elementi e dei corpi composti che esistono sulla terra, nel sole, nelle stelle e nelle nebulose, e quella delle leggi chimiche e fisiche che determinano lo stato e la forma assunta dalle diverse materie. Più della metà del numero totale degli elementi conosciuti sono stati già scoperti nel sole, compresi tutti quelli che compongono il materiale solido della terra, fatta eccezione dell'ossigeno. È questa una grande conquista, se consideriamo le speciali condizioni che ci permisero di scoprirla. Però noi possiamo riconoscere un elemento nel sole soltanto quando esiste alla sua superficie allo stato incandescente, od anche al disopra della sua superficie sotto forma di gas più freddo. Molti degli elementi solari raramente, e forse mai, vengono alla superficie di una così enorme mole; e se qualche volta vi si mostrano, non sono in quantità sufficiente nè hanno la purezza voluta per produrre delle linee precise nello spettroscopio, mentre i gas più freddi o i vapori bisogna che manchino o siano troppo rarefatti

per non produrre un assorbimento tale da rendere le loro linee spettrali visibili.

Si crede anche che molti elementi siano dissociati per l'intenso calore solare, e che molti non siano quindi riconoscibili da noi, o anche che esistono alla sua superficie forse sotto una forma sconosciuta sulla terra. Le linee dello spettro solare, delle quali le cause rimangono a noi ancora ignote, possano avere tale origine. Una di queste linee era quella dell'helium, gas che poi fu trovato in un raro minerale chiamato cleveite e che ora è stato scoperto anche in molte stelle. Alcune stelle hanno spettri somigliantissimi a quello del sole. Le linee scure di essi sono quasi sempre molto numerose, e parecchie corrispondono esattamente con quelle dello spettro solare; non possiamo quindi dubitare della somiglianza, quasi perfetta, della loro costituzione fisica, anzi possiamo supporre che esse posseggano le stesse condizioni del sole, per quel che riguarda il calore e lo stadio di sviluppo. Altre stelle, come abbiamo detto, presentano molte linee d'idrogeno, qualche volta unite a bellissime linee metalliche. Dallo spettro delle nebulose in confronto sappiamo poco, ma molte di esse sono del tutto gassose, mentre altre presentano uno spettro continuo che indica una costituzione più complessa.

Ben altre cognizioni sui corpi celesti abbiamo ottenute per mezzo dell'analisi dei numerosi meteoriti che cadono sulla terra, la maggior parte dei quali appartiene alle numerose correnti che circolano intorno al sole, e rappresentano di certo dei saggi della materia planetaria.

Si crede che molti di essi siano frantumi di comete, e l'orbita di taluni indica che provengono dallo spazio stellare, e che sono caduti nel nostro sistema cedendo alla forza di attrazione dei più grandi pianeti. È quasi certo che le pietre meteoriche ci portano frequentemente la materia delle più lontane regioni dello spazio, e probabilmente sono la mostra dei costituenti solidi delle nebulose o delle stelle più fredde. È però un fatto molto suggestivo quello che nessuna di queste meteore contiene un elemento che non sia terrestre. In alcuni meteoriti sono stati trovati fino a ventiquattro elementi; non sarà dunque senza importanza darne i nomi: *ossigeno*, idrogeno, *cloro*, *zolfo*, *fosforo*, carbonio, silicio, ferro, nichel, cobalto, magnesio, cromo, manganese, rame, stagno, *antimonio*, alluminio, calcio, potassio, sodio, *litio*, titanio, *arsenico* e vanadio. Sette di questi elementi, quelli stampati in corsivo, non sono stati riscontrati nel sole; l'ossigeno, il cloro, lo zolfo e il fosforo, che costituiscono molti dei più comuni minerali, formano una importante lacuna negli elementi solari e stellari. Notiamo anche che, quantunque le meteore non ci abbiano fornito nuovi elementi, hanno però presentato alcune nuove combinazioni di questi elementi, formanti minerali diversi da quelli che si trovano nelle nostre rocce.

Il fatto che nei meteoriti non esistono minerali propri ad esse, ma alcuni che sono invece comuni con la terra, i quali hanno anche una struttura somigliante alle sfaldature, venature ed anche alle superfici levigate dei nostri minerali, viene in aiuto della teoria meteorica dell'origi-

ne del sole e dei pianeti; poichè le meteore sembrano frammenti di soli e di mondi, ma non gli elementi primitivi della loro costituzione. Non ometteremo di dire che questi casi sono eccezionali, e Sorby, che ha compiuto studi speciali sulle meteore, è d'opinione che il materiale del quale esse sono formate doveva trovarsi allo stato di fusione o anche di vapore, come ne deve esistere nel sole, il quale materiale si è condensato poi in minute particelle globulari, che si sono riunite in masse più grandi e poi spezzate per urti reciproci, per riunirsi ancora e ancora separarsi mille e mille volte, e così presentare delle caratteristiche che si accordano completamente con la teoria meteorica.

Recentemente T. C. Chamberlin si è giovato della teoria della deformazione delle maree, per provare che i corpi solidi nello spazio, quantunque mai giungano in vero contatto, devono qualche volta dividersi in numerosi frammenti solo passando l'uno vicino all'altro. Specialmente nel caso che un corpo piccolo passi vicino ad uno più grande, vi è una certa distanza di avvicinamento (chiamata limite di Roche) nella quale l'aumento della forza differenziale di gravità sarà sufficiente per dividere in due parti il corpo più piccolo e produrre così frammenti che circoleranno intorno ad esso o si disperderanno nello spazio<sup>25</sup>. È in questo modo che i grandi meteoriti, che presentano struttura planetaria, devono originarsi. Di certo, questi meteoriti devono essere stati rara-

---

<sup>25</sup> *The Astrophysical Journal*. Vol. XIV, luglio 1901, p. 17.

mente veri pianeti dipendenti da un sole, ma piuttosto molto frequentemente piccoli soli oscuri, che possono avere molte delle proprietà fisiche dei pianeti, e dei quali possono esistere miriadi negli spazi stellari.

In conclusione, poichè abbiamo cognizioni positive dell'esistenza di una grande parte degli elementi del nostro mondo tanto nel sole che nelle stelle, nei pianeti ed in tutto lo spazio stellare, e scarse indicazioni su quelli che non troviamo sul globo terrestre, diremo che l'intero Universo stellare è, generalmente parlando, costruito con una serie di corpi elementari eguali a quelli che noi possiamo studiare sulla terra e dei quali si compone tutto il regno della natura, cioè animali, vegetali e minerali. L'evidenza di queste identità di sostanze è, in verità, molto più completa di quello che ci potremmo aspettare – considerando i mezzi limitati che abbiamo per fare certe investigazioni – tanto che sarebbe presunzione il dire che qualche importante differenza debba esistere.

Se dagli elementi della materia passiamo alle leggi che la governano, troviamo prove anche più chiare della loro identità. Che alla legge fondamentale di gravitazione obbedisca tutto l'Universo fisico, è un fatto quasi evidente per le stelle doppie, roteanti intorno ad un centro comune di gravità in una orbita ellittica, la quale corrisponde benissimo tanto alle osservazioni che al calcolo. Che le leggi della luce siano le stesse qui come in tutto lo spazio planetario, è indicato dal fatto che la vera misura della velocità della luce sulla superficie terrestre dà un risultato assolutamente identico a quello prevalente

ai limiti del sistema solare, perchè il risultato della misura fatta per mezzo delle eclissi dei satelliti di Giove, e la velocità direttamente misurata della luce, sono quasi esattamente eguali al risultato ottenuto durante il passaggio di Venere, o durante la nostra più vicina distanza ai pianeti Marte o Eros.

Inoltre abbiamo scoperto che le più recondite leggi che governano la luce sono identiche, tanto nel sole che nelle stelle, a quelle che è stato possibile osservare con le limitate risorse di un laboratorio sperimentale. I piccoli cambiamenti di posizione delle linee spettrali prodotti da una sorgente di luce che si muova verso di noi o che si allontani, ci rendono possibile il calcolo di questa specie di movimento anche nelle più lontane stelle, nei pianeti e nella luna, e questi risultati possono essere controllati dal movimento della terra, tanto nella sua orbita, come nella sua rotazione. Queste ultime prove si accordano con le determinazioni teoriche di ciò che deve avvenire, determinazioni dipendenti dall'onda di lunghezza delle differenti linee scure dello spettro solare, ottenute con le misure compiute nel laboratorio.

Nello stesso modo, i piccoli cambiamenti in larghezza o in sottigliezza delle linee spettrali, il loro sdoppiamento, l'aumento o la diminuzione del loro numero, come la loro distribuzione in forma di scanalature, tutto può essere interpretato dagli esperimenti fatti in laboratorio, i quali dimostrano che tali fenomeni son dovuti a cambiamenti di pressione, di temperatura o del campo magnetico, dando così novella prova che le stesse leggi fisiche e

chimiche agiscono nell'identico modo tanto sulla terra come nelle più remote profondità dello spazio.

Queste diverse scoperte ci danno la convinzione che l'Universo materiale è essenzialmente unico, sia che lo consideriamo dal punto di vista delle leggi chimiche e fisiche, sia da quello delle sue relazioni meccaniche di forma e di struttura. Esso risulta del tutto costituito dei medesimi elementi che ci sono tanto familiari sulla terra; dello stesso etere, di cui le vibrazioni ci trasmettono la luce e il calore, l'elettricità e il magnetismo ed una intera legione di altre forze misteriose ed imperfettamente conosciute; della gravità che agisce per ogni dove nell'immenso spazio. Qualunque siano le vie e i mezzi che adoperiamo per cercare d'attingere nuove cognizioni sull'Universo stellare, constatiamo sempre le medesime leggi che governano la meccanica, la fisica, la chimica e che prevalgono anche sul nostro globo, così che in molti casi si son potuti riprodurre quasi perfettamente nei nostri laboratori i fenomeni che dapprima si erano osservati nel sole e nelle stelle.

Possiamo perciò esser sicuri, quasi senza alcuna restrizione, che essendo gli elementi gli stessi, esseri organizzati secondo la nostra stessa intima natura potrebbero vivere in tutto l'Universo. Le forme della vita, se pure la vita esiste altrove, possono variare quasi infinitamente, come variano sulla terra, ma in tutte queste numerose e diverse forme, dal fungo e dal muschio al rosaio, alla palma e alla quercia; dal mollusco, dal verme, dalla farfalla agli uccelli, agli elefanti e all'uomo, i biologi rico-

noscono una fondamentale unità di sostanza e di struttura, dipendente da un'assoluta necessità di accrescimento, di movimento, di sviluppo, di procreazione di altri organismi, composti tutti degli stessi elementi, combinati nelle stesse proporzioni, e tutti obbedienti alle medesime leggi.

Certo non possiamo affermare che la vita organica non possa esistere in condizioni diverse da quelle che conosciamo, o che possiamo concepire, condizioni che possono prevalere in Universi del tutto differenti dal nostro, e perciò governati da leggi affatto diverse, ma *dentro* l'Universo da noi conosciuto non possiamo assolutamente supporre altra forma di vita che quella che noi conosciamo, nè leggi che la governano diverse da quelle che nella terra prevalgono.

Ci accingiamo adesso a descrivere quali siano le condizioni indispensabili della esistenza e del continuo sviluppo della vita vegetale ed animale.

# **CAPITOLO X.**

## **I CARATTERI ESSENZIALI DELL'ORGANISMO VIVENTE**

Prima di tentar di comprendere quali siano le condizioni fisiche indispensabili per lo sviluppo ed il mantenimento su un pianeta di un vario e complesso sistema di vita organica, paragonabile a quella del nostro globo, dobbiamo cercar di acquistare alcune cognizioni sull'essenza di questa vita, sulla natura e sulle proprietà fondamentali dell'organismo vivente.

Fisiologi e filosofi hanno più volte tentato di definir la vita, ma per lo più, mirando ad un'assoluta generalità, le loro definizioni sono state incerte e non istruttive. Così il De Blainville la definisce: «Il doppio lavoro interno di composizione e di decomposizione, simultaneamente generale e continuo»; mentre Herbert Spencer ne dà questa definizione: «La vita è un continuo adattamento delle condizioni interne con quelle esterne». Ma nessuna di queste definizioni è sufficientemente precisa,

piana, distintiva della vita organica, ed entrambe potrebbero benissimo applicarsi ai cambiamenti che avvengono in un sole o in un pianeta, o al sollevamento o alla graduale formazione di un continente. Una delle più vecchie definizioni, quella di Aristotile, sembra avvicinarsi di più alla realtà: «La vita è l'insieme di atti di nutrizione, di accrescimento e di distruzione». Ma queste definizioni della vita non soddisfano completamente, perchè applicate ad un'idea astratta, piuttosto che a un organismo realmente vivente. Le meraviglie e i misteri della vita, tal quale noi la conosciamo, risiedono nel corpo che la manifesta, e questo corpo vivente non è suscettibile di definizione. I caratteri essenziali di un corpo vivente, considerato nel suo maggior grado di sviluppo, sono questi: In primo luogo esso è costituito in tutto e per tutto di materia molto complicata, ma di forme molto instabili, imperocchè ogni particella di esso è in istato di continuo accrescimento o decadenza, perchè assorbe e si appropria della materia morta, mette questa materia nell'interno del suo corpo, agisce sopra di essa meccanicamente e chimicamente, rigettando quel che è nocivo o inutile, ed adoperando il resto per il rinnovamento di ogni atomo della sua struttura interna ed esterna, e abbandonando nel medesimo tempo, particella per particella, ogni parte consunta o morta della propria sostanza. In secondo luogo, per potere compiere le funzioni su accennate, tutto il corpo dell'organismo vivente è percorso da vasi ramificati o da tessuti porosi, attraverso i quali passano liquidi e gas che aiutano i processi di nu-

trizione e di escrezione, dei quali abbiamo parlato. Il Prof. Burbon Sanderson spiega bene la cosa, dicendo: «Il carattere più tipico della materia vivente, paragonata con quella non vivente, è che essa cambia sempre, ed è sempre la stessa.» Questi cambiamenti sono tanto più notevoli, perchè accompagnati od anche provocati da una grande quantità di lavoro meccanico, negli animali per mezzo delle loro attività normali, messe in opera per trovare il nutrimento, per rinnovare continuamente e ricostruire tutto il loro organismo, e con altri mezzi ancora; nelle piante per mezzo del processo di ricostruzione della loro struttura, il che spesso implica l'innalzamento di tonnellate di materiale nell'aria, come fanno gli alberi delle foreste. Un recente scrittore dice: «Il più notevole e forse il fondamentale fenomeno della vita è quello che potrebbe chiamarsi *scambio di energia*, ovvero funzione del *commercio nell'energia*. La principale funzione fisica della materia vivente par che consista nell'assorbire energia, e, dopo averla ammassata ad un molto alto potenziale, distribuirla partitamente in forme cinetiche o attive.»<sup>26</sup>

Il terzo carattere, e forse il più meraviglioso di tutti, è il potere che ha ogni organismo vivente di riprodursi e moltiplicarsi. La generazione nelle forme inferiori avviene per un processo di autodivisione o di scissione, nelle superiori per mezzo di cellule riproduttive, le quali, quantunque nel loro primo stadio di sviluppo siano

---

26 F. J. Allen. – *What is Life?*

addirittura irriconoscibili fisicamente e chimicamente come appartenenti a specie molto diverse, pure posseggono il misterioso potere di sviluppare un perfetto organismo, eguale in tutte le sue parti all'essere dal quale provengono, nella forma e negli organi, in modo che la prole somigli sorprendentemente al genitore nei più minuti particolari di forma e di colore, nei capelli o nelle penne, nei denti o negli artigli, nelle scaglie, nelle spine, nelle creste, le quali si riproducono con la più stupefacente esattezza, pur subendo spesso, durante lo sviluppo, metamorfosi e cambiamenti tali che, se non ne fossimo testimoni oculari, ma ci venissero raccontate come cose che avvengono in lontane regioni, giudicheremmo come strane ed impossibili favole di viaggiatori, come quelle di Sindbad il marino.

Perchè le sostanze dei corpi viventi possano esser capaci di subire questi continui cambiamenti, conservando sempre la stessa forma e la stessa struttura nelle loro più piccole parti, bisogna che siano in un costante stato di flusso, mentre d'altro canto, rimanendo sensibilmente inalterate, è anche necessario che le molecole che le compongono siano così combinate da esser facile la loro separazione e la loro unione, cioè, secondo il vero termine, labili e caduche; e tali sono le molecole organiche per la loro chimica composizione, la quale, sebbene risulti di pochi elementi, è nondimeno di struttura molto complicata, perchè un gran numero di atomi chimici vi si trovano combinati in un'infinità di modi.

La base fisica della vita, come la chiama Huxley, è il protoplasma, sostanza composta principalmente di soli quattro dei più comuni elementi, tre gas: azoto, idrogeno, ossigeno, e un solido metalloide: il carbonio. Tutti i prodotti speciali delle piante e degli animali si chiamano perciò *combinazioni del carbonio*, ed il loro studio rappresenta uno dei più estesi rami della chimica moderna. La loro complicazione è indicata dal fatto che le molecole di zucchero contengono 45 atomi, e quelle di stearina non meno di 173. I composti chimici del carbonio sono molto più numerosi di quelli di tutti gli altri elementi presi insieme, e sono meravigliose la varietà e la complicazione delle sue possibili combinazioni, la qual cosa spiega il fatto che tutti i vari tessuti animali: pelle, corno, capelli, unghie, denti, muscoli, nervi, etc., sono formati dei medesimi quattro elementi, con qualche piccola quantità occasionale di zolfo, fosforo, silice e calce, e produce ancor più meraviglia il pensare che questi tessuti sono identici, tanto nella pecora e nel bue che sono erbivori, quanto nella foca che mangia pesce, e nella tigre carnivora. E quel che sorprende più ancora è che le innumerevoli e diverse sostanze prodotte dalle piante o dagli animali sono tutte formate dei medesimi tre o quattro elementi; tali sono le infinite varietà degli acidi organici, dall'acido prussico a quello dei vari frutti, la immensa varietà di zuccheri, gomme ed amidi, le numerose e differenti specie d'olio e di cera, la varietà degli oli essenziali, parecchie forme di trementina, ed altre sostanze, come la canfora, la resina, il caoutchouc, la gut-

taperca e l'estesa serie di alcaloidi vegetali, quali la nicotina del tabacco, la morfina, che si estrae dall'oppio, la stricnina, la curarina ed altri veleni, la chinina, la belladonna ed altri simili medicinali alcaloidi, insieme con gli essenziali principii delle nostre comuni bevande: thè, caffè, coca ed altre, troppo numerose per poterle rammentare tutte. Tutte queste sostanze sono formate dei quattro comuni elementi, dei quali il nostro organismo si compone quasi esclusivamente. Se ciò non fosse indiscutibilmente provato, non sarebbe certamente credibile.

Il prof. F. J. Allen crede che il più importante elemento del protoplasma sia quello che conferisce al vivente organismo la proprietà più essenziale, l'instabilità estrema, cioè l'azoto. Questo elemento, quantunque inerte per sè stesso, subito entra in combinazione quando un'energia interviene; il suo più spiccato carattere è la formazione di ammoniaca, composto di azoto e di idrogeno, sotto l'azione delle scariche elettriche attraverso l'atmosfera. Oltre l'ammoniaca, altri ossidi di azoto, che si formano nell'atmosfera nella stessa guisa, sono la principale sorgente dell'azoto che viene assimilato dalle piante, e, per mezzo di esse, dagli animali, poichè, benchè le piante siano in continuo contatto con l'azoto libero dell'aria, esse non possono assorbirlo. Per mezzo delle foglie le piante assorbono l'ossigeno ed il biossido di carbonio, necessari al loro tessuto legnoso, per mezzo delle radici assorbono l'acqua nella quale sono disciolti ammoniaca e ossidi di azoto, e con questo materiale fabbricano il protoplasma che costituisce la intera sostanza

del regno animale. L'energia per produrre questi composti di azoto è data ad esse quando subiscono nuove vicende; tale è il prodursi nell'atmosfera dell'ammoniaca per mezzo dell'elettricità, perchè questa, infiltrandosi nel terreno per mezzo della pioggia, dà principio alla lunga serie delle operazioni importantissime nella produzione delle forme più importanti della vita.

Ma le notevoli trasformazioni e combinazioni che continuamente avvengono in ogni corpo vivente e che rappresentano veramente le condizioni essenziali della vita, dipendono esse pure da certe condizioni fisiche necessarie, delle quali non si può fare a meno. Il prof. Allen nota: «La sensibilità dell'azoto, la sua facilità nel cambiare stato di combinazione e d'energia, par che dipenda da certe condizioni di temperatura, pressione, etc., che esistono alla superficie della terra. Molti dei fenomeni vitali avvengono ad una temperatura che resta fra quella del ghiaccio fondente e 104° F. Se la temperatura generale della superficie della terra si elevasse o diminuisse di 72° F. (aumento relativamente piccolo) tutto il corso della vita sarebbe cambiato od anche estinto».

Un altro importante fatto, e forse il più essenziale relativamente alla vita, è che nell'atmosfera esiste una piccola ma permanente proporzione di gas acido carbonico, la quale rappresenta la riserva dalla quale tutto il carbonio che si trova nel regno animale e in quello vegetale originariamente deriva. Le foglie delle piante assorbono l'acido carbonico contenuto nell'atmosfera, e la speciale sostanza detta clorofilla, alla quale esse debbono il loro

colorito verde, ha il potere di decomporre questo acido sotto l'azione della luce solare, adoperando il carbonio necessario alla vita della pianta e rigettando l'ossigeno. Nei laboratori il carbonio non può esser separato dall'ossigeno che per mezzo del calore, sotto l'azione del quale certi metalli bruciano, combinandosi con l'ossigeno, e ponendo in libertà il carbonio. La clorofilla ha una struttura chimica molto complicata, ma imperfettamente conosciuta; si crede però che essa possa solamente formarsi quando il suolo contenga del ferro. Le foglie delle piante, così spesso considerate come semplici appendici ornamentali, rappresentano una delle più meravigliose strutture degli organismi viventi, poichè decompongono alla temperatura ordinaria l'acido carbonico, facendo quello che nessun'altro agente della natura può fare, e utilizzando a tale scopo uno speciale gruppo di onde eteree, le sole che, a quanto sembra, abbiano questo potere. La complessità del processo vitale che avviene nelle foglie è ben descritta nel seguente passo:

«Abbiamo visto come le foglie verdi contengano gas, acqua e sali disciolti, e come possano mettere a profitto speciali onde eteree. L'energia attiva delle onde è adoperata per trasmutare un semplice composto inorganico in uno più complicato e organico, il quale nel processo di respirazione è ridotto di nuovo in sostanze semplici, mentre la sua energia potenziale è trasformata in cinetica. Questi scambi metabolici avvengono nelle cellule viventi che posseggono un'attività intensa. Delle correnti traversano il protoplasma e il succo cellulare in ogni di-

rezione, e queste correnti passano anche da cellula a cellula, le quali possono essere in comunicazione per mezzo di sottili filamenti di protoplasma. I gas utilizzabili e quelli respinti dalla respirazione e dall'assimilazione circolano intorno e dentro le cellule, e ciascuna particella di protoplasma, ossidata o no, è il centro d'un'area di perturbazione. Il protoplasma puro è egualmente sensibile a tutti i raggi, ma quando è associato con la clorofilla, è sensibile a certi raggi rossi e violetti, i quali, specialmente quelli rossi, agiscono nella separazione degli elementi dell'acido carbonico, nell'assimilazione del carbonio e nell'espulsione dell'ossigeno.»<sup>27</sup>

Questa vigorosa attività della vita sempre desta nelle foglie, nelle radici e nel contenuto delle cellule nutre la pianta e l'adorna della sorprendente bellezza dei suoi germogli e delle sue foglie, di fiori, di frutti; e nel medesimo tempo produce ricchezza di odori, sapori, colori e tessuti di fibre; varie specie di legname, radici e tuberi, gomme, oli e resine innumerevoli, sostanze che rendono il mondo della vita vegetale forse più vario, più bello, più giocondo e più indispensabile alla nostra natura, di quello animale.

Ma non possiamo far confronti. Potrebbero esistere le piante senza gli animali, ma non gli animali senza le piante. E di tutte queste misteriose meraviglie della vita vegetale, meraviglie e misteri dei quali mai ponderiamo

---

<sup>27</sup> Vedi l'art. *Vegetable Physiology* nella *Chambers's Encyclopoedia*.

la grandezza, perchè sono a noi troppo familiari, ci sembra sufficiente questa sola spiegazione: tutto si deve alle speciali proprietà del protoplasma. E può ben dire Huxley che il protoplasma non è solamente una sostanza, ma un meccanismo messo in moto dal calore e dalla luce, capace di produrre migliaia di risultati più sorprendenti di tutti i meccanismi che mente umana abbia mai inventato.

Ma oltre la funzione vegetale dell'assorbimento dell'acido carbonico dell'atmosfera, che separa ed utilizza il carbonio rigettando l'ossigeno, piante ed animali continuamente assorbono ossigeno dall'atmosfera, e tal fenomeno è così universale che l'ossigeno è giudicato nutrimento del protoplasma, perchè senza di esso il protoplasma non potrebbe continuare a vivere. Inoltre è la particolare, ma del tutto ignota, struttura del protoplasma che lo rende atto alla funzione che procura alle piante l'assorbimento di una enorme quantità d'acqua.

Benchè il protoplasma sia una sostanza così complicata da sfidare ogni analisi chimica, tanto che potrebbe paragonarsi a un elaborato edificio di atomi racchiuso in una molecola, nella quale ciascun atomo occupa il dovuto posto, come ogni pietra scolpita in una cattedrale gotica, nondimeno esso è il punto di partenza, il materiale del quale sono formate le infinitamente varie strutture dei corpi viventi. La grande mobilità e instabilità della costruzione di queste molecole rende il protoplasma suscettibile di continue modificazioni di costituzione e di forma; per mezzo di sostituzioni o di addizioni di

altri elementi può servire a speciali scopi, così quando lo zolfo è assorbito in piccola quantità e fuso nella struttura molecolare, si formano i corpi proteici. Questi sono molto abbondanti nelle costituzioni animali, danno le proprietà nutritive alla carne, al cacio, alle uova e ad altri prodotti animali; tali sostanze si trovano altresì nel regno vegetale, specialmente nelle noci ed in altri alimenti come il grano, i piselli, etc., etc., i quali sono generalmente denotati col nome di alimenti azotati e sono molto nutritivi, ma non tanto facilmente digeribili come la carne. Le sostanze proteiche esistono sotto forme molto varie, e spesso contengono fosforo e zolfo, ma la loro principale caratteristica è la grande quantità di idrogeno che contengono, mentre molti altri prodotti animali e vegetali, come le radici, i tuberi, i grani ed anche i grassi e gli oli, sono costituiti principalmente d'amido e di zucchero. Il prof. W. D. Haliburton così descrive le sostanze proteiche nel loro aspetto chimico e fisiologico: «Le sostanze proteiche si trovano soltanto in quei laboratori viventi che sono gli animali e le piante, la materia di esse è essenzialmente il materiale che si trova nel protoplasma. La molecola di questa sostanza è la più complicata che si conosca, e spesso contiene cinque, sei ed anche sette elementi. Il lavoro per comprendere il modo con cui essa è composta è naturalmente vasto e i progressi sono lenti, ma a poco a poco si riuscirà a sciogliere il quesito, e questa ultima conquista della chimica organica, quando che avvenga, darà nuovi lumi ai fisio-

logi e rischiarerà molti punti ancora oscuri della fisiologia.»<sup>28</sup>

La funzione del protoplasma, e delle sue modificazioni ancora più meravigliose, è quella di assorbire e trasformare un gran numero di altri elementi nelle varie parti dell'organismo vivente, perchè servano alle particolari funzioni. Gli elementi che più comunemente vengono assorbiti e trasformati sono la silice nei fusti delle graminacee, la calce e il magnesio nelle ossa degli animali, il ferro nel sangue, e molti altri.

Oltre i quattro principali elementi costituenti il protoplasma, molti animali e molte piante contengono, in qualche parte dei loro tessuti, fosforo, zolfo, cloro, silicio, sodio, potassio, calcio, magnesio, ferro, e meno frequentemente fluoro, iodio, bromo, litio, rame, manganese e alluminio, elementi che si riscontrano in organi o tessuti speciali. Le molecole di tutti questi elementi sono portate dal fluido protoplasmatico nei punti dove occorrono, per esser trasformate in sostanza vivente, con la medesima precisione e con gli stessi scopi con cui i mattoni, le pietre, il ferro, la calce, il legno, e i cristalli si utilizzano, ciascuno nei luoghi dove occorrono, per fabbricare un grande edificio.<sup>29</sup>

---

28 Comunicazione all'*Associazione Britannica*, 1902. Sezione fisiologica.

29 Questa enumerazione degli elementi che entrano nella costituzione degli animali e delle piante è stata tolta dallo scritto del prof. F. J. Allen, precedentemente citato.

L'organismo però non si costruisce, ma cresce a poco a poco. Ogni organo, ogni fibra, cellula o tessuto è formato di diversi materiali, i quali sono prima decomposti nelle loro molecole elementari, poi trasformati dal protoplasma o da speciali solventi formati da esso, e trasportati dal fluido vitale nei luoghi dove sono necessari, e dove formano atomo per atomo, molecola per molecola, la sostanza della quale entrano a far parte.

Ma il sorprendente processo di accrescimento di ogni organismo è di gran lunga superato da quello meraviglioso di riproduzione. Ogni essere vivente, il più perfetto, nasce da una sola microscopica cellula fecondata da un'altra microscopica cellula, appartenente a un diverso individuo. Queste cellule sfuggono spesso ai più potenti microscopi, e sono difficilmente distinguibili dalle altre cellule che si trovano nelle piante e negli animali, e delle quali si compongono i loro tessuti. Queste cellule speciali si originano in maniera del tutto propria, ed invece di entrare a far parte dell'organismo, si sviluppano fatalmente in un completo essere vivente con tutti gli organi, le funzioni e i caratteri dei genitori, così da poter ben dirsi che esso appartiene alla medesima specie. Se il crescere di un organismo vivente è un mistero, che cosa diremo di questo riprodursi di migliaia di organismi complicati, dei quali ciascuno ha i suoi speciali caratteri, mentre tutti nascono da piccoli germi o cellule, nelle quali non è possibile fare alcuna distinzione specifica, neppure con un microscopio potente? E anche questo è dovuto al lavoro del protoplasma, sotto l'influenza

del calore e dell'umidità, e i moderni fisiologi sperano di poter arrivare a comprendere come ciò possa avvenire. È bene che qui non siano omesse le opinioni degli scrittori moderni per quel che riguarda questo punto importante della scienza. Riferendosi ad una difficoltà sollevata da Clerk-Maxwell, il quale 25 anni fa disse che non vi era spazio sufficiente, nelle cellule riproduttive, per i milioni di molecole necessarie per servire come unità d'accrescimento per tutti i differenti tessuti del corpo dei più perfetti animali, il prof. M. Kendrick dice: «Ma oggi si può credere, in base ai dati esistenti, che le vescicole germinative possono contenere un milione di milioni di molecole organiche. Per lo sviluppo di tutte le parti di un perfetto organismo occorrono complesse disposizioni di queste molecole, per poter soddisfare a tutte le richieste della teoria della eredità. Senza dubbio, il germe è un sistema materiale che passa dall'uno all'altro. L'opinione dei fisici è che le molecole siano in istato variabile di movimento, ed i pensatori sono spinti verso una teoria cinetica delle molecole e degli atomi di materia solida, la quale può riuscire utile come la teoria cinetica dei gas. Vi sono movimenti atomici e movimenti molecolari. È possibile che le particolarità dell'azione vitale possano esser determinate dal particolare movimento che si verifica nelle molecole di ciò che chiamiamo materia vivente. Differirebbe nelle specie per alcuni dei movimenti di cui si occupano i fisici. La vita è continuamente creata e mantenuta dalla materia non vivente, cosa che possiamo ogni giorno verificare nell'accrescimento di un

corpo per assimilazione di nutrimento. La creazione della materia vivente dalla non vivente può avvenire con la trasmissione alla materia morta di movimenti molecolari, i quali abbiano una forma *sui generis*». Questa è l'opinione fisiologica moderna, sul «modo come ciò possa avvenire», ed essa sembra molto più intelligibile, della vecchia teoria sull'origine dell'accetta di pietra, data da Adriano Tollius nel 1649, e citata da E. B. Tylor, il quale dice: «I disegni delle comuni accette di pietra e dei martelli, come i naturalisti raccontano, sono stati generati nel cielo da un'esalazione di folgore conglobata in un nuvolò d'umore circonfuso, fusi da intenso calore che, unito all'umidità, fece la punta all'arme, fuggendo dalla parte asciutta e lasciando l'altra parte più densa; ma l'esalazione produsse una così forte pressione, che si aprì una via attraverso il nuvolò e dette così origine ai lampi ed ai tuoni. Ma – aggiunge – se questa è veramente la maniera con la quale sono state generate, è strano che non sian rotondi e che abbiano dei fori. Questo gli pare cosa incredibile.»<sup>30</sup> E così, quando i fisiologi cercano di evitare la responsabilità dell'opinione che possa esistere nel germe altro che moto e materia, giudicano che lo sviluppo, tanto dell'elefante che dell'uomo, è probabilmente dovuto a piccole cellule internamente uguali, che agiscano per mezzo di «dati movimenti» e della «trasmissione di movimenti che hanno una forma *sui generis*». In conclusione, però, si sarebbe tentati d'escla-

---

30 *Early History of Mankind*. – 2<sup>a</sup>. ediz. p. 227.

mare, con un antico autore: «Credo che sia difficile crederlo».

Questo breve cenno delle conclusioni alle quali sono arrivati i fisiologi e i chimici, circa la struttura e la composizione dell'organismo dei corpi viventi, credo sia stato opportuno, perchè spesso i lettori, profani di scienza, non possono farsi un'idea delle incomparabili meraviglie del misterioso processo della vita, e attraversano il mondo silenziosi e indifferenti, senza conoscer nulla delle cose che li circondano. È quanto avviene fra le nostre popolazioni, i due terzi delle quali si affollano per le città, mossi da tante e diverse occupazioni, senza mai sentire il bisogno della vita dei campi, senza averne mai provato l'incanto. Essi cercano di divagarsi, di eccitarsi frequentando teatri, sale dove si suona, dove si giuoca, dove si beve. E queste persone non hanno l'idea di quel che perdono nel tenersi sempre lontane dalla pace che loro offre la natura, dai suoi stupendi panorami, dai profumi, dalle bellezze della vegetazione, dai suoi profondi e forse insondabili misteri di creazione, di vita e di morte.

Molti ammirano gli uomini di scienza per le profonde e molteplici cognizioni che posseggono su queste materie, e molti lettori colti saranno, ne sono sicuro, sorpresi nel sentire che taluni fenomeni, apparentemente tanto semplici, come il succhiamento delle piante per mezzo delle radici, non siano stati per anco completamente spiegati. Così è il profondo mistero della vita e del suo processo di produzione e riproduzione: benchè i nostri

fisiologi ci abbiano rivelato un'infinità di fatti curiosi, e qualche volta anche istruttivi, non hanno potuto ancora offrircene una spiegazione intelligibile e vera. Le complicazioni infinite e la tanta confusione di minute particolarità, che si trovano in tutti i trattati di fisiologia del regno animale e vegetale, sopraffanno i lettori con la grande massa di cognizioni che vi si trovano, ed essi sono tratti a concludere che dopo tali elaborate ricerche nulla può esser rimasto incognito, e protestano contro le obbiezioni che si possono fare, perchè ormai le forze e le leggi che governano la meccanica, la fisica e la chimica sono ben conosciute. Perciò ho pensato che fosse ben fatto l'accennare brevemente alle diverse opinioni su questo soggetto, per mostrare, con le parole che hanno adoprato su tale argomento le più competenti e dotte autorità viventi, quanto complicati siano i fenomeni, e come i nostri maestri siano ancora lungi dal potercene dare un'adeguata spiegazione.

Voglio sperare che le poche parole dette a questo proposito avranno fornito ai miei lettori un'idea, sia pur pallida, delle infinite complicazioni della vita e dei vari problemi che ad essa si riferiscono, perchè in tal modo essi saranno meglio preparati ad apprezzare la sorprendente delicatezza dell'ingranaggio di questa macchina, delle sue forze, delle infinite necessità che la circondano, che sole la rendono possibile, e, soprattutto, a dare uno sguardo al panorama delle tante e lunghe epoche, attraverso le quali si è compiuto lo sviluppo della vita. È

alle condizioni che prevalgono nel mondo che ci circonda, che volgeremo adesso tutta la nostra attenzione.

# **CAPITOLO XI.**

## **LE CONDIZIONI INDISPENSABILI ALLA VITA ORGANICA.**

Le condizioni fisiche, che sulla superficie del nostro globo sembrano necessarie allo sviluppo ed al mantenimento degli organismi viventi, possono esser così ripartite:

1. Regolarità nella distribuzione del calore, dalla quale risulti un limitato grado di temperatura.
2. Una quantità sufficiente di luce e di calore solare.
3. Acqua in grande abbondanza e distribuita dappertutto.
4. Un'atmosfera di sufficiente densità, costituita di gas i quali rappresentino la parte principale nella vita degli animali e delle piante. Tali sono: l'ossigeno, l'acido carbonico, il vapore acqueo, l'azoto e l'ammoniaca, i quali devono esistere in una data proporzione.
5. Alternanza del giorno e della notte.

## LIEVE TEMPERATURA RICHIESTA PER L'ACCRESIMENTO E LO SVILUPPO.

La maggior parte dei fenomeni vitali avvengono fra la temperatura dell'acqua che gela e 104° Fahr. e ciò, a quanto si crede, si deve specialmente alle proprietà dell'azoto e dei gas che si trovano mescolati a questo, i quali solamente fra queste temperature possono mantenere i caratteri indispensabili per la vita, cioè: estrema sensibilità e instabilità, facilità di cambiare, per quel che riguarda le combinazioni chimiche e l'energia, ed altre proprietà che sole rendono possibili la nutrizione, l'accrescimento e la riproduzione continua. La più piccola oscillazione di temperatura oltre questi limiti, se continuata per un tempo considerevole, distruggerebbe certamente molte forme esistenti, e non sarebbe difficile che distruggesse anche ogni ulteriore sviluppo della vita, eccettuate alcune forme più imperfette.

Per dare un esempio degli effetti diretti dell'aumento della temperatura, rammenteremo la coagulazione dell'albumina. Questa sostanza è una delle proteiche, e rappresenta una parte importante nei fenomeni vitali, tanto degli animali che delle piante; ma la sua fluidità, la proprietà di combinarsi facilmente e quella di cambiar di forma, sono da essa perdute a qualsiasi grado di coagulazione, che sopravviene a circa 160° F.

La grande importanza per ogni organismo di avere una temperatura moderata è dimostrata con abbastanza efficacia dal complicato e ben disposto meccanismo per

mantenere un grado di calore uniforme nell'interno del corpo. Il calore normale del sangue, in un uomo, è di 98° F. ed è costantemente mantenuto, cambiando solo di un grado o due, anche se la esterna temperatura è più di 50° sotto zero. Le alte temperature sulla superficie terrestre non sorpassano di molto la media, come non la sorpassano quelle basse. Per lo più nei tropici la temperatura aerea spesso raggiunge 96° F.; nelle regioni aride e nei deserti, dove più s'inoltrano i limiti dei tropici, non è raro il caso che sorpassi 110° F. e che qualche volta raggiunga anche 115° e 120° F. come in Australia e nell'India Centrale. Nondimeno, con un nutrimento adatto e un facile regime la temperatura del sangue di un uomo sano non si eleverà nè si abbasserà più di un grado o tutt'al più di due. La grande importanza di questa uniformità di temperatura in tutti gli organi vitali è dimostrata dal fatto che, quando durante una febbre la temperatura dell'ammalato cresce anche di sei gradi su quella normale, il suo stato è critico, e se poi cresce di sette od otto gradi, è indizio quasi sicuro di una catastrofe. Anche nel regno vegetale le sementi non germogliano con una temperatura di quattro o cinque gradi sopra zero.

Questa delicata sensibilità alle variazioni della temperatura interne si comprende molto bene, se consideriamo la complicazione e la instabilità del protoplasma e di tutte le sostanze proteiche dell'organismo vivente, e l'importanza dei processi di nutrizione e di accrescimento, che comprendono un moto costante del fluido e in-

cessanti decomposizioni e combinazioni molecolari che debbono effettuarsi con la più grande regolarità. E benchè alcuni degli animali più elevati, compreso l'uomo, siano così perfettamente organizzati da potersi adattare e proteggere da sè stessi, così da rendersi atti a vivere nelle condizioni di temperatura le più diverse, nondimeno ciò non succede nella maggioranza dei casi, specialmente nei tipi inferiori. Nelle regioni artiche, per esempio, non si trovano rettili. Bisogna però non dimenticare che nè il freddo estremo nè l'estremo caldo regnano perpetuamente in ogni parte del globo; esiste anzi una grande diversità di stagioni, e non vi è animale che passi l'intera sua vita dove la temperatura non superi mai il grado della congelazione.

#### LA NECESSITÀ DELLA LUCE SOLARE.

Noi non sappiamo se gli animali più perfetti, compreso l'uomo, si sarebbero sviluppati sulla terra, senza la luce del sole, dato anche che nessun'altra delle condizioni volute fosse mancata. Benchè tale questione non abbia attinenza con l'argomento che ho impreso a trattare, bisogna nondimeno constatare che essa è una delle più importanti. Senza le piante gli animali non potrebbero vivere, perchè essi non hanno il potere di formare il protoplasma con materie inorganiche. Solo le piante hanno la facoltà di assimilare il carbonio dalla piccola quantità

di acido carbonico che si trova nell'atmosfera, e quella di formare con questo e con gli altri elementi necessari già indicati i meravigliosi composti di carbonio che rappresentano la base della vita animale. Ma tale risultato si ottiene soltanto per mezzo della luce solare, non solo, ma anche per mezzo di una data parte di questa luce; quindi, non solamente il sole è necessario come agente di luce e calore, ma è altresì certo che non *tutti* i soli avrebbero potuto essere atti allo scopo. Era necessario che il sole possedesse i raggi speciali adatti a queste combinazioni, e siccome sappiamo che le stelle differiscono grandemente pei loro spettri, e per conseguenza per la natura della loro luce, possiamo supporre che non tutte sarebbero capaci di operare questa grande trasformazione, principale condizione per rendere la vita animale possibile sulla nostra terra, e probabilmente sopra altre.

#### L'ACQUA PRINCIPIO ESSENZIALE DELLA VITA ORGANICA.

Accenneremo anche all'assoluta necessità dell'acqua, la quale rappresenta una grande percentuale nel materiale di ogni organismo vivente, ed almeno i tre quarti del nostro corpo. Quindi è necessario che l'acqua sia sempre presente, sia pure sotto forma diversa, sopra qualunque globo dove è possibile la vita. Nè gli animali nè le pian-

te potrebbero vivere senza di essa. E deve esistere in quantità e distribuzione tali, da poter esser costantemente utile in ogni parte del globo dove la vita è possibile, ed è egualmente necessario che sia esistita in egual profusione in tutte le grandi epoche geologiche, durante le quali la vita vi è sviluppata. Se diamo uno sguardo a tutte le condizioni speciali che hanno assicurato questa continua distribuzione dell'acqua sulla nostra terra, ci persuaderemo anche che questa grande quantità d'acqua, la sua larga distribuzione e la sua disposizione alla superficie terrestre, rappresentano quelle condizioni essenziali che giovano a tenere la temperatura a quel dato grado che, come abbiamo visto, è la prima condizione per lo sviluppo ed il mantenimento della vita.

#### L'ATMOSFERA DEVE ESSERE SUFFICIENTEMENTE DENSA E COMPOSTA DI GAS PROPORZIONATI.

L'atmosfera di un pianeta sul quale lo sviluppo della vita è possibile deve avere diverse qualità, le quali però non dipendono l'una dall'altra; la coincidenza di tali qualità può rappresentare quindi un raro fenomeno nell'Universo. Il primo di questi caratteri è un sufficiente grado di densità necessario per due scopi, cioè: perchè possa mantenere una provvisione bastevole di calore, e perchè possa somministrare ossigeno, acido carbo-

nico e vapore acqueo in quella quantità richiesta dalla vita animale e vegetale.

Considerata come serbatoio di calore e regolatrice di temperatura, un'atmosfera piuttosto densa è di prima necessità, perchè cooperi con la grande quantità e l'ampia distribuzione dell'acqua di cui ci siamo già occupati. La differenza che passa fra i caratteri del nostro sud-ovest e del nostro nord-est, è eliminata dal vento, potente distributore di calore e di umidità. Si deve alle particolari proprietà dell'atmosfera se i raggi del sole passano liberamente attraverso di essa e giungono fino alla terra e la riscaldano; nello stesso tempo tali proprietà rappresentano un mezzo per prevenire una rapida dispersione del calore non luminoso così utilizzato. Ma il calore accumulato durante il giorno viene distribuito durante la notte, e in tal guisa è assicurata un'uniformità di temperatura, che altrimenti non potrebbe verificarsi. Questi effetti si constatano facilmente nelle maggiori altitudini, dove la temperatura diventa sempre più bassa, fino a una non molto grande elevazione, ed anche nei tropici, ove si trova la neve durante tutte le stagioni dell'anno, per il fatto che l'aria rarefatta non è capace di mantenere il calore, ma anzi permette che quello acquistato si disperda più liberamente che nell'aria densa, ed ecco perchè le notti sono più fredde. All'altezza di 18.000 piedi la densità dell'atmosfera è precisamente la metà di quella che resta al livello del mare; tale altitudine è considerevolmente maggiore di quella della linea delle nevi anche sotto l'equatore, ne vien di conseguenza che se la nostra

atmosfera avesse solo la metà della densità attuale, la terra non sarebbe adatta alle più alte forme della vita animale. Non è cosa facile il poter dire con esattezza quale sarebbe il risultato circa il clima, ma sembra probabile che, eccettuate forse alcune aree limitate nei tropici, dove le condizioni potrebbero essere molto favorevoli, tutta la superficie terrestre sarebbe coperta di neve e di ghiaccio. Ciò sarebbe inevitabile, perchè l'evaporazione dell'oceano, sotto un'azione più diretta del calore, avverrebbe molto più rapidamente che al presente, e poichè il vapore che si eleva in un'atmosfera più rarefatta diventa freddo più presto, la neve cadrebbe, quasi perpetuamente, però nelle regioni equatoriali non rimarrebbe perpetuamente, sulla superficie della terra. Pare cosa certa quindi che con una densità atmosferica che fosse la metà di quella attualmente esistente, la vita sarebbe quasi impossibile sulla terra, anche a voler tenere conto soltanto della troppo bassa temperatura. Ed a questa, si aggiungerebbe certamente un'altra difficoltà: la indispensabile somministrazione di ossigeno per gli animali e di acido carbonico per le piante. È probabile quindi che una riduzione di densità, anche di un quarto soltanto di quella attuale, basterebbe per rendere la maggior parte del nostro globo una vasta agglomerazione di neve e di ghiaccio, lasciando la rimanente superficie esposta a tali estremi di clima, che solamente forme imperfette di vita potrebbero originarvisi e conservarvisi.

## I GAS DELL'ATMOSFERA.

Venendo ora a considerare i gas che costituiscono l'atmosfera, vi è ragion di credere che essi formino un'amalgama così perfetto nei suoi rapporti con la vita animale e vegetale, quanto la densità e la temperatura. Fin dalla prima considerazione fatta su questo soggetto, potremmo concludere che l'ossigeno è l'elemento più essenziale alla vita animale, mentre il resto è di minor importanza; ma ulteriori considerazioni ci dimostrano che l'azoto, benchè rappresenti un semplice diluente dell'ossigeno per quel che riguarda la respirazione degli animali, è di prima necessità per le piante, che lo ricavano dall'ammoniaca che si forma nell'atmosfera e che la pioggia porta al suolo; e benchè l'atmosfera contenga soltanto un milionesimo d'ammoniaca, pure da una così piccola proporzione dipende l'esistenza della vita animale nel nostro mondo, poichè nè gli animali nè le piante potrebbero ricavare direttamente dall'atmosfera l'azoto per i loro tessuti.

Un altro gas fondamentale ed importante dell'atmosfera terrestre è l'acido carbonico, il quale rappresenta circa quattro parti in dieci mila parti d'aria, e, come abbiamo già detto, è la sorgente a cui le piante attingono materiale sufficiente per i loro tessuti, così come il protoplasma e le sostanze proteiche sono assolutamente necessari al nutrimento degli animali. Un fatto importante e da rilevarsi è che l'acido carbonico, così necessario alle piante, ed agli animali per mezzo delle piante, è

pure per essi un potente veleno, perchè quando si trova nell'aria in quantità maggiore della normale, come succede nelle città e nei mal ventilati edifizii, diventa pericolosissimo alla salute, la qual cosa, a quanto si crede, è cagionata, almeno in parte, dalle varie emanazioni corporee ed altre impurità associate ad esso. La percentuale d'acido carbonico può anche ascendere all'uno per cento, e l'aria, a quanto si afferma, può venire respirata per un certo tempo, senza che ciò produca effetti nocivi, ma aumentando la detta quantità, si può subito produrre una soffocazione. È probabile perciò che nell'aria l'acido carbonico esista in minore proporzione dell'uno per cento, altrimenti sarebbe dannoso alla vita; ma d'altro canto è fuor di dubbio che, se questa ne fosse stata sempre la proporzione, la vita avrebbe potuto svilupparsi adattandosi ad essa. Considerando dunque che questo gas velenoso viene emanato in grande copia dagli animali più perfetti come un prodotto della respirazione, sarebbe stato evidentemente pericoloso per la conservazione della vita se la quantità che forma un costante costituente dell'atmosfera fosse stata maggiore di quella che è.

#### IL VAPOR D'ACQUA DELL'ATMOSFERA.

Il vapor d'acqua, che si trova nell'atmosfera in grandi e variabili quantità, è essenziale alla vita organica per due ragioni: esso previene da un lato la troppo rapida

perdita d'umidità delle foglie e delle piante, quando si trovano esposte al sole, e viene d'altro canto assorbito dalla superficie delle foglie e dai giovani germogli, che in tal modo ottengono acqua e anche una piccola quantità di ammoniaca, quando quella assorbita dalle radici è insufficiente. Ma la maggiore importanza vitale del vapore acqueo è quella di somministrare l'idrogeno, il quale, unendosi con l'azoto dell'atmosfera sotto l'azione delle scariche elettriche, produce l'ammoniaca, componente principale di tutte le sostanze proteiche delle piante, sostanze che sono il fondamento della vita animale.

Da questo breve cenno della destinazione dei diversi gas che compongono la nostra atmosfera, si può comprendere che la loro proporzione è antagonistica, e che una più considerevole quantità di uno di essi rappresenterebbe un fatto che nuocerebbe o immediatamente o nel risultato finale. E siccome gli elementi che costituiscono la massa della materia vivente posseggono proprietà tali da renderla adatta allo scopo, possiamo concludere che le proporzioni con cui i gas esistono nella nostra atmosfera non possono andar disgiunte, in qualsiasi luogo, dalle forme organiche che si sono sviluppate.

## L'ALTERNANZA DEL GIORNO E DELLA NOTTE.

Benchè sia difficile lo stabilire in modo sicuro se l'alternanza della luce e delle tenebre a così brevi inter-

valli sia assolutamente necessaria per lo sviluppo delle diverse e delle più perfette forme della vita, o se un mondo nel quale la luce fosse costante sarebbe egualmente adatto a tale scopo, è logico il credere che, probabilmente, i giorni e le notti sono dei fattori veramente importanti. Tutta la natura è un complesso di movimenti ritmici di specie, varietà, gradi e durate infinitamente diversi. Tutti i movimenti e le funzioni di ogni cosa vivente sono periodici: produzione e riproduzione, assimilazione e consumo si alternano continuamente. Tutto il nostro organismo è soggetto alla fatica ed ha bisogno di riposo. Ogni stimolo deve agire per breve tempo, altrimenti porterebbe a risultati dannosi, ecco il vantaggio delle tenebre: gli eccitamenti della luce e del calore sono sopiti, almeno in parte, ed è benvenuto «il dolce ristoro, il sonno benefico sulla stanca natura», che dà riposo a tutti i sensi ed alle facoltà del corpo e della mente, e ci prepara nuovo vigore per un altro periodo d'attività e di godimento della vita.

Le piante, come gli animali, sono rinvigorite da questo riposo notturno, e tutti gli esseri, probabilmente, godono il beneficio del riposo di un più o meno faticoso e lungo lavoro, sia durante l'estate che nell'inverno, nella stagione asciutta e in quella umida, ed è un fatto molto significativo che ai tropici, dove l'influenza del calore e della luce è maggiore, i giorni e le notti siano di eguale durata, dando così un egual periodo di attività e di riposo, mentre nelle fredde regioni artiche alla corta estate, durante la quale la luce è quasi perpetua e tutte le fun-

zioni della vita, specialmente di quella vegetale, si compiono con grande rapidità, succede un lungo riposo invernale, in cui i giorni sono più corti, e per conseguenza il periodo delle tenebre più lungo.

Certamente questa è una induzione piuttosto che una prova, ed è possibile che in un mondo dove il giorno sia perpetuo, o in uno dove la notte sia senza interruzione, la vita possa esistere; ma se diamo uno sguardo alla grande varietà delle condizioni fisiche che sembrano necessarie per lo sviluppo e la conservazione della vita nelle sue infinite varietà, comprenderemo come ogni influenza anche leggermente dannosa possa turbare l'ordine e l'armonia della continua evoluzione, che abbiamo veduto essere necessaria.

Ho considerato l'alternanza del giorno e della notte solamente per quel che riguarda la presenza o l'assenza della luce, ma credo che essa sia molto più importante per quel che riguarda il calore; per noi anzi, sotto questo aspetto, la quistione diviene di grande e forse di vitale importanza. Con la divisione in dodici ore di giorno e in dodici di notte, in media, non vi è tempo, anche sotto la latitudine dei tropici, perchè la terra diventi eccessivamente calda, tanto da nuocere alla vita; mentre invece una considerevole parte del calore assorbito dal suolo, dall'acqua e dall'atmosfera è serbata per la notte, a fine di impedire troppo subitanei e dannosi contrasti tra il caldo e il freddo. Se i giorni e le notti fossero stati di più lunga durata, per esempio di cinquanta o di cento ore, è indubitabile che durante un giorno così lungo il calore

diventerebbe tanto eccessivo da essere pernicioso, e forse tale da non permettere l'esistenza della maggior parte delle forme della vita. D'altro canto, la mancanza, per un egual spazio di tempo, del calore solare provocherebbe una temperatura molto inferiore a quella dell'acqua che gela. È per lo meno molto incerto se la vita animale, di qualsiasi forma, avrebbe potuto svilupparsi in un tal contrasto continuo di temperatura.

Ci accingiamo adesso ad esporre le caratteristiche essenziali del nostro globo, combinate insieme per fare sviluppare e per mantenere le varie e complicate condizioni che abbiamo veduto esser necessarie alla vita che esiste intorno a noi.

## **CAPITOLO XII.**

# **LA TERRA IN RAPPORTO CON LO SVILUPPO E CON LA CONSERVAZIONE DELLA VITA**

La prima circostanza della quale bisogna occuparsi, studiando se un pianeta sia o no abitabile, è la sua distanza dal sole. Sappiamo che il potere che ha il sole di riscaldare la terra basta largamente ad ogni forma di vita, tanto infinitamente varia nelle sue manifestazioni. Molte prove si presentano a noi per dimostrare che, se l'aria e l'acqua non avessero la potenza eguagliatrice che hanno, se non fossero distribuite come lo sono sul nostro globo, il calore emanato dal sole sarebbe qualche volta eccessivo e qualche volta deficiente. In alcune parti dell'Africa, dell'Australia e dell'India il suolo sabbioso diviene tanto infocato che un uovo cuocerebbe al solo contatto della terra. D'altra parte, ad una altitudine di circa dodicimila piedi e alla latitudine di 40° gela ogni notte, ed anche durante il giorno nei luoghi riparati dal

sole. Ora, questi due estremi di temperatura sono contrari alla vita, e se uno di essi persistesse in una considerevole parte della superficie terrestre, lo sviluppo organico diventerebbe impossibile. Ma il calore emanato dal sole è inverso al quadrato della sua distanza, così che a mezza distanza avremmo un calore quattro volte più grande, e a una distanza doppia solamente un quarto di calore. A due terzi di distanza avremmo un calore due volte maggiore, e, considerando i due fatti dell'estrema sensibilità del protoplasma e della facile coagulazione dell'albumina, sembra certo che noi ci troviamo in quella che si potrebbe chiamare la zona temperata del sistema solare, e che non potremmo esser rimossi dalla nostra presente posizione, senza compromettere una considerevole parte delle forme di vita ora esistenti sopra la terra, o almeno senza che lo sviluppo attuale della vita, in tutte le sue fasi e gradazioni, si rendesse impossibile.

### L'OBBLIQUITÀ DELL'ECLITTICA.

Gli effetti dell'obblività dell'equatore terrestre sul piano della sua orbita intorno al sole, dalla quale dipendono il variare delle stagioni e l'ineguaglianza dei giorni e delle notti in tutte le zone temperate, sono noti a tutti. Però non si suppone che questa obblività sia di una grande importanza relativamente alla possibilità dello sviluppo e del mantenimento della vita sul nostro globo,

sembra anzi che il fatto sia un accidente appena degno di nota, perchè si crede che una obliquità diversa, o anche la totale mancanza di essa, sarebbe egualmente vantaggiosa. È indubitabile però che la direzione dell'asse terrestre, qualunque possa essere, considerata da questo punto di vista, è di grandissima importanza.

Supponiamo in primo luogo che l'asse della terra giacesse, come quello di Urano, quasi esattamente sul piano della sua orbita, cioè diretto verso il sole. Non v'è da dubitare che tale posizione renderebbe il nostro globo inadatto allo sviluppo della vita, perchè ne resulterebbe un terribile contrasto di stagioni: al solstizio d'inverno regnerebbe su metà del nostro globo la notte artica, con un freddo anche maggiore di quello che regna attualmente nelle regioni polari, e sull'altra metà, regnerebbe al solstizio d'estate il giorno continuo con un sole verticale e tal grado di calore, che non potrebbero essere in alcun modo sopportati. Ai due equinozi tutto il globo godrebbe di giorni e di notti eguali, perchè i nostri tropici, e parte della zona subtropicale, avrebbero a mezzogiorno il sole tanto vicino allo zenit, da avere un clima essenzialmente tropicale, ed il passaggio fra un mese di sole continuo ed un mese di ininterrotta notte sarebbe così rapido, da sembrar quasi impossibile che la vita animale e vegetale potesse svilupparsi in simili terribili condizioni.

L'altra direzione estrema dell'asse terrestre, esattamente ad angolo retto col piano dell'orbita, sarebbe forse più favorevole, benchè sempre svantaggiosa. Tutta la

superficie della terra, dall'equatore ai poli, godrebbe di giorni eguali alle notti, ed ogni parte riceverebbe egual quantità di calore solare per tutto il corso dell'anno, e perciò non vi sarebbero cambiamenti di stagione. Ma il calore varierebbe secondo la latitudine. Nella nostra latitudine, al sole di mezzogiorno e per tutto l'anno, la temperatura resterebbe al di sotto di 40° F., cioè quella che constatiamo ora agli equinozi, e godremmo così un'eterna primavera. Però la costanza del calore nelle regioni equatoriali e tropicali, e del freddo in quelle polari, provocherebbe una più rapida circolazione d'aria, e probabilmente dei perenni venti di nord-ovest renderebbero il nostro clima troppo freddo e troppo umido. Verso i poli il sole si manterrebbe eternamente all'orizzonte, o almeno vicino ad esso, dando una quantità di calore così scarsa che il mare resterebbe perpetuamente ghiacciato e la terra sempre coperta da un alto strato di neve. Questo stato di cose, con ogni probabilità, si estenderebbe anche verso la zona temperata, e forse anche più al sud, rendendo per tal modo la vita impossibile nelle nostre latitudini, perchè i risultati, qualunque fossero, sarebbero dovuti a cause permanenti, e noi sappiamo quanta potenza hanno la neve ed il ghiaccio di estendere la loro influenza sulle aree adiacenti, se non ne sono impediti dal calore estivo o dai venti caldi ed umidi.

Riassumendo tutto quello che noi abbiamo detto, sembra probabile che questa posizione dell'asse terrestre farebbe sì che una molto più piccola parte della sua superficie sarebbe capace di alimentare tanta variata e lus-

sureggiante vita animale e vegetale, quanta adesso ne ammiriamo; poichè la troppa uniformità delle condizioni dell'ambiente sarebbe contraria del tutto alla grande legge del ritmo, che sembra prevalere in tutto l'Universo, anzi, in altri termini, addirittura sfavorevole, e lo sviluppo della vita avrebbe presumibilmente preso un andamento diverso da quello presente.

Sembra perciò indubitabile che una posizione obliqua dell'asse sia la più favorevole, e che quella che possiede la terra abbia specialmente il vantaggio dell'alternarsi delle stagioni e nello stesso tempo quello delle buone condizioni climatiche sopra la più larga area possibile. Noi sappiamo che durante la maggior parte delle epoche nelle quali si sviluppò la vita, quest'area era molto più vasta che al presente, poichè una lussureggiante vegetazione di alberi a foglie caduche o persistenti e di arbusti, che si estendeva sino al circolo polare artico, determinò la formazione dei giacimenti carboniferi nelle due epoche paleozoica e terziaria. Queste condizioni estremamente favorevoli per la vita organica, che prevalsero sopra una così larga parte della superficie terrestre e persistettero durante un'epoca relativamente recente, conducono alla conclusione che non è possibile un grado di obliquità più favorevole di quello che noi attualmente possediamo.

Daremo adesso una breve dimostrazione dell'evidenza di questa affermazione.

## PERSISTENZA DEI CLIMI TEMPERATI NELLE EPOCHE GEOLOGICHE.

Tutta la scienza geologica ci afferma che in epoche remote i climi della terra erano generalmente più uniformi, sebbene forse un po' più caldi di quello che non siano adesso, la qualcosa è evidentemente dimostrata dalla diversa distribuzione delle terre e dei mari, per la quale le acque calde degli oceani tropicali penetravano in tutte le parti dei continenti (i quali erano allora molto più frastagliati di adesso) e si spingevano liberamente sino alle regioni artiche. Appena diamo uno sguardo al periodo terziario, troviamo indizi di un clima più caldo nella zona temperata settentrionale, e se consideriamo la seconda metà di questo periodo, troviamo abbondanti indizi, in entrambi i regni vegetale ed animale, di climi temperati vicini al circolo artico, o, per meglio dire, vicini al luogo ove esso attualmente si trova.

Sulle coste occidentali della Groenlandia, a 70° di latitudine nord, si trovano in abbondanza piante fossili, benissimo conservate, fra cui molte e diverse specie di querci, faggi, pioppi, platani, viti, avellane, pruni, noci, sequoie e numerosi arbusti, centotrentasette specie in tutto, che stanno ad indicare una vegetazione come quella che adesso si trova nella zona temperata dell'America e dell'Asia Orientale. Ed anche più al nord, nello Spitzbergen, a 78° o 79° di latitudine nord, si trova una flora somigliante a questa, benchè non così variata, ma composta di querci, pioppi, betulle, platani, vischio,

avellane, pini, e di molte piante acquatiche, come molte se ne trovano nella Norvegia Occidentale e nell'Alaska, quasi venti gradi più al sud.

E risalendo a tempi anche più remoti, al periodo cretaceo, si sono trovate nella Groenlandia piante fossili, cioè felci, cicadee, conifere e certi alberi e arbusti come il pioppo, la sassifraga, la magnolia, il mirto e molti altri, che presentano caratteri simili e spesso identici a quelli delle specie fossili del medesimo periodo, che si trovano nell'Europa Centrale e negli Stati Uniti, denotando per tal modo un'uniformità di clima, forse dovuta alle grandi correnti oceaniche, che portavano le acque calde dei tropici nei mari artici.

Ed in tempi più remoti ancora, nel periodo giurassico, abbiamo prove di un clima temperato nella Siberia Orientale, ed in Andö, nella Norvegia, proprio a settentrione del circolo artico, dove sono stati rinvenuti molti resti di piante e di grossissimi rettili, eguali a quelli trovati nel medesimo strato in tutte le parti del mondo. Fenomeni simili si constatano anche nel periodo precedente, nel triassico, che passeremo sotto silenzio, come quello più remoto ancora, il carbonifero, durante il quale si formarono i grandi giacimenti di carbone, prodotti da una lussureggiante vegetazione, consistente principalmente in felci, giganteschi equiseti e conifere primitive. Lo sviluppo esuberante di queste piante, che spesso si trovano benissimo conservate ed in grande quantità, sembra indicare un'atmosfera in cui l'acido carbonico era molto più abbondante che ai nostri giorni, la qual

cosa è anche probabile dato il piccolo numero e il tipo imperfetto degli animali terrestri, consistenti in pochi insetti e qualche anfibio.

Ma la cosa che più colpisce è che veri strati di carbone con fossili simili a quelli nostri, si trovano nello Spitzbergen e nella Siberia Orientale, ambedue nel circolo artico, il che indica una grande uniformità di clima, e probabilmente un'atmosfera più densa e con vapori più pesanti, i quali avrebbero ricoperto la terra e conservato il calore portato nei mari artici dalle correnti dell'oceano delle regioni più calde.

Le primitive rocce siluriane si trovano copiose nelle regioni artiche, ma i fossili sono esclusivamente di animali marini. Essi però presentano i medesimi fenomeni circa il clima, perchè i coralli ed i molluschi cefalopodi, trovati nei giacimenti artici, somigliano molto a quelli delle altre parti del globo<sup>31</sup>.

Abbiamo molti altri indizi che per tutta la durata degli enormi periodi trascorsi per lo sviluppo delle varie forme di vita sulla terra, i grandi fenomeni della natura poco differirono da quelli che presentano i nostri tempi. I lenti processi per i quali i varii resti animali e vegetali furono preservati, sono dimostrati dallo stato perfetto nel quale questi fossili esistono. Spesso i tronchi degli alberi, delle cicadee e delle felci si trovano ancora ritti,

---

31 Per notizie più complete di questa flora e di questa fauna artiche, vedi le opere di C. Lyell, A. Geikie ed altri geologi. Un completo sommario si trova nella *Island Life, or Insular Faunas and Floras* dell'autore di questo volume.

con le radici nel terreno che li nutriva. Grandi foglie di pioppo, di acero, di quercia e di altre piante si trovano conservate tanto bene, che potrebbero esser raccolte da un botanico per il suo erbario, e lo stesso può dirsi delle bellissime felci dei periodi permiano e carbonifero. Queste e molte altre forme, benissimo conservate si vedono solidificate nel fango, o nelle sabbie di antichi lidi marini, ed esse che non differiscono per niente nell'aspetto da quelle si vedono oggigiorno e per ogni dove. Egualmente ammirabili sono i segni delle gocce di pioggia che si osservano nelle rocce di quasi tutte le epoche. Carlo Lyell ha illustrato le impronte di gocce di pioggia recenti nelle immense pianure fangose della Nuova Scozia, e le ha messe in confronto con le gocce di pioggia impresse sopra una lastra di schisto presa in una formazione carbonifera del medesimo paese; le une e le altre sono quasi identiche, come se i due fenomeni fossero avvenuti a pochi giorni di distanza. La grandezza delle goccioline è press'a poco uguale, ed indica una grande somiglianza delle condizioni atmosferiche generali.

Non bisogna dimenticare che la presenza della pioggia in tutte le epoche geologiche denota, come abbiamo veduto nell'ultimo capitolo, una costante ed universale distribuzione di polvere atmosferica. Le due principali sorgenti di questa polvere, la cui quantità totale nell'atmosfera deve essere enorme, sono i vulcani e i deserti, e perciò possiamo esser sicuri che questi due grandi fenomeni della natura siano sempre esistiti. Dei vul-

cani possiamo una prova sicura, indipendentemente dalla polvere che dovevano produrre, nella grande quantità di lava, di ceneri vulcaniche e di altri indizi non dubbi di antichi vulcani in tutte le formazioni geologiche. Anche i deserti nei tempi remoti dovevano certamente esistere, benchè non così estesi come al presente; ed è un fatto molto significante che questi due fenomeni, che per lo più sono giudicati come una macchia nel bell'aspetto della natura, e si oppongono alla nostra credenza in un Creatore benefico, sono essenzialmente necessari, come ne abbiamo adesso la prova, perchè la terra possa essere abitata.

Però, nonostante questa prevalenza di calore e di uniformità di condizioni, abbiamo la prova di considerevoli cambiamenti di clima in due periodi, in quello eocene e nell'antico permiano, nei quali si hanno le prove dell'azione del ghiaccio, tanto che i geologi credono che vi siano state delle epoche veramente glaciali. Ma sembra più probabile che si tratti soltanto di geli locali, dipendenti dalle elevazioni del terreno o da altre speciali condizioni, atte a produrre in certe aree dei ghiacciai.

L'insieme delle prove geologiche indica la meravigliosa continuità delle condizioni favorevoli alla vita, anzi ci dimostra che la maggioranza delle condizioni climatiche era anche più favorevole di adesso, poichè una grande parte della terra verso il polo nord fu un tempo adatta ad un'abbondante vegetazione, e con ogni probabilità la vita animale vi fu egualmente rigogliosa. Noi sappiamo anche che mai vi fu interruzione nello svilup-

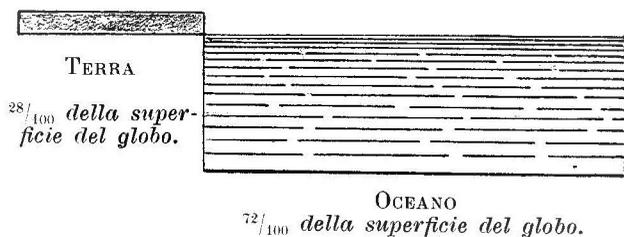
po di essa, nè epoche durante le quali avvenisse, per soverchia variazione di temperatura, la distruzione della vita, e che mai è avvenuto un abbassamento tale da sommergere l'intera superficie della terra. Benchè le osservazioni che la geologia può fare siano assai imperfette, sono nondimeno, per quel che riguarda l'insieme, complete in modo da stupire, e sempre assistiamo a nuovi progressi di questa scienza, dal semplice al complicato, dall'incerto al certo. I tipi, uno dopo l'altro, divengono nettamente specificati e adattati a seconda delle condizioni del luogo e del clima; e quando essi spariscono, cedono il posto ad altri tipi, via via più perfetti, sempre in armonia con le condizioni cambiate. Sembra che il carattere generale dei cambiamenti inorganici sia andato da condizioni insulari a condizioni continentali, accompagnate da un cambiamento di clima, la cui uniformità diminuiva, che dal caldo e dall'umidità quasi subtropicali, estendendosi sino al circolo artico, passava per diverse aree, tropicali, temperate e fredde, e perciò atte alle più grandi varietà di forme della vita e a stimolare la razza umana che si dibatteva prima contro le varie forze della natura e poi le utilizzava, alla civiltà ed allo sviluppo sociale.

## LA QUANTITÀ DELL'ACQUA E LA SUA DISTRIBUZIONE SUL GLOBO.

Sappiamo che l'oceano occupa più dei due terzi della superficie della terra; ma noi non teniamo nel dovuto conto questa massa d'acqua, enorme in proporzione di quella terrestre, e poichè il trattare questo argomento è di grande importanza per quel che riguarda la storia geologica del globo e lo speciale soggetto che abbiamo preso a discutere, il parlarne ora non sarà cosa oziosa.

Secondo le valutazioni fatte più recentemente, l'area asciutta del nostro globo è 0,28 della intera superficie e quella dell'acqua di 0,72. Le principali altezze della terra sul livello del mare sono di 2250 piedi, mentre la profondità degli oceani è di 13,860 piedi; dunque la superficie coperta dalle acque è dieci volte e mezzo maggiore di quella terrestre, e la profondità media degli oceani sei volte maggiore dell'altezza media della terra. Ciò è di certo dovuto al fatto che le terre depresse si estendono molto di più che la terra asciutta, e gli altipiani e le alte montagne rappresentano in confronto una ben piccola parte della superficie totale. Ma se le grandi profondità oceaniche hanno, press'a poco, la medesima altezza delle montagne, tuttavia in alcuni punti le enormi aree dell'oceano hanno profondità sufficienti per sommergerci tutte le montagne dell'Europa e delle zone temperate dell'America, eccettuandone solo qualcuna. Da ciò appare chiaro che la massa d'acqua dell'oceano, anche omettendo i piccoli mari, è tredici volte maggiore di

quella della terra sopra il livello del mare, e se tutta la superficie asciutta ed il fondo del mare fossero portati al medesimo livello, vale a dire se la massa solida del globo diventasse uno sferoide livellato, sarebbe tutto coperto d'acqua per uno spessore di circa due miglia. Il diagramma che diamo renderà la cosa più intelligibile e servirà ad illustrare quel che segue.



In questo diagramma la lunghezza delle sezioni, raffiguranti rispettivamente la terra e l'oceano, è proporzionata alla loro area, mentre la larghezza di ciascuna è proporzionata alle maggiori altezze e profondità rispettive, quindi le due sezioni sono in esatta proporzione col volume che rappresentano.

Un semplice esame di questo diagramma è sufficiente per farci scorgere l'errore antico, ancora sostenuto da qualche geologo e da molti biologi, cioè che l'oceano ed i continenti abbiano ripetutamente cambiato di posto durante le epoche geologiche, e che sui grandi oceani la terra sia emersa più volte, facilitando così la distribuzione degli insetti, degli uccelli, dei rettili e dei mammiferi. Non dobbiamo dimenticare che, quantunque il diagramma presenti i continenti e gli oceani nel loro insieme,

esso offre anche con sufficiente esattezza le proporzioni di ciascuno dei grandi continenti che sono adiacenti ad essi. Inoltre bisogna riflettere che non vi possono essere delle considerevoli elevazioni, senza che vi sia in altro luogo una corrispondente depressione, poichè se questa non esistesse, si avrebbe un vasto spazio vuoto sotto la terra elevata, priva di alcun sostegno, o in qualche luogo vicino. Guardando il diagramma e contemporaneamente un mappamondo, immaginiamo che il fondo dell'oceano si alzi a poco a poco e formi un continente che ricongiunga l'Africa col Sud America o con l'Australia, ipotesi che sono state entrambe sostenute da molti biologi. È chiaro che mentre si verifica tale innalzamento in un punto, qualche altra terra continentale, oppure qualche parte del letto dell'oceano, deve abbassarsi in proporzione corrispondente. Quindi se tal cambiamento di altitudine sopra una estensione continentale fosse avvenuto, a poco a poco e a periodi differenti, sarebbe stato quasi impossibile di potere evitare, in qualsiasi modo, che un intero continente venisse sommerso, e fors'anche tutti i continenti esistenti, per compensare col loro abbassamento l'elevarsi del terreno. Nuovi continenti sarebbero sorti così dai profondi abissi dell'oceano. Possiamo concludere dunque che, eccettuando una zona relativamente stretta intorno ai continenti, le grandi profondità dell'oceano sono una permanente necessità della superficie terrestre. È per l'appunto questa stabilità della distribuzione generale della terra e delle acque che ha mantenuto la vita sul globo terrestre. Se il gran bacino oceani-

co non fosse stato stabile e avesse cambiato di posto con la terra nei varii periodi delle epoche geologiche, avrebbe quasi certamente inghiottito a poco a poco la terra, distruggendo così tutta la vita organica del mondo.

Quest'opinione è confermata da molte prove ed è accettata dai geologi e dai fisici; di alcune di esse daremo ora un breve cenno.

1. Nessuno dei continenti presenta vasti depositi marini di una qualunque epoca geologica, cosa che non mancherebbe certamente, se i continenti fossero stati qualche volta sommersi nell'oceano, e se si fossero poi innalzati sopra le acque; inoltre nessuno di essi presenta delle estese formazioni corrispondenti ai depositi oceanici argillosi o melmosi, cosa che certo non mancherebbe nemmeno se essi un tempo avessero formato il letto dell'oceano.

2. Tutti i continenti presentano una quasi completa e continua serie di rocce di tutte le età geologiche, ed in ognuno dei grandi periodi geologici si constatano tracce di acque dolci e depositi di estuari ed antiche superfici di terreno, che indicano continuità di condizioni continentali od insulari.

3. Tutti i grandi oceani posseggono, sparse in mezzo ad essi, poche o molte isole chiamate oceaniche, di origine vulcanica o coralligena, nelle quali non si riscontra alcuno strato di antiche rocce, nè alcuna indicazione di mammiferi o anfibi indigeni. Pare incredibile quindi che, se l'oceano avesse un tempo contenuto grandi continenti, e se queste isole oceaniche fossero, come anche

al presente spesso si afferma, parte di quei continenti sommersi, non un frammento di alcuna delle antiche rocce, le quali rappresentano un carattere essenziale di tutti i continenti, rimanga a dimostrare la loro origine. Nell'Atlantico troviamo: le Azorre, Madera, Sant'Elena; nell'Oceano Indiano: Maurizio, Borbone e l'isola di Kerguelen; nel Pacifico: le Figi, Samoa, il gruppo della Società, quello delle Sandwich e Galapagos, e tutte, senza eccezioni, ci suggeriscono la stessa idea, cioè che sono nate dalle profondità dell'oceano, da vulcani sottomarini o da formazioni coralligene, senza avere mai appartenuto ad un'area continentale.

4. Il fondo dei grandi oceani, ora ben conosciuti per mezzo degli scandagli e per la collocazione dei cavi telegrafici sottomarini, ci conferma nell'opinione che non esistette mai in alcuna parte di essi una terra continentale; se continente vi fosse stato, si troverebbero tracce della sua esistenza, perchè almeno qualcuna di quelle tante catene di monti, che rappresentano il carattere tipico di ogni continente, vi sarebbe rimasta. Constateremmo dei pendii di 20 a 50 gradi e delle valli circondate da rocce scoscese, come nel lago di Lucerna e in cento altri, o catene di rocce come quelle del Roraima, e filari di precipizi, come i Ghâts dell'India o i fiords della Norvegia, non sarebbero infrequenti. Ma nulla di tutto ciò è stato trovato nell'abisso dell'oceano, bensì vaste pianure, le quali, se fossero prosciugate, presenterebbero una superficie molto piana, senza alcun brusco cambiamento. Bisogna adunque ammettere che depositi terrestri mai

raggiunsero gli abissi dell'oceano, poichè non risentendosi l'azione delle onde a qualche centinaio di piedi di profondità, le tracce della terra asciutta una volta sommersa, sarebbero state indistruttibili. La loro totale assenza rappresenta perciò la dimostrazione che nessuno dei grandi oceani occupa adesso il posto di un grande continente sommerso.

#### COME SI PRODUSSERO LE PROFONDITÀ OCEANICHE.

È un ben arduo problema quello di tentar di determinare come ebbero origine i vasti bacini riempiti dall'oceano, specialmente quello del Pacifico. Quando la superficie del globo era ancora allo stato di fusione, doveva necessariamente prendere la forma di uno sferoide compresso ai poli, a cagione della sua rotazione, che si suppone dovesse essere immensa. La crosta formata dal raffreddamento graduale di un globo simile doveva avere la stessa forma generale, ma per la sua sottigliezza doveva frantumarsi facilmente o inclinarsi, in modo da adattarsi a qualche ineguale forza dell'interno. Mentre la crosta diventava più spessa, la intera massa lentamente si raffreddava e si contraeva, si dovevano formare così dei crepacci e delle alture, i primi per funzionare da crateri dell'attività dei vulcani, le formazioni dei quali si constatano in tutte le epoche geologiche; le altre rappresentavano rudimenti di catene di monti, nei quali le roc-

ce sono quasi sempre curvate, ripiegate od anche poste una sopra l'altra, fatto che sta ad indicare l'esistenza di grandi forze, dovute all'adattamento di una crosta solida sopra un interno fluido o semifluido.

Durante tutto questo processo pare che non vi siano state forze sufficienti per produrre un oceano quale è il Pacifico, una grande depressione, cioè, che copre quasi un terzo della superficie terrestre. L'oceano Atlantico, essendo più piccolo e quasi opposto al Pacifico, ma di una profondità presso a poco eguale, può esser considerato come un fenomeno complementare, che si può spiegare come un effetto delle medesime cause che crearono la cavità più vasta.

Per quel che io ne so, solamente una causa mi sembra adeguata alla formazione di questi grandi oceani, e siccome questa causa è sostenuta da prove astronomiche indipendenti, e si riferisce direttamente al soggetto principale trattato in questo volume, ne parleremo brevemente.

Qualche anno fa il prof. Giorgio Darwin, di Cambridge, arrivò ad una conclusione sicura circa l'origine della luna, la quale è ora relativamente bene spiegata da Sir Robert Ball nel piccolo volume popolare: *Time and Tide*. L'autore espone la cosa brevemente. Le maree, egli dice, producono un attrito sulla nostra terra e lentamente fanno aumentare la durata dei nostri giorni, e fanno sì che la luna retroceda da noi. Il giorno si è allungato solamente di una piccola frazione di secondo in mille anni, e la luna è retrocessa in modo egualmente imper-

cettibile. Ma siccome queste forze sono costanti ed hanno sempre agito sulla terra e sulla luna, così, se noi retrocediamo passo a passo per un passato quasi infinito, arriveremo a un tempo in cui la rotazione terrestre era così rapida, che la gravità all'equatore poteva appena trattenere le parti più esterne, le quali si estendevano in modo che la forma dell'intera massa doveva somigliare a quella di un formaggio coi margini arrotondati. E nella medesima epoca la distanza della luna era tanto poca, che quasi toccava la terra. Tutto ciò è il risultato di calcoli matematici e della nota legge degli effetti della gravità e della marea; e siccome è difficile immaginare che una sì grande mole come la luna, possa avere avuto origine altrimenti, si suppone che nel primo periodo la terra e la luna formassero uno stesso corpo e che la luna si sia separata dalla massa madre, a causa della forza centrifuga generata dalla rapida rotazione della terra. Se a quell'epoca la terra sia stata liquida o solida, e come veramente sia avvenuta la separazione nè il prof. Darwin, nè Robert Ball lo hanno saputo spiegare; ma un fatto che dà molto a pensare è che recentemente si è potuto vedere, per mezzo dello spettroscopio, che in poco tempo delle stelle doppie hanno avuto origine in questo modo da una stella unica, come abbiamo visto nel sesto capitolo. Sembra però probabile che in simili casi la stella madre sia allo stato gassoso.

Queste investigazioni del prof. G. Darwin sono state applicate dal rev. Osmond Fisher, nel suo bello e importante lavoro *Physics of the Earth's Crust*, per quel che

riguarda i bacini degli oceani; egli afferma che il Pacifico è il vuoto lasciato sulla terra quando la maggior parte della massa della luna si staccò da essa.

Adottando, come faccio io, la teoria della origine della terra per successivo accrescimento meteorico di materia solida, bisogna considerare il nostro pianeta come il prodotto da uno di quegli immensi anelli di meteore, che sempre, in gran numero, si aggirano intorno al sole, e che nei primitivi periodi, già da noi considerati, erano in numero maggiore e di più vasta mole. A cagione dell'irregolarità di distribuzione in questo anello, e per lo sconvolgimento cagionato da altri corpi, si sarebbero inevitabilmente formate delle masse di diversa grandezza, e la più grande di esse avrebbe col tempo attirato a sè le altre e così formato il pianeta. Durante i primi stadi del processo, le particelle sarebbero state tanto piccole e si sarebbero riunite tanto lentamente, da produrre poco calore, ne sarebbe risultata quindi una semplice agglomerazione di materia fredda. Ma continuando il processo, la mole dell'incipiente pianeta dovette divenire considerevole (forse la metà della terra) ed il resto dell'anello sarebbe caduto su di essa con velocità sempre crescente. Questo fatto, insieme con la compressione dovuta alla gravità della crescente massa, poteva, quando il pianeta aveva quasi raggiunto la sua presente grandezza, produrre sufficiente calore da liquefare gli strati esterni, mentre la parte centrale rimaneva solida, e fluida a qualche distanza dal centro, e negli interstizi probabilmente restava una grande quantità di gas pesanti. Quando

l'aumento di volume dovuto alla caduta delle meteore diminuì e fu così ridotto da essere insufficiente a mantenere il calore nei punti dove la terra era sempre liquefatta; si sarebbe formata una crosta, che aveva raggiunto la metà, e forse i tre quarti del suo spessore attuale, quando se ne separò la luna.

Cerchiamo ora di farci un'idea chiara del modo con cui avvenne la cosa. Noi dovevamo avere un globo assai più grande di quel che non è ora la terra; primo, perchè allora faceva parte di esso il materiale che formò la luna; poi, perchè era più caldo, roteante tanto rapidamente da diventare schiacciato ai poli, mentre la cintura equatoriale sporgeva enormemente e probabilmente avrebbe mutata la sua forma in quella anulare con un leggero aumento di rotazione, che si crede si compisse in circa 4 ore soltanto. Questo globo avrebbe avuto una crosta relativamente molto sottile, sotto la quale, ad una profondità sconosciuta, forse a poche centinaia di miglia e forse a molte migliaia di miglia, restavano delle rocce allo stato di fusione. Intanto l'attrazione solare, agendo sull'interno liquido, produceva in esso delle maree, facendo sì che la sottile crosta si alzasse e si abbassasse ogni due ore, ma per poco, per circa un piede solamente, tanto da non esser possibile una frattura; però si calcola che questa leggera ondulazione ritmica coincidesse col normale periodo di ondulazione dovuto ad una così grande massa di liquido pesante, e così contribuisse ad aumentare l'instabilità dovuta alla rapida rotazione.

La massa lunare è circa la cinquantesima parte di quella terrestre; un calcolo facilissimo ci dimostra che le aree del Pacifico, dell'Atlantico e dell'Oceano Indiano, prese insieme, rappresentano circa due terzi del nostro globo, questa estensione richiede uno spessore o profondità di circa quaranta miglia per fornire il materiale per la luna. Certo, dobbiamo presumere che vi fossero molte irregolarità nello spessore della crosta terrestre e nella sua rigidità relativa, e quando il momento critico venne e la terra non poté più a lungo contendere la sua protuberanza equatoriale alla forza centrifuga dovuta alla rotazione, agevolata dalla ondulazione della marea interna prodotta dal sole, invece di un anello continuato che si staccasse lentamente, la crosta, nel punto dove era più debole, poté dividersi in due o più masse immense, e siccome l'onda della marea passò attraverso la frattura, una quantità del liquido sottostante sgorgò fuori, e si riunì in una massa globosa a poca distanza dalla terra, continuando a roteare con essa per qualche tempo e con la stessa velocità. Ma poichè l'azione della marea è sempre eguale nelle parti opposte del globo, fu provocata un'altra eguale rottura, che formò, a quanto è lecito supporre, il bacino dell'Atlantico, che, come possiamo vedere sopra un piccolo mappamondo, si trova quasi esattamente opposto alla parte centrale del Pacifico. Appena queste due grandi masse si furono separate dalla terra, questa riacquistò gradualmente il suo equilibrio, e le materie liquefatte che erano nell'interno, le quali ora riempirebbero i grandi bacini degli oceani, si abbassarono

no ad un livello inferiore di qualche miglio dalla superficie, raffreddandosi tanto da formare una crosta sottile. La parte più grande della Luna che così si formava avrebbe attirato a sé le altre parti più piccole, e così si sarebbe originato il nostro satellite. Da quel tempo l'attrito delle maree, provocate tanto dal sole che dalla luna, avrebbe cominciato ad allungare gradualmente i nostri giorni e più rapidamente i nostri mesi, come ci spiega Robert Ball nel suo volume.

Riferiremo ancora un altro fenomeno egualmente importante, e che sembra confermare l'origine dei grandi bacini oceanici. Nel libro di Osmond Fisher ci viene spiegato come le variazioni della forza di gravità in molti punti del globo, siano stati determinati dalle osservazioni fatte per mezzo del pendolo, e come queste variazioni ci aiutino a misurare lo spessore della crosta solida, la quale ha un peso specifico minore dell'interno liquefatto, sul quale si è formato. Con questo mezzo noi abbiamo ottenuto un risultato di molta importanza. Osservando molte isole oceaniche, abbiamo potuto provare che la crosta che resta sotto l'oceano è considerevolmente più densa della crosta dei continenti, però è più sottile, e ciò ci fa supporre che la media della massa della crosta sottomarina eguagli quella della crosta continentale, ed è questa la ragione che mantiene la terra roteante in equilibrio. Ora, tanto la sottigliezza quanto la densità crescente della crosta terrestre ci sembrano molto bene spiegate dalla teoria sull'origine dei bacini oceanici. La nuova crosta doveva necessariamente rimanere per mol-

to tempo più sottile di quella antica, perchè formatasi più tardi; però doveva divenire in poco tempo sufficientemente fredda, tanto da permettere che i vapori acqueei dell'atmosfera, che attraverso le fessure erano emessi dall'interno liquefatto, si raccogliessero nei bacini oceanici, dove si raffreddavano rapidamente, acquistando una temperatura e una pressione uniformi. Queste condizioni avrebbero cagionato un costante e continuo accrescersi dello spessore e una compattezza di struttura maggiore che nelle aree continentali, nè si può menomamente dubitare che è a questa uniformità di condizioni, piuttosto che al diminuire della temperatura durante la maggior parte delle epoche geologiche, fino a raggiungere soltanto qualche grado sopra lo zero, che noi dobbiamo la notevole consistenza dei vasti e profondi bacini oceanici, dai quali, come abbiamo veduto, dipende in grande parte la vita terrestre.

Vi è ancora un altro fatto che appoggia in qualche modo questa teoria sull'origine dei bacini dell'oceano e la loro quasi assoluta simmetria in rapporto con l'equatore. Tanto l'Atlantico che il Pacifico si estendono ad una eguale distanza, a nord e a sud della linea equatoriale, eguaglianza che non poteva prodursi altrimenti che per influenza diretta della rotazione della terra. I mari polari che confinano con i due grandi oceani sono molto meno profondi, e non possono essere considerati come facienti parte integrale dei bacini oceanici.

## L'ACQUA REGOLATRICE DELLA TEMPERATURA.

L'importanza dell'acqua come regolatrice della temperatura sulla terra è tanto grande, che se anche essa esistesse sul nostro pianeta in quantità sufficiente da sopperire a tutti i bisogni delle piante e degli animali, senza però formare i grandi oceani, è quasi certo che sul nostro globo non si sarebbero originate nè mantenute le varie forme di vita che ora esistono.

L'effetto degli oceani è duplice. Dobbiamo al grande calore specifico dell'acqua, cioè alla sua proprietà di assorbire il calore lentamente, ma in grande quantità, e di emetterlo con eguale lentezza, se la superficie delle acque dell'oceano e dei mari sono riscaldate dal sole, così che la sera di una calda giornata possiamo constatare che sono divenute del tutto calde anche ad una profondità di parecchi piedi. L'aria possiede un calore specifico minore di quello dell'acqua, tanto che un dato volume d'acqua, raffreddandosi di un grado, può riscaldare di un grado quattro volumi eguali d'aria; ed essendo l'aria 770 volte più leggera dell'acqua, ne viene che il calore proveniente da un piede cubo d'acqua, scalderà 3000 piedi cubi d'aria. Perciò l'enorme superficie dei mari e degli oceani, la maggior parte dei quali si trova nei tropici, scalda la parte più densa e più bassa dell'aria, specialmente durante la notte, e questo calore è trasportato dai venti in tutte le parti del globo, mitigando in tal guisa il clima. Un altro e ben spiccato effetto si deve alle grandi correnti oceaniche, quali il Gulf-Stream e la corrente del

Giappone, che portano l'acqua calda dei tropici alle regioni temperate ed artiche, e in tal modo rendono abitabili molte contrade, che altrimenti soffrirebbero troppo i rigori di un inverno quasi artico. Queste correnti sono però dovute direttamente ai venti, ed appartengono quindi ai benefici dell'atmosfera.

L'altra azione eguagliatrice, che è dovuta principalmente alla grande estensione degli oceani, è rappresentata dalla enorme evaporazione che avviene alla loro superficie, ed alla quale la terra deve quasi tutta la sua acqua, in forma di pioggia o di fiumi. È evidente che, se non vi fosse una sufficiente superficie liquida dalla quale potesse prodursi una quantità di vapore acqueo bastante a questo scopo, la terra si trasformerebbe gradatamente in aride lande. Noi non sappiamo quanto sia necessaria alla vita una estesa superficie d'acqua, ma se questa prendesse il posto della superficie terrestre e viceversa, ci sembra probabile che la maggior parte della terra diventerebbe inabitabile. Il vapore continuamente prodotto ha inoltre l'importante effetto di equilibrare la temperatura, ma di questo ci occuperemo meglio e più estesamente nel prossimo capitolo, che tratterà dell'atmosfera.

Vi sono delle cose che hanno una relazione diretta con la provvista d'acqua che la terra possiede, e il loro rapporto con lo sviluppo della vita richiede qualche nota. Che cosa abbia determinato la presenza di tutta la quantità d'acqua sulla terra, come sugli altri pianeti, non si può ancora affermare, ma si presume che il fenomeno

sia dovuto, in tutto o in parte, al fatto che la massa del pianeta è sufficiente per trattenere, con la sua forza di gravità, l'ossigeno e l'idrogeno, elementi dei quali l'acqua è composta. Siccome i due gas si combinano facilmente per formare l'acqua, ma invece non si possono separare che in condizioni speciali, la quantità dell'acqua dipende dalla provvista d'idrogeno, il quale, allo stato libero, si trova raramente sulla terra. Il fatto importante è che noi possediamo una così grande quantità d'acqua che, se la superficie del globo presentasse dappertutto l'aspetto accidentato dei continenti, senza le immense depressioni oceaniche, cioè, ma soltanto catene di monti, l'acqua esistente potrebbe coprire tutto il globo per un'altezza di due miglia, lasciando emergere soltanto le sommità delle montagne più alte, come piccole isole, tra le quali se ne noterebbe qualcuna più grande, formata da quel che è ora l'altipiano del Tibet o la catena delle Ande meridionali.

Noi non sappiamo vedere per qual ragione tale distribuzione regolare dell'acqua alla superficie della terra non sia avvenuta, pare anzi probabile che il solo fatto che lo ha impedito sia stata la fortunata coincidenza della formazione dei grandi bacini oceanici. Per quanto io abbia fatto delle ricerche, credo che nessuno abbia dato una sufficiente spiegazione di tale fenomeno, oltre Osmond Fisher, di cui riferirò l'opinione, e che fa dipendere il fenomeno da tre sole circostanze:

1. Dalla formazione di un satellite in un periodo molto remoto dello sviluppo del pianeta, quando la sua crosta aveva acquistato già un certo spessore.

2. Dal fatto che il satellite era molto più grande, in proporzione del corpo che gli diede origine, di qualunque altro del sistema solare.

3. Dalla causa che produsse questo satellite, cioè lo spaccarsi del pianeta per la rapidissima rotazione, combinata con le maree provocate dal sole nel suo fluido interno, e con un grado di oscillazione di questo fluido interno coincidente col periodo della marea<sup>32</sup>.

Io non sono abbastanza profondo in matematica per giudicare se questa teoria dell'origine della luna sia giustificata, e se la spiegazione del modo col quale si sono formati i grandi bacini oceanici sia esatta. La teoria della marea sull'origine della luna, spiegata matematicamente dal prof. G. H. Darwin, è stata appoggiata da sir Robert Ball ed accettata da molti astronomi; d'altro canto le ricerche del rev. Osmond Fisher intorno alla *Physics of the Earth's Crust*, insieme con la sua dottrina matematica e coi suoi lavori sperimentali come geologo, danno alla sua opinione sull'origine dei bacini oceanici molto valore e molta importanza. Come abbiamo veduto, l'esistenza di questi vasti e profondi bacini oceanici, prodotti da una serie di eventi così strani da essere addirittura unici nel sistema solare, rappresenta una parte

---

32 Il prof. G. H. Darwin dice che è quasi certo che nessun altro satellite, come nessun altro pianeta, ebbe la stessa origine della luna.

importante nell'aver reso la terra atta allo sviluppo delle forme più perfette della vita animale, e non sembra improbabile che, senza di essi, le condizioni sarebbero state tali da rendere qualsiasi forma della vita terrestre difficilmente possibile.

## **CAPITOLO XIII.**

# **LA TERRA IN RELAZIONE CON LA VITA. CONDIZIONI ATMOSFERICHE.**

Abbiamo veduto, nel decimo capitolo, che la base fisica della vita, il protoplasma, è composto di quattro elementi: ossigeno, azoto, idrogeno e carbonio; e che tanto le piante quanto gli animali assorbono in grande copia l'ossigeno libero dell'aria per associarlo nel loro processo vitale, mentre l'acido carbonico e l'ammoniaca che si trovano nell'atmosfera sembrano destinati esclusivamente alle piante. È impossibile affermare se la vita avesse potuto originarsi e svilupparsi con un'atmosfera composta di elementi diversi, ma certe sue condizioni fisiche sembrano assolutamente indispensabili, qualunque siano gli elementi di cui potrebbe essere composta. La prima di queste condizioni è che l'atmosfera che si trova alla superficie del pianeta abbia una data densità ed una certa massa, così da non esser troppo tenue per

compiere le sue varie funzioni a tutte le altitudini dove si trova una considerevole estensione di terra.

Ciò che determina la quantità di materia gassosa sulla superficie di un pianeta è principalmente la sua massa, assieme con la temperatura media della sua superficie. Le molecole dei gas sono in istato di rapido movimento in tutte le direzioni, e quelle dei gas più leggeri hanno un moto più rapido ancora. La velocità media delle molecole è stata grossolanamente determinata sotto varie condizioni di pressione e di temperatura, ed anche il probabile maximum e minimum della loro velocità, e da questi dati e da certi fatti conosciuti circa le atmosfere planetarie, G. Johnstone Stoney, membro della R. Società, ha calcolato quali gas sfuggirebbero dall'atmosfera della terra e degli altri pianeti. Egli afferma che tutti i gas che costituiscono l'atmosfera hanno relativamente minor velocità molecolare di movimento, e che la forza di gravità esistente ai limiti superiori dell'atmosfera terrestre è più che sufficiente per trattenerli; ed ecco il perchè della stabilità della sua composizione. Vi sono altri due gas, idrogeno ed helium, ambidue presenti nell'atmosfera, ma essi non vi si trovano mai in quantità sufficiente per esser misurata, ed hanno tanto movimento molecolare da potere sfuggire. Per ciò che riguarda l'idrogeno, se la terra fosse più grande e di una massa maggiore di quello che è, così da trattenere l'idrogeno, le conseguenze sarebbero disastrose, perchè quando una quantità di questo gas si fosse accumulata, formerebbe coll'ossigeno dell'atmosfera un composto esplosivo, ed

uno sprazzo di luce o una piccola fiamma cagionerebbero una esplosione così violenta e distruggitrice, tale da render forse il nostro pianeta non più adatto allo sviluppo della vita. Ci sembra, dunque, che ad una massa piuttosto limitata corrisponda un più sicuro grado di abitabilità, meno forse in certi pianeti, ove l'idrogeno libero non sia continuamente rifornito.

Le funzioni meccaniche più importanti dell'atmosfera, dipendenti dalla sua densità, sono forse le seguenti: 1. La produzione dei venti, i quali in molti modi procurano l'eguaglianza della temperatura e le correnti della superficie dell'oceano. 2. La distribuzione dell'umidità sopra la terra, per mezzo delle nuvole, le quali hanno ancora un'altra importante funzione.

I venti dipendono principalmente dalla distribuzione locale del calore nell'aria, specialmente nella zona equatoriale, dove il calore, costantemente presente, sale ad un alto grado, cosa da attribuirsi al sole, che a mezzogiorno si trova in quei luoghi quasi in posizione verticale, come avviene nei tropici una volta l'anno, con giorni lunghi e di una temperatura eguale a quella dell'equatore, producendo altresì quella continua cintura di aride lande o deserti che circondano quasi interamente il globo nelle regioni tropicali. L'aria riscaldata essendo più leggera, l'aria più fredda delle zone temperate scorre continuamente verso di essa, spingendola in su e determinando dei reflussi verso il nord e verso il sud. Ma se questo flusso si muove da un'area di meno rapida rotazione, dirigendosi verso un'altra di rotazione più rapida,

allora il corso d'aria diverge e produce i venti alisei del nord-est e del sud-est; e se questa inondazione d'aria che si muove dall'equatore, avanzandosi verso un'area di meno rapida rotazione, si dirige verso ponente, produce i venti del sud-ovest tanto prevalenti al nord dell'Atlantico, e generalmente a nord delle zone temperate e nel nord-ovest dell'emisfero meridionale.

È fuori la zona degli uniformi venti alisei e nella regione a pochi gradi da ciascun lato dai tropici, che prevalgono le procelle e i tifoni. Questi sono enormi turbini di vento dovuti all'eccessivo calore dell'atmosfera delle aride regioni che abbiamo rammentate, che determina l'irrompere dell'aria fredda da varie direzioni, e produce un movimento rotatorio che aumenta rapidamente, finchè non si sia ristabilito l'equilibrio. Le procelle delle Indie Occidentali e dell'isola Maurizio, come i tifoni dei mari orientali, si riannodano a questa causa; e taluni di essi sono così violenti che nessuna costruzione dell'uomo può resistere, e gli alberi più grossi e più vigorosi sono troncati, ridotti in pezzi da essi. Ma se la nostra atmosfera fosse più densa di quello che è, il suo potere distruttivo sarebbe ancor più grande, e se si aggiungesse ad essa una maggior quantità di calore solare, sia per una posizione più vicina al sole, sia a causa di un sole di maggiori dimensioni, che tramandasse quindi maggior calore, queste tempeste potrebbero esser così violente e così frequenti, da rendere una parte considerevole della terra assolutamente inabitabile.

I costanti e uniformi venti alisei compiono una importantissima funzione, provocando quelle grandi correnti oceaniche che tanto contribuiscono all'equilibrio della temperatura. Il Gulf Stream è per noi la più importante di queste correnti, perchè rappresenta la parte principale nel mantenere il clima mite di cui noi e tutta l'Europa Occidentale godiamo, clima che regna anche ad una considerevole distanza al di là del circolo artico. Questa corrente e quella del Giappone, che compie lo stesso ufficio in tutte le regioni temperate settentrionali del Pacifico, rendono una grande parte del globo meglio adatta alla vita organica, di quel che sarebbe senza queste benefiche influenze.

Noi dobbiamo queste correnti regolatrici quasi del tutto alla configurazione e alla posizione dei continenti, e specialmente al fatto che essi sono così situati, da lasciare un vasto spazio di oceano lungo la zona equatoriale, dilungandosi invece a nord e a sud verso le regioni artiche e antartiche. Se la medesima estensione di terra, i continenti cioè, fossero stati diversamente raggruppati, in modo da occupare, per esempio, una parte considerevole degli oceani equatoriali – e tale sarebbe il caso, se l'Africa si allargasse tanto da raggiungere il Sud America, e se l'Asia si spingesse verso il sud-est, così da occupare una parte del Pacifico equatoriale – allora le grandi correnti oceaniche sarebbero state o troppo deboli o fors'anco non sarebbero esistite. Senza queste correnti le zone temperate, tanto del nord che del sud, sarebbero state coperte di ghiaccio, mentre nelle parti più estese

dei continenti sarebbe regnato invece un caldo così intenso, da impedire lo sviluppo delle più alte forme della vita animale, della quale abbiamo considerato, nei capitoli X e XI, la delicatezza del meccanismo e gli stretti limiti di temperatura in cui è possibile.

Sembra dunque che non vi siano ragioni plausibili per discutere della opportunità della distribuzione dei mari e della terra, se non per constatare le eccezionali condizioni che originarono il nostro satellite, sul quale si formarono in tal guisa degli immensi vani lungo le regioni equatoriali, dove la forza centrifuga, come le interne maree provocate dal sole, avevano maggiore intensità, e dove fu inevitabile che la crosta sottile si rompesse. Ma poichè le autorità scientifiche più competenti dichiarano che nulla indica una simile origine per i satelliti degli altri pianeti, tutta la serie delle condizioni favorevoli alla vita che si constatano sulla terra diventa sempre più meravigliosa.

#### LE NUVOLE, LORO IMPORTANZA E LORO CAUSE.

Pochi sono quelli che si fanno un adeguato concetto della vera natura delle nuvole, e della importante influenza che esse hanno nell'abitabilità del nostro mondo.

In media la quantità di pioggia che cade sugli oceani è molto minore che sulla terra, perchè su tutte le regioni ove regnano i venti alisei splende generalmente un cielo

senza nuvole e quindi cade poca pioggia, ma nella zona di calma che intercede fra quelli, cioè presso l'equatore, il cielo è nuvoloso e le piogge frequenti. Ciò si deve alla temperatura più elevata, per cui l'aria umida che si trova alla superficie dell'oceano viene portata in su dall'aria fresca più pesante del nord e del sud in regioni più fredde, dove non esiste vapor acqueo in gran quantità; quivi l'umidità si condensa e cade in pioggia. Generalmente, dove i venti soffiano sopra grandi estensioni di acqua o di terra, specialmente se vi sono monti o altipiani molto elevati a causa dei quali l'aria pesante ed umida raggiunge altezze dove la temperatura è più bassa, si formano le nuvole, e la pioggia cade più o meno abbondante. Ma se il terreno è di natura arido e molto riscaldato dal sole, l'aria diviene capace di trattenere maggior quantità di vapore acqueo, ed anche dense nuvole di pioggia, che si disperdono senza che cada una sola goccia. Per queste semplici cause che agiscono sulla grande area marina, che sul nostro globo supera quella terrestre, la maggior parte dalla superficie della terra è provvista d'acqua dalla pioggia, la quale, cadendo molto più abbondantemente nei luoghi elevati, e perciò più freddi, s'infiltra nel suolo, per poi ricomparire in innumerevoli sorgenti e ruscelletti, che bagnano e abbelliscono la terra, e indi, riunendosi, formano i grandi fiumi, che ritornano al mare donde ebbero origine.

## NUVOLE E PIOGGIA DIPENDONO DAL PULVISCOLO DELL'ATMOSFERA.

Il magnifico sistema della circolazione dell'acqua che si compie per mezzo dell'atmosfera, come abbiamo di sopra accennato, pareva del tutto spiegato e non si credeva che il suo processo richiedesse ulteriori schiarimenti, ma circa venticinque anni or sono fu fatto un curioso esperimento che dimostrò come esista in tale processo un altro agente, che era rimasto totalmente inosservato. Se immettiamo un sottile getto di vapore in due grandi recipienti di vetro, uno pieno di aria ordinaria, l'altro d'aria filtrata attraverso uno strato di bambagia, che impedisce il passaggio ad ogni particella di materia solida, vedremo il primo recipiente empirsi subito di un denso vapore dall'aspetto nuvoloso, mentre nell'altro recipiente l'aria ed il vapore rimarranno perfettamente trasparenti ed invisibili. Un altro esperimento si può fare per imitare il più che sia possibile ciò che avviene in natura. I due recipienti sono preparati allo stesso modo, ma in ciascuno di essi si pone una piccola quantità d'acqua, aspettando l'evaporazione finchè l'aria non sia satura di vapore che rimane in ambedue invisibile. I vasi vengono quindi leggermente raffreddati, e subito una densa nuvola si forma in quello pieno d'aria non filtrata, mentre l'altro rimane perfettamente trasparente. Questi esperimenti provano che il semplice raffreddarsi dell'aria sotto la temperatura della rugiada non basta perchè i vapori acquei si condensino in gocce, così da

formare nebbie o nuvole, ma bisogna altresì che piccole particelle di materia solida o liquida si trovino presenti, per offrire dei nuclei attorno ai quali la condensazione si inizi. Perciò la densità di una nuvola dipenderà, non soltanto dalla quantità di vapore che si trova nell'atmosfera, ma altresì dalla presenza di numerose e minute particelle di pulviscolo, sulle quali possa avvenire la condensazione.

Che questo pulviscolo esista ovunque nell'aria, anche alle più grandi altezze, non è una supposizione, ma un fatto inoppugnabile. Esponendo dischi di cristallo unti di glicerina in differenti luoghi e ad altitudini diverse, si è potuto calcolare il numero di queste particelle contenute in ciascun piede cubo d'aria, ed è stato trovato che, non soltanto esse esistono dappertutto a un basso livello, ma anche, e in numero considerevole, sopra le vette delle più alte montagne. Queste solide particelle agiscono anche in un'altra guisa: nelle regioni elevate dell'atmosfera esse diventano freddissime per irradiazione, e così condensano col loro contatto il vapor d'acqua, appunto come lo condensano gli steli dell'erba quando si forma la rugiada.

Quando il vapore esce da una macchina, vediamo una densa nube bianca, una vera nuvola in miniatura, e se noi siamo vicini ad essa durante un tempo freddo ed umido, sentiamo delle piccole gocce d'acqua, provenienti da essa, caderci sul viso, ma se è una giornata calda, la nube immediatamente si eleva e sparisce completamente. La stessa cosa, ma su più larga scala, avviene in

natura. Quando è bel tempo vediamo abbondanti nuvo-  
loni continuamente passare sopra la nostra testa, eppure  
non piove, perchè le piccole goccioline d'acqua scendono  
lentamente verso la terra e l'aria calda e secca li riduce  
nuovamente e continuamente in vapore invisibile.  
Quando è bel tempo inoltre spesso vediamo una piccola  
nuvola sopra la vetta di qualche montagna, dove rimane  
stazionaria per un tempo assai lungo, anche se la brezza  
tira abbastanza forte. La vetta della montagna è più fred-  
da dell'aria che la circonda ed i vapori invisibili si con-  
densano in nuvole, passando sopra di essa; ma se queste  
nuvole sono trasportate oltre la sommità, in un'aria più  
secca e più calda, nuovamente svaporano e scompa-  
riscono. Sul monte della Tavola, presso il Capo di Buona  
Speranza, questo fenomeno che avviene su vasta scala è  
stato chiamato la *tovaglia della tavola*: la massa di tutta  
la nuvola fioccosa par che sia attaccata un po' al di sotto  
del picco del monte, dove rimane, stazionaria, anche per  
più mesi, mentre all'intorno di essa il cielo è azzurro e il  
sole risplende.

Un altro fenomeno che indica la presenza della polve-  
re atmosferica dappertutto, fino ad un'enorme altezza, è  
il colore azzurro del cielo. Questo colore è prodotto dal-  
le particelle di polvere eccessivamente piccole sospese  
nell'aria fino ad una grande altezza, probabilmente an-  
che a venti, trenta o più miglia, le quali riflettono soltan-  
to la luce della breve onda luminosa della linea azzurra  
dello spettro; e anche questo è stato dimostrato speri-  
mentalmente. Se un cilindro di vetro lungo qualche pie-

de viene riempito d'aria pura, dalla quale sono state tolte tutte le particelle di polvere per mezzo del filtro, e facendola passare sopra un filo di platino scaldato al color rosso, un raggio di luce elettrica che traversi il cilindro ne lascerà l'interno completamente oscuro, se guardato lateralmente, perchè la luce, traversandolo in linea retta, non illumina l'aria. Ma se invece un po' d'aria è passata per il filtro con tanta rapidità da permetterle di portar seco tutte le particelle di polvere più minute, il cilindro comincerà a riempirsi di una luce turchinicia, che a poco a poco prenderà il più bel colore azzurro, eguale a quello che ammiriamo nel firmamento. Se poi si sostituisce all'aria filtrata, aria non filtrata, il colore turchino se ne va e la luce solita del giorno lo sostituisce.

Anche l'ossigeno liquido è turchiniccio, e molte persone hanno supposto che ciò possa spiegare il colore azzurro del cielo. Ma su ciò non vi è di certo possibile discussione, perchè il colore turchino dell'ossigeno liquido diventa molto sbiadito nel gas, il quale è attenuato anche dall'azoto incolore, e non può, per conseguenza, essere percettibile nello spessore della nostra atmosfera. E avesse pure una tinta turchina percettibile, noi non potremmo scorgerla per l'oscurità dello spazio che resta al di là di esso, però gli oggetti bianchi veduti attraverso di esso, per esempio le nuvole e la luna, ci apparirebbero azzurri, cosa che non avviene. Il colorito azzurro che noi vediamo nel cielo è luce riflessa, e siccome l'aria pura è affatto trasparente, debbono esistere particelle solide o liquide, così piccole da riflettere soltanto la luce

turchina. Nell'atmosfera più bassa le particelle che producono la pioggia sono più grandi, e riflettono tutti i raggi; così il colore azzurro si attenua vicino all'orizzonte, e per il combinarsi della refrazione e della riflessione presenta i varii e bellissimoi colori del sorgere e del tramontare del sole.

Questi magnifici colori, prodotti dalla polvere dell'atmosfera, benchè procurino godimenti ai nostri occhi, non si possono però considerare come essenziali alla vita; ma vi è un'altra circostanza, concomitante con la presenza di polvere nell'atmosfera, la quale, benchè poco apprezzata, può avere effetti che possono appena esser calcolati. Se non vi fosse polvere nell'atmosfera, il cielo apparirebbe scuro anche a mezzogiorno, meno che nello spazio occupato dal disco solare, e le stelle sarebbero visibili alla luce del giorno come di notte; e questo accadrebbe perchè l'aria che non riflette la luce non è visibile. Noi quindi non riceveremmo la luce direttamente dal cielo, come ora avviene, ed i lati dei monti, delle case e di tutti gli oggetti solidi rivolti a nord sarebbero totalmente oscuri, ammenocchè non fosse rivolta contro di essi qualche superficie che riflettesse la luce. La superficie del suolo sarebbe illuminata dal sole per breve estensione, e questa sarebbe la sola sorgente di luce per i punti dove i raggi del sole non arrivassero direttamente. Perchè nelle case vi fosse luce in quantità sufficiente, dovrebbero essere fabbricate quasi al livello del suolo o sopra un terreno che si andasse elevando verso il nord e con muri di cristallo tutt'intorno, fino al suolo, per rice-

vere il più che fosse possibile la luce riflessa dal terreno. Quale effetto questa specie di luce avrebbe sulla vegetazione è difficile dire, ma gli alberi e gli arbusti crescerebbero forse rivolti del tutto verso il sud, l'est e l'ovest, in modo da esser illuminati il più direttamente possibile dai raggi del sole. Più notevole sarebbero le conseguenze dell'azione solare, prolungata per un giorno intero, sull'evaporazione della terra, che diventerebbe arida e quasi brulla nei luoghi che ora sono coperti di vegetazione; i cactus dell'Arizona e le euforbie del sud Africa occuperebbero una grande parte della superficie terrestre.

Mettendo ora da parte l'argomento della luce e del calore, ci occuperemo di un altro importante aspetto della quistione, cioè della mancanza delle nuvole e della pioggia, e considereremo quello che avverrebbe ed in qual modo potrebbe ritornare alla terra l'enorme quantità d'acqua evaporata per il continuo calore solare.

La prima e più ovvia conseguenza sarebbe un'abbondanza anormale di rugiada, la quale verrebbe depositata quasi tutte le notti sopra ogni forma di vegetazione frondosa. E non soltanto tutte le graminacee e gli altri erbaggi, ma tutte le foglie degli arbusti e degli alberi assorbirebbero una tal quantità di rugiada, da tener loro luogo di pioggia, e sufficiente per i loro bisogni. Ma sarebbe quasi impossibile fare delle irrigazioni, delle coltivazioni, etc., perchè il suolo brullo diventerebbe intensamente arido e infocato durante il giorno, e durante la notte ri-

terrebbe tanto del suo calore, da impedire che la rugiada si formasse sopra di esso.

Ma un altro mezzo efficace per far ritornare i vapori acquei dell'atmosfera alla terra ed all'oceano potrebbe nondimeno esistere, a quanto credo, cioè montagne e colline di sufficiente altezza per mantenersi relativamente più fredde delle terre basse. L'aria che viene dalla superficie dell'oceano è costantemente carica di umidità, e da qualunque parte della terra, il vento soffiasse, l'aria sarebbe trasportata sul pendio dei colli in più fredde regioni, dove si condenserebbe rapidamente sulla vegetazione ed anche sull'arida terra, sulle rocce dei pendii esposti a nord, che si raffredderebbero sufficientemente durante il pomeriggio e nella notte, tanto da restare più fredde dell'atmosfera. La quantità di vapore così condensato farebbe diminuire la pressione atmosferica, ed allora l'aria più bassa potrebbe elevarsi, trascinando seco molto vapore. Questo potrebbe dare origine a torrenti perenni, specialmente sui pendii del nord e dell'est. Ma poichè l'evaporazione sarebbe assai maggiore di quel che è al presente, a cagione dell'incessante riscaldamento operato dal sole; così anche la quantità dell'acqua ritornante sulla terra sarebbe maggiore; ma siccome non potrebbe essere distribuita in modo uniforme sopra la terra, come lo è adesso, ne resulterebbe, forse, che i fianchi immensi delle grandi montagne sarebbero devastati da impetuosi torrenti, che renderebbero in tal modo quasi impossibile una vegetazione permanente, mentre altre e più vaste aree, per mancanza d'acqua, diventereb-

bero aride lande, che soltanto potrebbero accogliere quei pochi e particolari tipi di vegetazione che vivono ora esclusivamente in simili regioni. Certo, non possiamo affermare che tali condizioni, avrebbero impedito lo sviluppo delle alte forme della vita, come non possiamo negarlo, ma indubbiamente esse sarebbero state molto sfavorevoli, ed avrebbero avuto le conseguenze disastrose delle quali abbiamo parlato. Difficilmente si può immaginare come, con i venti e con la struttura delle rocce, in tutto e per tutto eguali a quelli che ora sono, il mondo avrebbe potuto essere addirittura privo di polvere atmosferica. Se però quest'atmosfera fosse stata molto meno densa di quello che è, di metà, per esempio, cosa che avrebbe potuto avvenire assai facilmente, allora i venti avrebbero avuto minor forza per trasportar la polvere, e all'altezza alla quale per lo più sogliono formarsi le nuvole, non vi sarebbero state sufficienti particelle solide perchè esse potessero formarsi. Allora la nebbia, vicinissima alla superficie della terra, avrebbe tenuto il posto delle nuvole, la qualcosa sarebbe stata assai contraria alla vita umana ed a quella di molti animali tra i più perfetti che ora abitano il nostro globo.

L'abbondanza di polvere atmosferica sparsa nell'aria che circonda la terra è un importantissimo fenomeno. Poichè il colore azzurro del cielo è universale, tutta l'atmosfera deve essere invasa da miriadi di ultra microscopiche particelle di pulviscolo, le quali, non solamente riflettono i raggi azzurri, non solamente ci mostrano la volta del cielo azzurra, ma, unite alla polvere più

grossolana delle altitudini più basse, diffondono la luce del giorno, dànno forma e moto alle nuvole fiocose, determinano la *benigna pioggia del cielo*, che rinfresca la terra e la fa bella di foglie e di fiori. In ogni parte del vasto Oceano Pacifico, le cui isole devono produrre un minimo di polvere, il cielo è sempre azzurro, e le isole stesse che vi sono sparse a migliaia non mancano mai di pioggia. Sulle grandi foreste della vallata delle Amazzoni, dove la polvere deve prodursi in piccola quantità, le nuvole si scorgono in grande copia e la pioggia cade abbondante. Poichè esistono due grandi naturali sorgenti di polvere: i vulcani attivi e i deserti delle più aride regioni del mondo, mentre la densità e la sorprendente mobilità dell'atmosfera, non soltanto portano le finissime particelle di polvere ad altezze enormi, ma le distribuiscono con sorprendente uniformità in tutta la sua estensione.

Ogni particella di polvere è indubbiamente più pesante dell'aria, e se l'atmosfera fosse tranquilla, cadrebbe in terra in tempo relativamente breve. Tyndall trovò che l'aria d'una cantina, situata sotto la *Royal Institution* in Albemarle-Street, che non era stata aperta da più mesi, era così pura che un raggio di luce elettrica che vi fu introdotto rimase addirittura invisibile. Accurate osservazioni sperimentali hanno dimostrato non solo che l'aria è in continuo movimento, ma anche che questo movimento è eccessivamente irregolare, difficilmente orizzontale, ma sempre diretto in alto o in basso o in ogni altra direzione obliqua, e in innumerevoli spire e turbini. Questa

complicazione del movimento deve estendersi molto in alto, forse a cinquanta miglia ed anche più, per potere provvedere ad un sufficiente spessore di quelle minutissime particelle, alle quali il cielo deve il suo bel colore azzurro.

Tutte queste complicazioni di movimenti sono dovute all'azione del sole che riscalda la superficie terrestre, alla grande irregolarità di questa superficie ed alla sua capacità d'assorbire il calore. In qualsiasi regione, sia sabbia, roccia o nuda argilla, se esposta al sole, tutto sarà bruciato, mentre un'altra regione, coperta di densa vegetazione, a causa dell'evaporazione prodotta dal sole, rimarrà relativamente fredda, e così sarà delle più fredde superfici dei laghi e dei fiumi alpini. Ma se l'aria fosse meno densa di quello che è, questi movimenti sarebbero meno energici, e tutta la polvere che si sarebbe alzata ad una considerevole altezza ricadrebbe sulla terra, a causa del proprio peso, molto più rapidamente di quel che avviene adesso, e, per conseguenza, vi sarebbe nell'atmosfera meno polvere permanente di quella che vi è, cosa che inevitabilmente diminuirebbe la quantità delle piogge e produrrebbe in parte anche gli altri dannosi effetti dei quali abbiamo già parlato.

## ELETTRICITÀ ATMOSFERICA.

Abbiamo veduto che gli organismi vegetali prendono la maggior parte dell'azoto che si trova nei loro tessuti dall'ammoniaca che si forma nell'atmosfera e che s'infiltra nel suolo per mezzo della pioggia. Questa sostanza può solamente formarsi per mezzo delle scariche elettriche, o dei fulmini, i quali provocano la combinazione dell'idrogeno, che si trova nel vapore acqueo, con l'azoto libero dell'aria. Le nuvole sono agenti importanti nell'accumulazione dell'elettricità in quantità sufficiente per produrre le violente scariche che noi conosciamo col nome di fulmini, e non sappiamo se, senza la presenza delle nuvole, potessero avvenire nell'atmosfera scariche capaci di decomporre i vapori acquei come abbiamo detto. Le nuvole adunque non ci apportano soltanto il benefico effetto di produrre la pioggia e di mitigare il calore continuo del sole, ma hanno altresì il potere di comporre pei vegetali quelle sostanze chimiche, che sono della più alta importanza nel regno animale. Per quel che ne sappiamo, la vita animale non potrebbe esistere sulla terra senza questa sorgente di azoto, e per conseguenza senza le nuvole e senza la folgore; e le nuvole, come abbiamo testè veduto, dipendono principalmente dalla necessaria quantità di polvere atmosferica.

A questa quantità necessaria di polvere provvedono i vulcani e i deserti, ma la sua costante presenza e la sua distribuzione nell'aria dipendono dalla densità dell'atmosfera, la quale a sua volta dipende da altri due agenti:

dalla forza di gravità, dipendente dal volume del pianeta, e dalla quantità assoluta dei gas che costituiscono l'atmosfera.

Ed allora noi possiamo dire che il vasto, invisibile oceano d'aria in cui viviamo è per noi tanto necessario, che l'esserne privi, anche per pochi minuti, riuscirebbe fatale alla nostra vita. E ciò non basta, perchè ben altri sono i benefici effetti prodotti da esso, ma noi di solito ne facciamo poco conto, a meno che gli uragani e le tempeste, o un eccessivo freddo o un intenso caldo, non ci rammentino quanto sia delicato l'equilibrio delle condizioni dalle quali dipende il nostro benessere ed anche la nostra vita.

I cenni che mi sono provato a dare intorno alle varie funzioni dell'atmosfera dimostrano che la sua struttura è molto complicata, una macchina meravigliosa, per così dire, la quale, per i diversi gas che la compongono, per le sue azioni e le sue reazioni sull'acqua e sulla terra, per la produzione delle scariche elettriche, che forniscono gli elementi dei quali si compone tutto l'organismo della vita, rinnovantesi continuamente col medesimo mezzo, può esser davvero considerata come la vera sorgente e il fondamento della vita stessa. Possiamo persuaderci di ciò, non soltanto considerando che la nostra vita dipende assolutamente da essa, ma altresì per i terribili effetti prodotti dal più piccolo grado d'impurità di questo vitale elemento. Eppure è presso le nazioni che pretendono il titolo di più incivilite, che pretendono di farsi guidare dalle leggi della natura, e che ripongono tutta la loro

gloria nel progresso delle scienze, che troviamo la più grande apatia, la più grande indifferenza riguardante l'impurità di questo importantissimo e necessarissimo elemento vitale. L'indifferenza di queste nazioni arriva a tal punto, che la maggior parte delle loro popolazioni ne sono danneggiate, e la loro vitalità ne è menomata, perchè costrette a respirare aria più o meno impura e malsana per quasi tutta la loro vita. Le immense e sempre crescenti città dove esistono vaste manifatture, esalano vapori e gas velenosi, nelle catapecchie si affollano milioni di creature che sono costrette a vivere in condizioni terribili ed insalubri, testimoni di questa delittuosa apatia, di questa incredibile e inumana indifferenza.

È da più di cinquanta anni che sono state dimostrate le inevitabili conseguenze di queste lacrimevoli condizioni, nondimeno in questo periodo di tempo niente d'importante è stato fatto per migliorarle, e niente si fa. In queste belle ed estese regioni vi è ampio spazio ed aria pura e sovrabbondante per ogni individuo, ma la classe ricca e sapiente, coloro che fanno le leggi, coloro che c'insegnano la religione, gli uomini di scienza, tutti consacrano la loro vita e le loro energie a tutto quanto è estraneo a questa piaga dolorosa della nostra società, quantunque il problema rappresenti la parte principale, essenziale della salute e del benessere del popolo, alla quale dovrebbe esser subordinata ogni altra cosa. Finchè ciò non sarà fatto accuratamente, completamente, la nostra civiltà sarà nulla, nulla la nostra scienza, nulla la

nostra religione e la nostra politica, che rimarranno oltre ogni dire spregevoli.

Considerando la nostra meravigliosa atmosfera e le sue varie relazioni con la vita umana e con tutte le altre forme di vita, mi son sentito costretto ad alzare la mia voce in favore dei fanciulli e della oltraggiata umanità. E non formeranno una lega, gli uomini e le donne che posseggono sentimenti umanitari, per combattere senza tregua, finchè non si sia rimediato a tanta vergogna, e non si saranno tolti dalla nostra società i nove decimi dei mali che l'affliggono? Tutto deve esser messo in non cale dinanzi a questo dovere. Come in una guerra di difesa la resistenza non deve trovare impedimenti, e tutti i diritti privati debbono subordinarsi al bene pubblico, così nella guerra contro questa bruttura, contro questo morbo, contro questa miseria, nulla deve frapporsi, nè privati interessi, nè antichi diritti; così saremo sicuri di vincere. Ecco il sermone che i predicatori dovrebbero recitare durante le prediche e fuori delle prediche, finchè tutti non abbiamo inteso e non siano convinti. Sia questo il nostro grido di guerra: «Aria pura, acqua pura per tutta l'umanità. Anatema per colui che dirà: – Non possiamo farlo. Benedizioni per colui che dirà: – Sarà fatto.»

Occorreranno cinque, dieci, venti anni, per togliere questa piaga terribile dalla società; ma ogni piccolo miglioramento, ogni riforma che si vada facendo a poco a poco, sarà sempre efficace, finchè non si sia effettuata una grande riforma fondamentale. Quando il popolo potrà respirare aria pura, bere acqua pura, vivere di ali-

menti semplici, quando potrà lavorare, divertirsi e riposare con tutte le regole volute dall'igiene, allora, solamente allora, sarà il tempo di decidere quali saranno le altre riforme più urgenti.

Non bisogna dimenticare che noi ci crediamo arrivati ad un alto grado di civiltà, che ci crediamo sapienti, altamente umanitari, enormemente ricchi, mentre non ci vergogniamo di dire: «È impossibile accomodar le cose in modo che il popolo non respiri aria impura, anormale, attossicata!»

## **CAPITOLO XIV.**

# **LA TERRA È IL SOLO PIANETA ABITABILE DEL SISTEMA SOLARE.**

Avendo dimostrato in questi ultimi tre capitoli, quanto numerose, quanto complicate siano le condizioni che rendono possibile la vita sul nostro pianeta, e come siano ben equilibrate le forze opposte, e quanto curiosi e delicati i mezzi per i quali avvengono le indispensabili combinazioni degli elementi, sarà relativamente facile il dimostrare come tutti gli altri pianeti siano totalmente disadatti tanto per lo sviluppo, quanto per la conservazione delle più alte forme della vita, e come, forse, soltanto qualche forma di vita più bassa e più rudimentale vi possa allignare.

Allo scopo di spiegar tale probabilità con chiarezza, ci occuperemo delle più importanti condizioni fisiche e biologiche, e vedremo come esse si manifestino sui vari pianeti.

## MASSA DI UN PIANETA E SUA ATMOSFERA.

L'altezza e la densità dell'atmosfera è, per diversi rapporti, importantissima per quel che concerne la vita. Dalla sua densità dipende la circolazione dell'umidità, la possibilità di trattenere una quantità bastevole di polvere atmosferica per la formazione delle nuvole, di trasportarne le particelle ultramicroscopiche ad altezza e in quantità sufficiente per diffondere la luce solare e rifletterla in tutto il firmamento, di sollevare le onde del mare per arieggiare le sue acque e produrre le correnti oceaniche che sono grandi eguagliatrici di temperatura.

Questa densità dipende da due condizioni: la massa del pianeta e la quantità dei gas atmosferici. Vi sono buone ragioni per credere che quest'ultima dipenda direttamente dalla prima, perchè è solamente quando una certa massa è raggiunta da un pianeta, che i gas più leggeri e permanenti possono dimorare sulla superficie di esso; è per questo, secondo il dott. G. Johnstone Stoney, che ha fatto studi speciali su questo soggetto, che la luna non ha potuto ritenere altro che qualche gas pesante, come l'acido carbonico, o qualche altro più pesante ancora, come il bisolfato di carbonio, mentre nessuna particella d'ossigeno o di azoto può rimanere alla sua superficie, perchè la sua massa è più piccola di quella della terra di circa un ottantesimo. Si crede che esista una considerevole quantità di gas nello spazio interstellare, e probabilmente anche nel sistema solare, ma forse tali gas sono allo stato liquido o solido, e perciò possono es-

sere attratti anche da una massa piccola come quella della luna; ma siccome il calore della sua superficie, quando è esposta ai raggi del sole, li farebbe immediatamente tornare allo stato gassoso, essi svanirebbero subito. Quando un pianeta raggiunge il volume di almeno un quarto della terra, allora soltanto è capace di trattenere il vapore acqueo, uno dei gas più essenziali: ma una massa così piccola come quella della luna, non può avere che una quantità di atmosfera molto limitata, e tanto rarefatta da non esser capace di produrre gli effetti voluti per poter contribuire al mantenimento della vita. Perchè ciò sia possibile, la massa del pianeta non può esser minore di quella della terra, ed ecco un altro degli ordinamenti meravigliosi dei quali abbiamo già parlato. Il dott. Johnstone Stoney arriva alla conclusione che l'idrogeno esala dalla terra perchè continuamente prodotto dai vulcani sottomarini, nelle regioni vulcaniche, da vegetali in putrefazione e da altre sorgenti, nondimeno, quantunque in piccola quantità se ne constati l'esistenza nell'atmosfera, non è uno dei normali costituenti di essa.<sup>33</sup>.

La quantità d'idrogeno che combinata con l'ossigeno forma la massa acquea dei nostri vasti e profondi oceani è enorme, e se ve ne fosse solamente un decimo più di quella che esiste, tutta la superficie del globo ne sarebbe sommersa. È difficile spiegare come la quantità d'idrogeno sia, non solo sufficiente, ma misurata quasi, per

---

<sup>33</sup> *Transactions of Royal Dublin Society*, Vol. VI. Ser. II, parte XIII. «Delle atmosfere dei pianeti e dei satelliti», di G. Johnstone Stoney, membro della R. S., etc.

riempire d'acqua i vasti bacini dell'oceano, lasciando una superficie asciutta bastante per l'ampio sviluppo della vita animale e vegetale, senza che ciò produca effetti nocivi sul clima. Ma noi siamo testimoni di questo completo adattamento in tutte le cose. Prima di tutto abbiamo un satellite unico per la sua grandezza in confronto al pianeta cui appartiene, e apparentemente di origine posteriore, e se l'origine di questo satellite è dovuta realmente alla terra, il fatto è stato sicuramente unico nel sistema solare. La conseguenza di questo modo d'origine, a quanto si crede, è rappresentata dai profondi bacini oceanici, simmetricamente disposti in rapporto all'equatore, cosa importantissima per la circolazione delle acque. Evidentemente la terra deve aver posseduto una giusta quantità d'idrogeno, di cui non possiamo intravedere l'origine, che ha prodotto l'acqua necessaria per riempire quei vani immensi, così da lasciare un'ampia area di terra asciutta; ma se l'acqua fosse stata un solo decimo di più, avrebbe interamente sommerso la terra. Inoltre è sovrabbondato tanto ossigeno, che basta per formare un'atmosfera di sufficiente densità, perchè sia adatta alla vita. Nè sarebbe potuto accadere che l'idrogeno sovrabbondante evaporasse nel momento in cui invece si formò l'acqua, perchè l'idrogeno evapora lentamente, ma invece si combina tanto facilmente con l'ossigeno libero appena scocca una scintilla elettrica, che non si può dubitare che tutta la quantità di idrogeno esistente sia stata utilizzata nella formazione delle acque

dell'oceano, rispetto alle quali la quantità che proviene dall'interno della terra è relativamente piccola.

Nè qui finiscono le meraviglie di un mirabile ordinamento. Tutti i fatti che abbiamo esposti stanno a dimostrare che tutte le condizioni della massa terrestre sono sufficienti per la vita, e che se il nostro globo fosse stato un poco più grande, e proporzionatamente più denso, probabilmente la vita non vi sarebbe stata possibile. Fra un pianeta del diametro di 8000 miglia ed uno di 9500, la differenza non è grande, se si riflette all'enorme volume degli altri pianeti. Eppure questo piccolo aumento di diametro accrescerebbe il volume di due terzi, con un aumento corrispondente di densità, dovuta ad una maggior gravità. La massa sarebbe stata perciò circa il doppio di quello che è, quindi i gas attratti e ritenuti dalla gravità sarebbero stati in quantità doppia, doppia quindi la quantità dell'acqua prodotta, poichè l'idrogeno non avrebbe potuto evaporare. E se la superficie del globo fosse stata solamente più grande di una metà, l'acqua sarebbe stata sufficiente per elevarsi a più miglia di altezza su tutta la sua superficie.

#### ABITABILITÀ DEGLI ALTRI PIANETI.

Se noi consideriamo gli altri pianeti del sistema solare, troviamo in grande copia studi e relazioni che ci parlano della loro mole e della possibilità che siano abitati.

I pianeti più piccoli, Marte e Mercurio, non hanno massa sufficiente per trattenere i vapori acquei, e senza di ciò non possono essere abitabili. Tutti gli altri pianeti maggiori non possono avere che ben poca quantità di materia solida, come indica la loro poca densità rispetto alla loro enorme massa, e perciò vi sono buone ragioni per credere che un pianeta, perchè sia atto al pieno sviluppo della vita, debba prima di tutto essere limitato nel suo volume e più direttamente nella sua massa. Se la terra possiede un'atmosfera specificamente costituita ed una massa d'acqua giusta rispetto alla sua utilità per lo sviluppo della vita, e se le stesse condizioni sono necessarie negli altri pianeti del sistema solare, l'unico pianeta sul quale la vita può esser possibile è Venere. Nondimeno potrebbe darsi che cause eccezionali abbiano dotato gli altri pianeti di eguali vantaggi per i due elementi dell'aria e dell'acqua, noi quindi considereremo brevemente alcune delle altre condizioni che per la vita sono indispensabili sulla terra, e di cui è quasi impossibile concepire l'esistenza sopra gli altri pianeti del sistema solare.

#### UN PICCOLO E DETERMINATO LIMITE DI TEMPERATURA.

Abbiamo già visto quanto siano ristretti i limiti nei quali la temperatura della superficie di un pianeta deve

mantenersi, per essere adatta allo sviluppo della vita, e abbiamo anche visto quanto siano numerose e delicate le condizioni della densità atmosferica, dell'estensione e stabilità oceanica, della distribuzione del calore, che deve essere sufficientemente uniforme. Delle lievi alterazioni, in più o in meno, renderebbero la terra inadatta all'abitabilità, perchè l'atmosfera diverrebbe o troppo calda o troppo fredda. Come allora supporre che uno degli altri pianeti, che ricevono una quantità di calore solare molto maggiore o molto minore, possa con tutte le possibili differenze di condizioni, esser capace di dar origine, conservare e pienamente e variamente sviluppare la vita?

Marte, per ogni unità della sua superficie, riceve una quantità di calore solare che è meno della metà di quella che riceve la terra, ed è quasi certo che su di esso non esiste acqua (le sue nevi polari debbono esser prodotte da acido carbonico o da qualche altro gas pesante). Ne consegue adunque che, sebbene su di esso possa anche prodursi una vita vegetale di forme basse, le più alte forme di vita animale vi sono del tutto impossibili. Il suo piccolo volume e la sua piccola massa (quest'ultima un nono soltanto di quella della terra) non possono permettergli di possedere che un'atmosfera di azoto e di ossigeno molto rarefatta, dato che questi due gas vi esistano. Tale mancanza di densità lo rende inoltre incapace di trattenere durante la notte la piccola quantità di calore assorbita durante il giorno, come possiamo intuire dal suo limitato potere di riflessione, che dimostra esservi

nella sua scarsa atmosfera poca quantità di nuvole. Durante la maggior parte delle ventiquattro ore, la temperatura della sua superficie resterebbe al di sotto del punto di congelazione, la qualcosa, assieme con la completa assenza di vapori acquei e d'acqua, aggiungerebbe un'altra difficoltà per la vita animale.

Su Venere le condizioni sono egualmente contrarie alla vita, ma non del medesimo ordine. Questo pianeta riceve dal sole una quantità di calore doppia di quella che riceviamo noi; soltanto questo fatto renderebbe necessaria qualche straordinaria combinazione che potesse modificare o ridurre l'eccessivo grado di temperatura. Però noi sappiamo che Venere ha un carattere speciale, che basterebbe da solo a rendervi impossibile la vita animale, e fors'anco quella delle più basse forme vegetali. Questa sua particolarità risiede nel fatto che, a causa dell'azione della marea provocata dal sole, il suo giorno coincide col suo anno, o, per parlare più propriamente, il suo moto di rotazione si compie in un uguale spazio di tempo che quello di rivoluzione intorno al sole. Venere adunque presenta al sole sempre la stessa faccia, così che per un suo emisfero è perpetuo giorno, mentre nell'altro regna perpetua notte, mentre un incessante crepuscolo, dovuto alla rifrazione, resta in una stretta zona limitrofa alla metà illuminata. Ma sulla faccia che non riceve mai direttamente i raggi solari, la temperatura deve essere eccessivamente fredda, tanto che verso il centro dell'emisfero non può elevarsi sopra lo zero o quasi, mentre l'altra faccia, esposta ad un perenne calore

solare, che ha un'intensità doppia di quello che perviene a noi, deve avere una temperatura troppo elevata perchè possa esistervi il protoplasma. Probabilmente adunque non vi si può trovare alcuna forma di vita animale.

Sembra che Venere possenga un'atmosfera densa; il suo splendore ci dice che noi vediamo soltanto la superficie di uno spesso strato di nuvole, la qualcosa deve mitigare di molto l'eccessivo calore solare; ma siccome la sua massa è poco più dei tre quarti di quella della nostra terra, non può sicuramente avere i medesimi gas che possediamo noi. Per le straordinarie condizioni che prevalgono sulla superficie di questo pianeta, sembra quasi impossibile che la temperatura della parte illuminata possa mantenersi in uno stato tale di uniformità, atto allo sviluppo della vita in tutte le sue più alte forme.

Anche Mercurio presenta la stessa particolarità, quella cioè di tenere rivolta al sole sempre la stessa faccia, e siccome è tanto più piccolo e tanto più vicino al sole, l'alternarsi del caldo e del freddo deve esservi anche più eccessivo, ed il discutere se la vita vi sia possibile mi sembra cosa superflua. La sua massa è solamente un tredicesimo di quella della nostra terra, i vapori acquei non vi possono essere stazionari, e, con tutta probabilità, neppure l'azoto e l'ossigeno. La sua atmosfera adunque deve esser ben misera, come possiamo credere per il suo limitato potere di riflessione. La luce solare assorbita deve essere circa l'83 per cento, e quella riflessa solamente il 17 per cento, mentre le nuvole riflettono il 72 per cento. In conclusione adunque, su questo pianeta

esiste intenso caldo in un emisfero, eccessivo freddo, relativamente, nell'altro; esso possiede un'atmosfera povera e manca d'acqua, e quindi da tutti i punti di vista è completamente disadatto per gli organismi viventi.

Anche supponendo che il perenne strato di nuvole, che osserviamo su Venere, possa mantenere sulla sua superficie una temperatura corrispondente ai bisogni della vita animale, il tempestoso tumultuare della sua atmosfera, cagionato dagli eccessivi contrasti di temperatura e l'altro contrasto fra la luce e le tenebre nei suoi due emisferi, devono essere molto contrari alla vita, se anche non la impediscono addirittura. Nella maggior parte di quell'emisfero che mai riceve dal sole un raggio di calore e di luce, l'acqua ed i vapori acquei devono esservi convertiti in neve ed in ghiaccio, e sembra quasi impossibile che anche l'aria non si congeli. Perchè ciò non avvenga, è necessario che si verifichi una rapida circolazione di tutta l'atmosfera, la qualcosa è certamente prodotta dall'enorme e permanente differenza di temperatura tra i due emisferi. Indizi di rifrazione dovuta a una densa atmosfera, sono visibili durante il passaggio del pianeta sul disco solare ed anche quando esso si trova in congiunzione col sole, e la rifrazione è così grande da farci supporre che Venere abbia un'atmosfera molto più alta della nostra. Però durante la rapida circolazione di una tale atmosfera, caldissima da una parte del pianeta e freddissima dall'altra, la maggior parte dei vapori acquei debbono riunirsi nella parte oscura tanto rapidamente, quanto rapidamente si producono nella parte ri-

scaldata, quantunque qui ne rimangano in sufficiente quantità, tanto da formare uno strato di nuvole molto basso, che somigliano ai nostri cirri. L'occasionale illuminazione della parte eternamente buia di Venere può esser cagionata da un'elettrica incandescenza, dovuta all'attrito del perpetuo flusso e riflusso dell'atmosfera, e accresciuto fors'anche dal riverbero d'una vasta superficie di nevi eterne. Considerando tutte queste eccezionali caratteristiche del pianeta, sembra certo che le sue condizioni, in rapporto al clima, non possono essere al presente tali da mantenere quella temperatura che è necessaria alla vita, ed è anche poco probabile che nel suo primo periodo esso abbia posseduto e mantenuto la necessaria stabilità durante le lunghe epoche richieste per il suo sviluppo.

Prima di esaminare le condizioni di vita esistenti sui pianeti maggiori, sarà bene esporre un argomento, il quale fu supposto potesse diminuire le difficoltà già esposte per la vita in quei pianeti che hanno un volume quasi uguale a quello della terra, e che si trovano, presso a poco, a un'uguale distanza dal sole.

#### GLI ESTREMI LIMITI DI VITA SULLA TERRA.

Per rispondere all'evidenza la quale dimostra quanto perfetti debbano essere gli adattamenti richiesti perchè la vita possa svilupparsi, spesso si obietta che la vita

può ora esistere anche in certe estreme condizioni, tanto col calore tropicale che con i freddi polari, nei cocenti deserti come nelle umide foreste tropicali, nell'aria come nell'acqua, sulle alte montagne come nelle pianure. Questo è un fatto indubitabile e vero, esso però non prova che la vita si sarebbe potuta sviluppare anche in un mondo dove questi estremi avrebbero rappresentato il carattere principale climatico di tutta la sua superficie. I deserti sono abitati perchè vi sono le oasi, dove l'acqua si trova in abbondanza, come nelle fertili aree che li circondano. Le regioni artiche sono abitate perchè vi esiste un'estate e durante l'estate una vegetazione, se la loro superficie fosse sempre ghiacciata, non vi sarebbe vegetazione e per conseguenza non vita animale.

R. A. Proctor tratta l'argomento della diversità delle condizioni sotto le quali la vita può veramente esistere sulla terra, e lo tratta bene, quanto probabilmente può esser trattato. Egli dice: «Quando noi consideriamo le varie condizioni sotto le quali la vita prevale, e vediamo che per rendere la vita possibile non vi è differenza di relazioni climatiche, di elevatezze di terreno, d'aria o d'acqua, di freschezza delle acque più o meno salate o di densità d'aria, almeno per quel che ci hanno insegnato i nostri studi, siamo costretti a concludere che il potere della natura per alimentare la vita è veramente sconfinato.»

Questo è vero, ma bisogna far delle riserve. La sola specie animale che veramente può vivere nelle più diverse condizioni di clima, è l'uomo, perchè il suo intel-

letto lo fa in certo modo il signore della natura. Nessuno degli animali più imperfetti dell'uomo ha un tale privilegio, e la diversità di condizioni non è, in verità, così grande quanto sembra che sia, poichè di regola gli stretti limiti non sono in alcun luogo sorpassati, e vi è sempre un'alternanza d'inverno e d'estate. Inoltre l'emigrazione è sempre possibile, e le lande inospitali possono venir abbandonate.

### I GRANDI PIANETI SONO TUTTI INABILITABILI.

Avendo già dimostrato che le condizioni di Marte, tanto per quel che riguarda l'acqua, quanto per l'atmosfera e la temperatura, sono assolutamente inadatte al mantenimento della vita, opinione che ci siamo formata per l'accordo che esiste fra i principii generali e le osservazioni telescopiche, possiamo ora occuparci degli altri pianeti, i quali, per lungo tempo, furono creduti inadatti alla vita anche dai più ardenti propugnatori della «vita negli altri mondi».

La loro lontananza del sole – Giove, il più vicino, è da esso cinque volte più lontano della terra, e riceve solamente un venticinquesimo di luce e di calore di quel che riceviamo noi per ogni unità di superficie – rende la vita quasi impossibile, ammesso anche che le altre condizioni siano tutte favorevoli, poichè manca una temperatura adeguata alle necessità della vita organica. Ma la

loro molto bassa densità, combinata con un volume immenso, ci rende sicuri che nessuno di essi possiede una superficie solida e neppure gli elementi dei quali una superficie potrebbe esser formata.

Si crede che Giove, Saturno, Urano e Nettuno abbiano una considerevole quantità di calore interno, però non sufficiente di certo a mantenere i metalli e gli altri elementi, dei quali il sole e la terra sono formati, allo stato di vapore, perchè se così fosse questi pianeti sarebbero invece stelle planetarie, e brillerebbero di luce propria. Inoltre, se una considerevole parte della loro massa fosse formata dai detti elementi, sia allo stato liquido che allo stato solido, la loro densità sarebbe molto maggiore di quella della terra; invece essa è molto minore. Giove ha una densità che è uguale a quella della terra, quella di Saturno è di un ottavo, Urano e Nettuno posseggono invece una densità media, benchè il loro volume sia più piccolo di quello di Saturno.

Da ciò si vede che il sistema solare è formato da due gruppi di pianeti molto differenti fra loro. Il gruppo esterno, composto di quattro grandissimi pianeti, quasi del tutto gassosi, e forse formati addirittura di gas permanenti, i quali possono soltanto essere liquefatti o solidificati ad una temperatura molto bassa, in nessun altro modo potremmo conciliare la loro piccola densità con la loro immensa mole; e il gruppo interno, formato anch'esso di quattro pianeti, che differiscono del tutto dai precedenti, perchè sono tutti di piccola mole (la terra è il più grande), ed hanno tutti una densità proporzionata

alla loro massa. La terra è il pianeta maggiore e il più denso di tutto il gruppo, e non solamente è situata a una distanza dal sole che permette all'acqua di rimanere allo stato liquido su quasi tutta la sua superficie, la qual cosa è dovuta al temperato calore solare, ma possiede altresì molti caratteri essenziali che le assicurano una grande eguaglianza di temperatura al presente, come gliela hanno assicurata negli enormi periodi geologici, durante i quali la vita terrestre ha esistito. Abbiamo già detto che nessuno degli altri pianeti possiede adesso questi caratteri, ed è quasi egualmente cosa certa che non li hanno posseduti mai per il passato, e che mai li possederanno per l'avvenire.

#### L'ESTREMO ARGOMENTO PER L'ABITABILITÀ DEI PIANETI.

Quantunque Proctor e molti altri astronomi siano d'opinione che la maggior parte dei pianeti non possano essere *ora* abitabili, nondimeno spesso viene manifestata l'idea che possano esserlo stati per il passato, o che lo possano essere per l'avvenire. Taluni sono *ora* troppo caldi, altri sono *ora* troppo freddi, taluni hanno troppa acqua, tali altri ne sono affatto privi, ma tutti passano per una propria serie di stadii, e durante alcuni di questi stadii la vita può esservi stata o può divenirvi possibile. Quest'argomento, benchè vago, può destare l'attenzione

di alcuni lettori; sarà necessario perciò confutarlo, tanto più che questa idea prevale ancora fra gli astronomi.

In una critica al mio articolo pubblicato nella *Fortnightly Review*, Cammillo Flammarion, dell'osservatorio di Parigi, drammaticamente dice: «Sì, la vita è universale, perchè il tempo è uno dei suoi fattori. Ieri la luna, oggi la terra, domani Giove, tutti gli astri nel volger del tempo saranno a vicenda culle e tombe».<sup>34</sup>

Si è affermato che la luna sia stata altra volta abitata e che Giove lo diventerà in un remoto futuro, ma non si sono esaminate le principali condizioni fisiche di questi due astri tanto diversi, che li rendono, non solamente ora, ma per sempre, incapaci di sviluppare e mantenere la vita terrestre o aerea. Questa vaga supposizione, che non possiamo giudicare come un argomento, circa l'attitudine alla vita, passata o futura, di tutti i pianeti e di alcuni dei satelliti del sistema solare, è resa nulla da una difficoltà d'indole generale, alla quale pare che i suoi propugnatori non abbiano accordato mai alcuna considerazione; e trattandosi di un'obiezione che rafforzerà ancor più la mia idea circa la posizione unica di cui gode la terra nel sistema solare, sarà bene presentarla al giudizio dei lettori.

---

34 *Knowledge*, giugno 1903.

## LIMITAZIONE DEL CALORE SOLARE.

Da oltre mezzo secolo esiste una grande differenza di opinioni fra i geologi ed i fisici circa l'attuale o la possibile durata, in anni, della vita organica sopra la terra. I geologi, fortemente impressionati dai meravigliosi risultati prodotti dai lenti processi che distruggono le rocce, e che, depositando i materiali di cui esse sono composte nei mari e nei laghi, e facendoli poi emergere, formano nuovamente delle vaste superfici asciutte, le quali, nuovamente portate via dalla pioggia e dai venti, consumate dal calore e dal freddo, dalla neve e dal ghiaccio, ridiventavano colline e valli e grandi catene di monti; impressionati ancora dal fatto che le più alte montagne, in ogni parte del globo, spesso presentano sulle loro più alte sommità strati di rocce che contengono organismi marini, conchiudono che esse ebbero origine dal fondo del mare. E inoltre, per il fatto che le più alte montagne sono anche le più recenti, e che queste grandi caratteristiche della superficie terrestre sono, per lo più, gli ultimi esempi dell'azione delle forze immani che devono avere agito dal principio alla fine dei tempi geologici, studiando per tutta la loro vita le più minute evidenze di questi cambiamenti, i geologi sono giunti a concludere che si tratta di enormi periodi, misurabili soltanto a centinaia di milioni di anni.

E gli studi dei fossili che rimangono dei lunghi periodi occorsi per le formazioni delle rocce, rafforzano questo mondo di vedere. In tutte le epoche della storia della

umanità, ed anche nei tempi preistorici durante i quali l'uomo esistette sulla terra, molte specie di animali sono state distrutte, ma non vi sono prove che, da queste, altre se ne siano sviluppate. Questa èra umana, per quanto possiamo spingere lo sguardo indietro, e ritornare all'epoca glaciale ed anche a quelle preglaciali, non può avere avuto una durata minore di un milione di anni, e vi sono anche di quelli che affermano che essa sia stata anche di più milioni di anni. Durante questo periodo debbono essere avvenuti di certo considerevoli alterazioni di livello, escavazioni di valli, depositi di letti immensi di ghiaia ed altri grandi cambiamenti della superficie terrestre. Sono stati adottati dei criteri di misura del tempo geologico, studiando i più piccoli cambiamenti avvenuti durante il periodo storico. Questi criteri di misura, bisogna convenirne, sono abbastanza imperfetti, ma sono sempre meglio che nulla, ed è paragonando i piccoli cambiamenti con quelli più grandi che devono essere avvenuti durante ogni stadio successivo dello sviluppo geologico, che si è potuto giungere a questi apprezzamenti del tempo geologico.

Tali risultati sono anche appoggiati dai paleontologi, per i quali il vasto panorama delle forme successive della vita rappresenta quasi una realtà sempre presente. Considerando l'ultimo stadio del periodo terziario, il pliocene di Carlo Lyell, tutte le nuove forme di vita sembra che abbiano percorso molte delle nostre specie ancora esistenti; facendo un altro passo addietro e considerando il miocene, si trovano indizi di un clima più

caldo in Europa e di un gran numero di mammiferi che somigliano molto a quelli che abitano attualmente i tropici; però le specie sono affatto distinte, e spesso anche i generi e le famiglie. Risalendo così nel passato della storia della terra, giungiamo a circa la metà del periodo terziario, ma se facciamo un confronto tra i grandi cambiamenti avvenuti nelle forme della vita, nel clima e nella superficie terrestre in tale mezzo periodo, e quelli minimi avvenuti durante l'epoca umana, sentiamo la necessità di moltiplicare il tempo occorso più e più volte.

Nondimeno l'intero periodo terziario, durante il quale tutti i grandi gruppi degli animali più perfetti si svilupparono da precedenti forme più generali e, relativamente poche, è per altro il più corto dei tre grandi periodi geologici. Il mesozoico, o secondario, sembra sia stato più lungo, poichè ha prodotto maggiori cambiamenti sulla crosta terrestre come nelle forme della vita; ed il paleozoico, o primario, che ci riconduce a quelle forme primitive di vita che possiamo ancora scorgere in alcuni resti fossili, è stato sempre creduto dai geologi lungo almeno quanto i due altri presi insieme, e probabilmente anche molto di più.

Da queste varie considerazioni i geologi hanno valutato il tempo geologico durante il periodo di formazione delle prime rocce fossili, ed hanno concluso che sono stati necessari almeno duecento milioni di anni. Ma dalla varietà delle forme della vita in questo primo periodo, si può dedurre che l'epoca della vita deve avere avuto una più lunga durata. Parlando della svariata fauna ma-

rina del periodo cambriano, il prof. Ramsay dice: «Per le varie forme della vita riconosciute come primitive non esiste alcuna prova che esse siano vissute proprio al principio della serie zoologica. Generalmente, al paragone del primitivo passato, sia in senso biologico che in quello fisico, tutti i fenomeni che hanno rapporti con questo antico periodo sembrano, secondo me, che siano addirittura di data recente, poichè i climi del mare e della terra erano eguali a quelli dei quali ora il mondo fruisce.» Ed il prof. Huxley sostiene un'opinione molto simile a questa, quando dichiara: «Se le piccole differenze che esistono fra le forme del cocodrillo dei primordi dell'epoca secondaria e quello dei nostri tempi forniscono un mezzo per approssimarci ad una valutazione media della rapidità con la quale si sono operati i cambiamenti dei rettili, è quasi una cosa che sbigottisce il riflettere come, potendoci internare nei tempi remoti del periodo paleozoico, possiamo sperare di giungere a quella stirpe comune da cui devono esser derivati i cocodrilli e le lucertole, gli *Ornithoscelidi* e i *Plesiosauroi*, che hanno raggiunto un tanto perfetto sviluppo nell'epoca triassica.»

Di fronte a queste domande dei geologi, nelle quali essi sono quasi tutti unanimi, valenti fisici, dopo molte considerazioni sulle possibili sorgenti del calore emanato dal sole, conoscendo quale sia la rapidità della propagazione del calore, dichiarano, con assoluta convinzione, che il nostro sole non può essere esistito come corpo propagatore di calore per un così lungo periodo, e vor-

rebbero perciò ridurre di molto il tempo durante il quale la vita probabilmente è esistita sopra la terra, affermando che al più deve esser limitato a un quarto di quello richiesto dai geologi. In uno dei suoi ultimi articoli lord Kelvin dice: «La dinamica ci prova irrefragabilmente che tutta la vita del nostro sole, come corpo luminoso, è stata di un molto limitato numero di milioni di anni, che forse non arriva a cinquanta milioni, o forse resta tra i cinquanta e i cento milioni.» (*Phil. Mag.*, vol. II, Ser. VI, p. 175 agosto 1901). – Nella mia *Island Life* (cap. X.) io stesso ho esposto le ragioni che ci permettono di supporre che i cambiamenti di stratificazione o biologici si sono operati con molta maggior rapidità di quel che possa supporre, e che il tempo geologico (intendendo con ciò il tempo occorso per lo sviluppo della vita sopra la terra), può esser ridotto così da essere compreso nel massimo periodo indicato dai fisici. Ma non vi sarà di certo tempo da perdere, e tutti i pianeti dipendenti dal nostro sole, il periodo d'abitabilità dei quali o è già passato, o deve venire, non possono avere avuto, o non potranno aver tempo sufficiente per la necessaria e lenta evoluzione delle più alte forme della vita. Inoltre tutti i fisici ritengono che il sole va raffreddandosi, e che la sua vita futura sarà ben più corta di quella passata. In una lettura fatta alla *Royal Institution* (pubblicata nella *Natura Series*, 1889) lord Kelvin dice: «Mi sembra che sarebbe oltre ogni dire temerario l'asserire che la terra abbia goduto sinora della luce del sole da più di venti

milioni d'anni, e il supporre che ne godrà ancora per un tempo maggiore di cinque o sei milioni.»

Queste citazioni servono a dimostrare come i fisici e i geologi siano molto lontani dall'aver ottenuto un'esatta valutazione dell'età passata e di quella futura del sole, e che vi è grande difficoltà per metterli di accordo sui veri fatti della storia geologica della terra, e su tutto l'andamento dello sviluppo della vita sopra di essa. Perciò ritorniamo alla solita conclusione, che non vi è stato e non vi è tempo da perdere: che tutto il passato periodo della vita del sole è stato utilizzato per lo sviluppo della vita sulla terra, e che il futuro non sarà molto più lungo di quel che può essere occorso per il compimento del gran dramma della storia umana e per lo sviluppo delle piene facoltà morali e mentali dell'uomo.

Abbiamo dunque un molto potente argomento, da un differente punto di vista di quelli che abbiamo antecedentemente considerati, per concludere che il posto dell'uomo nel sistema solare è unico, e che nessun altro pianeta ha potuto sviluppare, nè potrà sviluppare, una così perfetta e completa serie di vita come quella che la terra possiede presentemente; e che se anche le condizioni biologiche fossero state molto più favorevoli di quelle che abbiamo osservato sui pianeti Mercurio, Venere, e Marte, non sarebbe stato possibile che esse avessero conservato per una durata sufficiente quella uniformità di condizioni, richiesta per lo sviluppo della vita, perchè fin da età sconosciute devono essere andati lentamente verso la loro presente condizione del tutto inadat-

ta. Giove, ed i pianeti che si trovano al di là di esso, per i quali si suppone che lo sviluppo della vita avverrà in un remoto futuro, cioè quando si saranno lentamente raffreddati tanto da rendere la loro superficie abitabile, saranno allora molto meno illuminati e scarsamente riscaldati da un sole che si raffredda rapidamente, per cui diventeranno, ed è la migliore supposizione, globi di solido ghiaccio. Questo è quel che c'insegna la scienza del ventesimo secolo. Nondimeno si trova qualche astronomo, il quale, più di qualunque altro uomo di scienza dovrebbe occuparsi dei risultati delle scienze sorelle, alle quali tanto deve l'astronomia, che si perde in rapsodie come la seguente: «Nel nostro sistema solare questa piccola terra non ha avuto alcun privilegio speciale dalla natura, ed è assurdo il voler confinare la vita nel circolo della chimica terrestre.» E più oltre: «La infinità ci circonda da ogni parte, la vita è universale ed eterna, ma la nostra esistenza non è che un fugace momento, la vibrazione di un atomo in un raggio di sole, e il nostro pianeta non è che un'isola errante nel celeste arcipelago, al quale il pensiero non darà mai limite alcuno.»<sup>35</sup>.

In luogo degli «strani mondi roteanti» ho tentato di esporre le ragionevoli conclusioni date dagli studiosi pensatori che hanno ricercato la natura e la origine del mondo sul quale viviamo e dell'Universo che ci circonda. Lascio ai miei lettori il decidere quale sia la guida della quale possiamo fidarci.

---

35 Camillo Flammarion nel *Knowledge*, giugno 1903.

## **CAPITOLO XV.**

# **LE STELLE POSSEGGONO SISTEMI PLANETARI? – SONO ESSE UTILI A NOI?**

Molti di coloro che hanno scritto sulla pluralità dei mondi, da Fontanelle a Proctor, prendendo in considerazione l'enorme numero di stelle e la loro apparente inutilità per il nostro globo, hanno presunto che molte di esse devono avere un sistema di pianeti gravitanti intorno ad esse, e che alcuni di questi pianeti potrebbero in ogni evento possedere degli esseri, alcuni dei quali di bassa organizzazione, e alcuni perfetti almeno quanto lo siamo noi. Uno dei nostri più celebri astronomi moderni, il quale scriveva appena venti anni fa, adotta la medesima opinione, dicendo: «I soli, che noi chiamiamo stelle, non sono stati creati di certo per beneficio nostro, e poca è davvero l'utilità che da loro ricavano gli abitanti del globo terrestre. Poca è la luce che ci viene da esse; un piccolo satellite addizionale, assai più piccolo della

luna, sarebbe stato molto più utile di tanti milioni di stelle, che si rivelano a noi solo per mezzo del telescopio. Dunque esse devono essere state create per uno scopo ben diverso, e possiamo quindi supporre, con molta probabilità di non errare, che almeno quelle che hanno lo spettro sul tipo di quello solare, devono rappresentare i centri di sistemi planetari presso a poco simili al nostro.»<sup>36</sup>

Qui l'autore discute delle condizioni necessarie per una vita analoga a quella terrestre, cioè la temperatura, la rotazione, la massa, l'atmosfera, l'acqua, etc., anzi egli è il solo autore tra quelli che io conosco, il quale si occupi seriamente di queste condizioni, però sorvola rapidamente su di esse, e arriva alla conclusione che, nel caso delle stelle di tipo solare, è probabile che un pianeta, situato alla voluta distanza, sia adatto alla vita. Egli stima che il numero delle stelle di questo tipo, e che somigliano quindi immensamente al sole, sia di circa dieci milioni, e che se soltanto una su dieci possedesse un pianeta alla distanza voluta e ove tutte le altre condizioni della vita fossero pienamente stabilite, esisterebbero un milione di mondi adatti alla vita animale. Conclude quindi che, con tutta probabilità, esistono molte stelle che posseggono un pianeta abitato, gravitante intorno ad esse.

Vi sono però molte circostanze delle quali il detto scrittore non tiene conto, ma che contribuiscono a dimi-

---

36 J. E. Gore, *The Worlds of Space*, cap. III.

nuire considerevolmente il numero supposto. Sappiamo bene che l'immenso numero di stelle delle più piccole grandezze sono più vicine a noi della maggior parte delle stelle di prima e di seconda grandezza, perciò è molto probabile che le prime, come anche un considerevole numero di quelle poco luminose, cioè delle stelle telescopiche, siano veramente di piccole dimensioni, come d'altro canto è evidente che molte delle stelle più risplendenti sono molto più grandi del nostro sole; ad ogni modo, molto probabilmente, ne devono esistere di quelle che sono dieci volte più piccole. Orbene, noi abbiamo visto come tutto il periodo in cui il nostro sole ha emesso luce e calore sia stato, secondo le migliori autorità scientifiche, sufficiente appena allo sviluppo della vita terrestre. Ma la durata di un sole, come propagatore di calore, dipende prima di tutto dalla sua massa e dagli elementi che la costituiscono. Soli che siano molto più piccoli del nostro non possono, soltanto per questo fatto, emanare un'adeguata quantità di luce e di calore per un tempo sufficiente e abbastanza uniformemente, da permettere lo sviluppo della vita sui pianeti, anche se questi si trovino alla dovuta distanza e posseggano un ben disposto ordinamento di tutte le altre condizioni che ho dimostrato necessarie. Inoltre, noi dobbiamo fare astrazione, come addirittura disadatta allo sviluppo della vita, di tutta la regione della Via Lattea, a causa delle forze eccessive che vi agiscono, come ci dimostra l'immensa mole di molte stelle, il loro sterminato potere come propagatrici di calore, l'accumularsi di stelle e di materia

nebulosa, il gran numero di gruppi stellari e, specialmente (poichè quella è la regione delle stelle nuove) le grandi collisioni di masse di materia, sufficientemente grandi per divenire temporaneamente visibili alla immensa distanza alla quale noi ci troviamo, ma eccessivamente piccole paragonate con i soli, la durata della luce dei quali è misurata a milioni di anni. La Via Lattea è dunque il teatro di un gran movimento e di una grande attività, e la materia che in essa esiste subisce continui cambiamenti, ed in conseguenza non è bastantemente stabile per possedere, per lunghi periodi, mondi abitati.

Limitiamo dunque la possibilità dei sistemi planetari simili al nostro, adatti cioè allo sviluppo della vita, alle stelle situate dentro il cerchio della Via Lattea, ma lontane da essa, cioè a quelle che compongono il gruppo solare, il numero delle quali è stato valutato in modi molto diversi, tanto che lo si fa variare da poche centinaia a parecchie migliaia. Però tale numero è sempre ben piccolo, se lo paragoniamo alle centinaia di milioni di stelle che comprende l'Universo stellare. Ma anche qui troviamo che soltanto una parte di esse può essere adatta alla vita. Il professore Newcomb opina, come qualche altro astronomo, che le stelle, in generale, abbiano una più piccola massa in proporzione della luce che danno, di quella che possiede il nostro sole, e dopo un'elaborata discussione conclude che le stelle più lucenti sono in media molto meno dense del nostro sole, e per conseguenza non potranno dare luce e calore per un periodo così lungo, e siccome il periodo di attività solare è stato

appena sufficiente per la vita, il numero dei soli di tipo solare e di massa bastevole, deve essere molto limitato. Inoltre, se vi sono fra le stelle alcune che hanno una costituzione fisica simile al nostro sole ed una massa eguale o maggiore, solamente una parte del loro periodo luminoso sarebbe adatta per alimentare la vita planetaria. Mentre sono nel periodo di formazione, appropriandosi masse di materia solida o gassosa, sarebbero soggette a tali oscillazioni di temperatura ed a tali catastrofi eruttive, quando una massa più grande dell'ordinario fosse attratta verso di loro, che tutto questo periodo, forse la maggior parte della loro esistenza, dovrebbe esser tolto dal calcolo del tempo in cui il sole produce pianeti. E tutte queste stelle hanno per noi vari gradi di luminosità. È quasi certo che è soltanto quando il volume di un sole è quasi completato e il suo calore ha raggiunto il massimo, che l'epoca dello sviluppo della vita deve cominciare sopra i pianeti che gli stanno alla voluta distanza, e che posseggono tutti gli altri requisiti necessari.

Si potrebbe dire che vi è un gran numero di stelle al di là del nostro gruppo solare, ma sempre dentro il cerchio della Via Lattea, come anche verso i poli di essa, di cui non mi sono qui occupato. Ma di queste regioni pochissimo si sa, poichè è impossibile sapere se le stelle, in questa direzione, si trovino nella parte esteriore dell'ammasso solare, o in regioni al di là di esso. Alcuni astronomi, a quanto sembra, credono che quelle regioni possano essere prive di stelle, ed io ho tentato di esporre qual'è, o sembra essere l'opinione generale su questo

molto difficile soggetto, in due diagrammi dell'Universo stellare che sono inseriti a pagg. 402 e 403. Le regioni al di là del nostro gruppo e ai lati del piano della Via Lattea sono quelle dove abbondano le piccole nebulose irriducibili, il che starebbe ad indicare che ivi la formazione dei soli non è ancora attiva. La carta celeste in cui sono segnate le nebulose e gli ammassi, che si trova alla fine del volume, illustra ed appoggia questo modo di vedere.

## SISTEMI STELLARI DOPPI E MULTIPLI

Nel sesto capitolo abbiamo già visto quanto siano state rapide e straordinarie le scoperte sempre crescenti delle stelle doppie spettroscopiche, cioè di due stelle così vicine l'una all'altra, tanto da sembrare una sola, anche osservate coi più potenti telescopi. La ricerca sistematica di tali stelle è stata iniziata solamente da pochi anni, nondimeno ne sono state constatate già moltissime, ed il loro numero cresce con tanta rapidità da sorprendere gli astronomi. Uno dei più indefessi studiosi in questa materia, il prof. Campbell dell'osservatorio di Lick, opina che se l'accuratezza di queste misure aumenta, queste scoperte giungeranno a stabilire che «una stella che non sia spettroscopica doppia, sarà una rara eccezione». Altri illustri astronomi hanno espresso la medesima opinione. Ma questi sistemi di stelle che gra-

vitano tanto vicine l'una all'altra, sono generalmente classificate fuori della categoria dei soli che producono la vita. I disordini di marea che reciprocamente provocano devono essere enormi, e questo deve esser contrario allo sviluppo dei pianeti, a meno che essi non siano molto vicini al loro sole, ma in questo caso la loro posizione sarebbe invece molto contraria alla vita.

Vediamo dunque che i risultati delle più recenti ricerche sulle stelle si oppongono recisamente alla vecchia idea, che le innumerevoli miriadi di corpi luminosi possedano tutti dei pianeti gravitanti intorno ad essi, e che il vero scopo della loro esistenza sia quello di alimentarvi la vita, come il nostro sole l'alimenta sopra la terra. Quest'asserzione è molto lontana del vero, così che moltissime stelle sono state messe da parte come addirittura disadatte a tale scopo, e quando, per successive eliminazioni della stessa natura, ne fu ridotto il numero a pochi milioni o anche a poche migliaia, avvenne l'ultima sorprendente scoperta, che l'intera legione delle stelle contiene cioè dei sistemi doppî, che aumentano in numero con tanta rapidità da far affermare da parte di sommi astronomi contemporanei che una stella isolata sarà fra loro considerata come una rara eccezione. Questa immensa generalizzazione toglierebbe di mezzo, di un sol colpo, la maggior parte delle stelle e lascerebbe il nostro sole, che è certamente isolato, e forse qualche altro di simile mole, come i soli capaci, fra la legione stellare, di alimentare la vita sopra qualcuno dei pianeti che circolano intorno ad essi.

Ma noi non sappiamo con sicurezza se altri soli simili esistano, e, se esistono, non sappiamo se abbiano dei pianeti, e se hanno dei pianeti, non sappiamo se si trovano alla distanza voluta, o abbiano una massa sufficiente per rendere la vita possibile. Ma se anche queste primarie condizioni non mancassero, e se vi potessero essere non uno o due, ma dozzine di corpi, soddisfacenti tutti a tali condizioni, quale probabilità vi può essere che tutte le altre condizioni di perfetto ordinamento, di delicato equilibrio delle forze più opposte – che abbiano veduto prevalere sopra la terra, e la combinazione delle quali è dovuta a tale eccezionale caso, che non può esistere sopra alcun altro pianeta conosciuto – siano coesistenti ancora in alcuno dei possibili pianeti di questi possibili soli?

Io voglio ammettere anche che tutte queste probabilità possano coesistere, purchè si possa presumere che tutte le stelle possano essere, nelle loro parti più essenziali, simili al nostro sole, poichè in tal caso sarebbe cosa ridicola il supporre che questo sia il solo in una posizione tale da alimentare la vita. Ma quando sappiamo che enormi categorie di stelle, come quelle gassose di piccola densità, le solari che crescono in grandezza e temperatura, quelle che sono molto più piccole del nostro sole, le nebulose, probabilmente tutte le stelle della Via Lattea, e tutte le miriadi delle doppie telescopiche, vera verga d'Aronne che minaccia di sopprimere tutto il resto, sono tutte, per diverse ragioni, nell'impossibilità di possedere pianeti capaci dello sviluppo della vita, al-

lora sorgono in gran numero le probabilità contrarie all'esistenza di numerosi soli accompagnati da pianeti abitabili. Ma l'abitabilità di tutti i pianeti e dei più grandi satelliti, un tempo creduta tanto probabile, anzi cosa sicura, ora è quasi messa da banda, tanto che Gore, parlando della vita nei sistemi stellari, presume che solamente un pianeta per ciascun sole possa essere abitabile. Così può avvenire, ed io sono di questa opinione, che fra le tante miriadi di stelle, per quel che sappiamo di esse, sempre e sempre più diminuirà lo scarso residuo di quelle che, a quanto possiamo supporre, illuminano e vivificano pianeti abitabili. E se a tanto poche probabilità aggiungiamo la pochissima verosimiglianza che ognuno di questi pianeti posseda, contemporaneamente e per una sufficiente durata, tutto l'ordine delicato e complicato delle condizioni che, come sappiamo, sono indispensabili per un pieno sviluppo della vita, allora il presumere che soltanto sul nostro globo possa esistere, completamente e perfettamente, un tale sviluppo, non sarà cosa irragionevole, come finora è stato creduto.

## SONO LE STELLE UTILI PER NOI?

Quando, nella mia prima pubblicazione che si riferiva a questo soggetto, dissi che qualche emanazione proveniente dalle stelle poteva essere o benefica o contraria alla vita, e che una posizione centrale poteva forse esser

necessaria, allo scopo di equilibrare queste emanazioni, uno degli astronomi miei critici rise di tale idea, e dichiarò che «possiamo errare nello spazio, senza tema di rischiar nulla, tanto nelle notti serene, come in quelle nuvolose in cui non possiamo vedere le stelle.»<sup>37</sup> Il mio critico non ci dice come egli sappia che sia proprio così. Egli asserisce ciò positivamente, senza alcuna restrizione, come se si trattasse di cosa sicura. È dunque bene il domandare se vi sia qualche prova da addurre per questa cosa tutt'ora indecisa.

Gli astronomi sono tanto occupati dei numerosi e varii fenomeni che l'Universo stellare presenta, e dei tanti e difficili problemi che vorrebbero risolvere, che pochi hanno dato molta attenzione a casi di minore importanza, ma non di minore interesse. Un problema meno importante è, senza dubbio, quello la cui soluzione potrebbe rivelarci quanto calore e quali altre irradiazioni riceviamo dalle stelle, ma dalle poche osservazioni fatte, è risultato che hanno, esse pure, importanza relativa.

Negli anni 1900 e 1901 E. F. Nichols, dell'osservatorio di Yerkes, fece una serie di esperimenti con un radiometro di speciale costruzione, per determinare la quantità di calore emesso da certe stelle. Il risultato ottenuto fu che Vega dà circa  $\frac{1}{200.000.000}$  di calore di una candela ad un metro di distanza, e Arturo circa due volte e due decimi di più.

---

<sup>37</sup> *The Fortnightly Review*, aprile 1903, p. 60.

Nel 1895 e nel 1896 G. M. Minchin fece una serie di esperimenti sulla misura elettrica della luce stellare per mezzo di una camera fotoelettrica di speciale costruzione, sensibile a tutti i raggi dello spettro ed anche a qualche raggio ultra rosso ed ultra violetto, alla quale fu unito un delicatissimo elettrometro. Il telescopio impiegato per concentrare la luce aveva un riflettore di due piedi di apertura. Minchin fu assistito in questi esperimenti dal prof. G. F. Fitzgerald, membro della Società Reale, del Collegio della Trinità di Dublino, il che può considerarsi come una garanzia dell'accuratezza delle osservazioni. Il risultato ottenuto fu questo:

	SORGENTE DI LUCE	DEVIAMENTO IN MILLIMETRI	LUCE IN CANDELE	MISURA ELETTRICA IN VOLTS
1896	Candela alla distanza di 10 piedi	18,70		
	Betelgeuse (grandezza 0,9)	12,80	0,685	0,026
	Aldebaran (grandezza 1,1)	5,21	0,279	0,012
	Procione (grandezza 0,5)	4,89	0,261	0,011
	$\alpha$ del Cigno (grandezza 1,3)	4,90	0,262	0,011
	Polare (grandezza 2,1)	3,10	0,166	0,007
1895	1 volt.	432,00		
	Arturo (grandezza 0,3)	8,2	1,01	0,019
	Vega (grandezza 0,1)	11,5	1,42	0,026
	Candela a 10 piedi	8,1		

N. B. – La candela di paragone illuminava direttamente la camera, ove la luce della stella era concentrata da uno specchio di due piedi.

La superficie sensibile sulla quale la luce della stella fu concentrata aveva un diametro di un ventesimo di pollice. Perciò dobbiamo diminuire la quantità della luce in candele, indicata su questa tavola, in proporzione del quadrato del diametro dello specchio, (un ventesimo di pollice) per ciascuna, eguale a  $\frac{1}{23\ 0400}$ . Se noi facciamo la necessaria riduzione nella casella di Vega ed eguagliamo la distanza alla quale la candela fu posta, otterremo il seguente risultato:

OSSERVATORI	STELLE	POTENZA DELLA CANDELA A 10 PIEDI
Minchin	Vega	$\frac{1}{162\ 250}$
Nichols	Vega	$\frac{1}{22000000}$

Questa enorme differenza sul risultato si può con certezza attribuire al fatto che l'apparato di Nichols misurava solamente il calore, mentre la camera di Minchin misurava quasi tutti i raggi, e perciò Nichols trovò che Arturo era una stella rossa più calda di Vega, che è una stella bianca, ma Minchin, misurando l'emissione della luce e di altri raggi chimici, trovò che Vega era considerevolmente più energica di Arturo. Questi confronti ci dicono anche che altri metodi di misura possono darci

risultati anche più precisi, ma non possiamo a meno di notare che tali piccole differenze devono necessariamente ben poco influire sul mondo organico.

Vi sono però alcune considerazioni che tendono a un risultato contrario. Minchin parla del fatto inaspettato che Betelgeuse manifesta un'energia elettrica maggiore del doppio di quella di Procione, stella molto più grande; ciò indica che molte stelle, di minor grandezza visiva, possono emanare una quantità maggiore di energia, la quale, come ora noi sappiamo, può prendere molte strane e varie forme, e probabilmente può avere qualche influenza sulla vita organica. Nè possiamo dire che la quantità di tale energia sia troppo piccola per ottenere qualche effetto sensibile, poichè sappiamo che la piccolissima quantità di luce emessa dalle più piccole stelle telescopiche produce tali alterazioni chimiche, sopra le lastre fotografiche, tanto da formare distinte immagini anche adoperando lenti o riflettori relativamente piccoli, e con una esposizione di due o tre ore appena. E se non fosse la luce diffusa nel firmamento circostante, la quale agisce sopra le lastre, e rende assai sbiadite le immagini che vi rimangono impresse, potrebbero esser fotografate anche altre stelle molto più piccole.

Sappiamo che non tutti i raggi emessi da un corpo, ma soltanto una parte di essi è capace di produrre questi effetti, sappiamo altresì che le stelle posseggono molte specie di radiazioni, alcune delle quali probabilmente non sono state ancora scoperte, paragonabili ai raggi X, e ad altre forme di radiazione. Dobbiamo altresì ram-

mentare l'infinita varietà e la grande instabilità dei prodotti protoplasmatici degli organismi viventi, molti dei quali sono forse tanto sensibili ai raggi speciali, quanto le lastre fotografiche, e che le radiazioni stellari non si limitano ad un'azione di pochi minuti o di poche ore, ma durano per tutto il giorno e per tutta la notte, e persistono, quando il cielo è sereno, per mesi ed anni. Così gli effetti cumulati di queste debolissime radiazioni possono divenire notevoli. È probabile che la loro azione abbia maggior influenza sulle piante, nelle quali si trovano tutte le condizioni richieste perchè si accumulino e si utilizzino, e perchè esse posseggono un grande sviluppo di superficie, rappresentata dalle foglie, esposta a tutte le radiazioni. Un albero grande può presentare molte centinaia di piedi di superficie di ricezione, ed anche gli arbusti e le erbe spesso hanno l'area totale del loro fogliame grande quanto l'obbiettivo dei nostri più grandi telescopi. Alcuni dei più complicati processi chimici che avvengono nelle piante, possono essere aiutati da queste radiazioni, e la loro azione sarebbe aumentata dal fatto che, venendo da ogni direzione della superficie dei cieli, i raggi provenienti dalle stelle sarebbero capaci di arrivare e di agire sopra ogni foglia nelle più fitte masse di fogliame. Il crescere delle piante, fenomeno che si verifica durante la notte, può essere in parte dovuto a questo agente.

Certo tutto ciò non rappresenta che una pura speculazione, ma io ammetto – riferendomi al fatto che la luce delle stelle più deboli produce dei cambiamenti fisici

ben evidenti, e che anche i più lievi effetti di calore sono misurabili, come le forze elettro meccaniche cagionate da esso – che, quando consideriamo i milioni, anzi le centinaia di milioni di stelle che agiscono simultaneamente sopra ogni organismo che può essere sensibile alla loro azione, il supporre che devono produrvi qualche effetto, e forse importante, mi sembra non sia cosa da esser sommariamente respinta come del tutto assurda, e alla quale non deve darsi alcuna importanza.

Ma non è a queste possibili e dirette azioni delle stelle sopra gli organismi viventi che io attribuisco molto valore, per quel che riguarda la nostra posizione centrale nell'Universo stellare. Ulteriori considerazioni su questo soggetto mi hanno convinto che la fondamentale importanza di questa posizione è addirittura fisica, come già affermarono Normanno Lockyer e molti altri astronomi. Riassumendo, adunque, la posizione centrale sembra sia l'unica dove i soli possano avere una sufficiente stabilità e longevità, tanto da esser capaci di cooperare al lungo processo dello sviluppo della vita in qualche pianeta da essi dipendente. Tratteremo questo soggetto, svolgendolo ancora più nel prossimo capitolo, col quale concluderemo.

# **CAPITOLO XVI.**

## **STABILITÀ DEL SISTEMA STELLARE.**

### **IMPORTANZA DELLA NOSTRA POSIZIONE CENTRALE**

Una delle maggiori difficoltà, per quel che riguarda il vasto sistema di stelle che ci circonda, è la questione della sua permanente stabilità, se non assoluta e indefinita, nondimeno per un periodo abbastanza lungo, qualcosa come molti milioni di anni, necessari perchè la nostra vita terrestre abbia potuto svilupparsi. Questo periodo, nel caso della terra, come ho già sufficientemente dimostrato, ha avuto dal principio alla fine un carattere essenziale, quello di una grande uniformità, la quale è quasi certo durerà ancora per qualche milione d'anni.

Ma i nostri astronomi matematici possono non trovare indizi della stabilità dell'Universo stellare nel suo insieme, se esso è solamente soggetto alla legge di gravi-

tazione. Replicando ad alcune questioni su questo punto, il mio amico prof. Giorgio Darwin scrive così: «Un sistema simmetrico e anulare di corpi, può gravitare in un circolo, con o senza un corpo centrale, ma tale sistema non sarebbe stabile, e se i corpi fossero di mole ineguale e non disposti simmetricamente, il disordine del sistema avverrebbe assai più rapidamente che nel caso ideale della simmetria.»

Ciò significa che il gran sistema anulare della Via Lattea non è stabile. Ma se così è, la sua esistenza è più misteriosa che mai. Quantunque nelle particolarità la sua struttura sia molto irregolare, l'insieme è meravigliosamente simmetrico, e sembra quasi impossibile che la sua forma anulare possa esser il risultato di una casuale aggregazione di materia, proveniente da una preesistente e differente forma. I gruppi stellari sono egualmente instabili, o, per meglio dire, non si conosce nulla, perchè nulla è stato detto circa la loro stabilità o instabilità, secondo i professori Newcomb e Darwin.

E. T. Whittaker, segretario della Real Società Astronomica, al quale il prof. Darwin inviò il mio quesito, scrive: «Dubito assai che il principale fenomeno dell'Universo stellare sia una conseguenza assoluta della legge di gravitazione. Io pure studiai indefessamente le nebulose a spirale, ed arrivai ad una certa spiegazione, ma elettrodinamica e non gravitativa. In conclusione rimane da vedersi se fra i corpi di quella immensa estensione della Via Lattea e delle nebulose, l'effetto che noi chiamiamo di gravitazione è dato dalla legge di Newton;

e per l'appunto l'ordinaria formula di attrazione elettrostatica cade, quando consideriamo le masse moventisi con tanta velocità.»

Accettando queste opinioni di due matematici che hanno studiato il problema con speciale attenzione, non possiamo affermare che le leggi di gravitazione siano state le sole a determinare la forma presente dell'Universo stellare. Ciò è cosa assai importante per noi, perchè in tal modo evitiamo di arrivare ad una conclusione che molti astronomi credono inevitabile, cioè che il movimento proprio delle stelle non può essere spiegato dalle forze gravitative del sistema stesso. Nel capitolo ottavo di questo lavoro ho citato i calcoli del prof. Newcomb circa il risultato della legge di gravitazione in un Universo di cento milioni di stelle, ognuna delle quali abbia un volume cinque volte maggiore del nostro sole, moventesi in una sfera, per traversare la quale fossero necessari almeno trentamila anni. In tal caso un corpo, cadendo dai limiti esterni del sistema verso il centro, potrebbe acquistare una velocità massima di venticinque miglia al secondo, e perciò ogni corpo, in qualunque parte dell'Universo si trovasse, possedendo una velocità maggiore, passerebbe nell'infinito spazio; ma siccome molte stelle, almeno per quel che si crede, hanno una velocità maggiore di quella supposta dal prof. Newcomb, ne verrebbe per conseguenza che, non soltanto esse dovrebbero allontanarsi dal nostro Universo, ma che mai più potrebbero ad esso appartenere, poichè la loro velocità altrove aumenterebbe. Questa sembra esse-

re stata l'idea degli astronomi, i quali hanno affermato che, anche con la moderata rapidità che possiede, il nostro sole, in cinque milioni d'anni, si internerebbe profondamente nella Via Lattea. A questo ho già dato adeguata risposta, ma voglio metter sotto gli occhi dei miei lettori un eccellente ed importante commento fatto ad un'osservazione del defunto prof. Huxley, ed il risultato voi lo rileverete dai calcoli matematici che dipenderanno interamente dai dati che voi adotterete.

Nel *Philosophical Magazine* (gennaio 1902) si trova un bell'articolo di lord Kelvin, nel quale l'autore discute il medesimo problema che Newcomb discusse molto prima; ma, partendo da differenti presunzioni, egualmente basate sopra fatti accertati e probabilità da quelle dedotte, ottenne un assai differente risultato.

Lord Kelvin immagina una sfera di raggio tale che una stella posta all'estremità di questo abbia una parallasse di un millesimo di secondo ( $0",001$ ) equivalente a 3215 anni di luce. Distribuita con uniformità in tutta questa sfera, immagina della materia eguale in massa a mille milioni di soli come il nostro. Se questa materia obbedisse alla legge di gravitazione, comincerebbe a muoversi in principio con grandissima lentezza, specialmente verso il centro. Ma in venticinque milioni di anni molti di questi soli acquisterebbero una velocità dalle dodici alle venti miglia al secondo, mentre altri percorrerebbero poco meno ed altri probabilmente più di settanta miglia al secondo. Queste velocità si accordano in generale con le velocità misurate nelle stelle, e lord Kel-

vin crede che vi sia nella suddetta distanza, tanta materia quanta ne comprende un milione di soli. Quindi, aggiunge, se noi supponiamo che esistano dieci milioni di soli dentro la medesima sfera, la velocità prodotta sarebbe molto più grande di quella che noi conosciamo nelle stelle; può darsi adunque che esista una quantità di materia molto minore di quella che sarebbe compresa in dieci milioni di soli, ed aggiunge che se questa materia non fosse distribuita nella sfera con uniformità, allora, qualunque ne fosse l'irregolarità, il moto acquistato sarebbe maggiore. Questo serve a dimostrare una volta di più che i 1000 milioni di soli basterebbero per produrre l'effetto osservato nel movimento stellare. Egli calcolò allora la media della distanza che dovrebbe intercedere fra ciascuna dei 1000 milioni di stelle, e trovò che è di circa 300 milioni di milioni di miglia. Ma la stella più vicina al nostro sole ne è lontana circa ventisei milioni di milioni di miglia, cioè, come l'evidenza dimostra, è situata nella parte più densa del gruppo solare. Questo compensa largamente della relativa mancanza di stelle nello spazio compreso fra il nostro gruppo e la Via Lattea, e in tutta la regione che si trova verso i poli della Via Lattea, come dimostra il diagramma del IV capitolo, e la relativa densità della maggior parte della Via Lattea stessa, può servire a completare la media.

Precedenti scrittori sono giunti a conclusioni diverse, pur seguendo lo stesso metodo d'argomentazione, per il fatto che il loro ragionamento è basato su diversi presupposti. Il prof. Newcomb, di cui le conclusioni, pub-

blicate qualche hanno fa, sono generalmente accettate, presume cento milioni di stelle, ciascuna cinque volte più grande del nostro sole, in totale perciò equivalenti a cinquecento milioni di soli, e le distribuisce uniformemente in una sfera che abbia un diametro di 30 mila anni di luce; così alla metà della materia totale immaginata da lord Kelvin, fa corrispondere un'estensione cinque volte maggiore. Il risultato è che la gravitazione potrebbe produrre soltanto un massimo di velocità di venticinque miglia al secondo, mentre invece lord Kelvin opina che si produrrebbe una velocità massima di settanta miglia al secondo e forse anche maggiore. Questi ultimi calcoli creano una insuperabile difficoltà per quel che riguarda la velocità delle stelle, la quale è superiore a quelle che può produrre la forza di gravitazione, perchè le velocità astrattamente calcolate rappresentano il risultato inevitabile cui debbono sottostare i corpi distribuiti uniformemente nello spazio. La distribuzione irregolare, tal quale noi la vediamo per ogni dove dell'Universo, produrrebbe maggiore o minore velocità; e se terremo poi conto delle collisioni ed anche del maggior avvicinarsi delle grandi masse, che cagionano le grandi catastrofi distruttive nel cielo, potremmo avere un aumento di movimento quasi come quello suddetto, ma siccome questo movimento nell'interno del sistema sarebbe prodotto per gravitazione, dovrebbe egualmente esser determinato dalla legge di gravitazione.

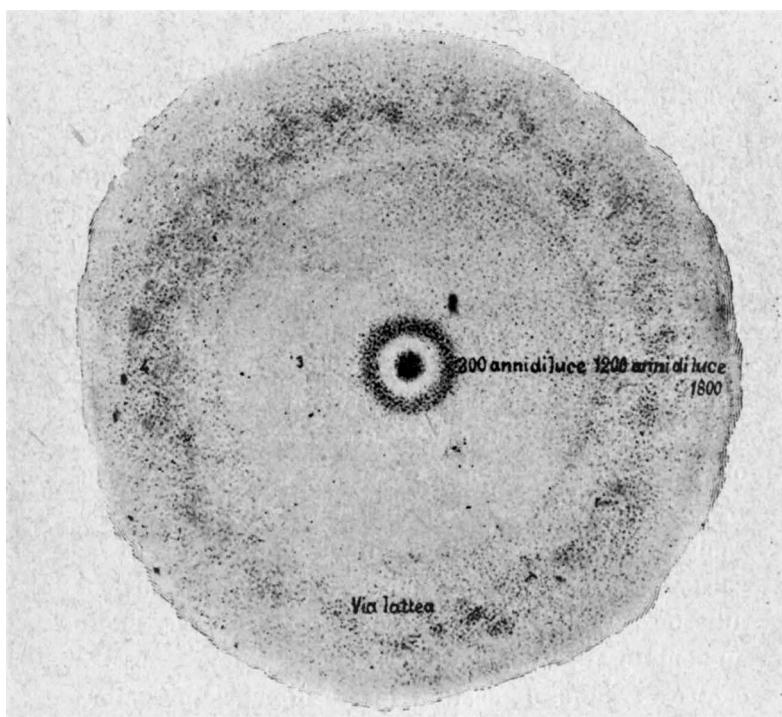
Affinchè i lettori possano meglio intendere il calcolo di lord Kelvin ed anche la conclusione generale degli

astronomi, circa la forma e la dimensione dell'Universo stellare, riproduco due diagrammi, uno del piano centrale della Via Lattea, l'altro di una sezione attraverso i suoi poli; ambedue sono disegnati sulla medesima scala e dimostrano che il diametro totale attraverso la Via Lattea, è di 3600 anni di luce, vale a dire circa la metà di quello richiesto da Lord Kelvin per il suo ipotetico Universo. Dico questo perchè le dimensioni date da esso sono quelle che bastano a provocare i movimenti presso il centro, quali li posseggono adesso le stelle, in un periodo minimo di 25 milioni di anni dopo l'iniziale assetto, e quali si suppone che ritorneranno in epoche ulteriori, quindi tutto il sistema potrebbe essere molto aumentato d'estensione per l'aggregazione verso il centro e vicino a questo. Queste dimensioni sembra si accordino sufficientemente con le reali distanze delle stelle già misurate. La parallasse più piccola misurata con sufficiente precisione, secondo l'elenco del Prof. Newcomb, è quella di  $\gamma$  di Cassiopea, che è di un centesimo di secondo ( $0''{,}01$ ), mentre lord Kelvin non ne dà alcuna più piccola di  $0''{,}02$ , e queste sarebbero tutte comprese nell'ammasso solare, come ho dimostrato.

Deve comprendersi chiaramente che queste due illustrazioni sono semplici diagrammi, che mostrano le sezioni principali dell'Universo stellare secondo i migliori e più attendibili dati con proporzionate dimensioni, per quanto l'andamento e la distribuzione delle stelle e le opinioni degli astronomi che hanno studiato attentamente il soggetto possono armonizzare fra loro. Non posso

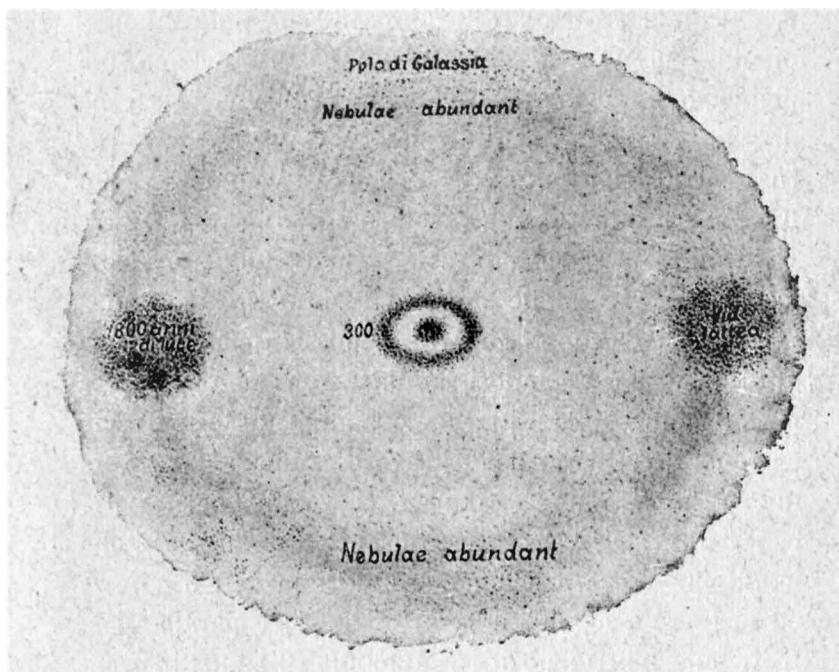
certamente affermare che l'ordinamento dell'Universo sia realmente tanto regolare quanto nel mio disegno, ma ho tentato, per mezzo di chiaroscuri, di rappresentare le densità stellari relative delle diverse parti dello spazio che ci circonda. Alcune altre brevi spiegazioni mi sembrano necessarie.

### DIAGRAMMA DELL'UNIVERSO STELLARE (Piano)



1. Parte centrale dell'ammasso solare. – 2. Orbita del sole (macchia nera). – 3 Limite esterno dell'ammasso solare. – 4. Via Lattea.

## DIAGRAMMA DELL'UNIVERSO STELLARE (Sezione)



Sezione attraverso i poli della Via Lattea

L'ammasso solare, rappresentato molto densamente nella parte centrale, occupa un decimo del diametro di questa; è nelle vicinanze della parte esterna di questo addensamento centrale che si crede sia situato il nostro sole. Al di là di questo ammasso sembra esista uno spazio quasi vuoto, passato il quale si incontra la parte più esterna dell'ammasso, consistente in rare stelle sparse, che formano in tal guisa una specie di gruppo anulare, somigliante nella forma alla bellissima nebulosa anulare che si vede nella costellazione della Lira, come hanno

detto parecchi astronomi. Vi sono delle prove dirette in favore di questa forma anulare. Il prof. Newcomb, nel suo recente libro: *The Stars*, dà un elenco di quelle stelle la cui parallasse è ben conosciuta; sono sessantanove, ed ordinate secondo il valore delle loro parallassi si trova che non meno di trentacinque hanno una parallasse fra  $0''1$ , e  $0''4$  di secondo, il che dimostra che esse fanno parte della massa centrale; la parallasse di tre altre è da  $0''4$  a  $0''75$ , e ciò indica che queste attualmente sono le più vicine a noi, pur essendo a una enorme distanza. Quelle che hanno una parallasse più piccola di un decimo, fino a un centesimo di secondo, sono soltanto 31 in tutto, ma siccome sono diffuse in una sfera che è grande dieci volte il loro diametro, e perciò mille volte il volume della sfera contenente quelle che hanno una parallasse maggiore di un decimo di secondo, devono essere immensamente più numerose, benchè molto più rade. Il fatto più importante è che, se arriviamo ad una parallasse di  $0''06$ , troviamo solamente tre stelle già misurate, per cui quelle fra  $0''02$  e  $0''06$  con egual grado di parallasse, sono ventisei, e siccome queste sono sparse in tutte le direzioni, indicano uno spazio quasi vuoto seguito da un anello esterno di media densità.

Nello spazio enorme che resta fra il nostro ammasso e la Via Lattea ed anche sopra e sotto il suo piano e verso i poli di essa, le stelle sono molto rade, e forse sono sparse con maggior densità nel piano della Via Lattea che ai lati di esso, dove le nebulose irresolubili sono in tanta copia, nè è forse improbabile che esista uno spazio

vuoto al di là del nostro ammasso, ed anche di considerevole ampiezza. Almeno così è stato supposto, ma di questo non possiamo esser sicuri, finchè non si trovino altri mezzi di misura per le parallassi che restano fra un centesimo ed un cinquecentesimo di secondo.

Questi diagrammi servono altresì a mettere in rilievo un altro punto importantissimo per le opinioni che sosteniamo. Mettendo il sistema solare verso i margini esterni della densa agglomerazione centrale dell'ammasso solare, (ed è possibile che questo ammasso includa una grande parte di stelle oscure e sia quindi molto più denso verso il centro di quel che appare ai nostri occhi) si può benissimo supporre che il sistema solare rotei con le altre stelle che compongono l'intero ammasso intorno al centro di gravità del sistema stesso, poichè la forza di gravità verso quel centro può essere forse venti o anche cento volte più grande che verso la meno densa e la molto più remota parte del gruppo.

Il sole, come indica il diagramma, è di circa 30 anni di luce lontano dal centro, il che corrisponde ad una parallasse di poco più di un decimo di secondo, cioè a una attuale distanza di centonovanta milioni di milioni di miglia, eguale a circa settantamila volte la distanza del sole da Nettuno. Nondimeno vediamo che questa posizione è relativamente tanto poco lontana dal vero centro dell'Universo stellare, che se dobbiamo qualche benefica influenza a questa posizione centrale, in rapporto alla Via Lattea, certo ne godiamo come se fossimo situati proprio nel centro. Ma se la situazione è quella già indi-

cata, non esiste alcun'altra difficoltà per ammettere che il movimento proprio trasporta il sole da un lato all'altro della Via Lattea in un tempo minore di quello richiesto per lo sviluppo della vita sopra la terra. E se l'ammasso di cui fa parte il sole è veramente presso a poco globulare e sufficientemente denso, tanto da servire come centro di gravità per tutte le stelle dell'altro ammasso che vi ruota intorno, tutte le stelle che lo compongono e che non sono situate nel piano del suo equatore, e quindi in quello della Via Lattea, devono roteare obliquamente, secondo varii angoli, rispetto all'angolo di  $90^\circ$ . Questi numerosi movimenti divergenti, insieme coi movimenti delle stelle che si trovano esternamente all'ammasso, alcuna delle quali può roteare intorno ad altri centri di gravità che potrebbero essere anche corpi oscuri, darebbero forse una sufficiente spiegazione del movimento di molte stelle, apparentemente disordinato.

#### UNIFORME QUANTITÀ DI CALORE DOVUTA ALLA POSIZIONE CENTRALE

Siamo arrivati ad un punto del più grande interesse per quel che riguarda il problema del quale cerchiamo la soluzione. Abbiamo veduto quanto grande sia la differenza che passa fra le diverse valutazioni del tempo calcolato per tutto lo sviluppo della vita, secondo i geologi e i fisici, ma la posizione che abbiamo ora indicata per il

sole, nella parte estrema dell'ammasso stellare centrale, può fornirci qualche aiuto per risolvere il quesito. Quella che si ricerca è la ragione per la quale il calore solare si sia mantenuto durante gli enormi periodi geologici, che presentano sorprendente uniformità di temperatura. L'immenso ammasso anulare centrale, con la sua massa centrale condensata, che presumibilmente ha impiegato per formarsi un tempo molto più lungo di quello durante il quale la terra ha ricevuto calore dal sole, in tutto questo tempo deve avere esercitato un'attrazione potente sulla materia diffusa nello spazio intorno ad esso, spazio che adesso è, apparentemente, quasi vuoto, se lo paragoniamo a quello che deve essere stato. Constatiamo alcuni residui di quella materia nei numerosi meteoriti che cadono nel nostro sistema. Una posizione verso la parte esterna di questa aggregazione centrale di soli sarebbe evidentemente molto favorevole per l'accrescimento di una considerevole massa. L'enorme distanza che separa i corpi componenti la parte esterna di tutto l'ammasso, (cioè l'anello esterno) permetterebbe invece ad una grande quantità di materia fluttuante di sfuggire, ma i soli più grandi, situati vicini alla superficie dell'interno addensamento dell'ammasso, attirerebbero e si approprierebbero la maggior parte di questa materia.<sup>38</sup>

---

38 Scrivendo questo capitolo mi è capitato sott'occhio una pubblicazione di Luigi D'Auria, che applica le matematiche al movimento stellare. Sono contento di constatare che, pure partendo da considerazioni assolutamente differenti, l'autore abbia creduto necessario di collocare il sistema solare ad una distanza dal

I diversi pianeti del nostro sistema cominciarono a formarsi da una quantità di materia che fluttuava vicino al piano dell'eclittica, ma molta di questa, che veniva da altre direzioni, deve essere stata attirata verso il sole o verso i soli suoi vicini. Parte di questa sarebbe direttamente caduta su di esso, altre masse, derivanti da differenti direzioni, si sarebbero urtate l'una con l'altra, avrebbero avuto il loro movimento interrotto, e sarebbero cadute sul sole. E fino a che la materia, mai in grandi masse, continuava a cadere su di esso, gli aumenti che avvenivano nel suo volume e nel suo calore sarebbero stati talmente lenti e gradualmente, da non essere in alcun modo nocivi ad un pianeta situato alla distanza della terra.

Il punto saliente del quale desidero qui parlare è che in tempi remoti la maggior parte della materia dell'intero Universo stellare fu, o per la forza di gravità, o per una combinazione di forze elettriche, come ci ha detto Whittaker, attratta nel grande anello che forma il sistema della Via Lattea, il quale, come si può presumere, ruota lentamente. Invece fu rallentato il flusso originario della materia verso il centro della massa dell'Universo stella-

---

centro non molto lontana dalla posizione che gli ho data io. Egli scrive: «Vi sono buone ragioni per supporre che il sistema solare sia situato quasi nel centro della Via Lattea, e siccome questo centro, secondo la nostra ipotesi, coinciderebbe col centro dell'Universo, la distanza di centocinquantanove anni di luce presunta non è troppo grande, nè può essere troppo piccola.» *Journal of the Franklin Institute*, marzo 1903.

re, che probabilmente attrasse a sè le più vicine quantità del materiale sparso in tutte le direzioni nello spazio intorno ad esso.

Se la grande massa di materia immaginata da lord Kelvin non ebbe un moto di rivoluzione, ma cadde continuamente verso il centro, i movimenti sviluppatasi quando i corpi più distanti si avvicinarono a quel centro, sarebbero stati rapidissimi: ma se vi fossero caduti da ogni direzione, sarebbero divenuti sempre più densamente aggregati, e collisioni tremende e calamitose sarebbero frequentemente avvenute, ed avrebbero resa la parte centrale dell'Universo la *meno* solida e la *meno* atta allo sviluppo della vita.

Nelle condizioni che attualmente prevalgono, tutto ciò avviene a rovescio. La quantità di materia che rimane fra il nostro gruppo e la Via Lattea essendo relativamente piccola, l'aggregamento attorno ai soli avviene più regolarmente e più lentamente. I movimenti acquistati dal nostro sole e dagli altri soli vicini, sono stati frenati da due cause: 1) La loro vicinanza al centro del gruppo lentamente formatosi, in cui il moto dovuto alla gravità è minimo; 2) la leggera attrazione differenziale lungi dal centro della Via Lattea dalla parte più vicina a noi. Inoltre quest'azione protettiva della Via Lattea si è anche verificata, in minore proporzione, nella formazione dall'anello esterno del gruppo solare, il quale ha così preservato il centro del gruppo stesso da un troppo abbondante e diretto flusso di grandi agglomeramenti di materia.

Quantunque la materia che compone la parte esterna dell'Universo originario sia stata, fino ad una grande estensione, compresa nel vasto sistema della Via Lattea, sembra probabile, e fors'anche è certo, che qualche quantità di materia sia sfuggita alla forza d'attrazione, passando attraverso i suoi numerosi spazii aperti, indicati dalle fenditure, dai canali e dalle macchie che si trovano nella Via Lattea, e che sono state già descritte, affluendo così senza impedimenti verso il centro della massa dell'intero sistema. La quantità di materia che dai remotissimi spazii che si trovano al di là della Via Lattea avrebbe in tal modo raggiunto il gruppo centrale, potrebbe anche essere ben poca cosa in confronto di quella trattenuta per costruire il meraviglioso sistema stellare, ma il suo totale potrebbe nondimeno esser tanto grande da sostenere una parte importante nella formazione dell'ammasso solare centrale. Tale materia avrebbe perciò affluito quasi continuamente verso l'ammasso, e nel momento in cui lo raggiungeva la sua velocità sarebbe stata grandissima. Quindi, se la materia è copiosamente diffusa, e consiste in masse di piccola o mediocre grandezza in confronto dei pianeti e delle stelle, fornisce l'energia necessaria per portare questi corpi, lentamente formati, alla voluta intensità di calore per dare origine a stelle luminose.

Così, io credo, abbiamo trovata un'adeguata spiegazione per il lunghissimo e continuo periodo in cui il sole ha emesso luce e calore, come fors'anco di molti altri soli che abbiano su per giù una simile posizione nel

gruppo solare. Questi, avrebbero cominciato coll'aggregarsi gradualmente in considerevoli masse per il lento movimento della materia diffusa verso la parte centrale del primitivo Universo; in un ulteriore periodo, il loro movimento si sarebbe accresciuto per un costante e forte irrompere di materia, proveniente dalle regioni esteriori, e dotata di tal velocità, che sarebbe materialmente bastata per produrre e mantenere la temperatura voluta per un sole, quale il nostro, durante i lunghi periodi richiesti per l'ininterrotto sviluppo della vita. L'enorme estensione di masse di materia diffusa nell'Universo originario, secondo lord Kelvin, come si è veduto, è della più grande importanza per quel che riguarda il risultato definitivo dell'evoluzione, perchè senza di ciò il moto relativamente lento ed il freddo delle regioni centrali non sarebbero stati capaci di produrre e mantenere la necessaria energia; mentre l'aggregamento della maggior parte della materia nel grande anello roteante della Via Lattea era ugualmente importante, allo scopo d'impedire troppo grandi e troppo rapidi flussi di materia nelle centrali regioni più favorite.

Sembra chiaro però che, ammettendo come probabili alcuni dei processi sopra indicati, poco potremo supporre dell'influenza che avranno le grandi caratteristiche dell'Universo stellare sopra il futuro sviluppo della vita. E tali caratteri sono: le vaste dimensioni, la forma che ha acquistato col vasto cerchio della Via Lattea, e la nostra posizione, se non nel vero centro, almeno molto vicina ad esso. Sappiamo che il sistema stellare ha acqui-

stato probabilmente la sua forma a causa di contingenze molto semplici e molto generali; sappiamo altresì che siamo situati quasi nel centro di questo vasto sistema. Sappiamo che il nostro sole ha emesso luce e calore, quasi uniformemente, per periodi incompatibili con una rapida aggregazione e con un ugualmente rapido raffreddamento, che i fisici considerano inevitabile. Io ho immaginato un andamento di sviluppo che avrebbe condotto ad un lento, ma continuo accrescimento della massa centrale dei soli, ad un troppo lungo periodo di potenza quasi stazionaria, propagatrice di calore, e ad un eguale lungo periodo di graduale raffreddamento, periodo nel quale appunto potrebbe esser entrato il nostro sole.

Venendo alla fisica terrestre, ho dimostrato che, a causa della natura estremamente complicata delle condizioni richieste per rendere un mondo abitabile, e mantenersi tale durante il tempo necessario per lo sviluppo della vita, è quasi del tutto improbabile che le altre necessarie condizioni, come gli indispensabili adattamenti, possano coesistere su tutti gli altri pianeti e in tutti gli altri soli, che occupano una posizione favorevole eguale alla nostra, che sono della voluta grandezza e che emanano il calore necessario.

In ultimo credo che tutte le prove che ho cercato di riunire conducano alla conclusione che la nostra terra sia, quasi con certezza, il solo pianeta abitato del nostro sistema solare, e che inoltre non è inconcepibile, nè improbabile, che per produrre un mondo assolutamente

adatto in tutte le sue più piccole particolarità ad un ordinato sviluppo della vita organica perfetta, come l'ammiriamo nell'uomo, un vasto e complicato Universo come quello che ci circonda possa essere stato assolutamente necessario.

## RIASSUNTO

Siccome gli argomenti che portano alla conclusione su esposta sono svolti in dieci capitoli, gli ultimi di questo volume, potrà esser utile per i lettori un riassunto piuttosto ampio di essi, dei fatti sui quali si fondano, e delle varie conclusioni successive alle quali sono arrivata.

1.) Uno dei più importanti risultati della astronomia moderna è quello di avere stabilito l'unità dell'immenso Universo stellare che vediamo intorno a noi. Questa opinione è fondata sopra un immenso numero di osservazioni, le quali dimostrano che la meravigliosa complicazione nei particolari dell'ordinamento e nella distribuzione delle stelle e delle nebulose, combinata con una non meno notevole e generale simmetria, indica l'esistenza di un solo sistema di parti collegate fra loro, e non un certo numero di sistemi distinti, come fu una volta supposto, tanto lontani da non aver fra loro alcun rapporto fisico.

2.) Questa opinione è appoggiata da numerose e convergenti prove, tutte tendenti a dimostrare che le stelle non sono in numero infinito, come in altri tempi fu generalmente creduto. Questa nuova opinione è ora sostenuta da molti astronomi. I calcoli fatti da lord Kelvin, riferiti nella prima parte di questo capitolo, appoggiano validamente questa opinione, perchè dimostrano che se il numero delle stelle si estendesse oltre quelle che vediamo e quelle delle quali possiamo ottenere diretta contezza, senza grande variazione della distanza media, allora la forza di gravità verso il centro avrebbe prodotto in media un movimento più rapido di quello che generalmente le stelle hanno.

3.) Per generale consenso delle opinioni dei migliori astronomi, è stato stabilito con certezza che la nostra posizione è vicina al centro dell'Universo stellare. Tutti si sono trovati d'accordo nel dire che la Via Lattea è di forma quasi circolare, come nell'affermare che il nostro sole è situato nel suo piano mediano, e che, quantunque non nel vero centro del circolo galassico, pure non è molto lontano da esso; e che di questo è segno evidente il fatto che noi siamo situati più vicini ad esso da una parte e più lontani dalla parte opposta. Dunque la posizione del sole, quasi centrale nel gran sistema stellare, è ammessa quasi generalmente.

In quanto al problema dell'ammasso solare le opinioni sono molto diverse, benchè tutti si trovino d'accordo nell'ammettere l'esistenza di tale ammasso. La sua grandezza, la sua forma, la sua densità, la esatta posizione

che esso occupa sono incerte, ma io ho cercato di seguire, per quanto mi è stato possibile, le prove più evidenti. Se adottiamo l'idea generale di lord Kelvin di un graduale condensamento verso il suo centro di gravità di una massa di materia enormemente diffusa, quel centro dovrà essere, press'a poco, anche il centro dell'ammasso. Inoltre, se la forza di gravità in questo centro, o vicino ad esso, fosse relativamente piccola, i movimenti prodotti sarebbero stati lenti, e le collisioni, dovute soltanto a diversità di movimenti, quando anche fossero avvenute, sarebbero state lievi. Dovremmo adunque constatare l'esistenza di molte aggregazioni di materia non luminosa, che ci spiegherebbero il perchè non troviamo nessuna affluenza di stelle visibili nella direzione di questo centro; mentre, siccome nessuna stella ha un disco percettibile, difficilmente, da una grande distanza, potremmo scorgere le stelle oscure occultare quelle luminose. Perciò mi sembra che possa essere spiegata la forza la quale ha trattenuto il nostro sole in vicinanza della stessa orbita, intorno al centro di gravità di questo gruppo centrale, durante tutto il periodo della sua esistenza come sole e della nostra come pianeta, salvandoci in tal guisa da possibili e forse inevitabili collisioni disastrose o da contatti distruttivi, ai quali i soli della Via Lattea o delle regioni vicine, e altrove in regioni di minore estensione, sono o sono stati esposti. Sembra assolutamente probabile che in quelle regioni di movimenti più rapidi e meno infrenati, dove la materia si accumula maggiormente in più vaste masse, le stelle non possano rimanere

in una quasi stabile condizione di temperatura per un periodo sufficientemente lungo, tanto da produrre un sistema completo di sviluppo della vita sopra i pianeti, se pur ve ne sono.

4.) Varie dimostrazioni ultimamente date affermano l'esistenza di una quasi completa uniformità di materia e di leggi fisiche e chimiche in tutto l'Universo. Io credo che questa affermazione rappresenti un'indiscutibile verità, e che essa sia della più grande importanza, se consideriamo le condizioni richieste per lo sviluppo ed il mantenimento della vita, perchè ci assicura che condizioni simili, se non identiche, debbono prevalere dove la vita organica si è sviluppata o potrebbe svilupparsi.

5.) Ciò ci conduce all'esame dei caratteri essenziali dell'organismo vivente, che consiste in una più abbondante e più larga distribuzione degli elementi materiali soggetti alle leggi generali della materia. Le più eminenti autorità della fisiologia affermano la grande complicazione dei composti chimici che costituiscono la base fisica della manifestazione della vita, la loro grande instabilità e la loro meravigliosa mobilità, unite a una grande stabilità di forma e di struttura, ed anche il loro sorprendente potere di arrivare a trasformazioni chimiche uniche, e di ricavare dai più semplici elementi le più complicate strutture.

Ho tentato perciò di esporre i grandi fenomeni della vita vegetale ed animale, in modo da render possibile ai miei lettori di farsi un pallido concetto della complicazione, della delicatezza e dell'incomprensibilità delle in-

numeri forme di vita che possiamo ovunque scorgere. Tale concetto permetterà di comprendere quanto supremamente vasta sia la vita organica, di apprezzare forse meglio i delicati, complicati e numerosi adattamenti della natura inorganica, senza la quale la vita non potrebbe ora esistere, nè avrebbe potuto svilupparsi durante l'immensurabile passato.

6.) Le condizioni generali assolutamente indispensabili alla vita, quale essa si manifesta sul nostro pianeta, sono state discusse; per esempio: la luce e il calore solare, l'acqua universalmente distribuita sulla superficie del pianeta e nell'atmosfera, un'atmosfera di sufficientemente densità e composta soltanto dei diversi gas dei quali può formarsi il protoplasma, lo alternarsi della luce e delle tenebre, ed alcune altre.

7.) Avendo largamente discusso queste condizioni, ed avendo spiegato le ragioni per le quali esse sono importantissime, anzi indispensabili alla vita, siamo quindi passati a dimostrare come tali condizioni siano adempiute sulla terra, e quanto numerosi, complicati e spesso precisi siano gli adattamenti necessari per darle origine e mantenerla, e come essi siano stati uniformi per tutto il grande lasso di tempo occorso allo sviluppo della vita. Due capitoli sono stati dedicati a questo soggetto, e credo che i fatti che io ho esposti siano riusciti nuovi a molti dei miei lettori. Le combinazioni delle cause che conducono a questo risultato sono così varie, ed in molti casi dipendono da tanto eccezionali particolarità di costituzione fisica, che sembra addirittura improbabile che

si possano tutte trovare combinate una seconda volta nell'Universo stellare, o nel sistema solare stesso. E qui cade a proposito l'enumerazione di queste condizioni, che sono tutte più o meno indispensabili per la vita:

Distanza del pianeta dal sole.

Massa del pianeta.

Obliquità della sua eclittica.

Quantità d'acqua relativamente alla terra.

Distribuzione della terra e dell'acqua alla superficie.

Stabilità di questa distribuzione, dipendente probabilmente dal modo unico con cui ebbe origine la nostra luna.

Un'atmosfera di sufficiente densità, e composta di gas convenienti.

Un'adeguata quantità di polvere nell'atmosfera.

Elettricità atmosferica.

Molte di queste condizioni agiscono e reagiscono l'una sull'altra, conducendo così ad un risultato complicatissimo.

8.) Passando in rivista gli altri pianeti del sistema solare, abbiamo veduto come nessuno di essi possieda tutte le complicate condizioni che sulla terra armonizzano tanto bene fra loro, e come, nella maggior parte dei casi, abbiano qualche deficienza che basta per farli togliere dalla categoria dei pianeti atti a produrre ed a nutrire la vita. Fra questi sono: Marte che è di piccola mole, e che per ciò non può trattenere vapori acquei, e Venere, che gira sul suo asse in un tempo uguale a quello che impiega nel suo movimento di rivoluzione intorno al sole.

Nessuno di questi fatti era conosciuto quando Proctor si occupò della questione dell'abitabilità dei pianeti. Tutti gli altri pianeti ora sono stati messi anch'essi da parte, cosa che anche Proctor aveva già fatto, perchè si è riconosciuto impossibile che allo stadio nel quale si trovano possano alimentare la vita; però si crede che alcuni, se anche non al presente, possano essere stati, per il passato, teatro di uno sviluppo vitale, come altri potranno esserlo nell'avvenire.

Per dimostrare la fallacia di queste supposizioni, abbiamo discusso il problema della durata del sole come stabile propagatore di calore, e abbiamo veduto che è solamente riducendo il tempo richiesto dai geologi e dai biologi per lo sviluppo della vita sopra la terra, ed allungando invece quello richiesto dai fisici per i maggiori limiti, di durata del sole, che potremo fare armonizzare fra loro i due estremi. Possiamo affermare, dunque, che tutto il periodo della durata del sole come propagatore di luce e di calore è stato necessario per lo sviluppo della vita sopra la terra, e che solamente sopra i pianeti, le cui fasi di sviluppo siano sincrone con quella della terra, l'evoluzione della vita è possibile. Per quei pianeti che compiono la loro evoluzione materiale o troppo lentamente o troppo celermente, non vi può essere stato o non vi sarà tempo sufficiente per tale sviluppo.

9.) La possibilità che le stelle posseggano pianeti atti ad essere abitati è stata trattata assai diffusamente, e ho dimostrato come poche siano le ragioni plausibili per farcela ammettere. Ad ogni modo, le stelle che hanno

tale possibilità devono esser ben poche, e forse debbono ridursi ad alcune di quelle che compongono l'ammasso solare. Bisogna anche escludere quelle, numerosissime, vicine ai sistemi doppi, e quelle, in numero non minore, che sono in un periodo di aggregamento. Per le rimanenti, le quali non potrei dire se debbono essere calcolate a decine o a centinaia, sono grandissime le probabilità che c'inducono a credere che non possano possedere le complicate combinazioni di condizioni che esistono sulla terra.

10.) Ho riferito brevemente anche alcuni recenti calcoli sulla irradiazione stellare, enunciando l'ipotesi che può darsi ch'esse abbiano importanti effetti sullo sviluppo della vita vegetale ed animale, e finalmente ho discusso il problema della stabilità dell'Universo stellare e dei principali vantaggi che noi ripetiamo dalla nostra posizione centrale, della quale siamo persuasi per le ultime ricerche del nostro grande matematico e fisico, lord Kelvin.

## CONCLUSIONE.

Avendo così esposto le prove più utili per appoggiare la questione trattata in questo libro, credo che alcune delle mie affermazioni siano state dimostrate, e che alcune altre presentino delle enormi probabilità in loro favore.

Le conclusioni alle quali sono arrivati i moderni astronomi sono:

1.) Che l'Universo stellare forma un tutto, e che, quantunque di enorme estensione, è nondimeno limitato, e i suoi limiti si possono determinare.

2.) Che il sistema solare è situato nel piano della Via Lattea e non lontano dal centro di questo piano, perciò la terra si trova vicina al centro dello Universo stellare.

3.) Che questo Universo è interamente costituito di una medesima qualità fondamentale di materia, che è soggetta alle medesime leggi fisiche e chimiche.

Le conclusioni, delle quali io credo di aver dimostrato l'immensa probabilità sono:

4.) Che nessun altro pianeta del sistema solare, tranne la nostra terra, sia abitato o abitabile.

5.) Che è pure grandissima la probabilità che non esista alcun altro sole il quale possieda pianeti abitati.

6.) Che la posizione quasi centrale del nostro sole è probabilmente permanente, e che essa è stata specialmente favorevole e forse assolutamente indispensabile allo sviluppo della vita sulla terra.

Queste ultime conclusioni dipendono dalla combinazione di un gran numero di condizioni speciali, ciascuna delle quali deve essere non solo in ben definito rapporto con le altre, ma deve anche aver persistito simultaneamente alle altre durante enormi periodi di tempo. Il valore da attribuirsi a queste affermazioni dipende da un'ampia e piena considerazione del complesso delle

prove che ho tentato di esporre negli ultimi sette capitoli di questo libro, ed io mi appello a tali evidenze.

Questo completa il mio lavoro, fondato del tutto sui fatti e sui principii accumulati dalla scienza moderna. E se i fatti che ho esposti sono veri e validi i miei ragionamenti, essi condurranno alla precisa conclusione che l'uomo, apice della vita organica cosciente, si è sviluppato soltanto sul nostro globo e non altrove in tutto il vasto Universo materiale che ci circonda. Io affermo che questa è la deduzione logica dell'evidenza, se consideriamo e valutiamo questa evidenza scevri di qualsiasi prevenzione. Sostengo che questa è una questione sulla quale non abbiamo diritto di formare *a priori* opinioni non fondate sulle prove, e prove che si oppongano a questa conclusione, anche come improbabile, non ne abbiamo assolutamente.

Ma ammettendo la accennata conclusione, essa non deve suscitare allarme nelle menti scientifiche o in quelle religiose, perchè può essere spiegata in due modi diversi. Moltissime persone, compresa forse la maggioranza degli uomini di scienza, potranno ammettere che l'evidenza deve apparentemente condurre a questa conclusione, ma che la sua spiegazione debba ricercarsi soltanto in una fortuita coincidenza. Vi potrebbero esser centinaia ed anche migliaia di pianeti atti alla vita, ma non ve ne sarebbe stato alcuno, se il corso dell'Universo avesse alquanto differito. Forse aggiungeranno che se la

vita e l'uomo si sono manifestati, vuol dire che la loro produzione era possibile, e se non ora, in qualche altro tempo, se non qui in qualche altro pianeta di qualche altro sole; ma noi possiamo esser sicuri di aver una volta cominciato ad esistere e se non precisamente tal quali siamo al presente, come qualcosa di meglio o qualcosa di peggio.

Le altre persone, e sono forse la maggior parte, coloro cioè i quali ritengono che la mente è essenzialmente superiore alla materia e distinta da essa, non possono credere che la vita, la coscienza, il pensiero siano derivazioni della materia, e sostengono che il complesso meraviglioso delle forze che sembrano reggere la materia debba essere il prodotto di una mente; e quando vedono la vita e la mente apparentemente sorgere dalla materia e dare alle sue miriadi di forme un complesso d'impene-trabili misteri, scorgono in questo sviluppo una prova addizionale della supremazia della mente. Tali persone inclinerebbero verso la fede di un grande umanista del secolo decimottavo, il dott. Bentley, che cioè l'anima di un uomo virtuoso è molto più importante ed eccellente del sole, di tutti i pianeti e di tutte le stelle che brillano nel firmamento. Se diciamo a queste persone che vi sono forti ragioni per credere che l'uomo sia l'unico e supremo prodotto di questo vasto Universo, esse non trovano difficoltà nell'andare anche più oltre, affermando che l'Universo fu veramente creato proprio a questo scopo.

Con infinito spazio intorno a noi, con un tempo infinito nel passato e nel futuro, non vi sarebbe contraddizione nel concepire quest'idea. Un Universo grande quanto lo è il nostro, che ha lo scopo di produrre miriadi di esseri viventi, spirituali, intellettuali e morali con illimitate possibilità di vita e di benessere, non è molto sproporzionato al paragone di quella macchina complicata, alla cui costruzione l'uomo ha dedicato tanta acutezza d'invenzione, e che finisce per fabbricare l'umile e volgare spillo. Nè è molto grande l'apparente spreco d'energia che vi è in questo Universo, se lo paragoniamo ai milioni di ghiande che una quercia produce durante la sua vita, ognuna delle quali può dar origine a un albero, ma delle quali solamente una deve veramente, dopo parecchie centinaia d'anni, produrre l'altro albero che sostituirà il genitore. E poichè si afferma che le ghiande numerosamente prodotte servono come pasto per le bestie, riflettiamo che le spore delle felci ed i semi delle orchidee non hanno tale scopo, e nondimeno se ne sprecano innumerevoli milioni, mentre una sola spora o un solo seme riprodurrà la forma primitiva. Lo stesso fatto si osserva anche fra gli animali, e specialmente fra quelli di tipo inferiore, la maggior parte dei quali non servono a nulla. Sembrano infatti inutili le enormi varietà delle specie e le immense orde degli individui. Noi conosciamo almeno diecimila specie distinte, ora viventi, di soli scarabei, ed in qualche parte dell'America sub-artica le mosche vi sono qualche volta tanto abbondanti che oscurano il sole; e quando pensiamo alle miriadi di mo-

sche che sono esistite nei lunghi periodi geologici, la mente si sbigottisce di fronte a questa immensità di vite che a noi sembrano inutili.

Tutta la natura ci mostra la medesima strana misteriosa storia dell'esuberanza della vita nelle infinite varietà, nell'inconcepibile quantità. Tutta questa vita sopra la nostra terra si è elevata, perfezionata ed ha raggiunto un punto culminante nell'uomo. Credo che sia un'idea comune e non impopolare, che durante lo intero processo del sorgere, dell'accrescersi e dello estinguersi delle forme passate, la terra si sia preparata per il suo prodotto finale: l'uomo. Molta della lussureggiante ricchezza delle cose viventi, l'infinita varietà di forma e di struttura, la squisita grazia e la bellezza incomparabile degli uccelli, degli insetti, delle foglie e dei fiori possono essere state semplici prodotti secondari del gran meccanismo che noi chiamiamo natura, il solo ed unico metodo possibile per lo sviluppo dell'umanità.

Se l'Universo materiale ebbe bisogno di questa vastità di disegno (se disegno vi è), di questo vasto e meraviglioso processo di sviluppo attraverso tutte le età, per creare la culla della vita a un essere destinato ad una esistenza più alta e permanente, ne viene di conseguenza che questa sia di una corrispondente vastità, complicazione e bellezza. Ed anche se non vi fossero delle prove, come quelle che ho addotte, della posizione e dei caratteri eccezionali ed indispensabili che distinguono la terra, la vecchia idea che tutti i pianeti siano abitati e che tutte le stelle esistano per l'utilità di altri pianeti, e che i

pianeti alla loro volta esistano per lo sviluppo della vita, è ora, con le nostre presenti cognizioni, addirittura improbabile ed incredibile. Sarebbe cosa monotona in un Universo, il cui carattere più generale è l'infinita varietà, e significherebbe che il dare un'anima vivente al corpo dell'uomo, tanto sorprendentemente costruito, con le sue facoltà, le sue aspirazioni, il suo potere di fare il male od il bene, era un facile compito, se poteva farsi per ogni dove e in qualsiasi mondo. Significherebbe che l'uomo è un animale e nulla più, di nessuna importanza nell'Universo, e che non occorre una così grande preparazione per il suo avvento; bastava forse uno spirito di secondo ordine ed una terra di terzo o quarto ordine. Dando uno sguardo al lungo, lento e complicato crescer della natura che precedette la sua comparsa, all'immensità dell'Universo stellare con le sue migliaia di milioni di soli ed ai lunghi lassi di tempo durante i quali si è sviluppato, ci sembra che tutto ciò sia l'appropriato ed armonioso ambiente, la necessaria somministrazione di materiale, il laboratorio sufficientemente spazioso per la formazione di quel pianeta, che doveva produrre prima il mondo organico, e poi l'uomo.

In uno dei suoi più bei passi il nostro grande poeta universale esprime il suo pensiero sulla grandezza della umana natura: «Quale capolavoro è l'uomo! Quanto nobile la sua ragione! Quanto infinite le sue facoltà! Quanta bellezza nelle sue forme, nelle sue movenze! Come ammirabile la sua espressione! Il suo agire è quello d'un angelo. La sua intelligenza è quella d'un Dio!» E per lo

sviluppo di un essere simile, che cosa è mai un Universo come il nostro? Per quanto vasto possa sembrare alle nostre facoltà, esso non è che un atomo nell'oceano dell'infinito. Nell'infinito spazio vi possono essere infiniti Universi, ma è difficile per me il pensare che siano tutti Universi di materia, perchè sarebbe un troppo basso concetto dell'infinito potere. Qui, sulla terra, vediamo milioni di specie diverse d'animali, milioni di specie diverse di piante, e ciascuna di queste specie è rappresentata spesso da molti milioni d'individui, eppure non vi sono due individui perfettamente eguali fra loro; se ci volgiamo al cielo, non vedremo due pianeti, non due satelliti, eguali fra loro, al di là del nostro sistema vediamo le stesse leggi prevalere, e non due stelle, non due ammassi, non due nebulose eguali fra loro. E allora, perchè vi dovrebbero essere altri Universi della stessa materia e soggetti alle medesime leggi, conseguenza ovvia dell'ipotesi che le stelle siano in numero infinito e che si estendano attraverso ad uno spazio infinito?

Certo possono esistere, e fors'anche esistono, altri Universi di una diversa specie di materia e soggetti ad altre leggi, forse molto più eterei, forse interamente immateriali, e tali che noi possiamo concepirli come veramente spirituali. Ma, a meno che questi Universi (anche supponendoli tutti un milione di volte più vasti del nostro Universo stellare) non fossero infiniti in numero, essi non potrebbero riempire lo spazio infinito che li circonda, cosichè anche se fossero un milione di milioni,

questi Universi sarebbero quasi impercettibili se paragonati con la vastità dello spazio.

Dell'infinità noi veramente nulla sappiamo, meno che questo: che essa esiste e che è inconcepibile. È questo un pensiero che annienta, che opprime. Vi sono taluni che ne parlano facilmente, con volubilità, come se sapessero quello che tale idea rappresenta, e presumono di conoscerla, esponendo argomenti e opinioni che essi stessi sanno che non sono da accettarsi. Per me la sua esistenza è cosa alla quale non posso pensare, il pensarvi, anzi, mi pare pazzia.

«O night! O stars, too rudely jars  
The finite with the infinite!»<sup>39</sup>

E concluderò riportando un brano di un bellissimo scritto di Proctor che parla dell'infinito:

«Inconcepibili davvero sono queste infinità di tempo, di spazio, di materia, di movimento e di vita. Inconcepibile è che tutto l'Universo possa essere in tutti i tempi il teatro delle operazioni d'un potere infinito, onnipresente, onnisapiente, ed inconcepibile è come i suoi disegni possano essere associati alla infinita evoluzione materiale. Ma non è pensiero nuovo, non moderna scoperta che ci facciano del tutto incapaci di concepire e comprendere l'idea di un essere infinito, onnipossente, onnisciente, onnipresente ed eterno, dei cui disegni inscrutabili l'Universo è l'incompresa manifestazione. La scienza, che si

---

<sup>39</sup> Sono versi del poeta J. H. Dell, già riportati dall'Autore nella pagina che segue la prefazione. Vedi ivi la traduzione.

trova al cospetto di un grande e antico mistero, ripete a sè stessa la grande e antica domanda: – Potrai tu mai scoprire la perfezione dell'onnipotente? E se alta come i cieli, come vi arriverai? E se profonda come l'inferno, che potrai tu saperne? – E la scienza risponde a sè stessa: – Anche se ti avvicinerai all'onnipotente, non potrai mai toccarlo.»

I bei versi, recentemente pubblicati, parto del genio di Tennyson, tanto bene armonizzano con il soggetto del presente volume, che, senz'altro, posso citarli:

### LA DOMANDA

«Will my tiny spark of being  
Wholly vanish in your deeps and heights?  
Must my day be dark by reason,  
O ye Heavens, of your boundless nights,  
Rush of Suns and roll of systems,  
And your fiery ciash of meteorites?»<sup>40</sup>

### LA RISPOSTA.

«Spirit, nearing yon dark portal  
At the limit of thy human state,

---

40 O cieli, questa misera scintilla della vita sparirà del tutto nelle vostre immense profondità? Sarò io privo, durante l'infinito futuro, dello splendore dei soli, dell'ordine mirabile dei sistemi celesti e dei fieri conflitti delle meteore?

Fear not thou the hidden purpose  
Of that Power which alone is great,  
Nor the myriad world, His shadow,  
Nor the silent Opener of the Gate.»<sup>41</sup>

---

41 O spirito, che ti affatichi a portare il misterioso messaggio all'estremo limite dell'esistenza umana, non temere quello che ti è ignoto; un solo grande Potere esiste. Non temere la miriade dei mondi, essi non sono che un'ombra; non temere il silenzioso Schiuditore della porta dell'eternità.

# INDICE ALFABETICO

Acqua, sua necessità per la vita; sua quantità e distribuzione; come regolatrice della temperatura.

Albedo.

Alfa del Centauro, la più vicina stella.

Algol e la sua compagna; cambiamenti nel suo colore.

Allen F. J.; sulla materia vivente; nell'importanza dell'azoto; sulle condizioni fisiche indispensabili per la vita.

Ammasso solare.

Ammassi stellari.

Ammassi globulari, loro stabilità.

Ammassi globulari variabili.

Ammoniaca, sua importanza per la vita.

Anassimandro, sua teoria cosmica.

Angoli di un minuto e di un secondo.

Aria colpevolmente avvelenata.

Arturo, suo rapido movimento.

Astrofisica.

Astronomi primitivi.

Astronomia nuova.

Astronomia fotografica; applicata alla misura della distanza delle stelle.

Atmosfera, sue proprietà per la vita; sua composizione necessaria; vapore acqueo in essa contenuto; suoi rapporti con la vita; effetti della sua densità; sua complessa struttura; sua importanza per la nostra vita.

Azoto, sua importanza per la vita.

Bacini dell'oceano, loro persistenza.

Ball sir R., sulle stelle oscure; il tempo e la marea.

Barnham S. W., sulle stelle doppie.

Boeddicker, carta della Via Lattea.

Brewster sir D., contro Whewell.

Caldei, astronomi primitivi.

Caldo e freddo alla superficie della terra.

Calore solare, suoi supposti limiti, sua uniformità per un lungo periodo di tempo; sua durata secondo i geologi.

Campbell, sulle stelle spettroscopiche doppie; sull'incertezza del movimento solare; sul numero dei sistemi doppi.

Carbonio, suoi numerosi composti; acido carbonico necessario per la vita.

Chalmers, sulla pluralità dei mondi.

Chamberlin, sull'origine delle nebulose; sul disgregamento stellare.

Clerke A., sui limiti del sistema stellare; sulla Via Lattea; sull'ammasso solare; sull'incertezza del movimento del sole.

Clima, persistenza del clima temperato; climi dei tempi geologici.  
Colore del cielo dovuto al pulviscolo atmosferico.  
Comte A., sulla impossibilità della reale conoscenza della natura delle stelle.  
Corona solare.  
Cromosfera solare.  
Darwin G., sull'ipotesi meteorica; sull'origine della luna; sull'instabilità dei sistemi anulari.  
D'Auria Luigi, sul movimento delle stelle (*nota*).  
Densità stellari.  
Distanza del sole.  
Distruzione delle masse stellari.  
Durata del calore solare.  
Eclittica, sua obliquità in rapporto con la vita.  
Elementi, variazioni nei loro spettri; nel sole; nelle meteoriti; negli organismi.  
Elettricità atmosferica, suoi effetti.  
Eliometro.  
Empedocle.  
Eudossio, sul movimento dei pianeti.  
Evoluzione delle stelle.  
Facule del sole.  
Fisher, sui bacini oceanici; sullo spessore della crosta sottomarina.  
Flammarion, sull'universalità della vita.  
Fontenelle, sulla pluralità dei mondi.  
Fotosfera solare.  
Galilei, sul numero delle stelle.

Gill, sul movimento regolare delle stelle.  
Giorno e notte, loro vantaggi.  
Giove e i suoi satelliti.  
Gore, sulle stelle della Via Lattea; sulla massa delle stelle doppie; sulla distanza delle stelle luminose; sui limiti del sistema stellare; sul limitato numero delle stelle; sulla vita dei pianeti di altri soli.  
Gould, sull'ammasso solare.  
Gravitazione, movimenti che produce e ipotesi di lord Kelvin.  
Haliburton, sulle sostanze proteiche.  
Herschel Guglielmo, sulla Via Lattea.  
Herschel Giovanni, sui limiti del sistema stellare.  
Huggins W., sullo spettro delle stelle; misura del movimento radiale delle stelle.  
Huxley, sul protoplasma; sulla durata della vita.  
Idrogeno, sua mancanza nell'atmosfera; perchè non è trattenuto dalla terra.  
Inabitabilità dei grandi pianeti.  
Incertezza sul movimento solare.  
Infinito, sua inconoscibilità; opinione di Proctor.  
Ipotesi meteorica.  
Ipotesi nebulare; obiezioni.  
Kapteyn, sull'ammasso solare.  
Kendrick, sulla vescicola germinativa.  
Kirschshoff e l'analisi spettrale.  
Lee, sull'origine delle stelle doppie.  
Leggi della materia e loro uniformità.  
Lewis, sulle stelle luminose lontane.

Lockyer N., sull'evoluzione inorganica; sull'evoluzione delle stelle; sul posto del sistema solare.

Luce, sua velocità; necessità della luce solare; misura della luce stellare; luce zodiacale.

Luna, perchè manca d'atmosfera; supposta origine della luna.

Lunghezza delle onde luminose e loro misura.

Macchie solari; magnetismo e macchie solari.

Marte, vi manca l'acqua; sue eccessive temperature.

Materia uniforme in tutto l'Universo.

Maunder, sulle stelle oscure.

Maxwell, sul movimento delle stelle.

Mercurio, sua inabitabilità.

Meteoriti, loro elementi.

Milione, che cosa è?

Minchin, sulla radiazione stellare.

Misura della distanza delle stelle.

Monck, sul numero delle stelle non infinito; sull'incertezza del movimento solare.

Movimento del sole nello spazio.

Movimento dei pianeti, e sua spiegazione primitiva.

Movimento secondo la visuale.

Movimento delle stelle.

Nebulose spirali, loro origine; con spettri gassosi; loro rapporti con la Via Lattea; loro distribuzione; loro forme; nebulose gassose; teoria meteorica sulle nebulosi; nebulose planetarie ed anulari.

Newcomb, sull'ammasso solare; sulla velocità delle stelle; sulla massa delle stelle; sul movimento stellare,

sulla distribuzione delle stelle; sulla loro parallasse; sulla loro stabilità in ammassi; sulla scarsezza di stelle isolate; sui limiti del sistema stellare; sulla Via Lattea.

Newton, sull'abitabilità del sole.

Nichols, sul calore stellare.

Nuvole, loro importanza per la vita.

Oceani, loro distribuzione; loro effetti sulla temperatura; come furono prodotti.

Pianeti, loro supposta abitabilità, i grandi pianeti sono inabitabili; l'ultimo argomento sull'abitabilità dei pianeti.

Pickering, sue misure di Algol.

Pioggia nell'epoca carbonifera; dipende dal pulviscolo atmosferico.

Pleiadi, numero delle loro stelle.

Pluralità dei mondi, scrittori che se ne sono occupati; opinione di Proctor.

Posidonio, sua misura della terra.

Posto centrale del sole, e sua importanza.

Principio di Doppler.

Pritchard, sua misura fotografica delle distanze stellari.

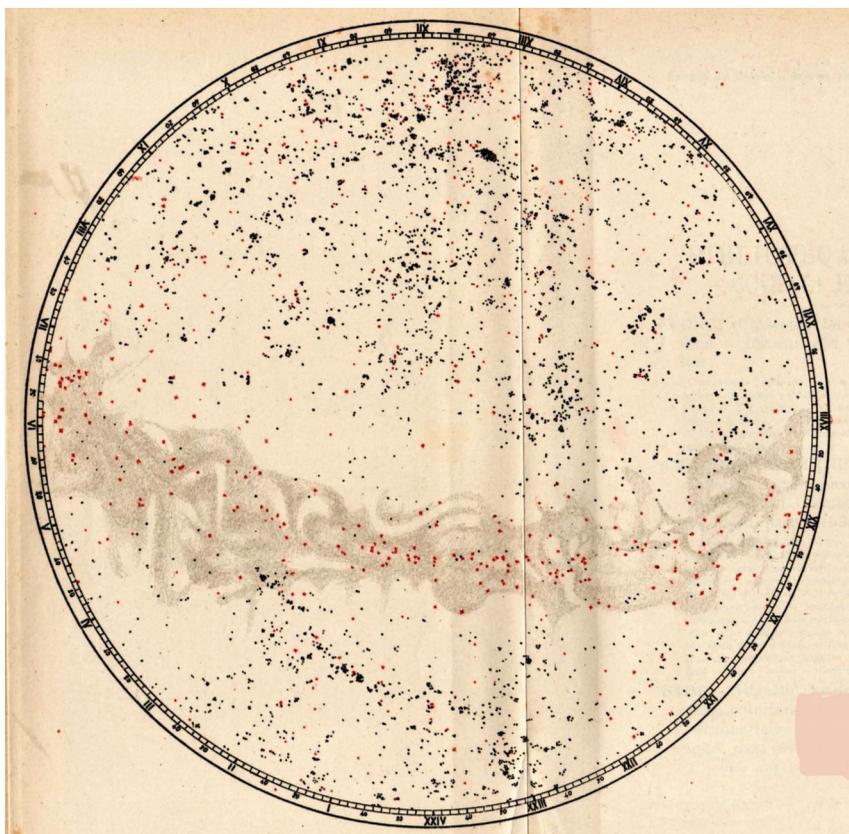
Processo vitale.

Proctor, sulla vecchia e nuova astronomia; sull'infinito; su altri mondi; sulla forma della Via Lattea; sulle opinioni di Herschel sull'Universo stellare; sulla teoria meteorica; sulla corrente stellare; sulla vita sotto diverse forme.

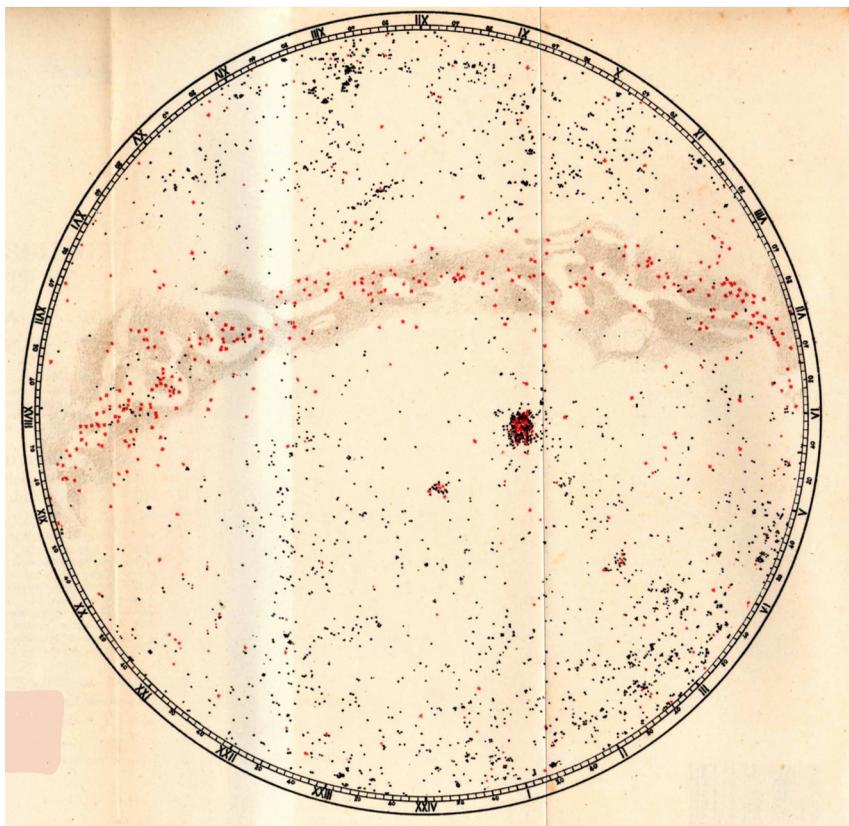
Prodotti organici e loro differenze.

Protoplasma, sua complessità; sua sensibilità.  
Protuberanze solari.  
Pulviscolo atmosferico.  
Radiazioni stellari.  
Ranyard, sull'Universo infinito; sulla massa della nebulosa d'Orione.  
Ramsay, sui climi durante le epoche geologiche.  
Riproduzione.  
Roberts A. W. sull'origine delle stelle doppie.  
Roberts I., sui limiti del sistema stellare; sulle nebulose; sulla teoria meteorica; fotografia delle nebulose.  
Sanderson, sulla materia vivente.  
Secchi, classificazione delle stelle.  
Sistema solare, sua posizione.  
Sistema stellare, sua limitazione; sua stabilità; sua supposta forma primitiva.  
Sole; sua luce; suo calore; sua superficie; corona solare.  
Sorby, sulla costituzione dei meteoriti.  
Spencer H., sullo stato delle nebulose.  
Spettri, loro varietà; cambiamenti degli spettri degli elementi; analisi spettrale.  
Stelle erranti; ammassi stellari e stelle variabili; stelle doppie spettroscopiche; immenso numero delle stelle doppie; legge sulla diminuzione del numero delle stelle; movimento sistematico stellare; stelle più calde; evoluzione stellare; supposto numero infinito delle stelle; distanza delle stelle; classificazione delle stelle; loro distribuzione; evoluzione delle stelle doppie.

Stoney, sull'atmosfera e sulla gravità.  
Temperatura necessaria per l'esistenza; equilibrata dall'acqua.  
Tennyson, sull'Uomo e sull'Universo.  
Terra, sua primitiva misura; in rapporto con la vita; è il solo pianeta abitabile; non può trattenere l'idrogeno; sua massa.  
Tollius Adriano, sulle accette di pietra.  
Uniformità della materia.  
Unità dell'Universo stellare.  
Universo stellare; sua evoluzione; diagrammi dell'Universo stellare.  
Venere, suo movimento; suo passaggio sul disco solare; la vita vi è appena possibile, sue condizioni climatiche.  
Venti, loro importanza per la vita.  
Via Lattea; sua forma; descrizione; opinione di Gore; ammassi e nebulose in rapporto con la Via Lattea; sua probabile distanza; essa è un gran cerchio.  
Vita, sua unità; sua definizione; sue condizioni; è impossibile sulle stelle; sommario delle condizioni che le sono indispensabili; sviluppo della vita sulla terra in rapporto con l'attività solare.  
Whewell, sulla pluralità dei mondi.  
Wittaker, sulla gravitazione.



**NEBULOSE ED AMMASSI STELLARI  
DELL'EMISFERO CELESTE SETTENTRIONALE**



**NEBULOSE ED AMMASSI STELLARI  
DELL'EMISFERO CELESTE MERIDIONALE**

