



LE TERRE DEL CIELO

di CAMILLE FLAMMARION

Parigi 1877

DESCRIZIONE ASTRONOMICA, FISICA, CLIMATOLOGICA, GEOGRAFICA DEI PIANETI CHE GRAVITANO CON LA TERRA ATTORNO AL SOLE E DELLO STATO PROBABILE DELLA VITA ALLA SUPERFICIE



INTRODUZIONE

L'Astronomia è insieme la scienza dell'universo materiale e dell'universo vivente, la scienza dei mondi e degli esseri, la scienza dello spazio e del tempo, la scienza dell'infinito e dell'eternità. Strappando il velo antico che ci nasconde gli splendori della creazione universale, essa ci mostra nell'immensità che si estende senza confini attorno alla Terra, i mondi che si succedono ai mondi, i soli che si succedono ai soli, gli universi che si succedono agli universi, e lo spazio senza fine popolato di astri senza numero che si sviluppano al di là degli ultimi orizzonti immaginabili, le serie indefinite delle creazioni simultanee e successive. L'evidenza è là nella sua vertiginosa grandezza. Né la timidezza delle anime impaurite, né i sofismi degli spiriti superficiali, né le negazioni di quelli che non vogliono vedere, impediscono alla Natura di essere e rimanere ciò che essa è. Il globo che noi abitiamo non rappresenta l'intera creazione, ma al contrario ne è solo una parte infinitamente piccola e un ingranaggio quasi insignificante posto tra i milioni di sistemi planetari analoghi al nostro pianeta nell'immensità profonda. Le stelle non sono né fisse né inalterabili; esse si muovono, volano attraverso i cieli con velocità inimmaginabile per la nostra debole concezione; esse ruotano su se stesse; si associano in sistemi stellari; sono accompagnate da pianeti che le disturbano nel loro cammino; hanno macchie come il nostro sole, e gli elementi che bruciano nel nostro fuoco solare bruciano pure in questi fuochi lontani, spandendo attorno ad esse le radiazioni feconde che distribuiscono la vita in tutte le regioni

dell'Universo. E la Terra è solo un punto oscuro perso nella moltitudine; e l'umanità terrestre non è che una delle famiglie innumerevoli che abitano gli spazi celesti; e non vi è altro cielo che lo spazio vuoto al cui interno si muovono i mondi; e noi siamo nel cielo, completamente come se abitassimo Giove o Sirio; e tutte le idee sostenute finora riguardanti gli umani sulla Creazione, sulla Terra, sul Cielo, sul ruolo dell'uomo nella natura e sui nostri destini, devono oggi subire una trasformazione radicale e assoluta. Il sole dell'Astronomia brilla sulla nostra testa! La notte è finita. Si è fatto giorno.

Senza dubbio, vi è solo un piccolo numero di persone, e anche di astronomi, che percepiscono questa rivoluzione calma e pacifica, iniziata tre secoli fa da Galileo e che viaggia a grandi passi verso il proprio termine. Si vede ancora oggi come se il firmamento di Giosuè fosse sempre fermamente stabilito sulle nostre teste; e non si percepisce che l'Astronomia, calcolando le distanze degli astri, predicando i loro movimenti, scoprendo la loro costituzione fisica e chimica, ha gettato un ponte per il pensiero dell'uomo tra il Cielo e la Terra, o piuttosto, ha fatto scomparire il Cielo antico e rivelandoci la natura di questi altri mondi, ha gettato un legame di segreta affinità tra la Terra e le sue infinite sorelle. Non si occupa più oggi solo delle masse dei corpi celesti, la scienza dei Copernico, dei Keplero e dei Newton, ma anche delle condizioni nelle quali la vita si deve trovare alla loro superficie. Facendo andare in pezzi la sfera che la tuffava in basso, la vita tutto di un colpo si è estesa attorno a noi nell'immensità; ingrandendo l'Universo, l'Astronomia ha ingrandito nello stesso tempo la sfera della vita. Non sono più dei blocchi inerti ruotanti inutilmente nello spazio che la scienza oggi pesa; non è più un deserto infinito che ruota in silenzio nella notte stellata che il dito di Urania ci mostra attraverso l'immensità; è la vita, LA VITA immensa, universale, eterna, che agita gli atomi su tutti i globi, palpitante nelle ondulazioni della luce, irraggiata attorno da tutti i soli, che si agita nell'atmosfera tiepida e luminosa, facendo sentire il suo canto divino su tutte le sfere e vibrante attraverso l'infinito negli accordi moltiplicati di una armonia immensa e inestinguibile.

L'Universo è coeterno a Dio e infinito come lui. Ciò che era ieri è oggi; ciò che è oggi sarà domani. Nulla si crea, nulla si distrugge. Prima del tempo in cui il primo sguardo umano terrestre si innalzasse verso il sole e ammirasse la natura, l'Universo esisteva come esiste oggi. Aveva già altri pianeti abitati, altri soli brillanti nello spazio, altri sistemi gravitanti sotto l'azione delle forze primordiali della natura; e di fatto vi sono stelle che sono molto lontane da noi; e la loro luce ci arriva solo dopo milioni di anni di un cammino incessante di 75000 leghe al secondo, e il raggio luminoso che riceviamo oggi è partito dalla sua origine non solo prima dell'esistenza dell'uomo sulla Terra, ma ancora prima dell'esistenza del nostro stesso pianeta. La nostra persona umana, alla quale facciamo tanto caso, e alla cui immagine abbiamo formato Dio e l'Universo intero, è senza importanza alcuna nell'insieme della creazione. Quando l'ultima palpebra umana si fermerà e il nostro globo, - dopo essere stato per così lungo tempo la sede della vita con le sue passioni, le sue fatiche, i suoi piaceri e i dolori, i suoi amori e odi, le sue pretese religiose e politiche e tutte le sue inutilità finali, - diverrà deserto, rovinato, silenzioso, oscuro, sepolto lentamente nelle braccia di una notte profonda che il sole estinto non risveglierà più; bene! allora come oggi, l'Universo sarà pure completo, le stelle continueranno a brillare nei cieli, altri soli illumineranno altre terre, altre primavere riporteranno la fioritura dei fiori e le illusioni della gioventù, altre mattine e altre sere si succederanno, e il mondo camminerà come ora; poiché la creazione si sviluppa nell'infinito e nell'eternità e in realtà non vi è né tempo né spazio.

Se quindi, nell'insieme di tutte le scienze, qualche aspetto è degno di essere studiato da noi, è senza dubbio quello che ci occupa qui, poiché questo studio non è altro che lo studio integrale dell'Universo. La sintesi astronomica abbraccia tutto; al di fuori di essa non vi è nulla, accanto ad essa vi è ... l'errore. Dove siamo? Su cosa ci muoviamo? In quale luogo viviamo? Cosa è la Terra? Quale posto occupiamo nell'infinito? Da dove veniamo e dove andiamo? - Chi ci potrà rispondere, se l'Astronomia tacesse?

Questa conoscenza è del primo ordine, in se stessa dapprima, in seguito per le sue conseguenze. Di due cose l'una: o siamo mortali o siamo immortali. Nel primo caso, lo studio dell'Astronomia, è lo studio della dimora che abitiamo e di ciò che ci circonda, e senza questo studio viviamo come dei nati ciechi, come animali, come piante. Nel secondo caso, è insieme lo studio della dimora in cui siamo e di quelle in cui abitiamo dopo aver abbandonato questo mondo, poiché il cielo empireo dei teologi di tutte le religioni *non esiste*. Qualunque, quindi, sia il sentimento che si ha sul problema della vita e su quello dell'immortalità, l'Astronomia si pone al di sopra di tutte le altre scienze per il suo interesse, per la sua importanza e per la sua grandezza.

Questa tesi, io l'ho sostenuta con l'ardore di una convinzione innata dei primi libri che ho osato pubblicare su questa scienza sublime, quando già quindici anni fa ho scritto la *Pluralità dei mondi abitati*. Qualche anno più tardi, l'esame critico di questa dottrina dal punto di vista storico dà origine all'opera che succederà alla precedente: *i Mondi immaginari e i mondi reali*. Ancora qualche anno più tardi, provai ad esporre l'armonia dei mondi, degli esseri e delle cose, scrivendo *Dio nella Natura*, e più tardi ancora, per delineare le bellezze del mondo siderale con un viaggio della Mente attraverso le regioni celesti, nei *Racconti dell'infinito* e nella storia *Lumen*. Ma era venuto il tempo di far apparire la presente opera, poiché la conoscenza dei pianeti non era molto avanzata per avviare lo studio speciale della loro costituzione.

Dopo quindici anni, progressi del tutto inattesi hanno illustrato l'Astronomia fisica. La tesi proposta nella "Pluralità dei mondi abitati" può ora essere grandemente sviluppata e pienamente confermata. Tale è l'obiettivo di questo libro. Non consideriamo più solamente oggi la dottrina dell'esistenza della vita al di fuori della Terra nel suo carattere generale e filosofico, ma possiamo penetrare nei dettagli, prendere in mano le prove, soffermarci su ogni pianeta e constatare le testimonianze irrefutabili dell'esistenza della vita sulla loro superficie. Questo libro è quindi un trattato descrittivo di *Astronomia planetaria*. Si è tentato, per la prima volta, una descrizione dettagliata di ogni pianeta che accompagna la Terra nel sistema solare, una esposizione più completa possibile delle loro condizioni climatologiche, meteorologiche e anche geografiche, cioè della loro condizione organica come luogo abitabile.

Il progresso compiuto in quindici anni dall'Astronomia è infatti considerevole e a questo proposito le tendenze della scienza hanno realmente cambiato volto. Allora, bisogna ben dirlo, gli scienziati che condividevano le mie convinzioni e le mie speranze erano solo una piccola minoranza; L'Astronomia *matematica* dominava ed eclissava completamente l'Astronomia *fisica*, che sembrava vegetare come la violetta all'ombra ai piedi della grande quercia; il cielo era solo una pagina di cifre e le aspirazioni dell'animo umano verso i mondi celesti, che cominciavano a rivelarsi erano tacciate come fantasticherie e inutili. Oggi, lo spirito scientifico ha subito la più completa metamorfosi. Il profumo della violetta ha fatto fermare l'osservatore nel suo cammino fino allora indifferente, e l'Astronomia fisica ha dolcemente attirato l'attenzione simpatica del pensatore. Si sono rivelati astronomi capaci; una nuova scienza, l'analisi spettrale, è nata, come Minerva, completamente armata, per sorprendenti conquiste; nuovi strumenti sono stati inventati prontamente; osservatori consacrati esclusivamente all'Astronomia fisica sono stati fondati in Francia¹, in Inghilterra², in Italia³, in Germania⁴, in Austria⁵, in Belgio⁶, in Russia⁷, in America⁸, ecc.; potenti cannocchiali e immensi telescopi sono stati costruiti e un gran numero

¹Osservatori di M. Jansen e del Bureau des Longitudes, nel 1875.

²All'Università di Oxford, nel 1873; a Gateshead vicino Newcastle nel 1870, ai quali bisogna aggiungere i miglioramenti intervenuti in quelli di MM. Huggins e Lockyer, vicino Londra.

³A Palermo, nel 1872, Società degli *spettroscopisti*.

⁴A Berlino, nel 1874.

⁵A Vienna, nel 1875.

⁶A Louvain (M. Terby), nel 1870.

⁷A Mosca, nel 1873.

⁸A Darmouth, nel 1863; a Yale college, nel 1866, ecc. Sarebbe facile segnalarne ancora altri.

di astronomi si sono messi a studiare con perseveranza la struttura fisica del Sole, della Luna, dei pianeti, delle comete e delle stelle.

Oggi, ognuno comprende che i numeri non costituiscono l'Astronomia, ma che essi sono solamente la base dello studio dei moti e delle masse. L'analisi matematica ci mostra solo nell'Universo pietre lanciate attraverso il vuoto, pietre più o meno grandi e che si muovono più o meno rapidamente: ecco tutto. Avere per così lungo tempo delimitato l'Astronomia è una vera aberrazione, possiamo dire oggi a nostra volta. Non è difficile da soddisfare, chi, conoscendo con il calcolo il peso del Sole, non desidera di più, e non si domanda quale è il calore di questo astro, come esso si rinnova e come mantiene la vita terrestre; - né chi, conoscendo con il calcolo il moto del pianeta Marte o del mondo di Giove, non prova il desiderio di osservare al telescopio queste terre dello spazio e di vedere con i suoi occhi le loro immagini, le loro atmosfere, la loro superficie, le loro somiglianze e differenze con l'astro che noi abitiamo. Un tale matematico non manifesta una curiosità superiore a quella del padre che dopo la sua infanzia vede le fasi della Luna, ma limita in quelle il suo sapere e non si informa sulla natura di questo globo vicino che l'ottica moderna avvicina così tanto da farcelo quasi toccare con un dito. No, la vera scienza del cielo non è contenuta nelle tavole dei logaritmi; l'Universo non è un deserto desolato al cui interno fluttuano blocchi inerti, né una tavola nera sulla quale corrono numeri più o meno brillanti: l'Universo è vivente! Da ogni sole irraggiante nell'etere, si dipartono senza sosta le vibrazioni luminose moltiplicate che vanno ad illuminare e riscaldare i mondi con i loro fecondi effluvi; e ogni mondo in ogni sistema gravita attorno al suo fuoco, ruota sul proprio asse, espone di volta in volta i suoi diversi meridiani alla luce, forma il giorno e la notte, le stagioni e gli anni, riceve la forza emanata dal suo sole, e la trasforma in manifestazioni vitali, che differiscono da un mondo all'altro secondo l'intensità e la combinazione degli elementi della vita su ogni sfera. La scienza astronomica completa, la scienza integrale, consiste quindi non solo nella conoscenza delle grandezze, delle distanze, dei movimenti e delle masse, ma anche e soprattutto nello studio della costituzione fisica degli astri, e in definitiva in quella delle condizioni della vita alla loro superficie. Tale è il vero scopo filosofico dell'Astronomia.

Sì, la questione dell'esistenza della vita negli altri mondi è la questione capitale, non solo dell'astronomia, ma anche di tutta la filosofia. Alla luce della scienza moderna, vediamo la Terra posta senza alcuna distinzione speciale tra i pianeti del sistema solare (e non tra i più importanti); il nostro mondo è solo un impercettibile frammento dell'intero Universo, un dettaglio disperso nell'insieme, un oggetto così insignificante in sé che la sua presenza o assenza non aggiunge o toglie nulla alla grandezza e alla ricchezza della creazione universale. Il Sole è un astro colossale posto nel vuoto, che sostiene con la sua potenza i pianeti del suo sistema, facendoli gravitare attorno a lui con una velocità prodigiosa, come in una fionda rapida e lanciando tutto attorno a sé con la rapidità della luce tutte le vibrazioni eteree, le ondulazioni emanate dal suo interno: è un CUORE immenso le cui palpitazioni versano lontano fiotti di calore, di luce, di elettricità, o per meglio dire una forza innominata che si va espandendo attraverso lo spazio, senza nulla produrre in questo spazio, senza scaldarlo, senza illuminarlo, ma che, quando incontra un pianeta, è da esso fermata e trasforma le vibrazioni rapide del suo moto etereo in forze attive che sono: calore per il nostro organismo, luce per i nostri occhi, magnetismo per le calamite, forza chimica per le piante, alimentazione per gli animali, attività nervosa nel nostro cervello, e che, in una parola, producono le meraviglie della vita alla superficie dei pianeti. La Terra non è più privilegiata dei suoi compagni nel ricevere questa fecondazione solare, che la ricevono allo stesso modo. Ma il nostro colossale sole è in realtà solo una stella, e ogni stella è in realtà un vero sole, che brilla di luce propria e senza alcun dubbio centro dei sistemi planetari più o meno diversi dal nostro. I sistemi solari che si succedono nell'infinito vanno considerati a centinaia di milioni: è a miliardi che si dovrebbero contare i pianeti che li compongono. Cosa è la Terra in questo insieme? Meno di un solo villaggio, meno di una frazione sulla terra intera. Ora l'Universo intero è popolato oppure è deserto. La sua esistenza serve a qualcosa o non serve

a nulla. E per parlare con franchezza, in definitiva, essendo la Terra una frazione così piccola da considerarla vicino a zero, o l'Universo esiste, o non esiste. La questione si pone in definitiva in questi ultimi termini. Se l'Universo è popolato da esseri viventi, e da esseri pensanti che lo vedono e ne conoscono l'esistenza, se ogni sistema solare porta la vita e il pensiero, l'Universo esiste realmente. Ma se in tutto ciò vi è solo un caos di blocchi di pietra e di argille che ruotano in tutti i versi attraverso lo spazio infinito, una serie di soli che bruciano per non riscaldare nulla, che brillano per non illuminare nulla, che portano sulle strade dello spazio città disabitate e deserti sterili; se il mondo cammina ciecamente dentro la morte eterna: allora l'Universo non esiste, le forze della natura non esistono, Dio non esiste, non vi sono leggi nella creazione, la stessa creazione non esiste, e tutto il lavoro degli astronomi è solo un'assurda fantasmagoria.

L'esistenza della vita universale ed eterna nell'infinito costituisce, quindi, in realtà la sintesi capitale e lo scopo ultimo di tutta l'Astronomia. Cosa è la stessa Astronomia al di fuori di questo scopo? Cosa è l'oggetto di tutte le altre scienze? Cosa sono la storia e la politica di ogni nazione? Cosa è la storia della Francia, dell'Inghilterra, dell'Italia o della Germania? cosa è la storia dell'Europa, della Terra intera davanti alla Pluralità dei mondi? È la storia di un formicaio rispetto alla storia di un continente; è la storia di una sola famiglia confrontata con quella dell'intera razza umana?

Quali enigmi nascondono questi punti interrogativi che si ergono sopra le nostre teste? Dentro il raccoglimento profondo e la calma silenziosa delle notti stellate, il nostro pensiero curioso s'invola verso queste isole di luce per chiedere il loro segreto. La divina Astronomia le ha sondate, queste sfere celesti, ed esse ci insegnano che le stelle sono dei soli e che i pianeti sono terre simili alla nostra.

Sì, *Terre*, vaste, immense, formate di materia pesante e oscura; terre in cui si vedono continenti e mari; terre il cui sole è composto d'argilla come il nostro, e i cui suoli, variegati come quelli del nostro globo, formano montagne e valli, pianori e pianure, che servono da culla ai paesaggi che si succedono secolo dopo secolo. Queste terre sono pesanti come la nostra, e ruotano pure nello spazio indefinito che è privo di alto e basso, di direzione e di misura. Esse non sono dotate di alcuna luce propria, e appaiono brillanti solo perché il Sole le illumina come illumina la Terra, e la lontananza riduce il loro disco e tutta la luce di mezzogiorno che le inonda è condensata in un solo punto. Anche la Terra brilla nella spazio vista da lontano, presenta fasi come la Luna, Mercurio, Venere, Marte, offrendoci, piane, stelle brillanti nel cielo degli altri mondi.

Quali cose, quale esseri, le forze della feconda Natura hanno partorito su questi differenti mondi dal nostro? Qui, nelle condizioni di temperatura, di luce, di aria, di umidità, di combinazioni chimiche, di densità, di peso, di tempo, di giorni, di anni, la natura ha prodotto le cose e gli esseri che ci circondano, modificando le sue opere e i suoi spettacoli lungo i secoli e le condizioni variabili del pianeta stesso. Cosa hanno generato queste forze sugli altri astri del cielo? Per mezzo di condizioni così diverse che distinguono Mercurio da Nettuno, Saturno dalla Terra, Marte da Urano o Giove da Venere, quali elementi avranno predominato sull'uno o sull'altro? A quali forme bizzarre, a quali esseri fantastici, le espansioni della potenza creatrice non potrebbero far nascere? Qual è l'aspetto organico di questi mondi? La Venere ottentotta è mostruosa per noi, eppure, tra l'Europa e l'Africa, vi è solo una semplice differenza di latitudine. Quale non è la varietà, la bizzarria, l'incoerenza apparente delle forme viventi appartenenti ai diversi globi del nostro sistema! E se ci trasportassimo dalla nostra famiglia solare in quella di Vega, di Aldebaran, di Antares, o di Castore, quanti dei nostri viaggi non sarebbero incomparabilmente più prodigiosi di quelli di Dante, di Milton, di Gulliver e dell'Ariosto messi insieme!

Là brilla un altro sole, là discende dal cielo un'altra luce, là soffia un'aria che non è terrestre; là fioriscono piante che non sono piante, là scorrono acque che non son acque; là riposano paesaggi, laghi, foreste, mari, che i nostri occhi non hanno visto e che non potrebbero riconoscere. E il telescopio là porta il nostro sguardo terrestre; e porta le nostre anime malgrado i milioni e

i miliardi di leghe che ci separano da essi; e la bilancia di Urania pesa i sistemi stellari; e l'analisi spettrale scopre la struttura chimica dei materiali che compongono questi mondi sperduti nell'infinito.

Il nostro sistema planetario può essere confrontato a una repubblica immensa dove ogni mondo rappresenta uno Stato più o meno grande, più o meno ricco, più o meno popolato; questi sono gli Stati-Uniti del cielo, almeno della regione celeste dove siamo. Al di là dell'Oceano etereo che ci circonda, esistono altri Stati-Uniti, attorno ai fuochi che si chiamano Sirio, Procione, Capella, Arturo, nella lingua degli uomini; ma queste provincie lontane sono inaccessibili alle nostre osservazioni. Solo le provincie della repubblica solare possono essere osservate, ravvicinate, rivelate dai nostri telescopi, ed è di solo quelle che ci occuperemo in questa opera.

Il piano di questo libro si traccia quindi da solo. Visiteremo in successione ognuna delle provincie della repubblica solare, sforzandoci di vedere il più possibile e di rendere il nostro viaggio il più fruttuoso possibile. Le nevi polari di Marte non ci fermeranno e visiteremo i suoi poli meglio di quanto possiamo fare per i poli della nostra Terra. Gli anelli di Saturno non saranno un ostacolo al nostro sviluppo e li percorreremo più facilmente meglio di quanto possono fare gli stessi abitanti di Saturno. La nostra escursione celeste inizierà dal pianeta più vicino al Sole e si estenderà successivamente fino al più lontano. In questo viaggio planetario, incontreremo pure la Terra, che abitiamo in questo secolo ma che non abiteremo per sempre!

La descrizione dei mondi del sistema solare deve iniziare da quella del Sole, fuoco benefico ai cui raggi è sospesa la vita della Terra, così come quella degli altri pianeti. È questo astro splendente che aprirà il nostro cammino nel grande viaggio che andiamo a compiere. Ma si impone un preludio a questo viaggio; è l'esame degli stupendi strumenti di ottica con i quali possiamo distinguere la superficie degli altri mondi e di studiare la loro natura. Il primo libro sarà quindi dedicato alla descrizione dei più potenti telescopi che attualmente esistono.

E ora, cari lettori, non prolunghiamo oltre la nostra conversazione preliminare e dedichiamoci a questi sublimi studi, che sono uno dei più grandi fascini della vita e una delle più nobili contemplazioni del pensiero.

Scritto a Parigi, nel 1876

Parte I

**Gli strumenti dell'ottica moderna
(Cannocchiali astronomici e telescopi)**

Capitolo 1

L'abbassamento dei cieli

L'innalzamento dell'uomo verso gli altri mondi

I significativi progressi che sono stati realizzati dall'astronomia fisica sono dovuti in parte ai perfezionamenti incessanti apportati alla costruzione degli strumenti ottici e in parte al nuovo impulso che ha animato gli astronomi per lo studio di altri mondi. Come ha già mostrato l'abbozzo generale tracciato nell'Introduzione, il gusto particolare degli osservatori, i nuovi metodi di studio, l'amplificazione dei poteri ottici, si sono accordati per dirigere insieme l'attenzione generale verso l'esame dettagliato dei pianeti della nostra famiglia; nello stesso tempo, una conoscenza più netta delle leggi e delle forze che reggono l'Universo permette di abbracciare in uno stesso sguardo l'insieme del sistema del mondo e dei suoi moti.

L'analogia tra la Terra e le sue sorelle dello spazio, tra il Sole e i suoi pari dell'infinito, si è del tutto stabilita: qui la geografia del pianeta Marte ci mostra una riproduzione singolare della geografia terrestre; là noi distinguiamo nell'atmosfera di Venere gli stessi fenomeni fisici che avvengono nell'aria che respiriamo; più in là l'analogia spettrale segnala nelle stelle più lontane una temperatura e vapori metallici analoghi a quelli che caratterizzano il nostro sole; e così l'intelligenza umana arriva a prendere insensibilmente possesso del cielo, fino a poco fa ancora misterioso e chiuso.

Vediamo oggi l'universo diversamente dai nostri padri. Ogni stella è un sole colossale, pesante, isolato nelle profondità eteree, brillante di luce propria e centro di un sistema sconosciuto. Ogni pianeta del nostro sistema solare è (ripetiamolo) una terra come quella che abitiamo e la Terra in cui siamo appare, vista da lontano, un punto luminoso, esattamente come ci appaiono Venere, Marte e Giove, poiché essa riflette come questi pianeti nello spazio la luce che riceve dal Sole. Essa offre fasi analoghe a quelle che ci mostra la Luna ad occhio nudo e Venere al telescopio; ogni pianeta ha delle fasi simili; la grandezza e lo splendore della Terra e di ogni pianeta dipendono dalla distanza dalla quale si osservano.

La nostra Terra è un astro del cielo, così come Mercurio o Saturno. Il firmamento d'azzurro che appare estendersi al di sopra delle nostre teste e formare una volta tutto attorno al globo non esiste; il suo colore come la sua forma provengono dalla struttura della nostra atmosfera¹: il blu deriva dalla riflessione della luce solare sulle molecole di vapore acqueo di cui essa è costantemente impregnata e la forma sferica è causata dal nostro occhio che disegna, ai limiti della visione distinta, una sfera vaga tutto attorno. Senza l'esistenza dell'aria e senza la luce che la illumina, non vi sarebbe firmamento. Dal mondo lunare, per esempio, non si vede cielo, ma uno spazio nero insondabile nel quale le stelle brillano giorno e notte, senza essere cancellate dalla luce del sole né dalla luminosità della Terra-Piena.

Non vi è né alto né basso nell'Universo, né sinistra né destra, né direzione di alcun tipo. Il globo terrestre è lanciato nel vuoto e naviga su un'orbita ideale con la velocità di 650000 leghe

¹Si veda la nostra opera: L'atmosfera, Descrizione dei grandi fenomeni della Natura, libro II, cap. I.

al giorno (cento undici volte più rapido di un treno espresso e 63 volte superiore a quella di una palla di cannone!), ruotando nello stesso tempo rapidamente su se stessa. Ciò che era l'alto per noi a una certa ora diviene il basso e, inversamente, non vi è cielo, ma solo una immensità infinita all'interno della quale circolano i mondi.

È la misura delle distanze, delle grandezze e dei moti che ci ha insegnato questa verità capitale che la Terra è un astro del cielo e che noi siamo realmente nel cielo; è il telescopio, avvicinandoci tutti gli altri pianeti, che ha ingrandito il loro volume apparente e invece di semplici punti luminosi erranti sotto la volta celeste, ci mostra oggi mondi giganteschi così grandi e più grossi di quello che abitiamo.

Penetriamo dapprima i principi elementari della geometria e dell'ottica, prima di arrivare ai risultati ottenuti dalla scienza, poiché altrimenti non potremo comprendere esattamente né apprezzare nel loro valore questi risultati così importanti. Non è né difficile, né tantomeno faticoso, né così lungo come si suppone, apprendere questi principi una volta per tutte: non è più difficile che leggere un romanzo ed è più vero, utile, e spesso anche più interessante.

Il perfezionamento degli strumenti ottici ha letteralmente abbassato l'altezza dei cieli alla portata della visione umana, o per meglio dire, poiché i cieli sono soltanto un'apparenza, questo perfezionamento avvicina gli altri mondi ai nostri occhi, come se potessimo col corpo abbandonare la Terra e trasportarci verso questi mondi. Vediamo ad occhio nudo i pianeti come stelle, cioè come semplici punti luminosi, senza disco apparente. Un ingrandimento sufficiente rende questi punti come un disco. Ingrandire un oggetto o avvicinarlo, è geometricamente la stessa cosa. Come un uomo che sta in piedi nella campagna lontano: ad occhio nudo, distinguiamo solo un punto, mobile quando il viaggiatore si sposta; un cannocchiale diretto verso questo punto lo ingrandisce dieci volte e ciò basta per distinguere una forma umana: è esattamente come se fossimo trasportati verso il viaggiatore di nove decimi della distanza che ci separa da esso. Se era a 4 km , è ora a 400 m . Un ingrandimento di venti volte lo avvicinerà del doppio, cioè a 200 m ; un ingrandimento di quaranta volte ci mostrerà il viaggiatore come se fosse a soli 100 m da noi. La visione è allora più nitida per gli occhi miopi, che distinguono solo vagamente a una certa distanza.

Ci si formerà un'idea esatta e sufficiente di questi primi principi di ottica, se si riflette che la grandezza apparente degli oggetti dipende dalla distanza alla quale li vediamo. Un regolo di un metro, posto verticalmente davanti a noi, ci apparirà tanto più piccolo quanto più lontano sarà, e la sua dimensione apparente diminuirà in ragione diretta del suo allontanamento: a 100 m , sarà due volte più piccolo che a 50 ; a 200 m , apparirà due volte più piccolo che a 100 e quattro volte più piccolo che nel primo caso. Se, quindi, con il supporto di un mezzo qualsiasi lo si mostra due volte più grande, è come se di fosse avvicinato della metà.

La distanza media della Luna è di 96000 leghe (essa varia un poco, poiché il nostro satellite non descrive una circonferenza perfetta attorno a noi, ma un'ellisse). Se con uno strumento ottico ingrandiamo il disco lunare in modo tale da apparirci due volte più grande in diametro di quanto ci appare a occhio nudo, otteniamo lo stesso risultato, per lo studio di questo globo, che se avessimo potuto diminuire la sua distanza della metà, cioè vedremmo la Luna come se fosse a 48000 leghe da qui.

Un ingrandimento di cento volte mostra, di conseguenza, la Luna come se fosse avvicinata a 960 leghe, e un ingrandimento di due mila volte come se si trovasse a 48 leghe da noi. Un ingrandimento di dieci mila volte la mostrerebbe a 9 leghe e mezzo: a soli 38 km di distanza!

Sfortunatamente l'ingrandimento degli strumenti ottici ha i suoi limiti, strettamente legati alla dimensione e alla perfezione di questi strumenti stessi.

Nell'esame di ogni cannocchiale, si devono considerare due aspetti principali. La grande lente di vetro che occupa l'estremità del cannocchiale si chiama l'*obiiettivo*, poiché durante l'osservazione è dalla parte degli oggetti che si osservano. All'opposto, la piccola lente che è adattata sul fondo del tubo posta vicino all'occhio si chiama l'*oculare*, proprio perché è lì che

si pone l'occhio per l'osservazione. Come vedremo fra poco, le immagini degli oggetti che si osservano attraversano l'obiettivo e si formano al suo fuoco, vicino all'oculare; l'oculare contiene vetri ingrandenti destinati ad amplificare questa immagine.

L'ingrandimento può essere spinto tanto più avanti quanto maggiore è l'obiettivo. Praticamente, è di due volte per millimetro di diametro dell'obiettivo. Così, un cannocchiale il cui obiettivo è di 80 mm offre un ingrandimento normale di centosessanta volte; un cannocchiale il cui obiettivo è di 16 cm offre un ingrandimento di 320 volte, e così via. Tale è l'ingrandimento normale. Lo si può superare quando l'atmosfera è molto pura e l'astro ben illuminato; ma lo si può aumentare solo fino a certi limiti, e quando si superano, le immagini divengono confuse, vaghe e rendono impossibile un'analisi accurata.

L'obiettivo di un cannocchiale è come una nuova retina che si sostituisce al nostro occhio. Una lente di 20 cm di diametro vede come un occhio con una retina di questa dimensione. Una retina vede tanto meglio più la sua superficie è sensibile: lo si può sperimentare confrontando la sua larghezza alla luce e nell'ombra. Il cannocchiale astronomico è quindi letteralmente un *occhio gigante*.

In ogni cannocchiale, l'obiettivo è fisso, mentre l'oculare è mobile. Si costruisce comunemente per gli strumenti importanti una serie di numerosi oculari di diverso ingrandimento, che si applicano a volontà secondo l'osservazione che si deve fare. Se si vuole, per esempio, vedere la Luna intera nel campo del cannocchiale, non bisogna prendere un oculare che ingrandisca troppo, poiché essa sparirebbe dal campo, e se ne vedrebbe solo una parte. Se, al contrario, lo scopo è di esaminare un dettaglio di una regione particolare del disco lunare, si sceglie l'ingrandimento più potente che il cannocchiale può gestire. Il campo di un cannocchiale è tanto più piccolo e la luce tanto più debole, quanto maggiore è l'ingrandimento.

È naturale iniziare la descrizione delle meravigliose scoperte dell'astronomia contemporanea da quella degli strumenti ai quali si devono queste scoperte. Prima di penetrare nelle profondità dei cieli, fermiamoci un istante ad esaminare i più potenti apparecchi ottici costruiti finora.

Ma dapprima, per familiarizzarci con questi strumenti, non lasciamo passare senza notarlo, il cannocchiale astronomico comune (fig.1).

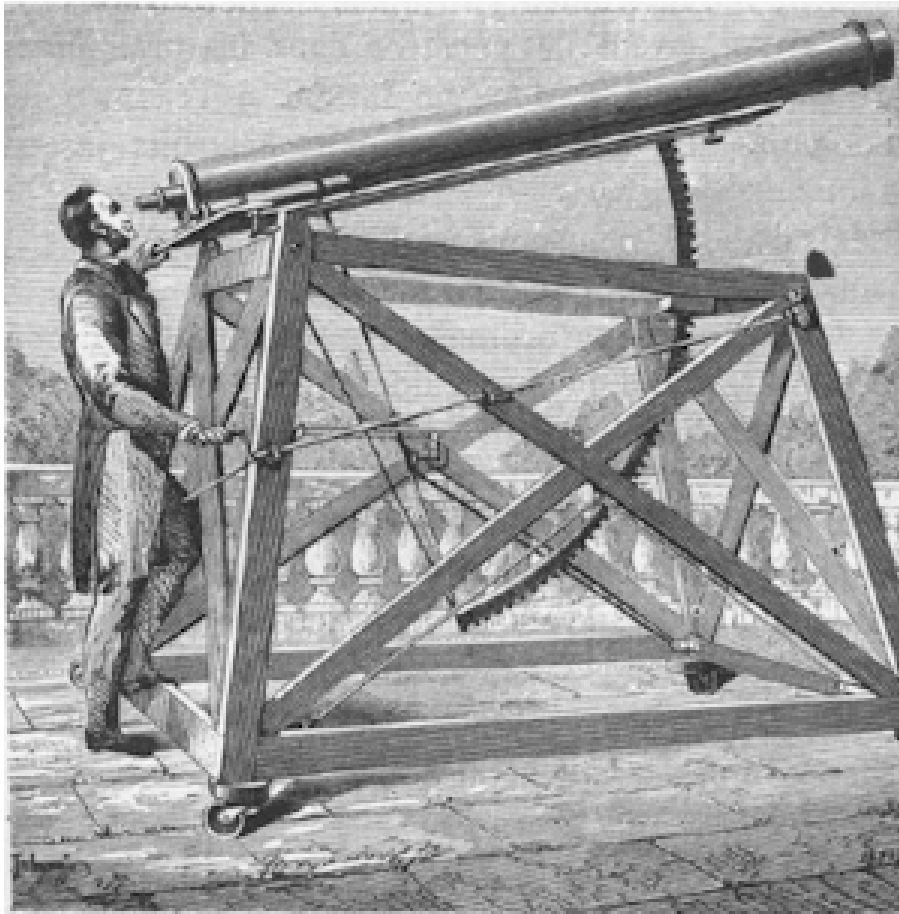


Fig. 1 - Cannocchiale astronomico comune

Esso è qui montato su una grande base con l'aiuto della quale può essere diretto in tutte le direzioni. L'oculare è, come detto, il piccolo tubo vicino all'occhio dell'osservatore, e l'obiettivo è la grande lente di vetro che chiude l'estremità superiore del cannocchiale. Si può vedere, a destra, un secondo cannocchiale, molto più piccolo, montato parallelamente al grande: è il *cercatore*, il cui ingrandimento è piccolo, che abbraccia un campo molto più vasto nel cielo e che serve a cercare dapprima nell'esercito celeste l'astro che si vuole studiare. In questo cercatore vi sono due fili, uno verticale, l'altro orizzontale, che si incrociano nel mezzo: quando si è portato l'astro dietro la croce dei fili, è nel campo del cannocchiale.

Ecco come sono disposti i vetri di un cannocchiale astronomico e quale è il percorso dei raggi luminosi.

L'obiettivo posto all'estremità superiore del cannocchiale è una lente convessa, I raggi provenienti dall'astro che si osserva in AB si incrociano attraversando questa lente, si prolungano nel cannocchiale e formano nei punti ab un'immagine capovolta dell'astro AB . La piccola lente che serve qui da oculare è posta in modo da amplificare questa immagine, ab , e di mostrarla all'occhio dell'osservatore come se si estendesse dal punto A' al punto B' . L'astro AB appare quindi, in definitiva, ingrandito nella proporzione della freccia $A'B'$.

Il punto ab in cui si forma l'immagine, è il fuoco dell'obiettivo e la distanza che si estende dall'obiettivo fino a tale punto è detta *distanza focale*.

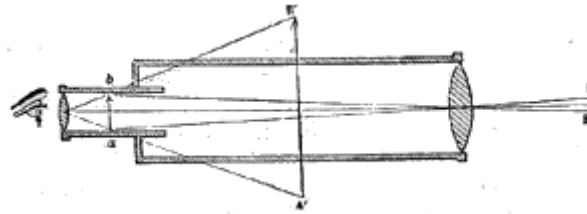


Fig. 2 - Teoria dell'ingrandimento di un cannocchiale nella forma più semplice

L'oculare scorre con poco attrito nel corpo del cannocchiale in modo da avvicinarsi o allontanarsi dall'immagine *ab*, poiché tutte le persone non hanno la stessa vista, la distanza che conviene a un occhio non è utile per un altro. Per ben distinguere l'obiettivo verso il quale il cannocchiale è diretto, la prima condizione da soddisfare è "mettere al punto", cioè mettere l'oculare alla portata dell'immagine; senza questa precauzione si vede confuso, e si può osservare che è questo il caso generale delle persone che guardano per la prima volta nel cannocchiale. Serve, prima di tutto, un certo apprendistato. Mi è spesso capitato di sentire persone di mondo assicurarmi che erano meravigliate di quanto vedevano nella Luna, mentre, in realtà, non vedevano assolutamente nulla. È questa una falsa vanità o una compiacenza esagerata. Infatti, quando convenivano di non aver messo l'oculare per la loro vista, io li invitavo a ruotare il pulsante che faceva avanzare o indietreggiare a piacere, le loro esclamazioni mi confermavano nel sospetto che nulla avessero distinto prima di allora.

Si vede che nel cannocchiale astronomico le immagini sono capovolte. L'alto è in basso e la destra è a sinistra. La Luna così vista presenta quindi un'immagine opposta a quella che conosciamo ad occhio nudo: la brillante regione bianca e montagnosa che è in basso ad occhio nudo si trova in alto nel cannocchiale, e la grande macchia scura che è a sinistra passa a destra. Così anche per tutti gli astri che si osservano in un cannocchiale astronomico. Si può raddrizzare l'immagine con un oculare doppio che capovolge una seconda volta l'immagine *ab* e, di conseguenza, la raddrizza; ma questa aggiunta di nuovi vetri fa perdere in chiarezza e come nel cielo non vi è né alto né basso, ed è indifferente vedere gli astri in un senso o nell'altro, non si raddrizza l'immagine. Non è così sulla Terra. Gli oculari destinati alle osservazioni terrestri sono costruiti in modo da operare questo raddrizzamento.

Tale è, in linea di principio, il cannocchiale elementare.

È singolare che si sia atteso così a lungo prima di inventare il cannocchiale di avvicinamento, poiché il vetro era noto dall'antichità. Mi ricordo di aver notato al convento di San Lazzaro degli Armeni, nell'isola con questo nome, vicino a Venezia, una mummia egiziana risalente a tre mila anni almeno, interamente avvolta in un tessuto di piccole perle di vetro blu. Una analoga osservazione mi ha colpito nelle vestigia delle rovine di Pompei: è l'esistenza di utensili di vetro risalenti a più di diciotto secoli fa. Si è trovato nelle rovine di Ninive un cristallo di quarzo esagonale piano-convesso, la cui curvatura ha ricevuto la sua forma su una ruota lapidaria o tramite qualche procedimento analogo: era un ornamento a forma di lente. Ecco del vetro che risale a più di quattro mila anni fa. Aristofane, Plinio, Seneca, Plutarco, parlano del vetro impiegato presso i Greci e i Romani. Uno scherzo di Aristofane proposto nella commedia delle *Vespe*, un metodo scientifico per cancellare le tracce dei suoi debiti concentrando i raggi solari per mezzo di una sfera di vetro sui mandati, che si potevano così cancellare a distanza, con la grande sorpresa di creditori, fondendo la cera delle tavolette. Quattro secoli prima della nostra era si vendevano nelle drogherie di Atene pietre trasparenti in grado di accendere il fuoco con i raggi solari. Nella stessa epoca, il fuoco sacro che le Vestali avevano lasciato spegnere si riaccendeva con il sole, con l'aiuto di specchi metallici analoghi a quelli di Archimede, risuscitati più tardi da Buffon. Plinio il Vecchio, parlando di diverse specie di vetro, soprattutto delle finte ossidiane e del loro uso per fabbricare vetri per bere, dice che si può bruciare con l'aiuto di un globo di vetro riempito di acqua. Seneca, a proposito degli stessi globi, nota che essi servono ad ingrandire gli oggetti permettendo di leggere lettere molto piccole. Plinio descrive degli smeraldi che servivano da piccoli specchi portatili, e tra gli altri, uno che apparteneva a Nerova e che, contrariamente ai precedenti, gli serviva da occhiale per guardare i gladiatori in

combattimento. Nerone era miope: questa lente era concava? questo lo scrivano non lo spiega. Così il vetro era conosciuto dagli Egiziani, dagli Assiri, dai Greci e dai Romani, e forse anche da un gran numero di altri popoli antichi e certe proprietà dell'ottica e della catottrica erano state osservate; eppure gli antichi non hanno inventato né il telescopio, né il microscopio, né il cannocchiale, né le lenti, nemmeno gli occhiali: tutte le testimonianze sullo stato delle scienze e anche sulle abitudini della società, concordano nel provarlo. Tuttavia gli antichi si servivano di tubi per osservare - tubi cavi, ma nemmeno molto utili, che si chiamavano *diottri*.

Gli occhiali, le lenti troppo poco curve destinate a perfezionare la vista dei miopi o dei presbiteri, sono stati inventati solo nel XIII secolo. Le opere di medicina anteriori a questo secolo dichiarano la miopia incurabile, mentre quelle successive propongono gli occhiali per correggerla. È verso il 1280 che questa utile invenzione è stata fatta: l'umanità, che conserva preziosamente i nomi dei suoi spogliatori, ha dimenticato quello del benefattore che ha dato alla vista umana il suo naturale completamento².

Il primo cannocchiale sembra essere stato trovato, per caso, dal gioco di un bambino riguardante il campanile di Middelbourg, in Olanda, attraverso due lenti³. Era il 1606, e questo stesso anno suo padre, Jean Lippershey, fabbricante di occhiali, indirizzò la sua supplica agli Stati generali d'Olanda per richiedere un brevetto. Quei coraggiosi senatori avanzarono alcune obiezioni imperdonabili, tra le altre quella che era sgradevole chiudere un occhio mentre si guardava con l'altro! ma infine accordarono 900 fiorini a Lippershey, a condizione che costruisse le sue lenti *per i due giochi*; poi gli rifiutarono il brevetto richiesto, poiché era noto che già diverse persone erano a conoscenza dell'invenzione. Un altro olandese, Jacques Metius, sembra infatti aver costruito un primo cannocchiale nello stesso tempo di Lippershey. Notiamo anche che quasi un secolo prima, Fracastoro aveva scritto le parole seguenti in un'opera pubblicata a Venezia nel 1538: "Se si guarda attraverso due vetri oculari, posti uno sull'altro, si vedono tutte le cose più grandi e più vicine... Si avvicina la Luna alla distanza dei campanili." Ed è nel 1606 che fu costruito il primo cannocchiale.

Come è lento il progresso dell'umanità!

L'era dell'astronomia ottica inizia solo nell'anno 1609, quando Galileo, avendo sentito parlare dell'invenzione olandese, costruì in Italia il primo cannocchiale diretto verso il cielo. Rivelazioni inattese non tardarono a ricompensare la sua nobile ambizione: le montagne della Luna, le macchie del Sole, i satelliti di Giove, le fasi di Venere, le stelle della Via Lattea, si rivelarono ai suoi occhi meravigliati. Questo cannocchiale è stato religiosamente conservato e si trova oggi all'Accademia di Firenze. Ricevendolo qualche anno fa nelle mie mani commosse, mi sembrava che esso rappresentasse qualcosa della gloria passata e io rivedevo nella mente l'illustre e venerabile astronomo, in piedi, dopo il tramonto del sole, su una di queste belle terrazze italiane, all'ora in cui si illuminano le stelle, dirigendo con una febbrile impazienza questo tubo meraviglioso verso i nuovi mondi scoperti nel cielo, e ricevendo queste confidenze sublimi che nessun mortale aveva ancora inteso... Povero Galileo! Doveva tristemente espiare la gloria di aver scoperto il velo che fino ad allora aveva oscurato lo splendore della creazione, e l'onore di aver così innalzato l'umanità verso aspirazioni più nobili e pure.

Non offriamo forse una riconoscenza profonda quale dovrebbe essere verso gli uomini che con i loro sforzi hanno portato la scienza e l'arte dell'ottico agli attuali perfezionamenti, malgrado la resistenza che il progresso deve sempre vincere; forse anche non guardiamo con tutta l'ammirazione di cui essa è degna, questa sostanza minerale di modesta apparenza, che si chiama *vetro*. Ma esso è più prezioso dell'oro e del diamante e il suo ruolo nella storia dell'umanità

²Mi ricordo di aver visto a Roma, al museo Vaticano, una tavola di Nicolò Alunno rappresentante i dodici apostoli, nella quale san Filippo porta degli occhiali. È questo un anacronismo come si incontra spesso nei migliori pittori, di questa epoca soprattutto. Nicolò Alunno fu uno dei maestri del Perugino, 1458-1492. Ai tempi di Gesù Cristo, non si portavano ancora occhiali.

³Si veda la nostra Storia del Cielo, nona serata, p. 273.

può a mala pena essere apprezzato per il suo reale valore. Senza il vetro, la civilizzazione non avrebbe potuto avanzare fino ai nostri climi settentrionali; poiché esso solo ci permette di vivere al riparo dal freddo, dal vento e dalle intemperie, ricevendo la luce del giorno, il calore del sole e contemplare la natura esterna. È il vetro che ha fondato la fisica sperimentale con il barometro e il termometro. Esso ha dato origine ai due nuovi organi visivi dell'umanità moderna: il microscopio, che ci ha rivelato l'infinitamente piccolo e il telescopio, che ci trasporta nell'infinitamente grande. La scienza quasi tutta intera è dovuta ai servizi resi da questa sabbia fusa, da questa sostanza vetrificata... Sostanza pura e limpida! La mente del pensatore ti guarda con simpatia, poiché tu sei stato più benefico verso l'umanità e più utile ai progressi delle conoscenze umane di tutti i conquistatori e monarchi messi insieme, da Sesostri fino a Guglielmo di Prussia.

Capitolo 2

Il nuovo occhio dell'umanità

I più grandi cannocchiali astronomici costruiti finora

Il progresso del perfezionamento dei cannocchiali astronomici è stato più lento di quanto si sarebbe portati a credere. È solo da mezzo secolo che l'ottica è entrata nella sua via effettiva. Per prendere un esempio della rarità dei buoni strumenti di ottica all'inizio del nostro secolo, osserviamo che i nostri cannocchiali astronomici oggi più diffusi, quelli il cui obiettivo misura 11 *cm* di diametro e la cui lunghezza è di 1,60 *m*, cannocchiali che ogni astronomo ha ora presso di sé per un uso quotidiano, non esistevano allora in Francia. Nel 1804, Napoleone, progettando di arrendersi al campo di Boulogne, fece venire Delambre e gli domandò il miglior cannocchiale del Bureau des longitudes. - "Sire, rispose l'astronomo, possiamo darvi il cannocchiale di Dollond; Vostra Maestà farà una cosa gradita agli astronomi se vorrà accordarci in cambio un eccellente cannocchiale di quattro pollici costruito da M. Lerebours. - Esso è dunque migliore?" rispose l'Imperatore. - Sì, Sire. - Bene, allora, lo prendo per me."

Questo obiettivo acromatico di 11 *cm* è il primo fatto in Francia.

Prima di questa epoca si erano costruiti cannocchiali molto più grandi, ma che coloravano le immagini a causa della rifrazione. I loro obiettivi potevano ricevere solo una piccola curvatura e la distanza focale era enorme. Ne ha posseduto uno, sotto Luigi XIV, l'Osservatorio di Parigi, che misurava 300 piedi di lunghezza! esso poteva tuttavia ingrandire solo 600 volte. Non aveva un tubo e l'oculare era tenuto in mano. Il tubo, infatti, non è necessario al cammino dei raggi luminosi in un cannocchiale; ma si può comprendere la scomodità di tali strumenti. Si costruì in quel periodo un cannocchiale di 10000 piedi, "dovendo mostrare animali nella Luna". (Non si osava ancora dire uomini, poiché non sarebbero potuti discendere da Adamo ed essere salvati!)

La scoperta dei vetri acromatici - così detti poiché non colorano - permise di costruire obiettivi con due lenti giustapposte, complementare l'una all'altra, e di ottenere immagini pure. Si avrà un'idea della perseveranza e degli ostacoli che incontrarono gli ottici nella costruzione di grandi obiettivi, se si osserva che le difficoltà crescono con il *cubo* del diametro: un obiettivo di 20 *cm* è 8 volte più difficile da ottenere di uno di 10; e uno di 21 *cm* 27 volte più difficile di uno di 7.

Delineiamo brevemente il progresso realizzato nel perfezionamento dei cannocchiali, e vediamo quali sono i principali strumenti costruiti fino ad ora. Ci occupiamo in questo capitolo solo di cannocchiale e non dei telescopi.

Nel 1823, Lerebours terminò un cannocchiale di 24 *cm* di diametro e di 3,32 *m* di fuoco soltanto, che gli era stato comandato dal re Luigi XVIII per l'Osservatorio di Parigi. L'anno seguente, Fraunhofer terminò un cannocchiale dello stesso diametro e di 4,53 *m* di fuoco, per l'Osservatorio di Dorpat. Erano allora i due migliori strumenti del mondo. (Il grande problema dell'ottica è di costruire gli obiettivi più grandi possibili, più puri, e di curvatura tale che la distanza focale sia la più piccola possibile, per la facilità nell'uso. Tra due cannocchiali di uguale potenza, il meno lungo è il preferibile).

Nel 1829, si sperimentò all'Osservatorio di Parigi un cannocchiale di 33 *cm* di diametro e di 8 *m* di lunghezza, costruito da Cauchoix. Esso fu rifiutato da Arago, che non amava Cauchoix. Sir James South l'acquistò per l'Inghilterra e ne fece omaggio all'Osservatorio di Dublino. È installato solo da qualche anno ed è uno dei migliori strumenti esistenti.

L'ottico tedesco Mertz, di Monaco, costruì nel 1838 un obiettivo di 38 *cm* e di 7 *m* di distanza focale per l'Osservatorio di Pulkowa in Russia. È ancora oggi uno dei migliori strumenti esistenti e uno di quelli ai quali si devono le più brillanti scoperte. Supporta ingrandimenti di 1000 volte e oltre.

Nel 1840, Lerebours costruì per l'Osservatorio di Parigi un obiettivo di 38 *cm* di diametro e di 8 *m* di fuoco. Gli ottici inglesi costruirono nello stesso periodo un cannocchiale delle stesse dimensioni per l'Osservatorio di Cambridge (Stati Uniti). Questi tre cannocchiali di 14 pollici (Pulkowa, Parigi e Cambridge) erano i tre più bei cannocchiali degli osservatori a metà del nostro secolo. Sfortunatamente, quello di Parigi non rispose alle speranze riposte su di esso; la purezza e il valore dell'obiettivo non corrispondono alle sue dimensioni. Esso può tuttavia servire per certe osservazioni ed è attualmente montato, dopo aver subito numerose vicissitudini, sotto l'immensa cupola orientale della terrazza dell'Osservatorio, la più grande cupola ruotante esistente. (Dal 1860 al 1875, la cupola era rimasta solitaria; la sua più grande curiosità è stata, dal 1871 al 1874, quella di essere mirabilmente costellata di stelle per gli innumerevoli proiettili di fucile che l'avevano crivellata negli ultimi giorni di agonia delle convulsioni della Comune).

Il miglior cannocchiale dell'Osservatorio di Parigi è il grande equatoriale della torre ovest, cupola bianca che fa all'incirca coppia con la cupola anzidetta. Come strumento di precisione, è uno dei più perfetti che esistono al mondo. L'obiettivo è una lente di 32 *cm* di apertura e di 5 *m* di distanza focale. Montato su un apparato *parallattico*¹, un moto d'orologeria lo fa ruotare attorno all'asse del mondo, in senso contrario al movimento della terra; di modo che, diretto verso qualche punto del cielo, il cannocchiale guarda costantemente l'astro nel campo visuale e lo segue nel suo percorso apparente. Anche la cupola ruota e l'astronomo sembra fare eccezione alla legge universale che trascina il cielo, poiché resta immobile come se il globo ruotasse ai suoi piedi, senza che egli partecipi al suo moto. Questo magnifico equatoriale è stato costruito nel 1860 dall'ottico francese Secretan, che abbiamo avuto il dolore di perdere qualche anno fa. Si avrà un'idea esatta della sua costruzione dal disegno sottostante.

¹Questo apparato si muove con il moto diurno e misura area di paralleli celesti, ma non ha alcun rapporto con le parallassi.

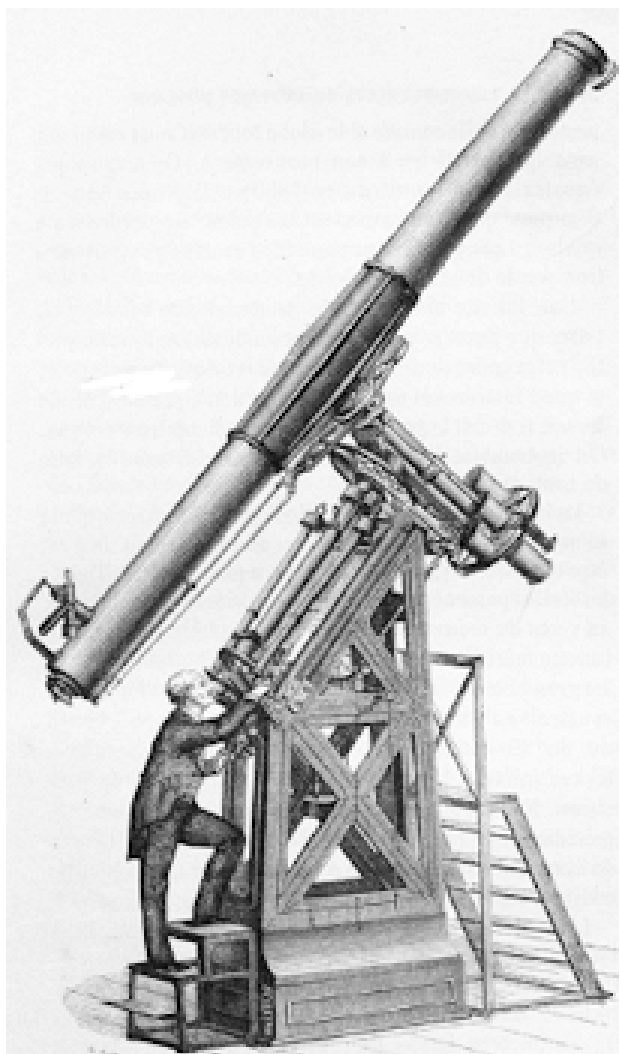


Fig. 3 - Cannocchiale equatoriale all'Osservatorio di Parigi (ruota a ovest)

Un cannocchiale così montato si chiama *equatoriale*, poiché l'asse (vedi la figura) attorno al quale può assumere tutte le posizioni è diretto verso il polo e lo strumento è nello stesso piano dell'equatore celeste quando descrive il grande cerchio perpendicolare a questo asse. Questo strumento è, con il cannocchiale meridiano, la base di ogni osservatorio.

Il cannocchiale *meridiano* è così chiamato perché si muove unicamente nel piano del meridiano e non può essere ruotato da una parte all'altra di questo piano verticale. Tutte le stelle passano per il meridiano in ventiquattro ore, in virtù del moto diurno della sfera celeste e il cannocchiale meridiano ha lo scopo di constatare il loro passaggio. Il grande cerchio meridiano dell'Osservatorio di Parigi è stato costruito nel 1863 da Secretan e Eichens; il suo obiettivo è di 25 cm e la sua lunghezza è di $3,85\text{ m}$. È un vero capolavoro di precisione. Non mostriamo qui un cannocchiale meridiano, poiché non serve allo studio della costituzione fisica degli astri, che è il tema di questo libro, ma alla costatazione dei loro moti.

L'equatoriale dell'Osservatorio del Collegio romano, mediante il quale il P. Secchi ha fatto le sue brillanti scoperte, è stato costruito nel 1854 da Mertz a Monaco. Il suo obiettivo è di 24 cm e la sua lunghezza di $4,32\text{ m}$. Gli oculari si estendono fino a 760 e 1000. Il sapiente astronomo romano gli ha applicato un potente spettroscopio per lo studio speciale del Sole: parecchie volte, a Roma, sono stato chiamato a contemplare le protuberanze, getti di fiamme di quaranta o cinquanta mila leghe di altezza, che si slanciano costantemente attorno a questo astro gigantesco, come le onde colossali di spaventose tempeste.

Dal 1850 al 1860, parecchi grandi cannocchiali sono stati costruiti in Francia da Porro e da Dien: due tra essi misurano fino a 55 cm (Porro), e 52 (Dien); la loro lunghezza era di

15 *m* per il primo e di 13 per il secondo. Ma non erano più potenti dell'equatoriale di 32 *cm* dell'Osservatorio di Parigi.

Si è installato nel 1860, a New York, un grande equatoriale con l'aiuto del quale M. Rutherford ha ottenuto le sue belle fotografie della Luna, di cui si mostrerà più avanti uno degli esemplari. Questo strumento ha come obiettivo una lente di 33 *cm*.

Nel 1861, si è installato all'Osservatorio reale di Greenwich un grande equatoriale di 32 *cm* di apertura. Si può metterlo alla pari di quello di Parigi. Nella descrizione che il venerabile direttore dell'Osservatorio di Inghilterra, M. Airy, mi ha voluto indirizzare, vi sono non meno di cinquanta immagini di precisione sulle diverse parti che formano questo strumento. La sua montatura è completamente diversa da quella di Parigi. Ma i due strumenti sono analoghi e servono allo stesso scopo.

Nello stesso periodo, l'Osservatorio di Chicago si è fatto costruire, da Alvan Clark, un cannocchiale il cui obiettivo ha un diametro di 47 *cm*. L'Osservatorio di Cincinnati possiede un cannocchiale equivalente.

Degno di nota, il più grande cannocchiale d'Europa non appartiene a un osservatorio nazionale, né a un governo, né a un astronomo di professione, ma a un commerciante ritiratosi dagli affari, che fa il più nobile uso della sua fortuna: a M. Newall, fabbricante di cavi sottomarini in Inghilterra. Come un gran numero di suoi compatrioti, questo ricco Inglese si è costruito un osservatorio e si è dedicato allo studio dell'astronomia, trovando più piacevole occupare così il proprio tempo e la propria fortuna, piuttosto che ammassare somme improduttive, o dilapidarle follemente nelle corse dei cavalli, al gioco o in tanti altri modi inutili e nocive.

M. Newall si è dato il lusso di costruire uno strumento che gli è costato non meno di un quarto di milione e che ha installato nella magnifica casa di campagna dove ha posto la sua residenza, a Gateshead, vicino Newcastle sul Tyne. L'obiettivo misura 63 *cm* di diametro; i costruttori sono Cook e Sons. Questo prodigioso strumento è ancora senza rivali in Europa.



Fig. 4 - Il più potente cannocchiale d'Europa

Come si vede dalla figura 4, che rappresenta questo magnifico cannocchiale, il tubo presenta un poco la forma di un sigaro; è di lamiera d'acciaio e perfettamente equilibrato da un contrappeso di circa 150 *kg*. È poggiato su un piedistallo di una solidità inenarrabile e che pesa meno di 10 tonnellate. Questo piedistallo è di ferro cavo; all'interno si mette il peso di un meccanismo

ad orologeria che dà a questo cannocchiale un movimento equatoriale. La sua dimensione sarà valutata confrontandola con quella dell'uomo posto ai suoi piedi come confronto.

Questo gigantesco strumento è già superato in America.

L'Osservatorio nazionale degli Stati Uniti a Washington si è fatto recentemente costruire il più grande cannocchiale esistente. Misura 26 pollici inglesi, cioè 66 *cm*. Lo strumento, installato nel 1872, dà immagini molto nitide con un ingrandimento di 1300. La spesa totale è stata di circa 50000 dollari o 250000 franchi.

Aggiungiamo ancora che gli ottici Clark di Cambridge (Massachusetts) hanno intrapreso nel 1872 la costruzione di una lente di 68 *cm* per il governo degli Stati Uniti, al prezzo di 50000 dollari. Il cannocchiale è ad oggi terminato. Non sarà installato in una città, ma su una montagna, sugli altipiani della Sierra Nevada, ad un'altezza di 2700 *m*, che si raccomanda per la purezza della sua atmosfera e per un cielo quasi sempre sereno.

Questo cannocchiale colossale sarà il più potente mai costruito. La sua lunghezza è di 10 *m*. Il suo ingrandimento normale è di 1400 e può forse essere portato fino a 2000.

Forse vi sarà nel 1878, in Europa, un cannocchiale altrettanto gigantesco. M. Feil, di Parigi, prepara in questo momento per il costruttore Grubb, di Dublino, un obiettivo che deve raggiungere i 68 *cm*, con una lunghezza focale di 10 *m*. Il tubo sarà interamente di acciaio. Questo strumento è stato comandato dal governo austriaco ed è destinato al nuovo osservatorio che sarà fondato a Vienna.

Questi sono i più potenti cannocchiali costruiti fino ad oggi. Avremo in ogni istante, in quest'opera, l'occasione di apprezzare i loro servigi. Si vede che l'ingrandimento può arrivare fino a 2000 e non superare questo valore. Ma parallelamente ai cannocchiali propriamente detti, avanza oggi la costruzione dei *telescopi*, di cui non abbiamo ancora parlato e che saranno il tema del capitolo seguente.

Si avrà un'idea della potenza di visione successivamente ottenuta da questi progressi ottici, confrontando il cielo visibile ad occhio nudo con il cielo scoperto da questi occhi giganti. L'occhio umano, lasciato alla sua sola potenza, vede, nel cielo intero, 6000 stelle in cifra tonda; le migliori osservazioni sono giunte a contarne 7300. Gli astronomi antichi avevano diviso le stelle visibili ad occhio nudo in sei classi, secondo il loro splendore, le più brillanti formanti la prima grandezza, le più deboli, quelle che l'occhio distingue appena sul fondo del cielo, formanti la sesta grandezza. I primi cannocchiali di Galilei rivelarono stelle che l'occhio umano non aveva mai visto, le quali, continuando la serie decrescente indicata, formarono il settimo ordine di luminosità. Il numero delle stelle conosciute divenne così:

Stelle di 1 ^a grandezza	18
Stelle di 2 ^a grandezza	59
Stelle di 3 grandezza	182
Stelle di 4 grandezza	550
Stelle di 5 ^a grandezza	1620
Stelle di 6 ^a grandezza	4900
Stelle di 7 ^a grandezza	16000

Si videro già 16000 nuove stelle! Ma il perfezionamento apportato ai cannocchiali non tardò a mostrare le stelle dell'ottava grandezza, che sono in numero di 58000 poi, abbastanza presto, quelle di nona grandezza, che sono in numero di 210000.

Penetrando sempre più profondamente negli abissi celesti, i cannocchiali astronomici riuscirono in seguito a distinguere le stelle di decima grandezza, il cui numero raggiunge 735000 poi quelle di undicesima grandezza, il cui numero è di 2570000; quelle della dodicesima grandezza, il cui numero supera i *nove milioni*.

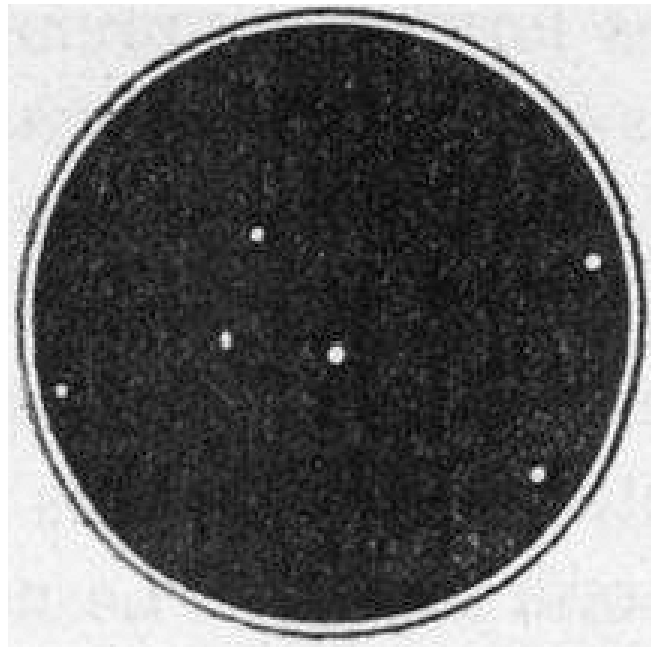


Fig. 5 - Un punto del cielo visto ad occhio nudo

La tredicesima grandezza, raggiunta dopo lungo tempo, è superata e la quattordicesima ha già ceduto il passo alla quindicesima. Il grande equatoriale di M. Newall mostra oggi le stelle della sedicesima grandezza; domani, il nuovo cannocchiale degli Stati Uniti farà conoscere quelle della diciassettesima.

Quarant'anni fa, si poteva stimare in 50 milioni il numero di stelle visibili nei migliori cannocchiali; vent'anni fa, questo numero arrivava già a 75 milioni; oggi supera i *cento milioni*. Il numero di stelle aumenta in proporzione alle distanze raggiunte. Tracciamo delle sfere immaginarie che si succedono l'una all'altra attorno a noi, sempre più grandi, sempre più immense: lo spazio che conterranno sarà sempre più vasto e più ricco di stelle... e ciò fino all'infinito. Se la portata dei nostri strumenti si estendesse fino all'infinito, il cielo si coprirebbe di punti luminosi così moltiplicati, che diverrebbe luminoso quanto il sole, poiché ogni spazio non rimarrebbe privo di stelle.

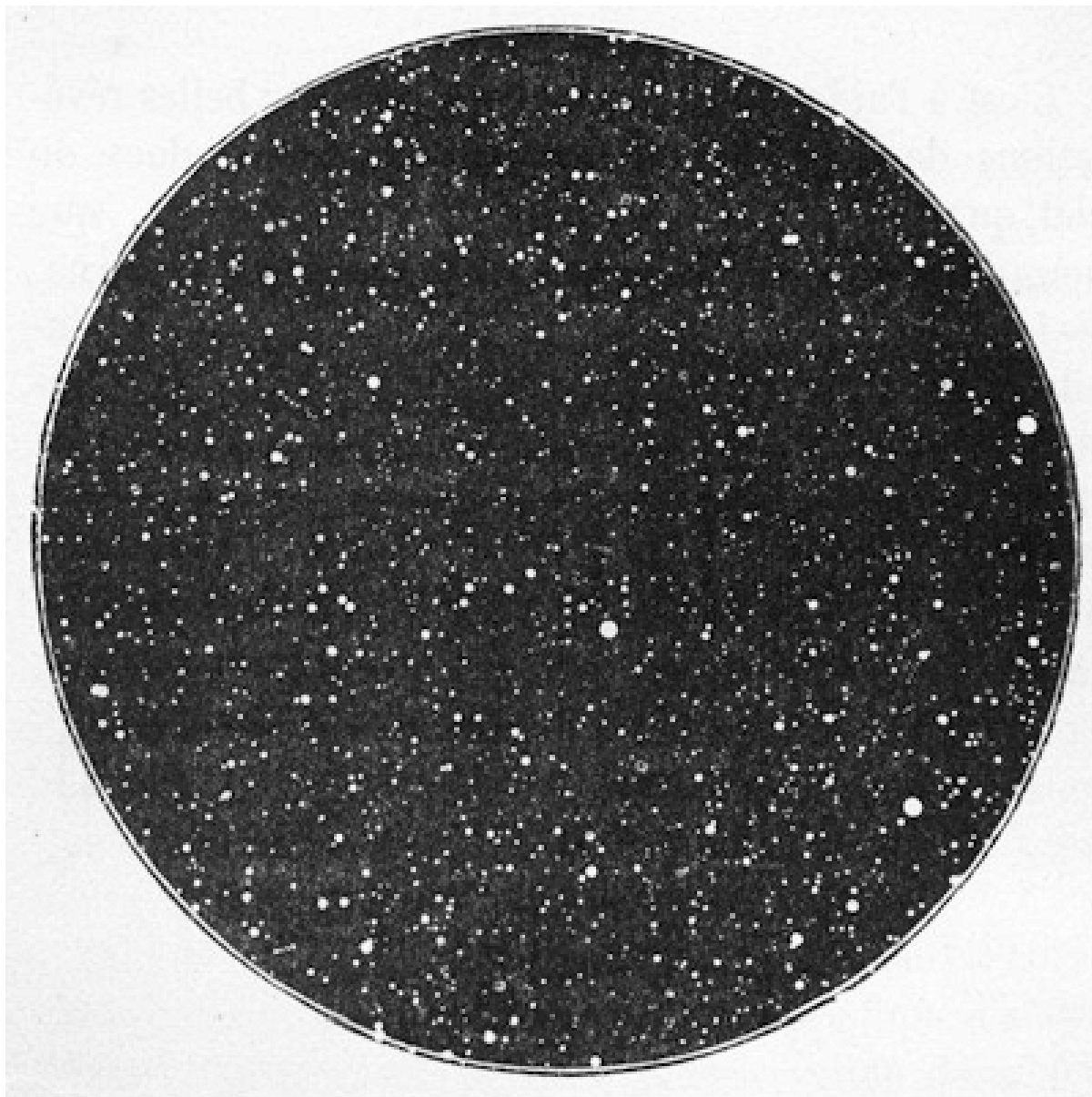


Fig. 6 - Lo stesso punto del cielo, visto in un cannocchiale dell'Osservatorio di Parigi

Le due figure precedenti, che abbiamo inserito per confronto, danno un'idea del cielo stellato visto ad occhio nudo, o con l'aiuto di mezzi ottici dell'astronomia contemporanea. La prima mostra un punto del cielo visto ad occhio nudo e la seconda lo stesso punto visto attraverso l'equatoriale di 27 *cm* del giardino dell'Osservatorio di Parigi, la cui potenza non si estende oltre la tredicesima grandezza. Il cielo cessa di essere oscuro e diviene un vero sole polverizzato.

È grazie a questi strumenti che le belle rivelazioni dell'astronomia fisica sono discese dal cielo, che i paesaggi lunari divengono visibili..., che noi distinguiamo da qui i dettagli degli anelli di Saturno, le nubi e le correnti atmosferiche di Giove, i continenti e i mari di Marte, le montagne di Venere; in una parola, la natura, la costituzione e anche la configurazione geografica degli altri mondi.

Questa è la proporzione che esiste tra l'occhio nuovo dell'umanità e l'occhio dei nostri padri.

Capitolo 3

I più potenti Telescopi del Mondo

Spinti dall'ambizione legittima di penetrare più rapidamente e profondamente ancora negli abissi dell'infinito, l'ingegnoso spirito umano ha cercato un'altra via per andare oltre il progresso raggiunto con la costruzione dei cannocchiali di avvicinamento, e, parallelamente ad essi, ha inventato i telescopi.

Sebbene, in virtù della sua etimologia, il nome *telescopio*, che significa “vedere da lontano”, sia stato applicato dapprima a tutti gli strumenti destinati all'osservazione degli oggetti lontani, si è poi dopo lungo tempo assegnato il nome di cannocchiali agli strumenti che abbiamo descritto, e riservato quello di telescopio a quelli di cui tratteremo ora. Tuttavia, ancora oggi, in Inghilterra, si indicano indifferentemente gli uni e gli altri con il nome di telescopi e quando si vuole fare la differenza, si chiamano i primi rifrattori e i secondi riflettori, in base al gioco dei raggi luminosi nei due casi. Le parole *telescopi*, *telescopici*, sono generalmente impiegate nella descrizione tutte le volte in cui si tratta di osservazioni di astri invisibili ad occhio nudo.

Il *telescopio* propriamente detto ha come parte essenziale non una lente di vetro, ma uno *specchio*. È quanto serve sapere per il seguito e non dimenticarlo. Questo specchio occupa la parte inferiore del tubo del telescopio, cioè quella in cui si pone l'oculare dei cannocchiali. La parte superiore del tubo è libera. Vi è, come si vede, una differenza essenziale di costruzione e di forma tra cannocchiale e telescopio.

Si avrà un'idea esatta del modo in cui si comportano le immagini in questo strumento dalla figura seguente, che rappresenta la sezione teorica di un telescopio del sistema di Newton. Lo specchio curvo M occupa il fondo del tubo; i raggi A e B, provenienti dall'astro che si osserva, giungono su questo specchio, vi si riflettono e vengono inviati su un piccolo specchio piano *m* posto all'interno del tubo; questo piccolo specchio, inclinato di 45° , riflette a sua volta gli stessi raggi verso un lato del tubo, che è aperto in questo punto e dove si pone l'occhio per guardare l'immagine. Vi è qui un oculare che l'amplifica.

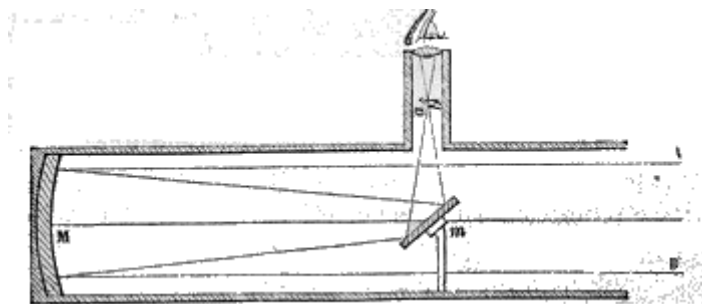


Fig. 7 - Teoria del telescopio nella sua più semplice configurazione

Per osservare in un telescopio questa costruzione non ci si pone a una delle estremità dello strumento, come per i cannocchiali, ma di lato, ciò che appare sempre sorprendente alle persone che osservano in un telescopio per la prima volta.

Gli specchi del telescopio sono stati fatti per lungo tempo di un metallo analogo al metallo degli orologi: in differenti tentativi, si sono parecchie volte cambiate le proporzioni della lega per ottenere la miglior superficie riflettente; poi li si è abbandonate finché l'ottico francese Foucault li ha rimessi in gioco con la sostituzione del vetro col metallo, cosa che rende il lavoro più facile e dà nello stesso tempo eccellenti risultati ottici.

La prima idea del telescopio si trova in un'opera pubblicata a Lione nel 1653, dal padre Zucchi, il quale annuncia che nell'anno 1616 egli aveva concepito il progetto di questo strumento. Tuttavia fu solo nel 1663 che si può leggere la descrizione completa di un telescopio dovuta ad uno scienziato inglese, sir James Gregory. Dieci anni più tardi, Newton costruì il suo, in un modo diverso dal precedente. Più di un secolo dopo, William Herschel riuscì ad innalzare un vero monumento all'Astronomia costruendo con le proprie mani il più potente strumento di ottica mai esistito.

Gli antichi conoscevano gli specchi curvi e piani e le loro principali proprietà ottiche. Ma non li hanno utilizzati al posto dei vetri per lo studio delle scienze. Platone, nel suo *Timeo*, Euclide nella sua *Catottrica*, Tolomeo nella sua *Ottica*, Erone di Alessandria, Seneca, Plutarco, Apuleio, e numerosi altri scrittori dell'antichità, hanno parlato degli specchi concavi e dell'ingrandimento delle immagini da essi prodotti. Vi è pure una leggenda relativa a uno specchio posto sul faro di Alessandria che permetteva di vedere i vascelli a più di cento leghe, se si crede a Ameilhon¹, e anche "a più di cinquecento leghe", secondo Benjamin de Tudela². Lo scrivano arabo Abulfeda racconta che questo specchio fu distrutto poco dopo il tempo di Maometto dai cristiani³. Buffon ha concluso da questa tradizione che il telescopio a riflessione era conosciuto dagli scienziati alessandrini; ma la loro astronomia prova il contrario. D'altra parte l'esagerazione delle descrizioni è evidente da questo solo fatto che la curvatura del mare impedirebbe di vedere i vascelli a cinquecento leghe e anche a cento. Noi crediamo, con M. Th. Henri Martin, di Rennes⁴, che questa leggenda si riferisca ad uno specchio magico orientale, specchio nel quale si vede tutto ciò che si vuole. Si può così notare che vi era nel XVI secolo, a Ragusa, uno specchio posto sul fondo di un cilindro, che permetteva di vedere le immagini assai lontane, tra le altre navi nel porto. Questo strumento doveva essere un prodotto notevole dell'arte di scavo e di pulitura dei metalli secondo una curvatura data. Fu il precursore del telescopio, ma non lo era non possedendo un oculare.

Come evidenziato, uno dei più grandi e celebri telescopi, è stato quello di William Herschel, costruito alla fine dell'ultimo secolo, a Slough, in Inghilterra. Questo colosso aveva colpito le immaginazioni, non in ragione delle scoperte astronomiche ottenute (di questo il pubblico non si occupava troppo), ma piuttosto a causa delle sue enormi dimensioni, che erano di 1^m, 47 per lo specchio e di 12 m per la lunghezza del tubo⁵.

Lo specchio di questo telescopio pesava da solo più di 1000 kg. Per muovere uno strumento di tale peso, Herschel fu obbligato ad immaginare un meccanismo tra i più complicati, composto da tutta una combinazione di alberi, scale, di carrucole e di corde, come l'attrezzatura di

¹*Académie des inscriptions*, tomo XLII, p. 503.

²*Voyage*, trad.fr., p. 101. Parigi, 1830.

³*Descriptio Ægypti*, p. 7 del testo arabo, Gottinga, 1776.

⁴*Sur des instruments d'optique faussement attribués aux anciens*. Roma, 1871.

⁵Per quanto gigantesche siano, queste misure furono ancora rapidamente esagerate dalla fama. Un bel mattino, tra gli altri, a Londra si diffuse la notizia che l'illustre astronomo offriva un ballo nel tubo cilindrico del suo telescopio. Questa fantasia originale servì a far considerare come veramente fenomenale lo strumento che si immaginava già come colossale.

La notizia del preteso ballo di Herschel fu smentita; si trovò che si era confuso il celebre astronomo con un birraio e il grande telescopio con una immensa botte di birra, nel cui interno si era effettivamente danzato una quadriglia. Qualche sfaticato aveva senza dubbio trovato arguto trasportare a Slough il luogo della festa e di far danzare tutta una società in un tubo di ferro dove un uomo della più piccola taglia avrebbe a mala pena potuto stare in piedi. Si era così prevenuti in favore del famoso strumento di Herschel, che la smentita non fu accettata da tutti e per molto tempo dopo si parlò ancora del singolare ballo dato dal grande astronomo.

una grande nave da guerra. Questo gigantesco strumento ha contribuito non poco a dare al telescopio di Herschel la sua fantastica celebrità.

Oggi questo strumento esiste solo come una reliquia di famiglia, religiosamente conservato nel parco di Slough. Il primo gennaio 1840, sir John Herschel, figlio di William, sua moglie, i loro bambini, nel numero di sette, e qualche anziano servitore della famiglia, si riunirono in memoria del telescopio e delle immense scoperte fatte dall'immortale astronomo. A mezzogiorno, l'assemblea fece parecchie volte in processione il giro del monumento, poi si piazzò nel tubo del telescopio, su sedili preparati per la circostanza e intonò un *Requiem* in versione inglese, composto dallo stesso sir John Herschel. L'illustre famiglia di dispose poi in cerchio attorno al tubo e l'apertura fu sigillata ermeticamente. La giornata si concluse con una festa intima.

William Herschel, proveniente da una onorata famiglia di Hannover e poco fortunata, si costruì da sé tutto il suo valore e la sua gloria. Dopo aver costruito i suoi telescopi con le proprie mani, immortalò il suo nome con la scoperta di Urano e con i suoi innumerevoli lavori sulle stelle doppie, le nebulose e i più grandi problemi dell'astronomia siderale. Sua sorella Carolina era di rara istruzione in astronomia, e fu spesso associata alle sue osservazioni. Suo figlio, sir John Herschel, è stato uno dei più importanti astronomi del nostro secolo. Suo figlio minore, Alexandre Herschel, seguì, da un po' più lontano, le tracce dei suoi padri.

Il più grande dei telescopi fino ad oggi è quello innalzato da lord Rosse nel parco del suo castello di Parsonstown, in Irlanda, e che gli fece scoprire le meravigliose nebulose a spirale, questi ammassi di stelle così lontane che la loro luce impiega milioni di anni per arrivare fino a noi. Il tubo di questo telescopio veramente colossale ha 55 piedi inglesi ($16^m, 76$) di lunghezza e pesa 6604 *kg*. Per la sua forma, potrebbe essere paragonato alla ciminiera di una nave a vapore di proporzioni enormi; è chiuso, in basso, da un rigonfiamento quadrato, una specie di padiglione che racchiude lo specchio, il cui diametro è di 6 piedi, ($1^m, 83$), e il peso di 3809 *kg*, cioè quasi quattro volte il peso di quello di Herschel. Il peso totale dello strumento è di 10413 *kg*. Questo magnifico strumento, fissato su una specie di fortificazione oblunga di circa 75 piedi, da nord a sud, è posto tra due muraglie laterali a nicchie, alte da una cinquantina di piedi, costruiti sui due lati per servire da punti di appoggio al meccanismo destinato a muoverlo⁶. Questo occhio gigantesco può scrutare le profondità del Cielo al di là di ogni distanza mai penetrata da occhio umano. Il suo primo successo è stato scoprire la forma esatta delle nebulose.

Il nostro maestro e amico Babinet ha scritto che questo telescopio permetterebbe di vedere sulla Luna mandrie di animali analoghe a quelle dei bufali d'America, truppe in marcia in ordine di battaglia, monumenti uguali ai nostri, come l'Osservatorio di Parigi, Notre-Dame, il Louvre, si distinguerebbero facilmente, e ancora meglio gli oggetti estesi in lunghezza, come il corso dei nostri fiumi, il tracciato dei nostri canali, dei nostri bastioni, delle nostre strade, delle nostre ferrovie e delle nostre piantagioni regolari. Queste affermazioni sarebbero esatte se lo specchio di questo telescopio fosse perfetto; ma il suo valore non corrisponde alla sua grandezza e al suo costo⁷, e sebbene faccia scoprire meraviglie, non è così nitido da mostrare sulla Luna né sui pianeti dettagli molto precisi.

Telescopi più perfetti di quello di Herschel e di lord Rosse sono stati costruiti più tardi. Nel 1862, M. William Lassell, negoziante di Liverpool, ritiratosi dagli affari, installò dentro il bel clima dell'isola di Malta un pregevole telescopio costruito da lui stesso. Lo specchio, di metallo, ha quattro piedi inglesi, o $1^m, 22$ di diametro. Lo strumento è fissato nel sistema newtoniano e la sua lunghezza è di 37 piedi ($11^m, 40$). L'oculare è posto all'estremità superiore del tubo, che esso attraversa perpendicolarmente, per mirare il piccolo specchio piano inclinato a 45 gradi,

⁶Per non ripeterci, non abbiamo riprodotto il disegno di questi due giganteschi strumenti di Herschel e di lord Rosse, che si possono ammirare nel nostro piccolo libro di astronomia popolare, le *Merveilles célestes*, quinta edizione, p. 45 e 47.

⁷È costato 300000 franchi al suo proprietario.

sul quale convergono i raggi luminosi riflessi dal grande specchio posto nella parte bassa del tubo. L'astronomo è quindi obbligato a sollevarsi fino all'altezza dell'oculare e per questo ha costruito una vera torretta, che scorre lungo un cammino di ferro attorno al telescopio; esso è a parecchi stadi, e l'astronomo si pone su un balcone mobile che può salire o scendere secondo le altezze necessarie all'osservazione e avvicinarsi al centro secondo l'inclinazione del telescopio in modo da poter sempre posizionare il suo occhio vicino all'oculare. Siccome le folate d'aria che attraversano costantemente l'atmosfera in tutte le direzioni, soprattutto verticalmente, dopo le giornate calde, lambendo i muri degli edifici, riducono la nitidezza delle immagini, quando l'ingrandimento impiegato è molto forte, si cerca di evitarle il più possibile installando grandi strumenti. È quanto avviene. Per diminuire il peso e facilitare il maneggiamento, il tubo è montato a giorno, come si vede nel nostro disegno⁸.

⁸Lo strumento completo è costato solo 72000 franchi al suo costruttore.

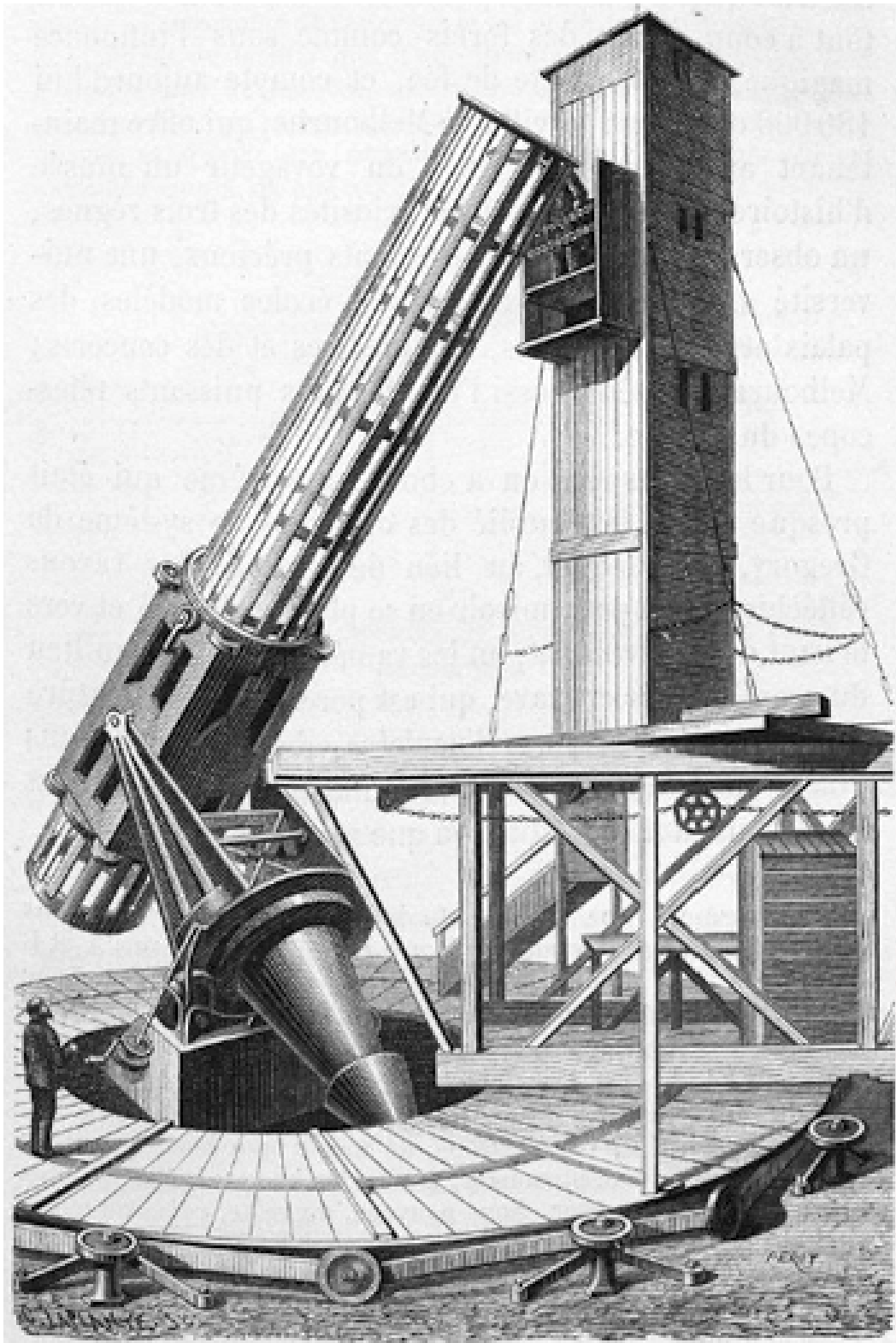


Fig. 7 - Il grande telescopio di Lassell

Gli ingrandimenti applicabili a questo telescopio variano da 500 a 1500. È con l'aiuto di questo strumento che M. Lassell ha scoperto il satellite di Nettuno, così come i due più vicini di Urano, con un oculare che ingrandisce 1600 volte. Altre scoperte non meno brillanti sono state la ricompensa di questo magnifico lavoro.

Mentre questi significativi progressi erano realizzati in Europa, una colonia inglese, del tutto nuova e appena nata sulla scena mondiale, si dedicò al culto di Urania e con i suoi primi passi verso il Cielo ambiva a superare di colpo tutto il cammino lentamente percorso dal vecchio

continente. La città di Melbourne, capitale del governo di Vittoria in Australia, che non esisteva ancora nel 1850, e che è improvvisamente uscita dalle foreste come sotto l'influsso magico di una bacchetta magica, e conta ad oggi 130000 abitanti; la città di Melbourne, che offre ora agli sguardi stupiti del viaggiatore un museo di storia naturale pieno di curiosità molto regale, un osservatorio munito di strumenti preziosi, una università libera da abitudini, di scuole modello, di palazzi e viali, di teatri e di concerti; Melbourne possiede anche uno dei più potenti telescopi del mondo.

Per costruirlo, si è scelto un sistema che era quasi del tutto dimenticato dagli ottici, il sistema di Gregory, nel quale, invece di ricevere i raggi riflessi con il piccolo specchio posto di lato e verso l'alto dello strumento, è riportato in basso, per mezzo di un grande specchio concavo, che presenta un'apertura circolare. La si pone l'oculare, di modo che nell'osservazione con questo strumento, l'astronomo è posto nella stessa condizione di un cannocchiale.

Ci si formerà un'idea esatta del cammino dei raggi in questo strumento dall'esame della nostra figura 9. I raggi A e B provenienti dall'astro verso il quale il telescopio è ruotato arrivano sul grande specchio M, che li riflette sul piccolo specchio m , il quale, a sua volta, li rinvia attraverso l'apertura fatta nel grande specchio sul fondo, verso il punto ab , dove una lente ingrandisce, per l'occhio dell'osservatore, l'immagine ab , e la mostra come se occupasse il braccio $A'B'$. Questo telescopio, così come quelli esaminati in precedenza, lascia le immagini così come sono, senza capovolgerle. Possiamo, del resto, notare qui, una volta per tutte, che è questa una delle differenze che esistono tra cannocchiali astronomici e i telescopi, qualunque essi siano: i primi capovolgono gli oggetti, i secondi li lasciano dritti.

Il sistema di costruzione adottato nel telescopio di Melbourne offre vantaggi e inconvenienti. I vantaggi sono di ridurre al minimo la sua lunghezza, e soprattutto di permettere all'astronomo di restare a terra e di servirsi del telescopio con molta più facilità che con un cannocchiale. Gli inconvenienti sono di aver meno luce, poiché la doppia riflessione estingue un maggior numero di raggi luminosi rispetto alla disposizione newtoniana e di avere una seconda immagine troppo grande, poiché essa è amplificata da cinque a sei volte dal piccolo specchio.

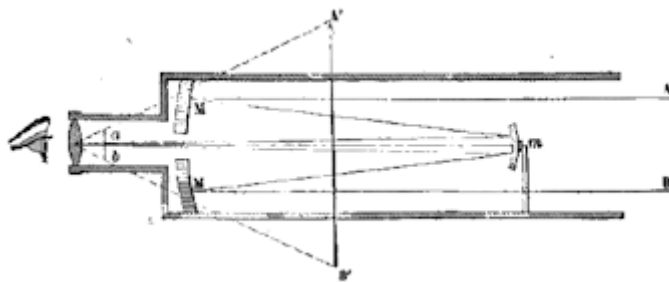


Fig. 9 - Teoria del telescopio nella sua più semplice configurazione

Lo specchio misura, come quello del telescopio di Lassell, 4 piedi inglesi ($1^m, 22$) di diametro, e pesa 1590 kg . L'operazione principale era naturalmente di fare bene questo enorme specchio metallico. Si è preso come modello di lega il metallo del telescopio di lord Ross, composto di 4 equivalenti di rame, per 1 di stagno, dando un potere riflettente eccellente senza colorazione. Il suo potere ottico equivaleva a quello di un obiettivo di 34 pollici inglesi (86 cm), che sarebbe quasi impossibile fondere, nelle attuali potenzialità dell'ottica. Una macchina a vapore e i congegni furono installati nei laboratori di Grubb a Dublino, per questo grande lavoro: fusione, curvatura, sgrossamento, pulitura; piccolo specchio, pure di metallo, curvato in modo da ricevere tutti i raggi emessi dal grande, e in grado di rinviare l'immagine verso il suo centro; corpo del telescopio, estremamente solido; collocazione del grande specchio su un supporto agevole e sicuro, ecc. ecc. Lo strumento fu montato in modo da poter essere diretto senza fatica e rapidamente verso tutti i punti del Cielo e, inoltre, di rimanere mobile, perfettamente equilibrato e di muoversi automaticamente sotto la precisa azione di un moto di orologeria, in modo da

seguire gli astri nel loro movimento apparente al di sopra delle nostre teste. Non entreremo maggiormente nei dettagli. Per un anno le macchine funzioneranno; per un anno si costruiranno le parti simultaneamente da parte degli operai specializzati. L'occhio di un visitatore straniero avrà creduto di vedere attraverso le fiamme della fabbrica e i vortici caldi delle torri e delle pulegge, strani preparativi per un cannone di dimensioni colossali e supporre che si preparassero le parti di un gigantesco strumento di distruzione; poiché i cannoni che vomitano la morte sono oggi i graziosi figli dei capi di Stato e questi sono i progressi(!) che i governanti proteggono e desiderano. Ma non si tratta qui di uno dei perfezionamenti dell'artiglieria, che sono la vergogna e l'obbrobrio delle nazioni civilizzate; si tratta di una costruzione veramente degna del genio dell'uomo, destinata ad abbassare l'altezza dei cieli, o piuttosto a innalzarci al di sopra di questo mondo di barbarie e ad avvicinarci agli splendori della creazione eterna.

Questo magnifico strumento è stato installato a Melbourne nel 1870. Abbiamo detto che il peso dello specchio è di 1590 *kg*. Il tubo, lungo 27 piedi, ne pesa 1210. Lo strumento intero non pesa meno di 8240 *kg*⁹: è talmente equilibrato che si può, con una mano sola, sollevarlo in venti secondi dalla posizione orizzontale a quella verticale.

Il tubo, costruito a giorno per alleggerirne il peso, ha lo scopo di portare verso la sua estremità superiore il piccolo specchio che invia l'immagine nell'oculare posto al centro del grande, come abbiamo spiegato.

⁹Si veda *les Observatoires en l'Europe et en Amerique*, di André e Rayet, astronomi dell'Osservatorio di Parigi (Gauthoers-Villars, 1874).

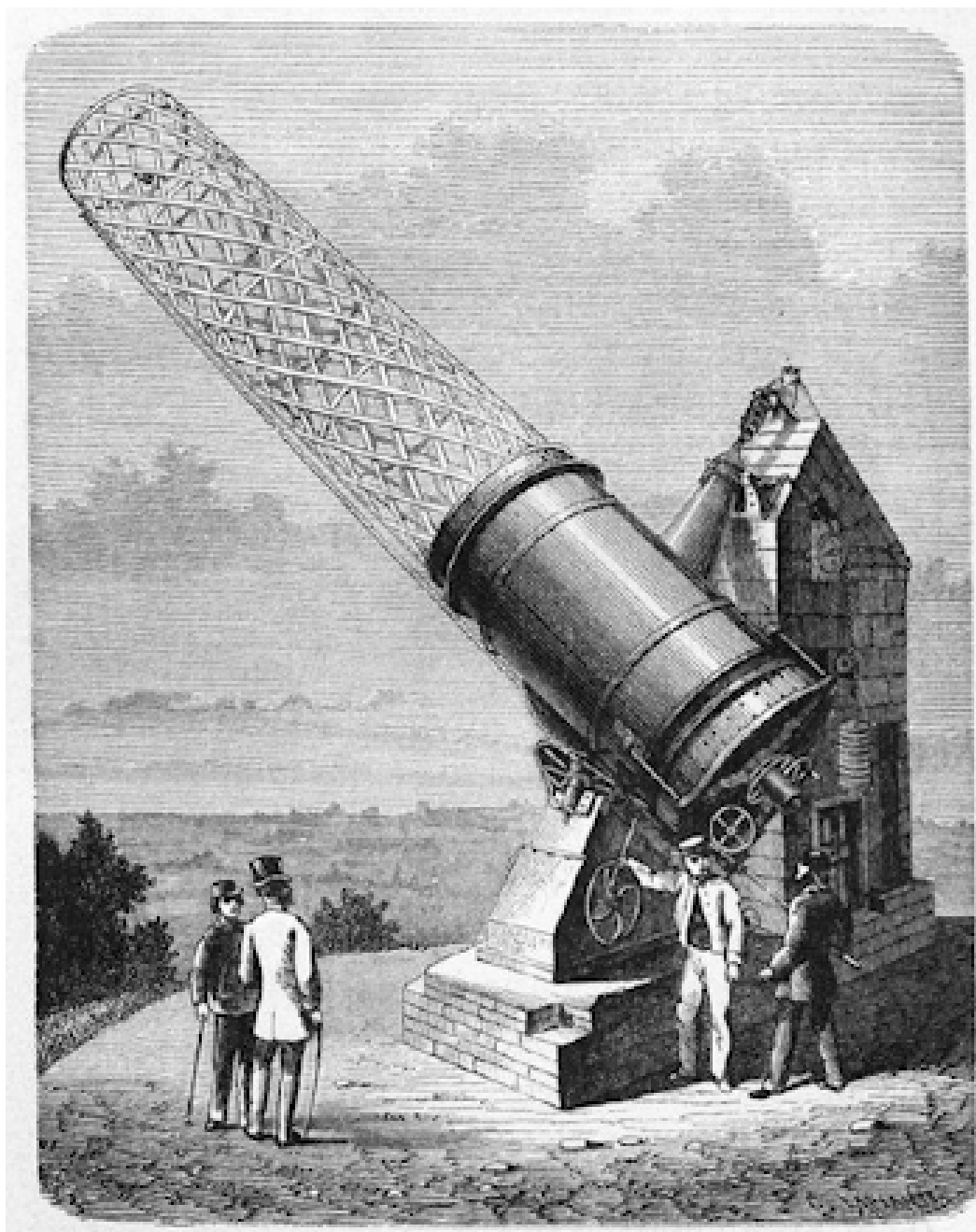


Fig. 10 - Il grande telescopio di Melbourne

Riassumendo, questo grande telescopio presenta le seguenti proporzioni in misure francesi: diametro dello specchio $1^m, 22$; distanza focale $9^m, 60$. Sembra che il telescopio dovrà essere lungo almeno quanto la distanza focale; ma se si compie una modifica al sistema Gregory, quella del sistema Cassegrain: il piccolo specchio è convesso invece di essere concavo, e taglia il fascio di raggi luminosi prima della formazione del fuoco; è quindi al di qua del fuoco. Così la lunghezza totale del telescopio non supera i 9^m . La sua larghezza è di $1^m, 35$. Gli sono adattati nove oculari. Ma sembra che il maggiore ingrandimento è di 1500.

La Francia è a sua volta dotata di un grande telescopio, delle stesse dimensioni di quelli di Lassall e di Melbourne ($1^m, 20$), che è stato terminato nel 1876. È installato nel giardino dell'Osservatorio di Parigi ed è stato costruito da M. Martin, ottico francese, secondo il sistema di Newton. Il suo specchio è di vetro argentato, secondo il metodo Foucault. Questo telescopio ha una distanza focale di $7^m, 19$; la lunghezza del tubo è di $7^m, 30$. È montato equatorialmente, cioè con un meccanismo a orologeria che lo fa avanzare nel verso del moto degli astri, come abbiamo visto nel capitolo precedente. L'intero strumento pesa 9000 kg , di modo che si può

confrontare questo telescopio ad un enorme lancetta di questo peso, mossa da un orologio interno. Aggiungendo le parti fisse a quelle mobili, ha un peso totale di 19000 *kg*.

Si monta l'oculare con una scala di ferro, maneggiata come una torre incantata, che termina nella parte superiore con una piattaforma, posta a 7 *m* di altezza quando il telescopio è verticale e si osserva lo zenit. La scala scorre su una rotaia di ferro, e l'astronomo può collocarsi in ogni direzione e altezza.

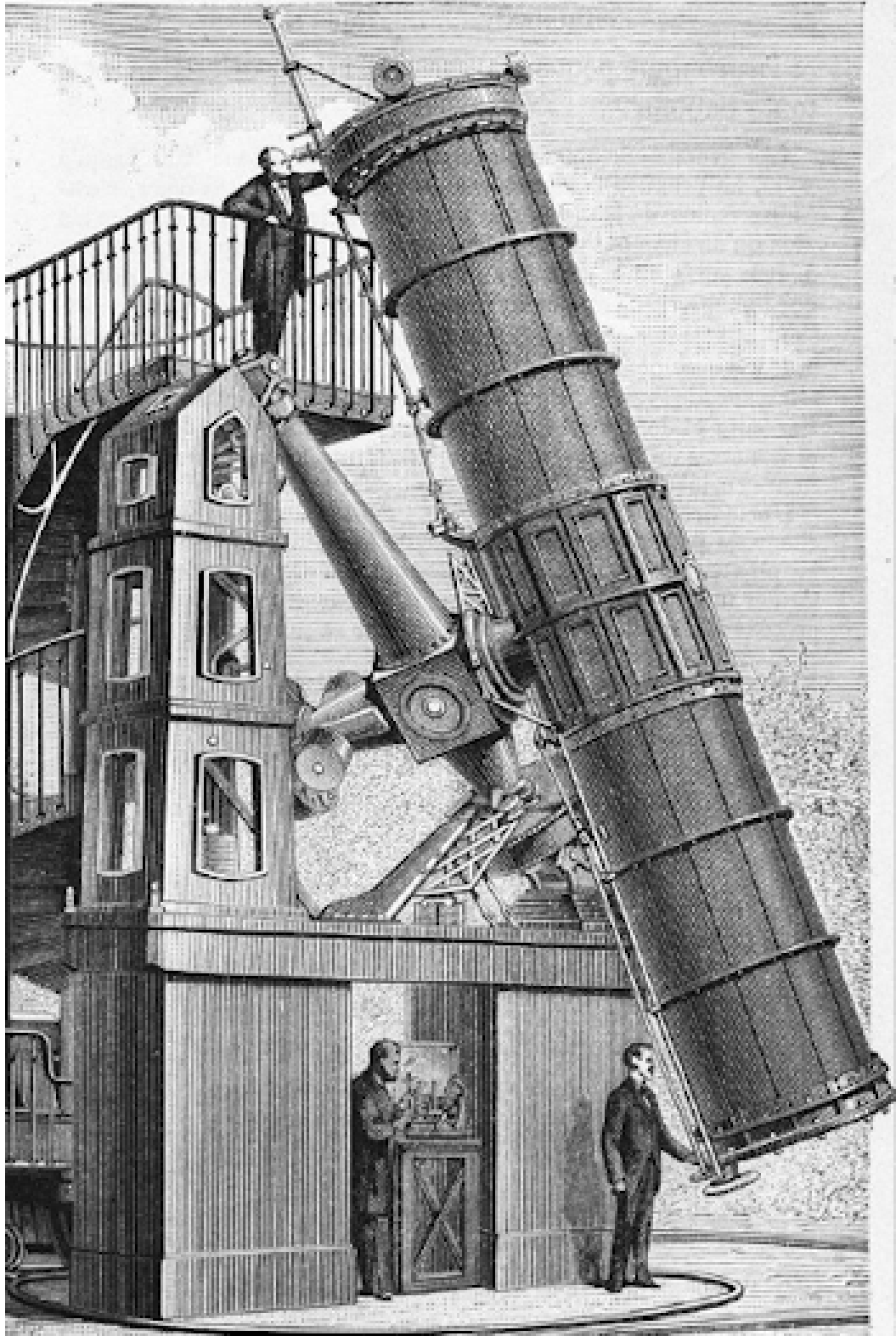


Fig. 11 - Il nuovo telescopio dell'Osservatorio di Parigi

Gli ingrandimenti degli oculari variano da 200 fino a 2000. Il primo comprende un campo di 12 minuti di arco, cioè meno della metà del diametro della Luna; l'ultimo ha un campo di un solo minuto, ed è solo teorico, la retina, la cui superficie è di $2 - 3 \text{ mm}^2$, essendo più grande dell'immagine ricevuta e non essendo interamente utilizzata e le condizioni atmosferiche mai perfette. L'ingrandimento più frequentemente utilizzato sarà quello di 500. I due più grandi telescopi di Francia erano prima della costruzione di questo, quelli di Marsiglia e Tolosa che misurano 80 *cm* di diametro e 5 *m* di lunghezza. Sono eccellenti e relativamente superiori a quello di $1^m, 20$ che non è perfettamente riuscito.

L'oculare posto alla sommità del tubo è accompagnato da cercatore e può ruotare attorno alla bocca del telescopio con la massima facilità per le osservazioni. Si può, del resto, farsi un'idea esatta di questi giganteschi strumenti dalla figura precedente, che li rappresenta in tutta la loro grandezza¹⁰.

L'ingrandimento applicabile ai telescopi metallici non così grande come quello dei cannocchiali, poiché vi è più dispersione di luce. È inferiore a 2 volte per millimetro del diametro dello specchio e la differenza è tanto maggiore quanto più grande è il telescopio, Così un buon telescopio metallico di $1^m, 20$ non ha come ingrandimento normale 2400, ma 1500, e solo in circostanze molto rare è possibile portarlo a 2000, senza mai poter superare questo limite. Ma i telescopi a vetro argentato raggiungono quasi il valore dei cannocchiali.

Si ha l'abitudine di progettare i telescopi e i cannocchiali con il diametro dello specchio e dell'obiettivo piuttosto che la lunghezza dello strumento,

Il risultato generale di questa esposizione dei più potenti strumenti costruiti finora ci mostra che la vista dell'uomo è giunta non solo a decuplicarsi e a centuplicarsi, ma ad accrescere in realtà di due mila volte il proprio valore. Nelle condizioni attuali dell'ottica, si possono avvicinare gli astri di 2000 volte la loro distanza. La pratica mostra che a questo limite di fermano i poteri che teoricamente avrebbero potuto essere supposti ancora superiori. Il telescopio di lord Rosse non è ancora stato superato in dimensioni, ma è superato in valore reale, in potenza realizzata, in perfezione, in precisione e in nitidezza dell'immagine. Questo è tutto; a cosa serve ingrandire smisuratamente un'immagine che cessa di essere nitida e di poter essere utilmente osservata? Vi è pure vantaggio a non portare fino al limite precedente l'ingrandimento dei migliori telescopi esistenti, ma a tenerli a 1500 e anche a 1000. Una tale amplificazione è tuttavia considerevole: essa ci mostra al telescopio la Luna, Marte, Giove, Venere, Saturno, mille volte più grandi, in diametro di quanto vediamo ad occhio nudo, cioè una superficie un milione di volte più estesa.

Un giorno, senza dubbio, si andrà ancora più lontano, e alquanto prossimamente, se si valuta dai progressi fatti nell'ottica in mezzo secolo. Sembra che l'America sia fortemente disposta a spingere il più lontano possibile i tentativi di questo genere. Si parla anche seriamente di impiegare nella costruzione di un telescopio gigantesco la somma favolosa di un milione di dollari!

(81)

All'Accademia delle Scienze della California (paese in grado, del resto, di realizzare un tale progetto), il professor George Davidson si è ultimamente espresso nei termini che riporto: "Con un telescopio della dimensione e perfezione che l'abilità americana potrà apportare a tale costruzione, e che sarà installato a 10000 piedi al di sopra del livello del mare, sotto i cieli della Sierra Nevada, con i diversi strumenti costruito per gestire le sue dimensioni, con osservatori esperti e capaci, con i metodi perfezionati che saranno applicati, noi speriamo di vedere presto venire il giorno in cui i più misteriosi problemi della creazione si abbasseranno alla portata delle nostre mani."

Il progetto sarà costruire uno specchio di 4 *m* di diametro la cui lunghezza focale sarà di 40 *m*. Si potrà adattare un oculare con ingrandimento 8000 volte in diametro, cioè 64 milioni di volte in superficie! Un tale potere farà scoprire ammassi stellari che sono rimasti invisibili finora e darà alla visione umana la capacità di immergersi in miliardi di luoghi al di là di quanto finora è stato osservato. Marte sarà portato, per così dire, alla distanza di 1700 leghe e sembrerà cento volte più grande della Luna. La grandezza delle scoperte che potranno essere fatte quando saremo in grado di scrutare la superficie

¹⁰Il prezzo totale ha raggiunto i 190000 franchi.

di questo pianeta, non può essere immaginata. I problemi della costituzione degli anelli di Saturno, di Giove e dei suoi satelliti, ecc, saranno risolti. Quanto alla Luna, la vedremo ravvicinata a dodici leghe da noi! “È impossibile indovinare, aggiungeva il giornale americano (*Scientific American*), ciò che un tale strumento sarà in grado di fare scoprire sulla natura degli altri pianeti e delle vaste regioni del firmamento. Non dubitiamo che il capitale necessario a questa impresa potrà essere generosamente investito, per il progresso più sublime di tutte le scienze.

Questa idea è degna di stimolare l’ambizione di un grande popolo: costruire il più potente telescopio del mondo sarà l’opera più gloriosa di questo secolo. Quando si pensa che tanti capitali sono gettati ogni anno in pura perdita nel burrone degli eserciti permanenti, si capisce quanto sarebbe più intelligente, più bello, più utile, consacrare una parte di queste somme favolose ai progressi delle scienze. L’ottica del XIX secolo avvicini infine i pianeti per permetterci di distinguere la vita che abbellisce la loro superficie! *Cælum certe patet*, come diceva Ovidio duemila anni fa, *ibimus illac*. Il Cielo è aperto, prendiamone possesso!

Parte II

Il sole e la sua famiglia

Capitolo 4

Il sistema Solare

Il nostro pensiero faccia tutti gli sforzi per rappresentarsi, posto nel mezzo del vuoto infinito, il SOLE, astro colossale, 1279000 volte più grande della Terra, e 324000 volte più pesante.

Questo globo enorme sostiene nel vuoto, sul reticolo invisibile della sua attrazione (potremmo quasi dire a braccia tese), la Terra e tutti i pianeti, facendoli ruotare rapidamente attorno a sé. Come pietre nelle fionde, essi ruotano con una velocità molto grande per non cadere su questo fuoco potente che li attira e molto piccola per non sviluppare una forza centrifuga in grado di allontanarli e gettarli nello spazio.

Consideriamo quindi il Sole. Attorno a questo astro luminoso sono riuniti astri opachi, oscuri essi stessi, ma che ricevono da lui la luce e il calore. Queste sfere senza luce propria sono i pianeti. Per facilitare il loro studio e per meglio riconoscerli, si può dapprima dividerli in due gruppi distinti.

Il primo gruppo, vicino al Sole, è formato da quattro pianeti, di piccole dimensioni rispetto a quelle del secondo gruppo. Questi quattro pianeti sono, in ordine di distanza dal Sole: *Mercurio*, *Venere*, *Terra*, *Marte*.

Il secondo, più lontano dal centro, è pure formato di quattro pianeti; ma essi sono molto grandi se li si confronta ai precedenti. Questi quattro mondi sono, in ordine di distanza dall'astro luminoso: *Giove*, *Saturno*, *Urano*, *Nettuno*. Questi astri sono così voluminosi che i primi quattro riuniti in uno solo non formerebbero ancora un globo della grandezza del più piccolo di loro.

Ora, oltre a questi due gruppi ben distinti, ve ne è un terzo composto di parecchie centinaia di piccoli astri, grossi soltanto come province, come dipartimenti, come cantoni, e meno ancora. Questi piccoli pianeti gravitano tra il primo e il secondo gruppo. Confrontati agli altri globi del sistema, questi sono corpi assai piccoli, infatti, poiché i principali tra loro non superano le 100 leghe di diametro e la maggior parte solo alcune leghe.

Questi mondi diversi, grandi e piccoli, sono i componenti principali della famiglia solare. Parecchi sono a loro volta capi famiglia e si muovono accompagnati da globi secondari, ai quali hanno dato origine e che rimangono loro satelliti. La Terra è accompagnata dalla Luna, sua figlia; Giove regna in mezzo a un gruppo di quattro mondi; Saturno è circondato da un vero sistema, composto da una serie di anelli esterni e da otto mondi molto importanti; Urano trasporta con sé quattro satelliti, e Nettuno ne ha almeno uno.

A quali distanze gravitano i pianeti attorno all'astro centrale? Mercurio, il più vicino, si trova a 15 milioni di leghe dal Sole; Venere, che viene dopo, a 26 milioni; la Terra a 37 milioni e Marte a 56 milioni. Il gruppo dei piccoli pianeti occupa una zona lontana, in media, da 100 milioni di leghe dal forno centrale. Poi vengono i quattro grandi pianeti: Giove, a 192 milioni di leghe; Saturno, a 355 milioni; Urano a 733 milioni e Nettuno, l'ultimo, a 1 miliardo e 100 milioni di leghe.

Sulle loro grandiose orbite navigano questi mondi, ruotando di comune accordo attorno al Sole, con velocità dipendenti dalle rispettive distanze. I più vicini si muovono con rapidità:

Mercurio corre a 46811 m/s e impiega 88 giorni per compiere il suo giro; la Terra corre con una velocità di 29463 m/s il suo anno è di 365 giorni; Nettuno non fa più di 5380 m/s e la sua immensa rivoluzione richiede 165 anni per essere completata. Nello stesso tempo che i pianeti ruotano così attorno al sole, questi li trasporta nel suo giro nello spazio verso un certo punto del cielo. Siamo come passeggeri su una nave che viaggia nel cielo.

Questi moti sono dovuti all'Attrazione. Tutti i corpi si attraggono in natura: il Sole attrae la Terra, la Terra attrae la Luna e nell'infinitamente piccolo come nell'infinitamente grande, si vedono le molecole elementari attirarsi tra loro dalla legge di affinità e costituire la materia visibile, che è un assemblaggio di atomi sovrapposti. È grazie a questa forza universale che i mondi lanciati nello spazio seguono una curva attorno al Sole; da questa curva rapidamente percorsa deriva una forza contraria che, simile a quella per la quale la pietra è dotata di movimento quando sfugge dalla fionda, scaglierebbe i pianeti fuori dalle loro orbite, se l'attrazione del Sole non li trattenesse.

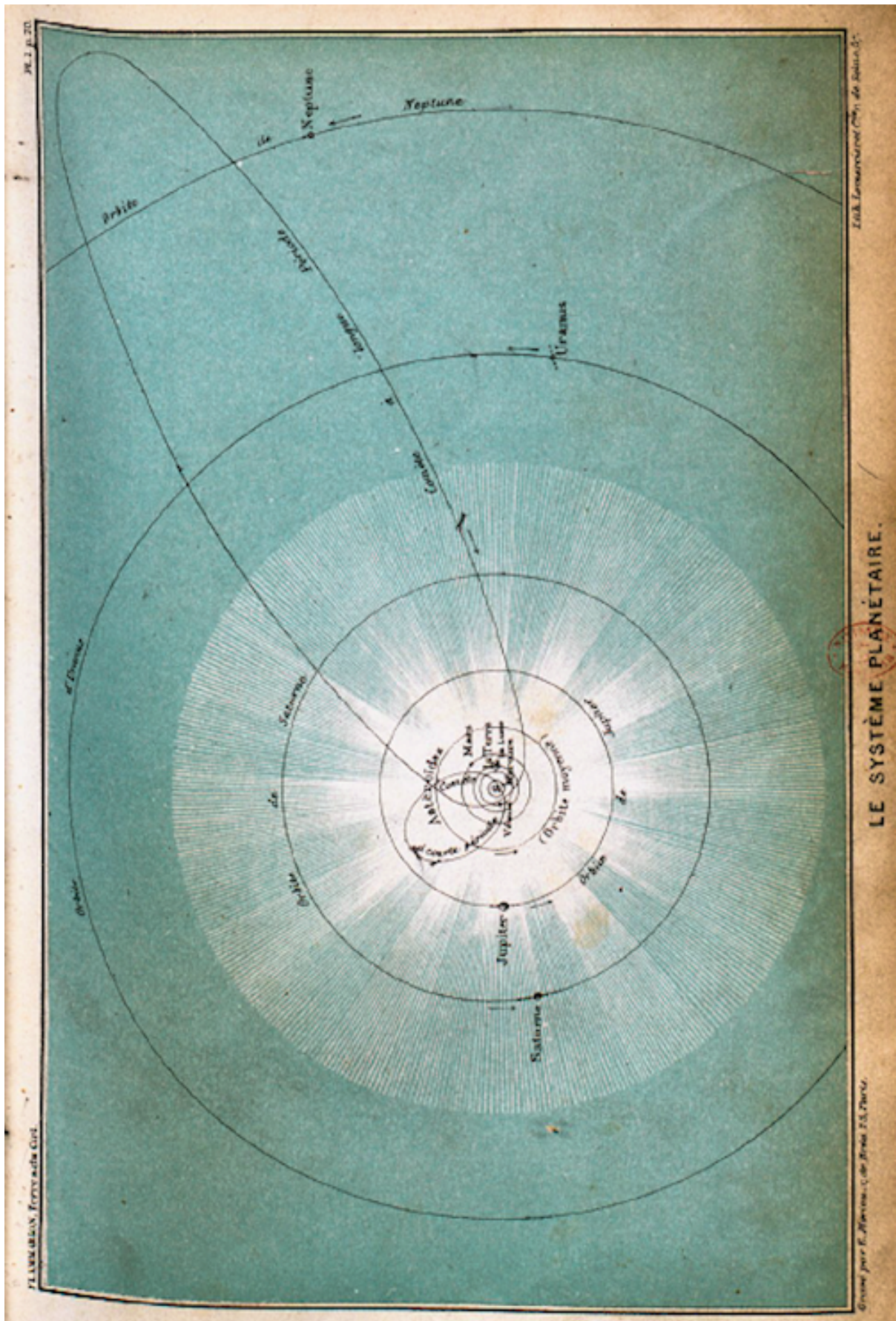
Oltre ai pianeti, una innumerevole moltitudine di altri astri descrive attorno al Sole orbite più allungate; questi sono le comete, che cambiano forma e grandezza secondo la loro distanza dal fuoco ardente. Questi astri chiamati, bizzarri, estranei, erano un tempo oggetto di terrore per l'umanità: ma gli astronomi hanno potuto sottoporli al calcolo predicandone oggi il ritorno per quelli le cui orbite sono note; parecchi hanno pure lasciato scoprire allo spettroscopio la loro struttura fisica e chimica.

Infine, indipendentemente dai grandi corpi celesti che compongono il sistema solare, miriadi di corpuscoli molto più piccoli viaggiano attraverso il mondo. Queste sono le stelle filanti, i bolidi e gli aeroliti, che incontrando la Terra nel loro cammino cadono in grande quantità sulla sua superficie.

Questa è la grande famiglia del Sole. Ci si formerà un'idea esatta della sua organizzazione esaminando con cura la nostra mappa I, che rappresenta interamente questo sistema: le orbite vi sono tracciate con una scala uniforme di 1 mm per 1 milione di leghe.

Lo studio di questo sistema ha per noi un interesse immenso. È la nostra grande patria in questo infinito che si chiama l'Universo. Il globo che abitiamo è una delle province della Repubblica planetaria; grano di sabbia in un insieme che è esso stesso un punto fluttuante nell'immensità.

Esaminiamo ora i movimenti di questi astri attorno al Sole, le leggi che li regolano e le forze che li producono. Quattro proposizioni fondamentali devono essere ricordate.



1° I pianeti ruotano attorno al Sole descrivendo ellissi, di cui questo astro occupa uno dei fuochi.

Questa prima proposizione si comprenderà immediatamente osservando la figura sotto. I pianeti non descrivono circonferenze, ma ellissi.

Si potrebbe chiamare l'ellisse un cerchio a due centri. Si sa infatti che per tracciare un'ellisse (fig. 12), si fissano in due punti F, F , detti *fuochi*, le due estremità di un filo inestensibile della lunghezza che l'ellisse deve avere, lunghezza AP , detta *asse maggiore*. La posizione dei fuochi dà la curvatura dell'ellisse, a secondo che essi siano più o meno lontano tra loro; si chiama *eccentricità*, la distanza del centro O da ciascuno di essi: più questa distanza è grande più l'ellisse è eccentrico o allungato. Nel sistema solare, il Sole occupa uno dei due fuochi, sia per esempio quello di sinistra della figura, e nulla vi è nel secondo fuoco di destra. Ne deriva che quando la Terra passa in questa parte della sua orbita, verso il punto P , essa si trova alla minima distanza, detta *perielio*. Così è per tutti i pianeti, (Aggiungiamo tuttavia che queste ellissi sono in realtà molto poco allungate e che alla scala alla quale la nostra mappa è disegnata, esse si confondono con dei cerchi). Questa è la prima proposizione fondamentale dei moti planetari.

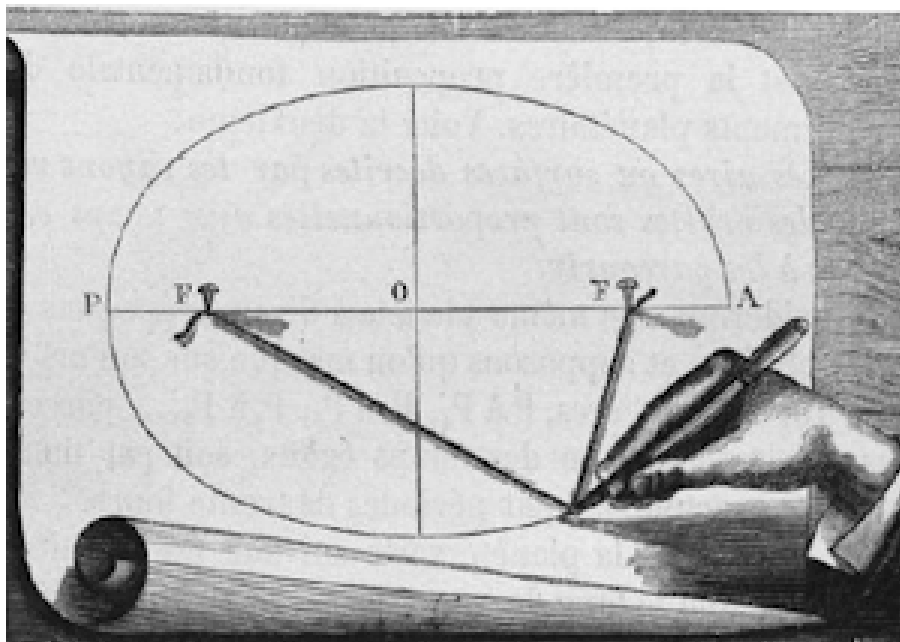


Fig. 12 - Tracciatura di un'ellisse

Ecco la seconda:

2° *Le aree o superfici descritte dai raggi vettoriali delle orbite sono proporzionali ai tempi impiegati a percorrerle.*

Consideriamo uno stesso pianeta in diversi momenti della sua rivoluzione e supponiamo che si segnino sulla sua orbita (fig. 13) tanti archi $PP_1, P_2P_3, P_4P_5, \dots$ percorsi dal pianeta in tempi uguali, per esempio ogni mese, o più esattamente, per un periodo di trenta giorni.

La velocità del pianeta varia secondo le posizioni che esso occupa lungo la sua orbita. Esso segue un cammino medio quando si trova alla sua distanza media PP_1 . Quando è vicino al Sole, verso le posizioni P_2P_3 , la sua velocità è accelerata. Quando si è allontanato, come nelle posizioni P_4P_5 , esso cammina molto più lentamente. Così il moto della Terra sulla sua orbita non è uniforme: essa si muove molto più velocemente quando è al suo perielio (gennaio) che al suo afelio (luglio). Gli archi percorsi nello stesso tempo sono tanto più piccoli quanto più lontano è il pianeta. Ma le superfici comprese tra le linee tracciate dal Sole alle due estremità degli archi percorsi in tempi uguali sono uguali tra loro. È questo un fatto notevole. Così la Terra impiega tanto tempo per spostarsi da P_4 a P_5 quanto per andare da P_2 a P_3 , sebbene il primo arco sia molto più piccolo del secondo. Si chiamano raggi vettoriali le linee come SP , ecc., tracciate dal Sole al pianeta nelle sue diverse posizioni. Le superfici spazzate da questi raggi

vettori sono proporzionali ai tempi impiegati a percorrerle: due, tre, quattro volte più estese se si considera un intervallo due, tre, quattro volte più lungo.

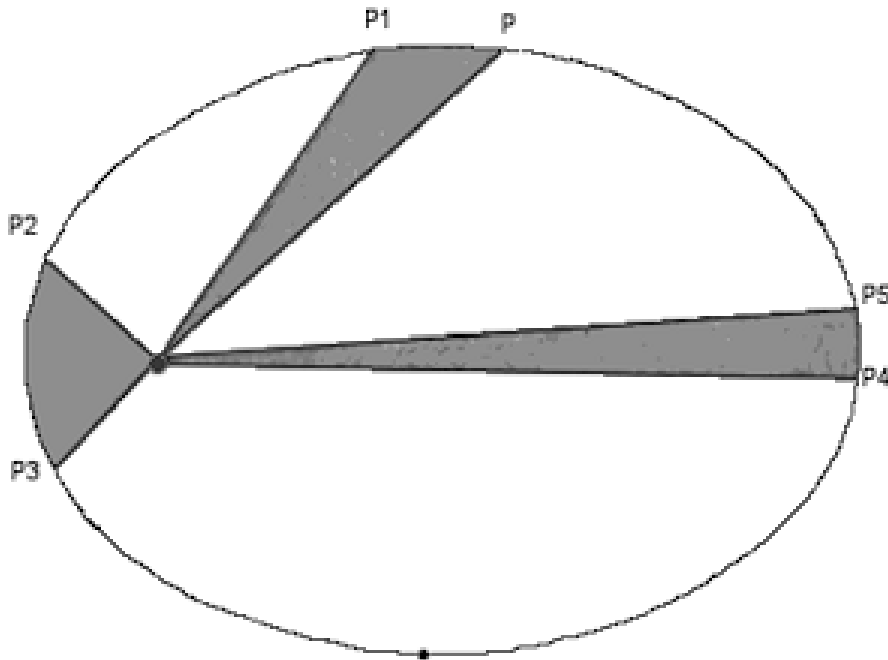


Fig. 13 - La legge delle aree

La terza proposizione fondamentale è la seguente. È necessario conoscerla per rappresentare esattamente questi movimenti:

3° I quadrati dei tempi delle rivoluzioni dei pianeti attorno al Sole stanno tra loro come i cubi delle distanze.

Questa legge è la più importante di tutte perché collega tutti i pianeti tra loro. Per meglio analizzarla, consideriamo le distanze medie dei pianeti e le durate delle rivoluzioni. Se rappresentiamo con 1000 la distanza della Terra dal Sole, quelle di tutti i pianeti saranno espresse dai seguenti valori. Le rivoluzioni sono indicate in giorni terrestri, semplici e senza frazioni.

	Distanza medie Pianeta-Sole	Durata rivoluzione
Mercurio	387	88 giorni
Venere	723	225
La Terra	1000	365
Marte	1524	687
Giove	5203	4332
Saturno	9539	10759
Urano	19193	30687
Nettuno	30037	60126

L'analisi di questa piccola tabella ci mostra a prima vista una certa correlazione.

La rivoluzione è tanto più lunga quanto la distanza è più grande, o l'orbita ha un diametro maggiore. L'ordine dei pianeti, cominciando dal Sole, è lo stesso, sia che li distribuiamo secondo le loro distanze, sia secondo i tempi che impiegano a compiere le loro rivoluzioni. Tuttavia, quando esaminiamo i valori che li esprimono, troviamo che il rapporto tra le due serie non è quello di un semplice aumento proporzionale. Le rivoluzioni crescono più velocemente delle distanze.

Questi moti sono regolati dalla terza legge enunciata, trovata dall'illustre Keplero, dopo trent'anni di ricerche: moltiplicando due volte per se stesso il numero che rappresenta la distanza di un pianeta dal Sole, si ha il tempo della sua rivoluzione, moltiplicato una volta per se stesso.

Con un poco di attenzione, si vede quanto è semplice questa formidabile legge che dirige tutti i moti celesti nello spazio. Così, per esempio, Nettuno è trenta volte più lontano dal Sole di noi. Moltiplicando due volte il numero 30 per se stesso, si trova il numero 27000. La sua rivoluzione è di 165 anni e questo valore di 165 moltiplicato una volta per se stesso riproduce pure il valore 27000 (in cifre tonde: per ottenere il valore preciso, bisognerebbe considerare le frazioni, poiché la rivoluzione di Nettuno non è proprio di 165 anni. Così è per tutti i pianeti, tutti i satelliti, tutti i corpi celesti.

Facciamo lo stesso calcolo, del tutto preciso, per un altro pianeta, per esempio Marte. L'anno terrestre sta all'anno di Marte nella proporzione di 365, 2564 a 686, 9796 e le distanze dal Sole stanno nel rapporto di 100000 a 152369. Se si vuole darsene la pena, si trova che:

$$\frac{(365, 2564)^2}{(686, 9796)^2} = \frac{(100000)^3}{(152369)^3}$$

Così sono regolate le rivoluzioni dei pianeti attorno al Sole secondo le loro distanze. Più i mondi sono lontani, meno rapidamente si muovono e ciò secondo una proporzione matematica.

Di tutte le leggi basate sull'osservazione alle quali il ragionamento abbia mai condotto l'uomo, questa può essere, a giusto titolo, vista come la più significativa e la più feconda per le importanti conseguenze. Quando consideriamo le parti costitutive del sistema planetario dal punto di vista offertoci da questo rapporto, non è solo una semplice analogia che ci colpisce, ma una somiglianza intima: quella dei componenti di una stessa *famiglia*. I mondi planetari sono legati tra loro da un mutuo accordo e in una perfetta armonia, nello stesso tempo che sono sottoposti a un'influenza che li domina, che si estende dal centro ai limiti più lontani di questo grande sistema. I mondi planetari sono fratelli.

A queste tre leggi, che portano a giusto titolo il nome di Keplero che le ha scoperte, possiamo aggiungere qui una quarta proposizione che le completa e le spiega, la legge dell'attrazione o gravitazione universale, scoperta da Newton dopo i lavori di Keplero:

4° *La materia attira la materia in ragione diretta delle masse e in ragione inversa del quadrato delle distanze.*

Sia che questa attrazione sia una virtù reale data alla materia, o sia soltanto una apparenza che spiega i moti celesti, la verità è che le cose si comportano come se la materia fosse dotata della proprietà occulta di attrarre a distanza. Questa attrazione decresce in ragione inversa del quadrato della distanza, cioè che più la distanza aumenta, più l'attrazione diminuisce e ciò, non con una proporzione semplice, ma in proporzione della distanza moltiplicata per se stessa. Un corpo due volte più lontano è quattro volte meno attratto; un corpo tre volte più lontano è nove volte meno attratto, ecc.

La legge in virtù della quale i pianeti descrivono delle ellissi attorno al Sole come fuoco, racchiude, come conseguenza, la legge di gravitazione solare esercitata su ogni pianeta separatamente. La linea retta, dinamicamente parlando, è la sola direzione che possa seguire un corpo *assolutamente libero*. Ogni conversione in una curva è una prova dell'azione di una forza e più la curvatura è considerevole in tempi uguali, più questa azione è intensa. Si può determinare così la forza che tende senza sosta a trasformare in curva il cammino di un corpo in movimento.

La terza legge di Keplero, che collega le distanze e le rivoluzioni dei pianeti con un regola generale, contiene, come interpretazione teorica, questa importante conseguenza, che è *la stessa e unica forza, modificata soltanto dalla distanza dal Sole, che trattiene tutti i pianeti nelle loro orbite attorno a questo astro*; che l'attrazione del Sole si esercita su tutti i corpi del nostro sistema indifferentemente, senza riguardo alle materie particolari di cui possono essere composti; che essa non è, di conseguenza, della natura delle attrazioni elettive della chimica, o dell'azione

magnetica, che si manifesta solo sul ferro e delle sostanze rare; ma che la sua caratteristica è più universale, e si estende a tutti i corpi e all'Universo intero. Se la Terra fosse tolta dalla sua orbita e lanciata di nuovo nello spazio, invece, nella direzione e con la velocità di uno qualunque degli altri pianeti, essa descriverebbe assolutamente la stessa orbita di questo pianeta. Se la Terra fosse rallentata nel suo moto, essa cadrebbe poco alla volta, a spirale, verso il Sole; se la velocità aumentasse, al contrario, si allontanerebbe indefinitamente dal Sole e per sempre. In ogni parte della sua orbita, la sua velocità è proprio quella che conviene per tenerla in equilibrio nello spazio e assicurarne la conservazione.

Leggi grandiosi e sublimi! esse ci sostengono nel mezzo del vuoto eterno; essi sostengono pure la vita di tutte le province della creazione; sono solo il modo di operare di una sola e unica forza: la gravitazione, la solidarietà di tutte le sfere celesti associate in una stessa armonia.

Tutta la potenza del moto planetario risiede nel Sole.

Capitolo 5

Il Sole

Sua distanza, suo volume, suo peso

Tra tutti gli astri più o meno brillanti che popolano l'immensità dello spazio, il Sole è senza alcun dubbio il più importante per noi, e la cui conoscenza ci interessa maggiormente. Esso sostiene la Terra nello spazio; illumina e riscalda; provvede alla sua perpetua giovinezza e alla sua vita sempre rinnovata. Per la nostra esistenza fisica è il primo dei beni, e non solo per noi abitanti della Terra, ma anche per tutti gli esseri che abitano gli altri pianeti, fratelli dei nostri.

Troneggiando al centro delle orbite di tutti i suoi mondi, li fa gravitare attorno a sé distribuendo loro gli anni, le stagioni e i giorni: è la sorgente inesauribile della luce, del calore, e, di conseguenza, della vita. È in esso che tutte le energie, meccaniche e chimiche, periodicamente sviluppate sulla superficie della Terra e degli altri globi planetari, attingono incessantemente come a una sorgente inesauribile di potenza e, tuttavia, esse ne assorbono in ogni istante solo una frazione insignificante. Le vibrazioni così prodigiosamente rapide dell'immensa sfera, modificano lo spazio con una velocità fulminea, vanno, dappertutto dove colpiscono, provocano nei corpi dei fenomeni di moto le cui forme variate costituiscono sia la luce, sia il calore, sia le affinità chimiche, sia le correnti elettriche e magnetiche e, infine, la vita stessa.

Qual è l'origine di questa potenza la cui attività confonde la nostra immaginazione e il nostro pensiero? Come si alimenta questo fuoco che irraggia certamente da milioni di anni? Secondo quale legge il Sole, che è il padre comune di tutta questa famiglia di astri circolanti attorno a lui, ha generato tutti questi pianeti? Quale è la natura di questo astro immenso ai cui raggi è sospesa la vita sulla Terra? Queste sono le domande alle quali possiamo tentare di rispondere.

L'audace mente umana, che è giunta a sondare i profondi misteri della natura, a scoprire i segreti che essa teneva nascosti, a misurare le altezze dei cieli inaccessibili, a pesare la Terra sulla quale fondiamo i nostri imperi e le nostre dinastie, la mente umana ha osato attaccarsi all'abbagliante splendore dello stesso Sole; lo ha guardato in faccia, questo astro radioso, lo ha esaminato, scrutato, rivoltato in tutti i modi; e sebbene questo studio, iniziato da tre secoli, sia lontano dall'essere concluso, tuttavia esso è già assai avanzato perché ci si possa rendere conto della natura del Sole, della sua struttura e del suo modo di agire nell'Universo.

Quali sono le dimensioni del Sole? Per determinarle, è necessario dapprima conoscere la sua distanza.

La grandezza apparente del Sole è la metà di un grado. Cos'è questa misura? Fermiamoci un istante, per ben comprenderla e per conoscere nello stesso tempo le modalità di misura dell'Astronomia. È una cosa che è indispensabile apprendere, una volta per tutte, poiché senza questa non comprenderemmo nulla per le grandezze di cui ci occuperemo in questa opera; d'altronde non è così difficile come si potrebbe supporre di primo acchito. Proviamo a comprendere chiaramente che cosa è un grado. La dimostrazione può essere molto semplice e richiede solo un poco di attenzione.

Notiamo dapprima che la grandezza apparente di un oggetto dipende dalla distanza alla quale lo vediamo. Questa grandezza è quindi variabile e non può più essere presa come misura diretta, come un metro per esempio, che è una misura indipendente dalla distanza.

Il solo modo di indicare la grandezza di un oggetto in modo indipendente dall'allontanamento, è quello di indicarla con l'angolo che questo oggetto occupa davanti all'occhio che lo osserva.



Fig. 14 - Un angolo

Sia il regolo AB disposto verticalmente a una certa distanza davanti a noi. Se ignoriamo la distanza alla quale esso si trova, vi è un solo modo per indicarne la grandezza, cioè misurare l'angolo che le sue due estremità formano con l'occhio, l'angolo AOB (fig. 14).

Ogni angolo è espresso come parte della circonferenza, ed è naturale. Infatti, tracciamo una linea orizzontale e, nel mezzo di tale riga facciamo passare una verticale. Formiamo quattro angoli retti (fig. 15).

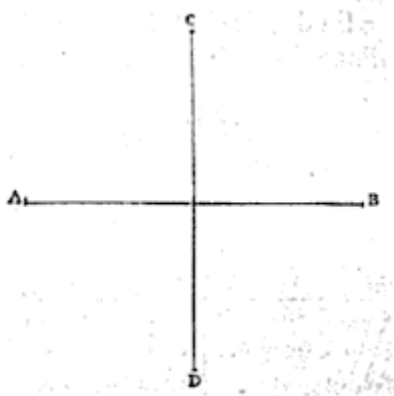


Fig. 15 - Quattro angoli retti

Prendendo il punto di intersezione delle due linee come centro, tracciamo una circonferenza e avremo trovato un modo facile di esprimere questi angoli e tutti gli altri. Ogni angolo retto sarà indicato da un quarto di circonferenza (fig. 16); la metà di un angolo retto sarà indicato da un ottavo di circonferenza e così via. Un semplice numero esprimerà l'ampiezza dell'angolo.

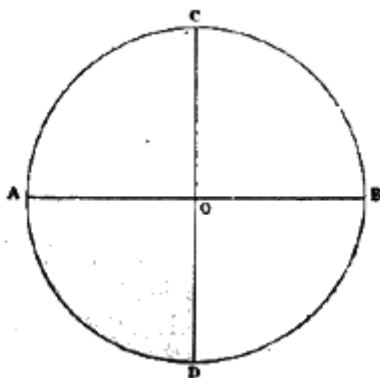


Fig. 16 - Misura di quattro angoli retti

Per ancora maggiore semplicità, si è divisa la circonferenza in 360 parti uguali che si sono chiamate *gradi*.

Così un angolo retto, essendo un quarto di 360 gradi, è rappresentato semplicemente dal numero: 90° ; un semi angolo retto è un angolo di 45° , ecc.

Un grado, è quindi semplicemente la 360^{ma} parte di una circonferenza (fig. 17).

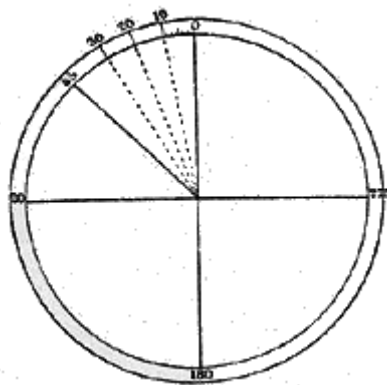


Fig. 17 - Misura degli angoli

Abbiamo, pertanto, una misura indipendente della distanza. Su una tavola di $36\ m$ di circonferenza, un grado sarà rappresentato da un decimetro, ecc.

L'angolo non cambia con la distanza sia che venga misurato sul cielo o su questo libro, è sempre un grado.

Comprendiamo ora ciò che vuole dire la grandezza del Sole espressa in questo modo: un semi grado. Cioè il Sole occupa sulla sfera celeste una larghezza di un semi grado. Ne basterebbero quindi 720 per formare un cerchio di perle a contatto per fare il giro intero, se il globo solare avesse proprio questa larghezza; ma in realtà è un poco più grande. Si vede che questo modo di misurare è indipendente dalle dimensioni reali del Sole. Queste possono essere calcolate solo dopo. E, infatti, questa divisione della circonferenza è stata fatta già da quattro o cinquemila anni e si esprime la grandezza apparente dell'astro dicendo che è un semi grado; ed è solo da pochi anni che sappiamo a quanti chilometri corrisponde questa misura. Per trovarla, basta misurare la distanza che ci separa da esso. Maggiore è la distanza, maggiore è l'oggetto che sottende un angolo dato e bisogna conoscere la distanza per ottenere dalla grandezza apparente quella reale.

Due parole ancora sulla misura degli angoli e questo sarà tutto; ma esse sono necessarie, poiché tutte le grandezze astronomiche di cui si tratterà in quest'opera sono grandezze angolari. Quattro angoli retti, abbiamo detto, riempiono una circonferenza e la circonferenza è divisa in 360 parti dette gradi. Questa è solo una prima suddivisione, poiché vi sono angoli molto più piccoli di un grado. Si divide a sua volta l'angolo di un grado in numerose parti, in 60, che si chiamano *minuti*. Un angolo di un minuto è sessantesima parte di un angolo di un grado. Questa designazione di "minuto" non ha alcun rapporto con i minuti dei nostri orologi e con la misura del tempo.

Un angolo di un minuto è assai piccolo; tuttavia ve ne possono essere di ancora minori. Per questo il minuto è stato a sua volta diviso in 60 parti uguali, che sono chiamati *secondi*, sebbene queste divisioni non abbiano più alcun rapporto con i secondi della misura del tempo.

Quanto alle frazioni di secondo, le si indica in decimi, in centesimi di secondo.

La notazione del grado si scrive con ($^\circ$); il minuto con ($'$) e il secondo con ($''$). Un angolo di 23 gradi 27 minuti e 26 secondi, per esempio, si scrive:

$$23^\circ 27' 26''$$

Una volta posti questi principi, ritorniamo all'astro abbagliante che ci illumina.

Il suo disco visto ad occhio nudo misura esattamente $32' 4''$ (32 minuti 4 secondi) di diametro, cioè un poco più di mezzo grado. Non ne servirebbero quindi 720 per formare un cerchio di perle attorno al cielo, ma soltanto 674.

Abbiamo detto poco fa che un grado misurato sul giro di una tavola di 360 *cm* di circonferenza sarà di un centimetro. La grandezza apparente del Sole è quindi uguale circa a quella di un piccolo cerchio di mezzo centimetro di diametro visto a 57 *cm* dall'occhio (poiché una tavola che misura 360 *cm* avrà $1^m, 14$ di diametro)-

La Luna offre la stessa grandezza apparente. Si crede generalmente di vedere questi due astri molto più grossi di questo piccolo cerchio. Tuttavia, in realtà, sono uguali (per prendere un esempio familiare) a una piccola ostia per sigilli di mezzo centimetro di diametro tenuta a 57 *cm* dall'occhio (pressapoco la lunghezza del braccio), o a un'ostia di 1 *cm* vista a $1^m, 14$.

Se vogliamo ora renderci conto dei rapporti che legano le dimensioni reali degli oggetti alle loro dimensioni apparenti, possiamo notare che ogni oggetto arriva a sottendere un angolo di un grado quando è lontano 57 volte il suo diametro, qualunque siano le sue dimensioni reali. Un cerchio di un metro di diametro misura proprio un grado, se lo si vede da 57 *m*. Il Sole misurando un poco più di mezzo grado, si sa quindi geometricamente, per questo solo fatto, che è lontano da noi un poco meno di 2 volte per 57 volte il suo diametro: cioè di 107 volte.

Basterebbero 107 soli ravvicinati per riempire lo spazio che ci separa da questo astro.

Ma questa nozione non ci dice ancora nulla sulla distanza reale, né sulle dimensioni reali dell'astro del giorno, se non possiamo misurare direttamente questa distanza.

Ecco quindi il problema che ora si pone, se vogliamo farci un'idea precisa della grandezza di questo globo abbagliante e degli elementi fisici che sono in rapporto con questa dimensione; se vogliamo così valutare la distanza che ci separa da questo astro, vedere la Terra ruotare in un anno attorno ad esso a questa distanza, indovinare le rivoluzioni ancora più estese che descrivono i pianeti più lontani; in una parola, tracciare nella nostra mente un abbozzo del sistema del mondo che sia degno della grandezza della realtà; ecco, dico, la questione fondamentale che si pone:

Qual è la distanza del Sole?

Supponiamo un osservatore posto nel Sole, e, da là, osservante il globo terrestre. Quale sarà la grandezza apparente del nostro globo terrestre visto da lontano? Sotto quale angolo il nostro osservatore vedrà il diametro della Terra? Da quanto abbiamo detto poco fa, se conosciamo questo angolo, conosceremo la distanza del Sole in chilometri. Infatti:

Ogni oggetto visto sotto un angolo di un grado è lontano 57 volte il suo diametro.

Ogni oggetto visto sotto un angolo di un decimo di grado, o di $6'$, è lontano 570 volte il suo diametro.

Un angolo di $1'$ corrisponde ad una distanza di	3438
Un angolo di $30''$ corrisponde ad una distanza di	6875
Un angolo di $20''$ corrisponde ad una distanza di	10313
Un angolo di $1''$ corrisponde ad una distanza di	206265

Se quindi la Terra vista dal Sole sembrasse larga come un angolo di $1'$, ne concluderemmo che la distanza è di 3438 volte il diametro terrestre, o di 3438 volte 3000 leghe. Se questo angolo fosse di $20''$, ne concluderemmo che la distanza cercata è di 10313 volte lo stesso diametro.

Le osservazioni provano che questo angolo è di $18''$ e anche un poco meno ($17''$, 74). Ne risulta che la distanza che ci separa dal Sole è di 11600 volte il diametro della Terra, cioè, di

148 milioni di chilometri¹. Servirebbero 11600 terre ravvicinate per gettare un ponte da qui a questo astro.

Senza dubbio, gli astronomi non si sono trasportati sul Sole per prendervi la misura angolare della Terra; ma hanno aggirato la difficoltà, e cercando di farlo, hanno scoperto sei metodi invece di uno per conoscere questa grandezza della Terra vista dal Sole. Questi sei modi, tra i quali l'osservazione dei passaggi del pianeta Venere davanti al Sole sono i più celebri, sono tutti in accordo nel dare il risultato che abbiamo inserito.

Così la distanza del Sole è di trentasette milioni di leghe di quattro chilometri.

Come immaginarci, come misurare nella mente una simile linea?

Un mezzo per giungervi può essere supporre che un mobile, una palla di cannone, per esempio, sia lanciata da qui al Sole, seguirla col pensiero, e valutare il tempo che impiegherebbe a coprire questa distanza. Proviamo.

Un palla di dodici chilogrammi, scagliata da una carica di sei chilogrammi di polvere, si muove con una velocità di 500 *m* nel primo secondo. Se questa velocità si conserva uniforme fino al Sole, potrà volare in linea retta per ...*nove anni e otto mesi*, per giungervi.

Se lo spazio tra il Sole e la Terra potesse trasmettere un suono con la velocità di propagazione di 340 metri al secondo, alla vibrazione sonora servirebbero ... 13 anni e 9 mesi per percorrere questa distanza. Ci vorrebbero circa quattordici anni prima di poter intendere l'esplosione solare .

Un convoglio ferroviario misurerà forse questa distanza in modo ancora più significativo. Supponiamo, quindi, idealmente, una strada ferrata che va in linea retta da qui al Sole. Orbene! un treno espresso che viaggia alla velocità costante di 50 chilometri all'ora, senza fermarsi mai, arriverebbe a destinazione solo dopo un viaggio di ... 337 anni! Partito il primo gennaio 1876, finirebbe il suo viaggio verso il mese di giugno dell'anno 2213. Si succederebbero numerose generazioni umane durante questo lungo viaggio, poiché solo la ventesima potrebbe riferire il racconto di ciò che la decima avrà visto.

Affinché il Sole, malgrado la sua prodigiosa distanza, ci appaia ancora grande così come lo vediamo, è necessario che le sue dimensioni reali siano effettivamente colossali. Il globo solare ha, infatti, un diametro che non è minore di 108 volte il diametro equatoriale della Terra. Il suo volume è 1279267 volte più grande di quello del nostro globo.

Se calcoliamo ora le dimensioni di questo colosso, in chilometri, troviamo che il suo diametro misura 1380000 *km* o 345000 leghe, e la sua circonferenza è di 4330000 *km*, o 1082500 leghe. La sua superficie non è inferiore a dodici mila volte quella della nostra Terra; e, arrotondando: 6000000 *km*². Il suo volume valutato in *km*³ è dato da:

1 390 050 000 000 000 000

La figura seguente ci mostra questo astro colossale come si vede al telescopio. È la riproduzione esatta di una fotografia diretta istantanea presa nel 1870, anno in cui le macchie solari erano molto numerose. Relativamente al Sole, *il volume della Terra è inferiore a quella più piccola di queste macchie.*

¹Si dà il nome di parallasse a questo angolo sotto il quale la Terra è vista dal Sole e comunemente lo si esprime tramite la sola metà del numero precedente, cioè con il valore del *semi-diametro*. Questo valore è di 8", 87.

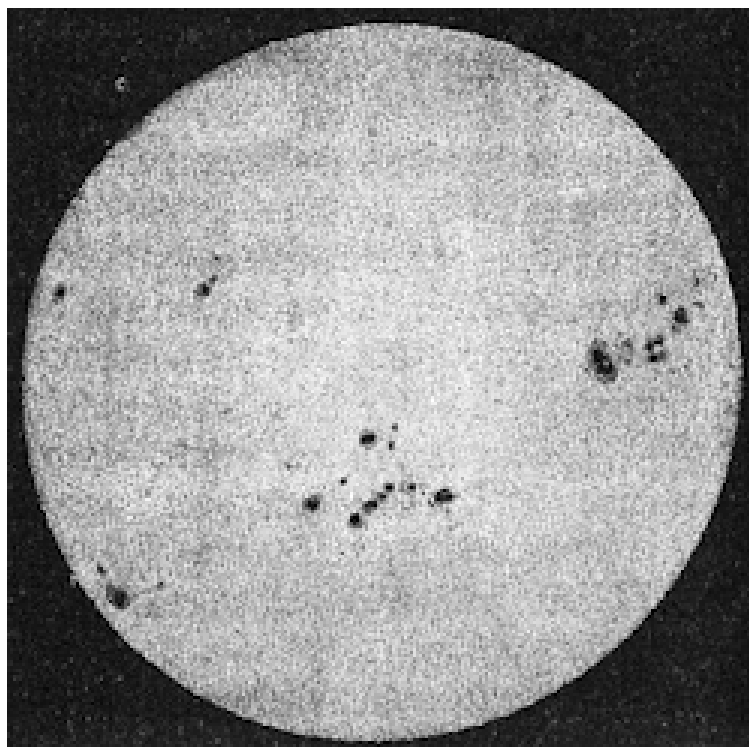


Fig. 18 - Il sole, ripreso con una fotografia diretta

Quanto al peso del Sole, sappiamo oggi che supera di 324479 volte quello della Terra. Se si ponesse il globo solare sul piatto di una bilancia, servirebbero 324479 terre sull'altro piatto per equilibrarlo!

Espresso in *kg.*, questo peso è:

1 879 000 000 000 000 000 000 000 000 000

o 1879 quintilioni di chilogrammi.

La massa solare è così enorme, che essa attrae gli oggetti verso la propria superficie con una forza inaudita: un oggetto che cade da una certa altezza percorre 134 *m* nel primo secondo di caduta. Un *kg* di terra trasportata là peserebbe 27 *kg*. Un uomo comune posto sulla superficie del Sole, peserebbe duemila chilogrammi, e non solo sarebbe incapace di sostenere il proprio peso, ma sarebbe immediatamente appiattito in un numero indefinito di particelle, come se fosse pestato in un mortaio.

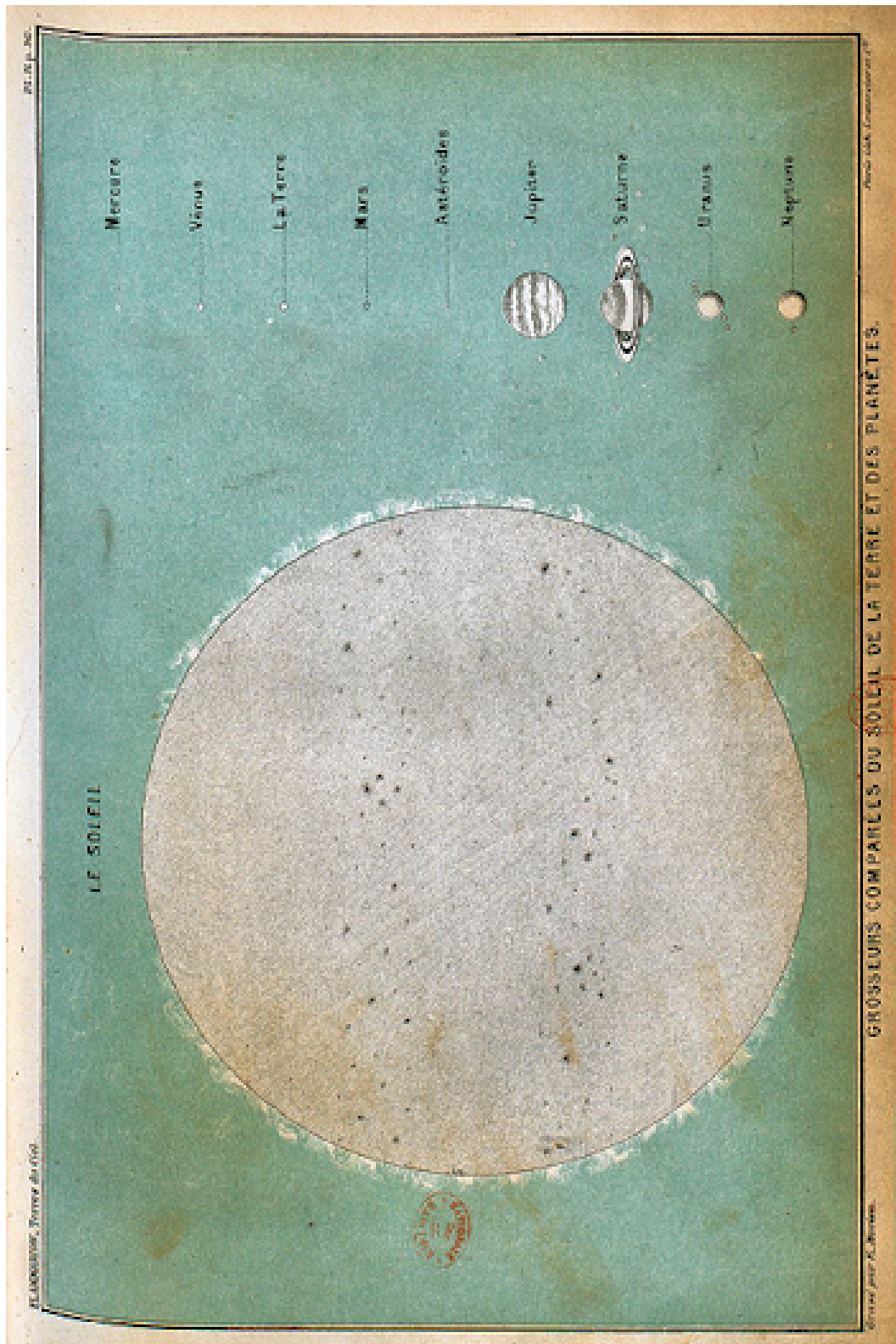
Si è tentato di misurare la luce abbagliante e il calore formidabile del Sole. Manchiamo di termini per esprimere la sua luminosità. La sua temperatura sembra essere di parecchie migliaia di gradi. Questo calore farebbe bollire per ore 2900 miliardi di km^3 di acqua alla temperatura del ghiaccio. In un anno, ogni metro quadrato della superficie della Terra riceve 2318157 calorie; più di 23 milioni di calorie per ettaro, cioè 9 852 200 000 000 *kgmetri*. Così la radiazione solare che cade su un ettaro vi sviluppa in mille forme diverse una potenza che equivale al lavoro continuo di 4163 cavalli-vapore. Sull'intera Terra, è un lavoro di 217 316 000 000 000 cavalli-vapore.

543 miliardi di macchine a vapore aventi ciascuna una potenza effettiva di 400 cavalli, che lavorano senza sosta giorno e notte, produrrebbero un lavoro equivalente a quello che è prodotto ogni giorno sulla superficie del nostro pianeta dalla potenza emanata dal Sole e arrestata al passaggio dalla Terra! forza che ci scalda, ci illumina, ci nutre con le piante e gli animali, crea i venti, le nubi e i fiumi, e si traduce in definitiva attraverso le vita molteplice che regna in sovranità sull'intero globo.

La Terra assorbe pertanto solo una parte infinitamente piccola della potenza spaventosa emessa dal Sole; se si traccia idealmente attorno a questo astro una sfera immensa a 37 milioni

di leghe di distanza, il nostro globo, che ha un diametro di sole 3000 leghe, copre solo un minuscolo punto di questa sfera espresso dalla frazione $\frac{1}{2300000000}$. La potenza solare che è emessa nello spazio è quindi più di 2 miliardi di volte superiore a quella che la Terra assorbe per il proprio uso. Con quale nome qualificarla? L'immaginazione qui si ferma, confusa.

L'immensa importanza del Sole comparativamente alla Terra e agli altri pianeti sarà apprezzata dal sapiente osservatore, se si vuole esaminare attentamente la tavola II, che rappresenta le dimensioni del Sole e dei pianeti. Il globo solare è così grande, che ponendo la Terra al suo centro, e lasciando la Luna dove è (a 96000 leghe da noi), essa percorrerebbe la sua orbita all'interno del sole e per andare dalla Luna alla superficie solare, ci sarebbero ancora 76500 leghe da percorrere! Inoltre, questo colosso è settecento volte più voluminoso rispetto a tutti i pianeti messi insieme.



Capitolo 6

La Superficie del Sole

Le macchie e le protuberanze

L'antichità aveva salutato nel Sole l'immagine più pura e più brillante della Divinità. Per essa, il Cielo era invariabile e incorruttibile e l'astro del giorno, creato espressamente per illuminare il mondo, era il simbolo per eccellenza della luce assoluta e dell'eterna incorruttibilità. La storia ha voluto che la conoscenza scientifica della natura del Sole dipendesse al contrario dallo studio delle sue *macchie*. Se l'astro radioso fosse stato senza macchie, sarebbe stato molto più difficile individuare la sua struttura. Le sue macchie, al contrario, ci permettono di penetrare in qualche modo nel suo centro dove si elaborano la luce e il calore ed esaminare i moti incessanti che avvengono in questo immenso oceano incandescente.

Per osservare il Sole, ci si serve di vetri anneriti che temperano la sua luce abbagliante; ma, talvolta, il calore è così forte che, malgrado le precauzioni prese esso fa sciogliere il vetro, con grande dispiacere dell'astronomo.

L'osservazione delle macchie solari è tuttavia una delle più facile da fare con l'aiuto di un cannocchiale di media potenza, e nulla è più agevole che disegnare il loro aspetto bizzarro, seguire le loro variazioni e ritrovarle a parecchi giorni di intervallo, mentre la Terra ha ruotato e ci ha fatto passare attraverso la notte.

Ci si formerà un'idea esatta dell'aspetto delle macchie solari considerando il notevole gruppo rappresentato qui sopra, il cui disegno è stato fatto dal P. Secchi, uno degli astronomi contemporanei che hanno più studiato il Sole¹. Talvolta queste macchie sono isolate; a volte sono raggruppate in modo da formare un insieme di figure irregolari. La parte centrale è nera: si chiama il *nucleo* o l'*ombra*; il contorno è formato da una semi tinta detta *penombra*.

Le dimensioni delle macchie sono estremamente variabili. Se ne misurano a volte che raggiungono un diametro di parecchi minuti; la loro superficie è quindi più grande di quella della Terra, più grande anche di quella di Giove. Ne ho disegnato una, nel 1868, che era visibile ad occhio nudo ed era larga quasi 50000 leghe, abisso gigantesco nel fondo del quale l'intera Terra sarebbe persa come una roccia in un cratere.

Notiamo ancora che esse non si mostrano uniformemente su tutta la superficie dell'astro, ma da ogni lato dell'equatore. Non se ne sono viste mai ai poli.

Si notano anche alla superficie del Sole macchie bianche, più brillanti del Sole stesso, e che sono dette *facole*. Esse si manifestano soprattutto nei pressi dei bordi e nelle vicinanze delle macchie.

Almeno è quanto mostra lo spostamento delle macchie. Le si vede arrivare dal bordo orientale dell'astro, attraversare il disco seguendo linee oblique e poi dopo tredici o quattordici giorni sparire al bordo occidentale. Non è raro vedere una stessa macchia, dopo essere rimasta invisibile per quattordici giorni, ritornare al bordo orientale per fare una seconda, qualche volta

¹Si veda la sua nuova e splendida edizione del *Soleil*. Parigi, Gauthier-Villars, 1876.

una terza e anche una quarta rivoluzione; ma più in generale esse si deformano e finiscono per dissolversi senza aver compiuto un'intera rotazione. Questo moto di rotazione del Sole avviene nello stesso verso della rivoluzione annuale della Terra attorno al Sole e del corso di tutti i pianeti.

Queste macchie descrivono traiettorie parallele. Esse non sono indipendenti, come lo sarebbero dei satelliti, ma si trovano sulla superficie dello stesso astro e sono trascinate nel suo moto di rotazione. In virtù della prospettiva, avvicinandosi al bordo, esse perdono la loro forma arrotondata, divenendo ovali, poi si restringono fino ad apparire quasi lineari.

Osservazione degna di speciale attenzione: le macchie solari, e di conseguenza la superficie alla quale aderiscono, viaggiano più velocemente vicino all'equatore che alle lontane latitudini. La differenza di velocità è pure molto grande, poiché la rotazione si effettua in 24 giorni 22 ore all'equatore e in 28 giorni 11 ore a 45° di latitudine australe.



Fig. 19 - Tipo di macchie solari

La forma delle macchie cambia qualche volta in molto molto significativo, non solo da un giorno all'altro, ma nel volgere di qualche ora; talvolta parecchie macchie si confondono in una sola, talvolta una sola si divide in più macchie. Nel mese di maggio 1868, tra gli altri, ne ho seguito una per dodici giorni, che si è divisa in due sezioni aventi ciascuna un nucleo speciale².

Il loro numero è ancora più variabile. Qualche volta esse sono assai numerose perché si possa, con una sola osservazione, riconoscere le zone che le contengono abitualmente. Qualche volta, al contrario, esse sono così rare, che possono trascorrere mesi interi senza che se ne veda una sola. Si è osservato una notevole regolarità nel modo in cui si succedono questi periodi. Ogni circa undici anni, il numero raggiunge un massimo, poi decresce per risalire nuovamente. Questi periodi, dovuti senza dubbio all'influenza dei pianeti sul sole, corrispondono al numero delle aurore boreali e alle oscillazioni della bussola. Il piccolo ago calamitato subisce, attraverso 37

²Ne ho pubblicato la descrizione e il disegna nei *Comptes rendus* dell'Accademia delle scienze e nei miei *Études sur l'Astronomie*, t. III.

milioni di leghe, gli influssi misteriosi del magnetismo solare e quando una rivoluzione giunge nell'astro infuocato, essa si confonde, perde il nord, si sconvolge, e palpita di commozioni sconosciute. Ecco il numero delle macchie osservate ogni anno sul Sole dopo che le si sono contate, idea meritoria dovuta all'astronomo Schwabe di Dessau.

Tabella del Numero di macchie solari nel corso degli anni

Anni	Numero		Anni	Numero	
1826	118		1851	141	
1827	161		1852	125	7 anni
1828 minimo	225		1853	91	
1829	199		1854	67	
1830	190	5 anni	1855 minimo	28	
1831	149		1856	31	
1832	81		1857	98	5 anni
1833	33		1858	202	
1834	51		1859	205	
1835	173	4 anni	1860 massimo	211	
1836	272		1861	204	
1837 massimo	333		1862	160	
1838	282		1863	124	7 anni
1839	162	1864	130		
1840	152	1865	93		
1841	102	1866	45		
1842	68	6 anni	1867 minimo	25	
1843 minimo	34		1868	101	
1844	52		1869	198	
1845	114		1870	303	4 anni
1846	157		1871 massimo	304	
1847	257	1872	292		
1848 massimo	330	5 anni	1873	225	
1849	238		1874	160	
1850	186		1875	108	

Si vede che gli anni 1828, 1837, 1848, 1860, 1871, sono stati anni di massimo, mentre gli anni 1833, 1843, 1855, 1867, sono stati anni di minimo; il periodo di decrescita è più lungo di quello di crescita (è ciò che succede anche nel reflusso del mare). Da un massimo all'altro, come da un minimo all'altro, vi è una media di undici anni di intervallo. Quale singolare variabilità?

Esaminata con l'aiuto di strumenti potenti, la superficie del Sole non presenta, come si potrebbe credere, un candore liscio e uniforme, ma un aspetto irregolare e ondulato, come un mare agitato dalla tempesta. Quando la si proietta su uno schermo bianco con l'aiuto di un potente oculare, la si trova caratterizzata da una moltitudine di increspature e di anfrattuosità impossibili da dettagliare. Essa è soprattutto ricoperta da piccoli grani, aventi quasi tutti le stesse dimensioni, ma offrenti forme molto differenti, tra le quali l'ovale sembra predominare. Gli interstizi, molto sottili, che separano questi grani, formano un reticolo scuro.

Questi grani sono fiamme luminose; sono le sommità di altrettanti coni aventi alla base diametri da 240 a 260 *km*. Questa materia luminosa, che costituisce la superficie del Sole, e disegna per noi il globo solare, ha ricevuto il nome di *fotosfera*. Il suo stato fisico assomiglia a quello della nebbia e delle nubi. I grani sono le sommità delle mammelle arrotondate che terminano queste masse vaporose che fluttuano come le nostre nubi nell'atmosfera solare. È un aspetto analogo a quello che vediamo qui nei palloni, quando ci poniamo al di sopra della

superficie superiore delle nubi. Tutto attorno a questa fotosfera vi è uno strato di idrogeno incandescente, che ha preso il nome di *cromosfera*.

Aggiungiamo infine, per completare questo schizzo sommario, che le macchie sono *incavate*. Lo si nota soprattutto quando arrivano verso il bordo dell'astro. Esse sono, abbiamo detto, molto più larghe della Terra; ma non sembrano essere molto profonde, poiché le più incavate che sono state misurate non superano i sei o sette chilometri. Queste cavità non sono vuote, ma riempite di vapori.

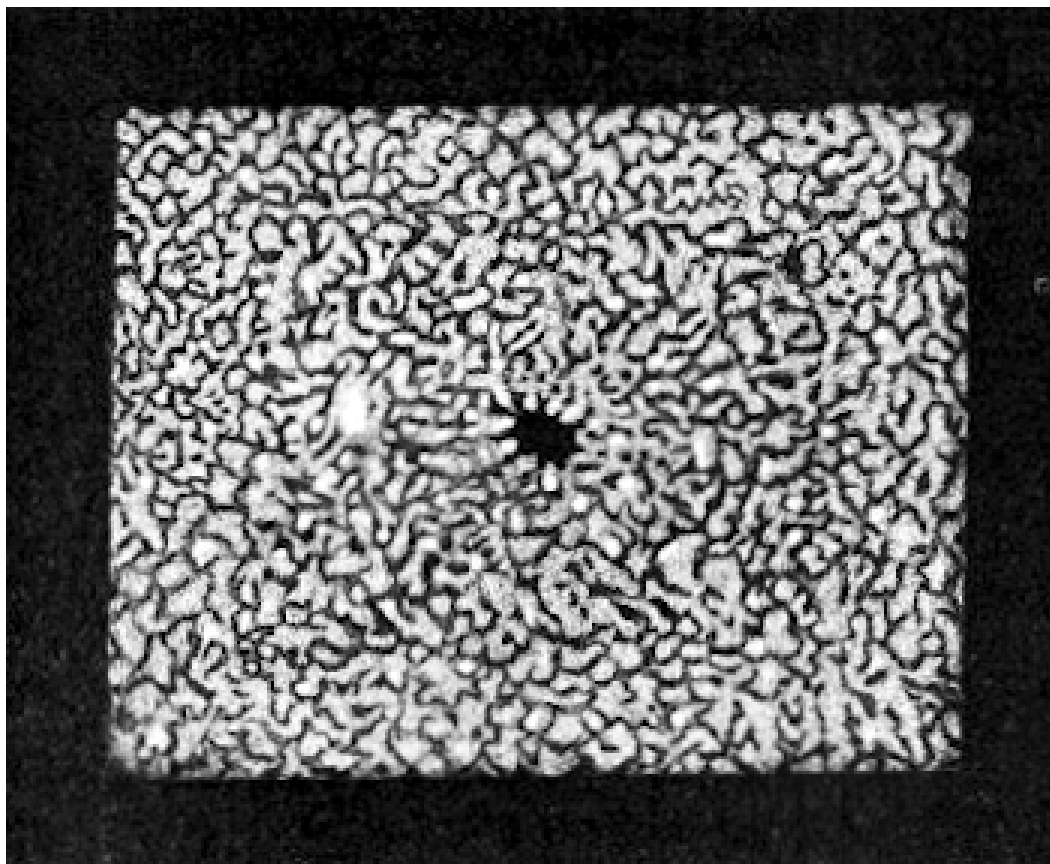


Fig. 20 - La superficie del Sole, vista al telescopio

Tra i diversi metodi di osservazione impiegati per giungere a conoscere la costituzione del globo fluido solare e quella della sua atmosfera, quello delle eclissi appare essere il più fecondo.

Poveri eclissi! Quale terrore non hanno gettato altre volte tra le popolazioni ignoranti e superstiziose! Ma oggi il loro ruolo è trasfigurato, poiché essi hanno portato a scoperte preziose sulla natura del Sole, soprattutto dopo che l'analisi spettrale determina la costituzione chimica dell'astro, quella della sua atmosfera e anche quella delle protuberanze che si ergono su questo brillante globo eclissato.

È nel 1842 che, per la prima volta, l'attenzione degli astronomi fu portata su questo punto. Essi hanno mostrato fenomeni che erano solo supposti e questa fu come una rivelazione: un orizzonte nuovo sembra offrirsi alla contemplazione degli scienziati; non verrà trascurato alcun mezzo per studiarli con cura. Dopo questa epoca, infatti, gli astronomi hanno fatto, in continuazione, tutti i viaggi necessari per andare ad osservare ogni eclissi che si presentava.

Un eclissi inizia a presentare il suo reale interesse scientifico solo a partire dal momento in cui il centro del Sole è coperto dalla Luna. La luce inizia allora a diminuire in modo molto sensibile, e quando si avvicina il momento della totalità, questa diminuzione è talmente rapida che ha qualcosa di inquietante. Ciò che angoschia, non è solo la diminuzione della luce, ma soprattutto il cambiamento di colore che presentano gli oggetti. Tutto diviene triste, scuro e come minaccioso, il paesaggio più verde si ricopre di un colore grigio; nelle regioni più elevate

e più vicine al Sole, il cielo assume un colore plumbeo, mentre vicino all'orizzonte diviene di un giallo verdastro. Il viso dell'uomo si maschera di un colore cadaverico analogo a quello che produce la fiamma dell'alcool saturato dal sale. Questo colore giallastro, e soprattutto l'abbassamento della temperatura, sembrano accusare una diminuzione nella potenza vitale della natura.

In questi ultimi istanti, la falce solare diminuisce con una rapidità sorprendente, presto è ridotta a un sottile filetto che termina con punti molto aguzzi; le montagne del contorno lunare lo dividono spesso in numerose parti; infine scompare.

Anzitutto la scena cambia in modo rapido e completo. Nel mezzo di un cielo color del piombo si staglia un disco perfettamente nero, circondato da una raggiera argentata, nella quale scintillano getti di fiamme rosa.

Questo spettacolo è sublime e commovente. Per farlo meglio comprendere, traduciamo la descrizione che l'astronomo inglese Baily ha fornito delle sue osservazioni della famosa eclissi del 1842, per la quale aveva dovuto recarsi in Spagna.

“Ero, disse, occupato a contare i battiti del mio cronometro, allo scopo di cogliere l'istante preciso della scomparsa totale, immerso in un profondo silenzio, nel mezzo della folla che si accalcava per le strade, sulla piazza e alle finestre delle case, e la cui attenzione era completamente assorbita dallo spettacolo che contemplava. Di colpo l'ultimo raggio scompare e sono assordato da un'esplosione di applausi che scoppiano nel mezzo di questa immensa moltitudine. Tutte le mie fibre si elettrizzano e un fremito si impadronisce di me; guardo il Sole e mi trovo di fronte allo spettacolo più incantevole che l'immaginazione possa sognare: l'astro del giorno era sostituito da un disco nero come la pece, circondato da una aureola brillante analoga a quella che viene rappresentata attorno alla testa dei santi.

“A questa vista, rimasi così sbalordito che persi una parte considerevole di questi momenti preziosi e fui sul punto di dimenticare lo scopo del mio viaggio. Mi aspettavo di vedere attorno al Sole una certa luminosità, ma debole e crepuscolare; mentre vedevo un'aureola brillante, il cui splendore, molto vivo al bordo del disco, diminuiva gradualmente. Non avevo previsto nulla di simile.

“Ripresomi dalla sorpresa, appoggiai di nuovo l'occhio al cannocchiale dopo aver oscurato il vetro dell'oculare. Un nuovo spettacolo mi attendeva. La corona di raggi che circondava il disco lunare era interrotta in tre punti da immense fiamme di color porpora, il cui diametro era di circa due minuti. Esse apparivano tranquille e presentavano lo stesso aspetto delle sommità nevose delle Alpi illuminate dal sole al tramonto. Mi fu impossibile distinguere se queste fiamme fossero nubi o montagne: mentre cercavo di studiarle, un raggio di sole brillò nelle tenebre, venne a risvegliare la natura, ma mi immerse in quella tristezza che prova una persona che vede scomparire l'oggetto dei suoi desideri nel momento in cui era sul punto di coglierlo.”

Anche quando si è avuto la fortuna di contemplare numerosi eclissi totali del Sole, l'impressione provata è sempre profonda. È impossibile guardare con indifferenza questo disco nero, che sostituisce il sole e l'aureola argentata che lo circonda, stagiato su un cielo triste e strano.

È durante l'eclissi che l'attenzione degli astronomi fu attratta da queste protuberanze che si slanciano attorno alla Luna come fiamme gigantesche di colore rosa o fiore di pesco. La sorpresa che genera in loro questo fenomeno inatteso non gli permette di fare osservazioni precise, di modo che si ha un disaccordo completo tra i diversi osservatori.

Queste appendici avevano dimensioni considerevoli. All'Osservatorio di Tolosa si misurò un'altezza di $1'45''$ che equivale quasi a sei diametri terrestri, cioè a 80000 km .

Tra le più belle eclissi di Sole, segnaliamo quella dell'anno 1860, rappresentato nella nostra figura 21, da P. Secchi. Vi si ammira dapprima la brillante e sottile corona luminosa che circonda immediatamente il sole eclissato, come un anello di luce abbagliante, sul quale si staccano le protuberanze rosa; poi una *cromosfera* immensa che si estende a grande distanza; infine raggi splendidi che attraversano quella corona e formano una raggiera con essa. Oggi la fotografia coglie e fissa tutti questi dettagli.

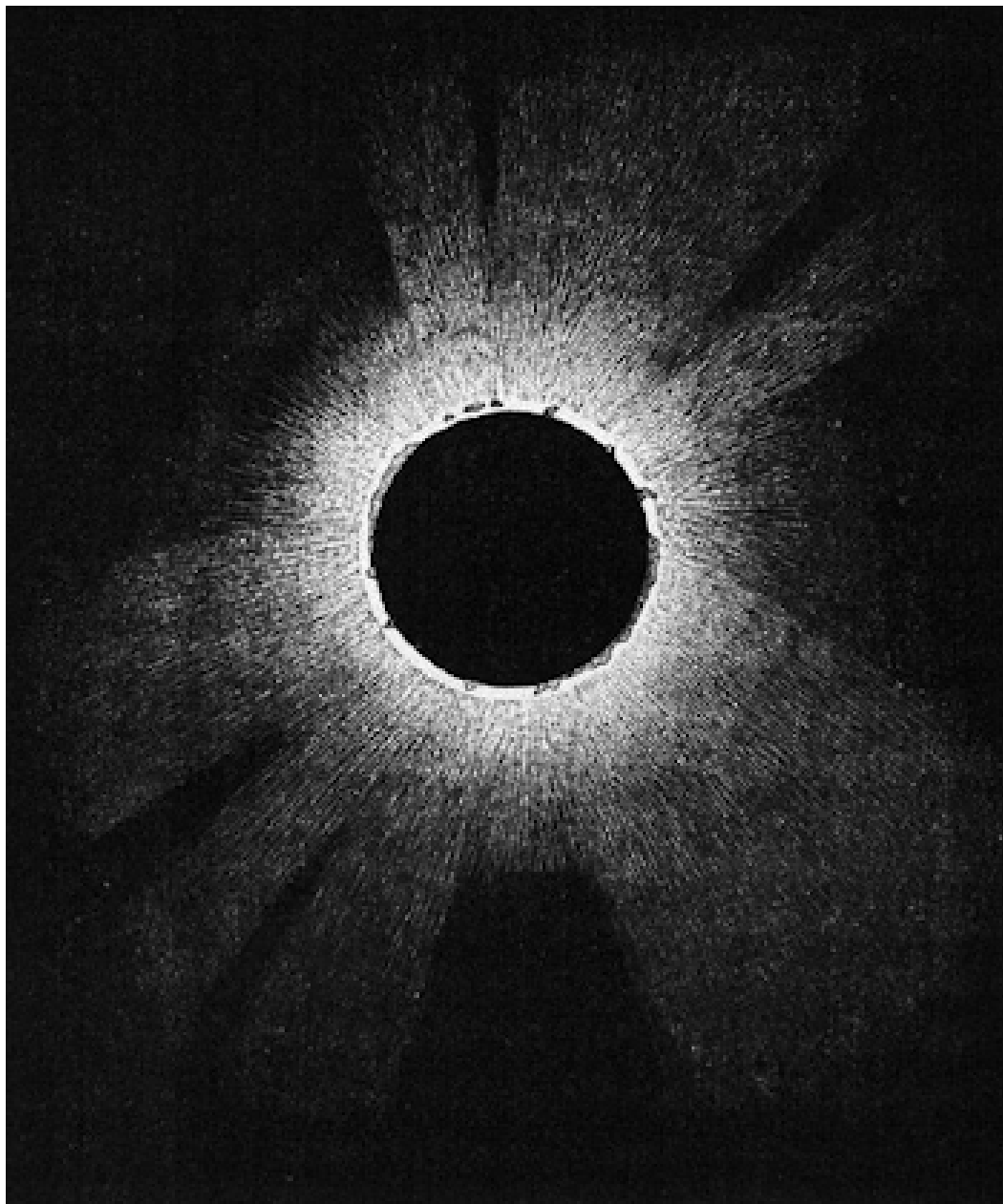


Fig. 21 - Un eclissi totale di Sole

La corona è un'atmosfera immensa che circonda il Sole, atmosfera nella quale fluttuano mille cose ancora sconosciute, che brillano per la riflessione della luce solare vicina. Nell'intorno immediato dell'astro luminoso, lo spazio è pieno di corpuscoli in movimento. La luce zodiacale, che arriva fino alla Terra è anch'essa un'immensa lente di detriti diversi che gravitano attorno al Sole.

Le protuberanze sono formate da fantastiche fiamme di *idrogeno*, che si innalzano come lingue di fuoco, tutto attorno al globo incandescente. Con l'ausilio di un nuovo metodo, dovuto all'astronomo francese Janssen, non è più necessario attendere le eclissi per vederle, ma le si può osservare costantemente seguendo attentamente il bordo del Sole allo spettroscopio. Dall'anno 1872, in Italia le si disegna tutti i giorni. Queste eruzioni solari presentano in generale l'aspetto rappresentato dalla figura seguente.

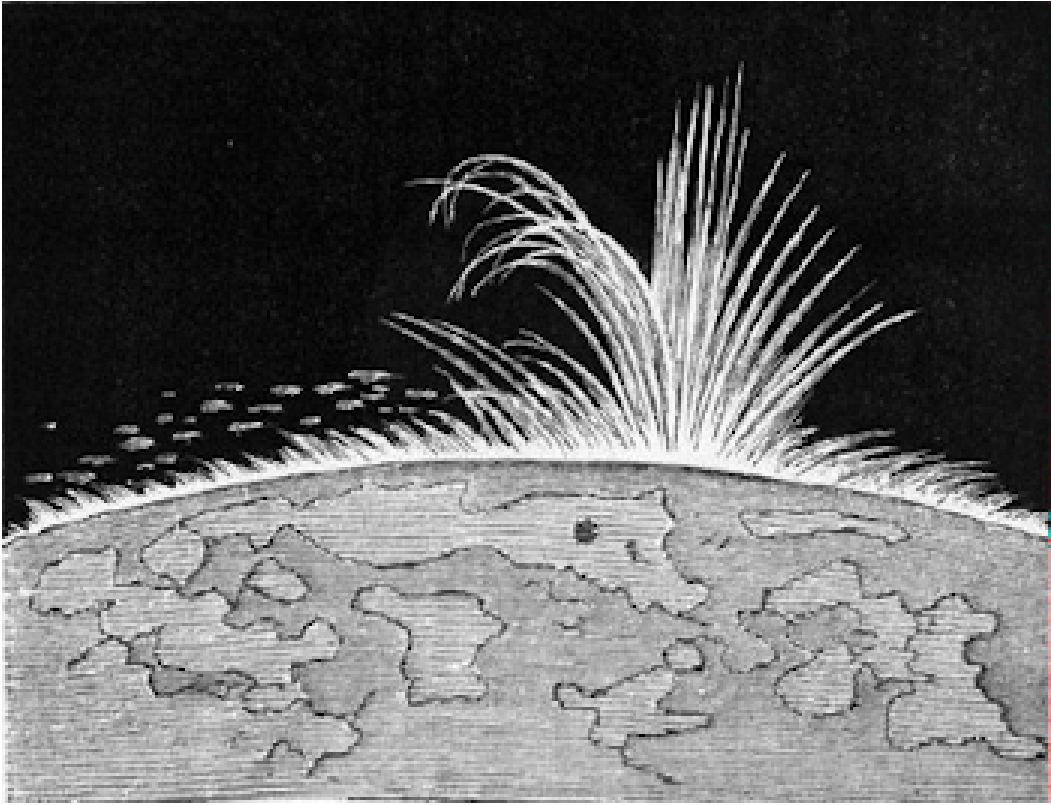


Fig. 22 - Eruzione di idrogeno incandescente, sul Sole

La natura solare, che si mostra in uno splendore inimmaginabile, ci pone oggi nuovi problemi. Queste protuberanze, effusioni immense di idrogeno incandescente, si innalzano al di sopra della fotosfera ad altezze favolose di 10000, di 20000, talvolta di 50000 leghe: 50000 leghe! cioè più di quindici diametri del nostro globo. Prodigio ancora più sorprendente! queste enormi fiamme si formano in poche ore, si ergono, si deformano con una rapidità inconcepibile. La varietà delle loro forme non è meno strana. Qui si direbbe un'eruzione come quella dei vulcano, con una colonna di fiamma incandescente, che si spande verso l'alto e che forma una vasta nube; poi l'eruzione cessa, la colonna si ritira e la nube rimane ancora sospesa nell'aria. Allora lo spettacolo cambia completamente e quelle non sono più masse nebulose che formano delle arcate su una serie di pilastri, o di fiamme che sembrano curvate da un vento violento. Poi ancora si direbbe un albero carico di rami pesanti, oppure fasci ascendenti usciti da uno stesso fuoco. Più lontano, ne troviamo che si scompongono in una pioggia di fuoco che ricade sul Sole, ecc.

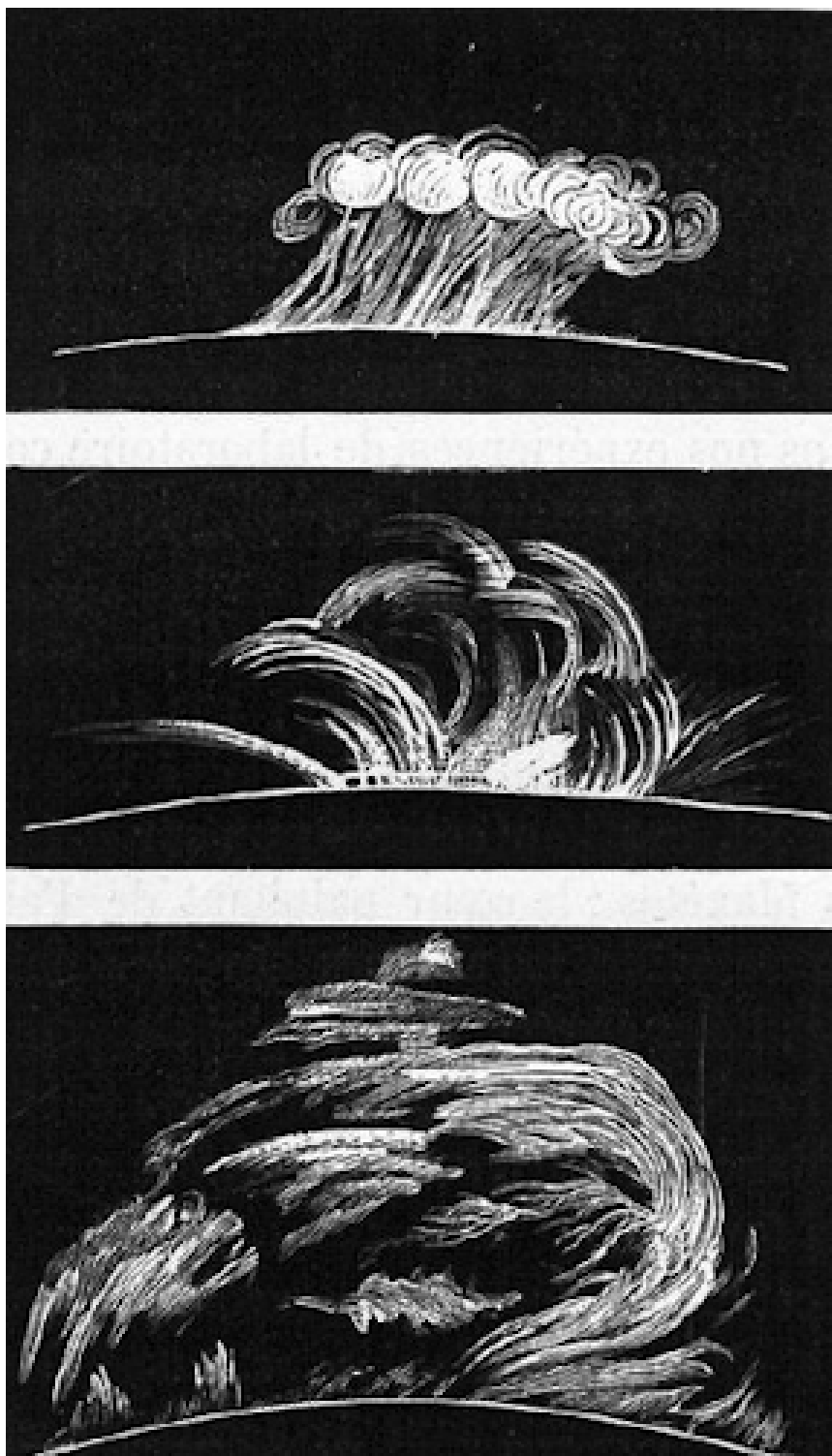


Fig. 23 - Forme diverse delle protuberanze solari

Il rosso è il colore dominante di queste fiamme. Il blu e il violetto sono relativamente deboli; le protuberanze hanno in realtà, come si vede nelle eclissi totali, un colore rosa o piuttosto fiore di pesca, dovuto alla mescolanza dei tre colori che caratterizzano, nelle nostre esperienze di laboratorio come sul Sole, l'idrogeno puro e rarefatto, portato ad una temperatura molto alta.

Queste formidabili e splendide eruzioni, queste agitazioni tempestose dell'oceano solare, queste esplosioni folgoranti che avvengono nel Sole a tanti milioni di leghe da qui, hanno il loro contraccolpo sulla Terra e sugli altri pianeti: il cuore palpitante dell'ago magnetico sussulta, le aurore boreali ne subiscono l'influenza; lo stato elettrico del pianeta, come il calore e la luce

che riceviamo dal Sole, sono in corrispondenza misteriosa con le forze eccitate in questo lontano fuoco.

Così è questo astro immenso ai cui raggi è sospesa la vita della Terra e degli altri pianeti e senza i quali tutto ricadrebbe nella decadenza e nella morte. Ma questo non è tutto. Completiamo la sua conoscenza con lo studio della sua costituzione chimica, dovuta alle scoperte dell'analisi spettrale, le cui rivelazioni si estendono anche ai pianeti, alle comete, e anche fino alle stelle perse nell'infinito.

Capitolo 7

L'Analisi spettrale della luce

(127)

La costituzione fisica e chimica del Sole

Era già una meravigliosa scoperta quella di aver costruito questi telescopi che ci hanno fornito un nuovo senso e resi padroni di uno spazio prima sconosciuto; era una conquista non meno aver concluso da osservazioni celesti l'esistenza della legge universale della gravitazione che dirige i moti dell'intera creazione, da quelli dei piccoli uccelli che circolano intorno al nido materno fino a quelli delle stelle doppie che si cullano amorosamente nelle profondità dei cieli. Il nome di Galileo e quello di Newton sono scritti a lettere d'oro nella bibbia del progresso. Ma ecco uno studio nuovo, base delle scoperte future che meritano il più alto grado di attenzione tra coloro che si interessano al progresso delle scienze.

Tutti sanno che un raggio di luce passante attraverso un prisma di vetro si scompone in una serie di colori simili a quelli dell'arcobaleno e disposti nell'ordine noto: "Violetto, indaco, blu, verde, giallo, arancio, rosso." I colori si separano ognuno secondo la sua caratteristica: il più ardente, il rosso, non si lascia deviare dal suo cammino e attraversa in linea retta; l'arancio subisce un poco l'effetto del prisma e si pone di lato; il giallo subisce maggiormente; il verde, poi il blu, sono ancora più lievi e deboli e continuano la striscia... È questa banda colorata che porta il nome di *spettro solare*.

Dal 1815, Fraunhofer, ottico bavarese, studiava con attenzione lo spettro solare e cercava di scoprire in essa qualche punto fisso che fosse indipendente dalla natura dei prismi e che potesse essere considerato come punto di riferimento al quale rapportare le zone e i colori dello spettro, che si coglievano dando al prisma una certa posizione speciale, si vedevano rapidamente apparire, nell'immagine spettrale, *righe scure* che tagliavano trasversalmente la banda dei sette colori.

Egli indicò le otto principali di queste righe con le otto prime lettere dell'alfabeto; esse sono disposte nel modo seguente: la prima al limite del rosso, la seconda nel mezzo di questo colore, la terza vicino all'arancio, la quarta alla fine di questa sfumatura, la quinta nel verde, la sesta nel blu, la settima nell'indaco, l'ottava alla fine del violetto.

Queste sono le principali linee nere che si distinguono nello spettro. Quanto al numero totale di queste righe, sembra prodigioso: Fraunhofer ne aveva già contate 600 con un microscopio; più tardi, sir David Brewster portò questo numero a 2000; oggi, ne contiamo 5000 e oltre. Si può vedere la disposizione generale di queste righe spettrali nella figura 24.

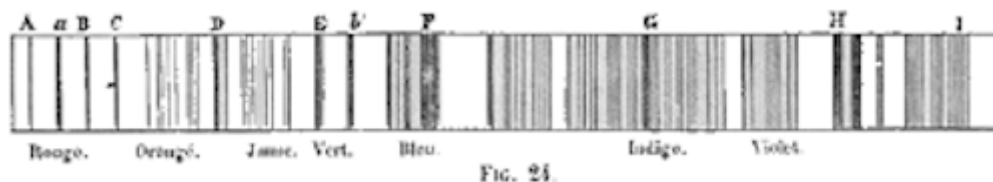


FIG. 24.

Queste righe dello spettro solare sono costanti e invariabili tutte le volte che lo spettro studiato è quello di una luce emessa dal Sole, qualunque sia questa luce. Le si ritrova nella luce del giorno, in quella delle nubi e nell'illuminazione riflessa dalle montagne, dagli edifici e da tutti gli oggetti terrestri. Le si ritrova anche nella luce della Luna e in quella dei pianeti, poiché questi corpi celesti brillano soltanto per la luce che ricevono dal Sole e riflettono nello spazio.

Questa scoperta di righe microscopiche che attraversano lo spettro solare fu presto accompagnata da un'altra non meno importante. Ricevendo attraverso un prisma raggi provenienti da una sorgente luminosa terrestre, come un becco per gas, una lampada, un metallo in fusione, ecc., si notò dapprima che queste luci artificiali producono uno spettro, come quello del Sole, ma che questo spettro differisce da quest'ultimo per il numero e la disposizione dei colori; si notò in secondo luogo - è questo il punto capitale - che lo spettro di queste luci è pure attraversato da righe, che la loro distribuzione differisce secondo la natura della luce osservata, e infine che essa *presenta un ordine invariabile caratteristico* di ognuna di esse.

Vi era in questa scoperta tutto un mondo di esperienze sconosciute, tutto un universo più vasto e più ricco di quello di Cristoforo Colombo, tutta una serie di studi meravigliosi che dovevano estendersi dall'infinitamente piccolo all'infinitamente grande, come constateremo noi stessi.

Per ben fissare le nostre idee, rappresentiamoci l'esperienza come fu eseguita da Kirchhoff e Bunsen, i due fisici ai quali dobbiamo queste brillanti ricerche. Ecco un becco per gas, facciamo arrivare nella fiamma un filo di platino alla cui estremità poniamo un piccolo frammento della sostanza che vogliamo analizzare. Davanti alla fiamma è posto lo *spettroscopio*, cannocchiale costruito espressamente per la nostra analisi e nel quale i raggi della fiamma provengono da un prisma e da un microscopio analizzatore. La fiamma del nostro becco per gas è regolata, affidabile, di modo che non dia essa stessa uno spettro. Nel momento in cui immergiamo al suo interno il filo di platino preparato, appare uno spettro nel cannocchiale e l'occhio posto vicino al microscopio lo può analizzare a suo piacimento. Questo spettro, è *quello della sostanza che brucia*.

Per esempio, immergiamo il filo di platino in un flacone di potassa. Nel momento in cui lo poniamo nel becco per gas, appare uno spettro allo spettroscopio: è quello del potassio. È composto di sette colori, come lo spettro solare; inoltre, è caratterizzato da due righe rosse molto brillanti, poste verso ciascuna delle estremità.

Analogamente, se poniamo piccoli pezzi di cristallo di sodio all'estremità del filo di platino, vedremo apparire uno spettro singolare, che non contiene né rosso, arancio, verde, blu, violetto e che è caratterizzato semplicemente da un riga gialla brillante corrispondente alla posizione del giallo nello spettro solare e della linea che attraversa questo colore. Abbiamo qui lo spettro del sodio.

Così di seguito. E questo metodo di analisi è così meraviglioso e potente, che rivela l'esistenza delle sostanze in quantità infinitamente piccola, là dove ogni altro metodo sarebbe completamente sterile. Parliamo del sodio; Ammiriamo quale grado di analisi ci permetta di compiere lo spettroscopio! Prendiamo un grammo di sodio, è poca cosa, ma è ancora troppo. Prendiamo soltanto la millesima parte di un grammo: un milligrammo. Dividiamo ora questo milligrammo in mille altre parti e accontentiamoci di questo frammento microscopico; poi, di nuovo dividiamo ancora, se è possibile, questo millesimo di milligrammo in mille altre parti:

avremo un milionesimo di milligrammo. Ecco quanto basta per l'analisi, ecco il frammento che è in grado di rivelare ai nostri occhi confusi! La nostra mente coglie con difficoltà questa estrema piccolezza di sostanza e tuttavia appena è portata nella fiamma, mostra la presenza di questo atomo attraverso la brillante linea d'oro di cui abbiamo parlato!

Ogni sostanza analizzata fa apparire allo spettroscopio una propria particolare distribuzione di righe: *essa iscrive il suo vero nome naturale in caratteri geroglifici*, essa si rivela in forma incontestabile.

Forse la mente di qualche lettore si rifiuta di ammettere una simile possibilità. Coloro che si sentono bloccati di fronte a questa idea riflettano bene con me che un gran numero di verità scientifiche riposa su basi non meno sorprendenti e, tuttavia, più solide di troni massicci e secolari. La polarizzazione della luce, così sapientemente studiata da Arago, si basa, a dire il vero, sull'esame dell'orientazione dei raggi luminosi. Ci si può immaginare l'orientazione dei raggi luminosi quando si pensa che miliardi di miliardi di questi raggi passano insieme nel foro di un ago senza confondersi?

Potremmo segnalare verità non meno sorprendenti e non meno certe, la cui contemplazione ci deve far sentire che siamo posti tra l'infinitamente piccolo e l'infinitamente grande e che pendiamo ad ogni istante verso questi due estremi, ad ogni passo del metodo sperimentale.

Ma quale forma assumerà il nostro stupore, se si aggiunge ora che i dati precedenti sono stati presentati solo per mostrarci lo spettroscopio che penetra la distesa incommensurabile dei cieli e sorprendendo nel fondo di questi deserti inesplorati la costituzione chimica degli astri che irraggiano in queste profondità? Queste stelle lontane, che popolano a miriadi le campagne eteree e che non conoscono l'esistenza della nostra Terra oscura e invisibile, e non possono in alcun modo individuarla; queste stelle sono entrate per così dire nel dominio intellettuale degli abitanti di questa Terra; dopo aver misurato la spaventosa distanza che ci separa dalle più vicine, siamo giunti a conoscere gli elementi che bruciano in questi grandi inceneritori.

L'analisi spettrale è insieme *microscopica e telescopica*.

Infatti, le righe nere che abbiamo segnalato in precedenza nello spettro solare *corrispondono precisamente a certe righe brillanti caratteristiche dello spettro di diverse sostanze terrestri*.

D'altra parte, si è constatato che le righe mostrate nello spettro di ogni sostanza ridotta allo stato gassoso da una sorgente di calore sono le stesse di quando tale sostanza è brillante per combustione propria, ma è rimasta solida o liquida; soltanto esse sono nere invece di essere luminose.

Da questa doppia osservazione deriva che le righe nere dello spettro solare provano: 1° l'esistenza di una atmosfera infuocata e gassosa attorno a questo astro e 2° la presenza in questa atmosfera delle sostanze segnalate dalle righe in questione.

Si sono identificate, riga per riga, nel Sole, le 450 righe dello spettro del ferro, le 118 del titanio, le 75 del calcio, le 57 del manganese, le 33 del nickel, ecc., di modo che si sa in maniera certa che nel Sole vi è ferro, titanio, calcio, manganese, nickel, cobalto, cromo, sodio, bario, magnesio, rame, potassio, idrogeno, ma si sono riconosciute tracce di oro, di argento, di piombo, di stagno, di antimonio, di cadmio, di arsenico, di mercurio, di litio, di stronzio e di silicio.

Ecco un astro immenso, situato ad una distanza di 37 milioni di leghe e la scienza l'ha non solo misurato e pesato, ma anche, tramite l'analisi dei suoi raggi, sa quali sono gli elementi che bruciano in lui e la sua audacia è giunta a determinare la sua natura siderale, la sua costituzione fisica e chimica!

Regnando nel mezzo della famiglia di cui è il padre, questo colossale sole è sia la mano che sostiene i pianeti nello spazio, la fiaccola che li illumina, il fuoco che li riscalda, la sorgente inesauribile della loro attività e della loro vita. Serve che noi vediamo con la mente nello spazio questo globo immenso, 1 279 000 volte più grande della Terra e 324 000 volte più pesante, fuoco colossale posto semplicemente nel mezzo del vuoto degli spazi celesti, riposante senza sostegno alcuno, ma sostenente con la sua forza sospesi attorno a sé a milioni di leghe di distanza: la

Terra e tutti gli altri pianeti del sistema. Li sostiene a distanza nello spazio, questi pianeti, facendoli ruotare con rapidità attorno a sé, come la pietra che ruota nella fionda, velocità appena immaginabile, poiché la Terra, sulla quale ci sembra di rimanere in quiete, vaga, come abbiamo visto, percorrendo 650 000 leghe al giorno! Ma non solo fa gravitare rapidamente tutti i mondi attorno a sé in una rivoluzione che determina per loro i rispettivi anni, le stagioni e i giorni e che con una distribuzione senza sosta li rinnova di calore e luce, li gratifica di una eterna giovinezza, di una primavera sempre rinascente e di una vita sempre nuova; agisce ancora, questo potente Sole, attraverso lo spazio, proiettando senza sosta, verso i pianeti immersi nella sua luce, gli effluvi¹ fecondi della sua forza e del suo magnetismo. Dalla sua superficie in ebollizione e agitata, analoga a quella di un oceano di fiamme, da questa superficie sulla quale vediamo da qui tempeste formidabili, vortici nei quali la Terra intera sprofonderebbe come un uccello colto dalla tempesta, da esplosioni spaventose che lanciano nello spazio montagne di fuoco fino ad altezze di cinquantamila miglia e più nell'atmosfera solare; - da questa superficie agitata, da questo nucleo di attività e di energia, partono incessantemente, non con la lentezza dei minuti o dei secondi, ma con la rapidità del lampo e con milioni di milioni di pulsazioni al secondo, le ondulazioni della forza solare che si allontanano e si ingrandiscono e si espandono nello spazio, per andare lontano, quando esse raggiungono i pianeti al loro passaggio, trasformano gli urti moltiplicati delle loro rapide oscillazioni in calore, in luce, in elettricità, in attività vitale, in fiori, in foreste, in esseri viventi di tutte le forme. Queste ondulazioni eteree animano i mondi, che senza il Sole sarebbero morti, più (o meno) che morti; non avrebbero mai vissuto, non avrebbero mai sentito il soffio della vita errare sulla loro sterile superficie.

Ma anche questo Sole brillante è abitato? Herschel, Humboldt, Arago, hanno creduto possibile questa abitabilità nel periodo in cui si pensava che il calore e la luce che ci invia fossero prodotti non dal suo interno, ma in uno strato esterno, una fotosfera che lo circondava a grande distanza e separata dalla superficie da un'atmosfera che rinviava questa luce al di fuori. Oggi, il fatto conosciuto che il globo solare non è solido, ma liquido o anche gassoso e più ardente di un metallo in fusione, ci permette solo di ammettere la possibilità della vita organica alla sua superficie mobile e ondeggiante.

Bisogna ammettere, tuttavia che dal punto di vista ontologico generale, questa negazione non deve essere presa in senso troppo stretto. In quanto non conoscendo esseri che possono vivere nel fuoco, non siamo in diritto di opporre qui un veto formale alla potenza della natura. Se sentiamo, inoltre, che il Sole è incomparabilmente più importante di tutti i pianeti messi insieme, che egli troneggia al centro della creazione planetaria e che vi è là una sede brillante per la mente che ne sarà degna; così bello e sublime in verità, che da lui solo si possono contemplare le reali prospettive celesti e conoscere i legami che devono riunire le nostre stelle alle altre stelle dell'infinito; così sentiamo la grandezza di questo luogo, non possiamo impedirci di innalzarci al di sopra delle meschine e infantile classificazioni della scienza terrestre e di pensare che l'Autore dell'Universo ha potuto porre questa luce degli esseri di sua scelta. Eh! si replicherà, esseri senza corpo? - Ma perché senza corpo? Voi lo credete ingenuamente: spiegate allora come l'amianto si lava nel fuoco! E d'altra parte, dove finisce la materia? dove comincia l'anima? E ancora, cos'è questo fuoco del Sole? È uno stato della materia. Non bisogna intendere le parole calore e luce come nel linguaggio comune, poiché là vi è calore e luce solo per i nostri sensi; per altri esseri, ciò sarà tutt'altra cosa.

Le anime libere comprendono meglio ancora la possibilità - non fisica, poiché la nostra fisica non va fin là, ma metafisica - di questa ipotesi, se non aggiungiamo che malgrado i pianeti che vivono di questi raggi, il Sole brilli in qualche modo per nulla.

¹I grammatici ci potrebbero rimproverare l'impiego di questo parola al femminile, mentre è nel genere maschile nel dizionario. Non è per inavvertenza che l'impieghiamo così, ma perché crediamo che il dizionario qui sbagli (come in qualche altro caso) sull'uso generale e sul senso.

Come? Nulla, la Terra! Nulla, Marte! Nulla, Venere! Nulla, Giove! Nulla, Saturno? Nulla, il sistema planetario! No, non proprio niente: ma in verità poca cosa rispetto all'irraggiamento solare che passa a fianco, si perde nello spazio e non serve ad alcuno scopo a noi noto. Abbiamo già visto quale minima quantità della forza emanata dal Sole giunga sulla Terra e venga da questa utilizzata per la propria vita: meno di 2 miliardesimi!! Tutti i pianeti insieme intercettano solo 230 milionesimi dell'attività solare: il resto se ne va nello spazio infinito. Così la parte persa è 230 milioni di volte maggiore della parte utilizzata. Proctor ha calcolato che il calore emesso dal Sole ogni secondo è uguale a quello che risulterebbe dalla combustione di 11 600 000 000 000 000 tonnellate di carbone. Orbene! questa spaventosa energia emessa ogni secondo dal fuoco solare si espande nello spazio con la velocità della luce e i pianeti ne assorbono per la loro vita solo una frazione corrispondente a cinquanta milioni di tonnellate: solo cinquanta milioni su 11600 migliaia di milioni.

Questo solo fatto ci mostra che saremmo in errore volendo interpretare liberamente il disegno insondabile del Creatore; non sarebbe folle pretendere che tutto è così perso e che il Sole serve solo alla vita dei pianeti? Non dobbiamo quindi né dichiarare che tutta questa attività è inutile, né negare che il Sole possa essere sede di anime gloriccate. Perché tali esseri non esisterebbero? L'uomo della Terra è l'ultima parola della perfezione spirituale?

La stessa conclusione si può estendere a tutte le stelle, *ogni stella essendo un Sole come il nostro*.

Ma questa abitazione, più spirituale che materiale (non sovranaturale, poiché il sovranaturale non esiste), esce dai limiti nei quali lo studio della vita è racchiusa e vedremo aggiungere qui una considerazione relativa all'adattamento del Sole alle condizioni di questa vita fisica ordinaria.

Verrà un tempo in cui questo astro radioso perderà la sua luminosità e il suo calore. Poi sarà immenso e gassoso, estendendosi fin oltre l'orbita di Nettuno. Da una nebulosa è derivato il sole. Continuerà a raffreddarsi: già le sue macchie ne sono una testimonianza. La sua luce si oscurerà sempre più fino al giorno in cui, come tante stelle che già abbiamo visto scomparire dopo mille anni, si estenderà a sua volta secondo una legge inesorabile che regge tutti i destini. La vita dei pianeti risentirà fatalmente gli effetti di questa estinzione, se già essi non si sono auto estinti, consunti prima di questa epoca ancora ben lontana da noi. Dopo la fine del mondo terrestre e quella degli altri pianeti, resterà ancora al centro del sistema un astro sul quale la vita organica potrà rifugiarsi: il Sole stesso. Allora a sua volta, mentre i pianeti continueranno a rendergli omaggio gravitando sempre sotto la sua azione preponderante, si coprirà lentamente di piante e di fiori e serviranno miliardi di anni per consumare tutto il calorico racchiuso al suo interno. Sarà allora il solo mondo abitato del nostro sistema e senza dubbio la sua umanità supererà in forza e in progresso quelle della Terra e di tutti gli altri pianeti. (forse nel piano della creazione vi è che le intelligenze che avranno abitato tutti i pianeti si troveranno un giorno riunite). Ma questa fonte opulenta e meravigliosa di fecondità si esaurirà sotto la pressione dei secoli accumulati e l'ultimo mondo abitato del nostro sistema getterà il suo ultimo sospiro. Sarà giunto a tale periodo nel mezzo di costellazioni verso le quali si dirige; incontrerà forse nel suo cammino un antico sole estinto come lui e il loro urto formidabile rivelerà per una nuova creazione le forze latenti racchiuse nel loro interno... Solo la voce profonda dei cieli eterni potrebbe risponderci, come la madre risponde alle prime domande del bambino che balbetta.

Tale sarà senza dubbio il destino del Sole. Attualmente dobbiamo considerarlo - e riguardante nello stesso tempo tutte le stelle - come altrettante sorgenti di luce, calore, di attività e di vita, per i pianeti gravitanti nella loro luce. Dal nostro bel Sole, cuore dell'organismo planetario, partono le fluttuazioni, le energie, gli effluvi fecondi che fanno muovere i mondi e li animano di una vita continuamente rinnovata. Sotto la sua potenza, gli organismi viventi si scambiano atomi perpetuamente e per una universale fraternità tutti i corpi si trasformano, si metamorfizzano e si rinnovano. È lui il nostro vero padre celeste, poiché è lui che riassume

e realizza per noi gli ordini dell'eterno Pensiero. È lui che sostiene il pesante globo terrestre dentro l'immensità ed è lui che eleva la piccola goccia d'acqua microscopica dell'Oceano verso l'alto per formare le nuvole. È lui che fa ruotare la Terra sul proprio asse come una ruota immensa; ed è lui che, per una differenza di densità tra due strati d'aria, fa ruotare il piccolo mulino a vento sulla montagna o il giocattolo che il bambino tiene in mano. È lui che irraggia sui giganteschi anelli del mondo di Saturno e che ci fa vedere nei cieli il disco arancione del colossale Giove che si libra sotto i suoi fuochi lontani; ed è lui che fa sbocciare la violetta e il fiordaliso sotto il soffio profumato della primavera. È lui che muove la Terra ed è lui che muove l'uomo. Dappertutto, sempre, sono raggi di sole che muovono il mondo e fanno sciogliere la vita, sia allo stato del carbone nella locomotiva, sia sotto forma di alimentazione nei muscoli del cavallo, sia nel cinguettio della capinera al limitare del bosco, sia nel volo della rapida rondine, sia nelle agitazioni del cuore appena risvegliato della fanciulla, sia nel pensiero ansioso del genio che scruta i grandi misteri... Onoriamolo, questo divino *Surya*, che i nostri antenati Ariani hanno tanto cantato nei loro inni, questo *Agni*, principe del fuoco, del movimento e della vita, e sapore del mondo, questo brillante *Helios* che versa la luce e la gioia nella natura; amiamolo, apprezziamolo, sentiamo il suo valore e la sua potenza! ... E ora che abbiamo iniziato a conoscerlo, dirigiamoci verso queste *terre celesti* alla cui superficie la sua attività si esercita e si trasforma.

Parte III
Il Pianeta Mercurio ☿

Capitolo 8

Aspetto di Mercurio ad occhio nudo

Suo movimento attorno al Sole - Conoscenze degli antichi su questo pianeta.

La precedente parte ha sviluppato l'insieme del sistema solare; possiamo ora penetrare nei dettagli e entrare in comunicazione diretta con queste "Terre del Cielo" che desideriamo tanto conoscere.

Se, per studiare successivamente questi diversi mondi che formano la famiglia del Sole, cominciamo come è naturale fare, con il centro di questo sistema, dalle orbite più vicine, per visitare poi ogni pianeta secondo la sua distanza dall'astro centrale. *Mercurio* è il primo globo che incontriamo.

Forse esiste tra lui e il Sole uno o più corpi celesti, molto piccoli e invisibili da qui; forse il minuscolo pianeta già chiamato Vulcano e visto un giorno dal mio eccellente amico il dottor Lescarbault esistere realmente, sebbene lo stesso giorno Liais osservando il Sole dal Brasile ci assicura di non aver notato nulla e sebbene nessun astronomo sia giunto a ritrovarlo anche cercandolo attentamente; ma possiamo parlare in questo libro solo degli astri che conosciamo e la cui esistenza è almeno certa.

Mercurio è quindi il primo pianeta che conosciamo nelle vicinanze del Sole. Esso gravita su un'orbita tracciata alla (si veda la tabella I) distanza media di 57 250 000 *km* o 14 300 000 leghe. Dico distanza *media*, poiché questa orbita è lontana dall'essere circolare; ma al contrario essa è molto ellittica e allungata, di modo che al suo perielio il pianeta si avvicina fino a 11 375 000 leghe, mentre al suo afelio, si allontana fino a 17 250 000 leghe: la differenza è di sei milioni di leghe. Siccome l'intervallo di tempo tra il perielio e l'afelio è solo di sei settimane, si vede che il pianeta consacrato al dio del commercio e dei ladri passa rapidamente attraverso curiose alternative di luce e calore. Se si rappresenta con 1000 la distanza media della Terra, quella di Mercurio sarà rappresentata da 387, la sua distanza all'afelio da 467 e la sua distanza al perielio da 307. L'eccentricità¹ o l'allungamento dell'ellisse è di 0,205; è la più allungata delle orbite planetarie.

Il pianeta impiega solo 88 giorni per percorrere questa orbita, il cui perimetro misura 89 milioni di leghe. Esso vaga nel cielo con una velocità di 46811 *m/s*, più di un milione di leghe al giorno.

La rivoluzione, o l'anno preciso di questo pianeta, è di 87 giorni 23 ore 15 minuti 46 secondi.

Si vede che l'orbita di Mercurio è a volte interna a quella della Terra e che questo mondo si trova tra noi e il Sole, a volte dall'altra parte del Sole rispetto a noi, a volte ad angolo retto, ecc.

¹Ricordiamo che abbiamo spiegato (parte II, cap. 1), che si chiama eccentricità la distanza tra il centro dell'ellisse e il fuoco, in funzione del semiasse maggiore. Così, nel cerchio, l'eccentricità è 0, poiché il centro e il fuoco coincidono. Se l'eccentricità è 0,2 la distanza è uguale ai due decimi di semiasse maggiore o della distanza media.

Ne risultano *fasi* analoghe a quelle della Luna. Quando entra tra il Sole e la Terra, posizione detta congiunzione inferiore, non possiamo vederlo nel cielo, poiché è allora il suo emisfero oscuro rivolto verso di noi. (Non brilla, come la Luna, e come tutti i pianeti, se non per la luce che riceve dal Sole e che riflette nello spazio). Quando forma un angolo leggero con il Sole, prima e dopo la sua congiunzione, vediamo un poco del suo emisfero illuminato e una falce molto sottile si mostra nel cannocchiale. Quando forma un angolo retto, assomiglia al primo o all'ultimo quarto della Luna, ecc. Non lo si vede mai perfettamente rotondo al telescopio, poiché nei periodi in cui mostrerebbe interamente il suo emisfero illuminato, si trova dietro il Sole, che lo eclissa.

A causa di questa vicinanza dal Sole, Mercurio è visibile da noi, abitanti della Terra, solo la sera o il mattino, mai durante la notte e sempre nel crepuscolo. Non può mai allontanarsi da noi a più di $28,5^\circ$ dal Sole, né precederlo al suo sorgere o a seguire il suo tramonto per più di due ore: non è quindi mai visibile di notte, ma soltanto all'aurora o al crepuscolo. Si avrà un'idea esatta dell'orbita di Mercurio attorno al Sole e della maggiore elongazione che può offrire, esaminando la piccola figura seguente, che abbiamo tracciato con la scala di 1 mm per 1 milione di leghe. Si nota dapprima che l'orbita di Mercurio non è circolare ma ellittica. L'eccentricità è la distanza dal centro C al fuoco S occupato dal centro del Sole; essa è pari a $0,205$ del semiasse maggiore AP , cioè ai 205 millesimi del raggio AC o PC , o a 2 930 000 leghe.

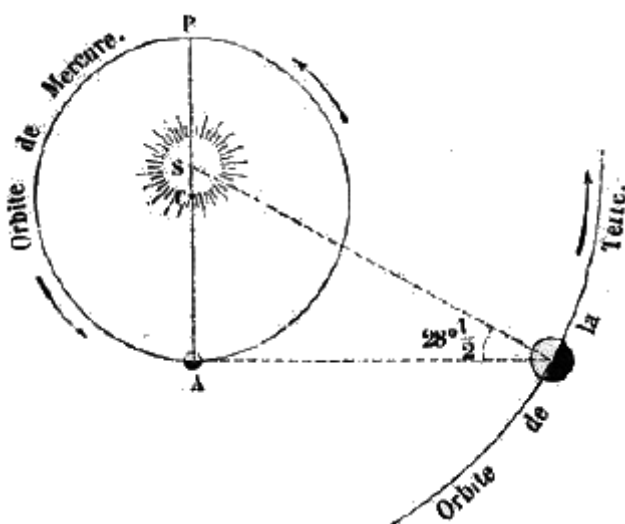


Fig. 25 - Relazione tra l'orbita di Mercurio e quella della Terra

Quando Mercurio è al suo perielio (P), è quindi di due volte questa distanza più vicino al Sole di quando si trova nel suo afelio (A). È evidente che l'angolo maggiore che il pianeta può formare con il Sole relativamente alla Terra si ha quando Mercurio è verso il suo afelio e la Terra, verso il suo perielio, forma un angolo retto con esso e il Sole: allora la distanza angolare di Mercurio dal Sole raggiunge $28,5^\circ$.

Se il lettore suppone che Mercurio ruoti attorno al Sole nel verso indicato dalla freccia, noterà che la sua distanza dalla Terra varia considerevolmente secondo la sua posizione. Il suo diametro apparente varia nella stessa proporzione: alla sua distanza minima, si abbassa a $4'',5$; alla sua distanza massima, arriva a $12'',9$. È come se dicessimo che la larghezza del suo disco varia per noi da $4,5\text{ mm}$ fino a 13 mm .

Mercurio è il più piccolo dei pianeti (eccezion fatta per i frammenti che gravitano tra Marte e Giove). In volume, è diciotto volte più piccolo della Terra; la sua superficie è sette volte minore; il suo diametro supera appena il terzo di quello del nostro mondo: sta a quello della Terra come 376 sta a 1000 e misura 1200 leghe; da ciò segue che questo globo conta soltanto 15000 km di circonferenza.

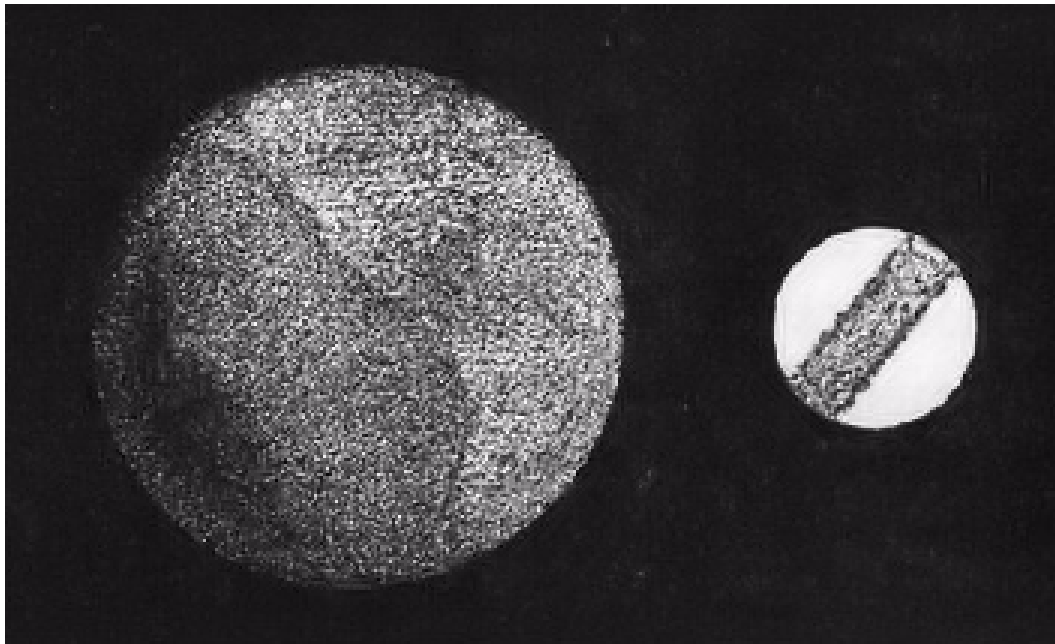


Fig. 26 - Confronto tra al grandezza di Mercurio e della Terra

Questo pianeta era noto agli antichi, che avevano scoperto il suo movimento attorno al Sole. La più antica osservazione astronomica che sia giunta fino a noi data 265 anni prima della nostra era, dell'anno 494 dell'era di Nabonassar, sessanta anni dopo la morte di Alessandro il conquistatore. Il 19 del mese egiziano di Toth, giorno corrispondente al 15 novembre, gli astronomi osservarono il pianeta passante vicino alle stelle β e δ dello Scorpione. Possediamo anche su Mercurio delle osservazioni cinesi, la più antica delle quali appartiene all'anno 118 prima della nostra era: il 9 giugno di quell'anno lo si osservò vicino all'ammasso di stelle della costellazione del Cancro detta Presepe. Ma il pianeta è stato riconosciuto molto più anticamente, poiché esso è stato chiamato e identificato molto tempo prima; gli astronomi Caldei (Accadi) lo osservarono a Ninive nel ventesimo secolo prima della nostra era, così come Venere, Marte, Giove e Saturno; è da oltre quattromila anni che il suo nome è stato dato a uno dei giorni della settimana (il mercoledì: *Mercurii dies*). Per riconoscere che è lo stesso astro che appare a volte al mattino, precedendo il Sole, a volte la sera seguendo il suo tramonto, è stata necessaria una lunga serie di osservazioni e in un clima favorevole, sia in Caldea, sia in Egitto.

Ai tempi delle prime osservazioni, si credeva all'esistenza di due pianeti diversi, uno del mattino, l'altro della sera, e li si era chiamati con nomi diversi. Erano Set e Horus presso gli Egizi, Boudha e Rauhineya presso gli Indiani, Apollo e Mercurio presso i Greci. Questi dei sono rimasti distinti nelle mitologie, sebbene l'Astronomia abbia poi riconosciuto da quattromila anni la loro identità. Le religioni non seguono le leggi del progresso delle scienze.

Oltre ai nomi mitologici dei pianeti, che ci hanno conservato Platone, Aristotele e Diodoro di Sicilia, vi sono stati anche epiteti in rapporto con gli aspetti di questi astri: così Mercurio fu chiamato *Stilbon*, "il luminoso". Quanto al suo nome in sanscrito molto antico, Boudha, vi è la stessa radice del legislatore Buddha; *budh*, che significa sapere. La parola sassone Wotan (Odino) ha la stessa etimologia e indica anche il dio del mercoledì: Wodawes-dag in antico sassone, Budha-wàra in indiano. Mercurio è rimasto il dio del sapere, tra gli altri quello della medicina e il simbolo ☿ con il quale lo si rappresenta dal medioevo richiama il caduceo. L'osservazione del cielo è legata all'origine stessa delle lingue, delle religioni e delle storie.

Capitolo 9

Rotazione di Mercurio su se stesso

Durata del giorno e della notte su questo mondo - Numero di giorni del suo anno, calendario di Mercurio.

È solo dopo l'invenzione dei cannocchiali che la struttura fisica dei pianeti ha potuto essere studiata e solo dalla fine del secolo scorso si è potuti pervenire a distinguere qualche dettaglio sul disco di Mercurio, così difficile da osservare. La questione di sapere se questo globo è dotato di un moto di rotazione su se stesso ha da subito richiamato l'attenzione degli astronomi.

Se il pianeta fosse senza asperità significative, il suo crescente sarebbe sempre terminato da due corni ugualmente aguzzi, formati dal limite regolare dell'emisfero illuminato dal Sole; ma si nota, in alcune circostanze, che uno dei corni, il meridionale, si attenua fortemente e presenta una reale troncatura. Questo fatto ha portato ad ammettere che, vicino a questo corno meridionale, esiste un altopiano montagnoso molto elevato che blocca la luce del Sole e le impedisce di giungere fino al punto in cui il corno aguzzo si estenderebbe in assenza di prominenze.

La regolare riapparizione di questo fenomeno di troncamento mostra nello stesso tempo il moto di rotazione del pianeta e il ritorno della montagna al bordo del disco. La comparsa dei momenti in cui esso si manifesta ha portato alla conseguenza che Mercurio ruota su se stesso in 24 ore e 5 minuti. Ma questa misura avrà bisogno di verifica: non è assolutamente certa.

Si trova che il numero di giorni solari dell'anno di Mercurio è di 86 e due terzi (86,637) e che ciascuno di questi giorni è di 24 ore e 21 minuti. Gli abitanti di Mercurio hanno dovuto, formando il loro calendario, introdurre due anni bisestili di 88 giorni su tre e uno di 87 giorni¹.

¹A. Guillemin, *Le Ciel*, quinta edizione, 1876.

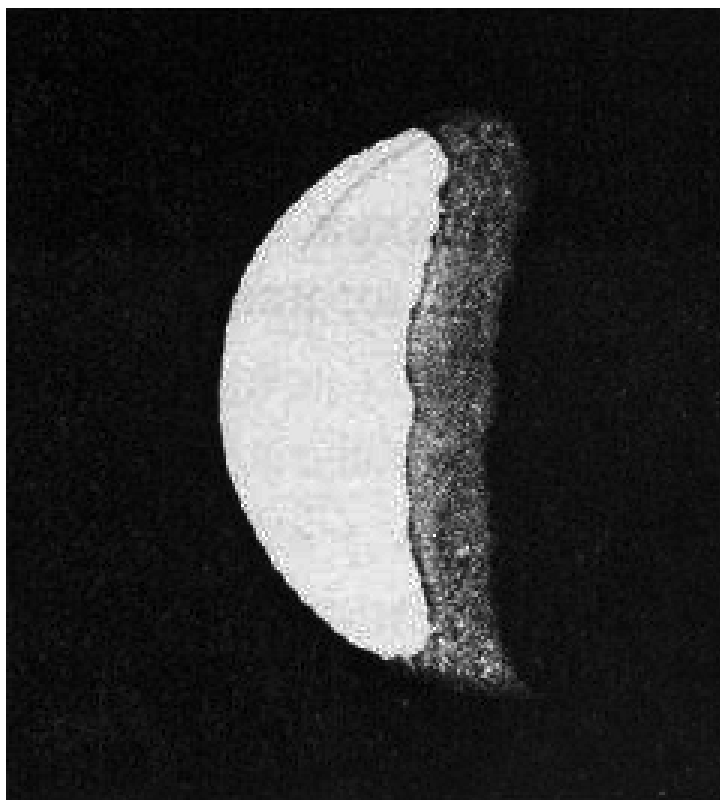


Fig. 26 - Confronto tra al grandezza di Mercurio e della Terra

Vedremo in seguito, esaminando il moto di rotazione della Terra, che per ogni pianeta questo moto di rotazione che riporta le stelle al meridiano dopo il suo periodo esatto, riporta il Sole solo dopo un intervallo un poco più lungo, a causa della traslazione del pianeta attorno al Sole. Il numero dei giorni solari di cui è composto l'anno è sempre inferiore di una unità a quello dei giorni siderali e il giorno solare è, di conseguenza, più lungo del giorno siderale. Su Mercurio, questo è di 24 ore e 5 minuti e il giorno solare di 24 ore e 21 minuti: tale è la durata del giorno civile. Vi sono, quindi, solo 21 minuti di differenza tra Mercurio e la Terra. La divisione del giorno è circa la stessa che da noi e in tal caso la giornata intera è divisa in ventiquattro ore che sono soltanto un poco più lunghe delle nostre.

La prossimità continua del pianeta al sole e il candore della sua luce rendono estremamente difficile l'osservazione della sua superficie. Tuttavia Schröter e Harding hanno riconosciuto l'esistenza di bande oscure che solcano il disco e che sono dovute probabilmente a delle zone nuvolose, che correnti analoghe ai venti alisei formerebbero all'incirca parallelamente all'equatore. Risulterebbe da ciò che l'inclinazione dell'asse di rotazione sul piano dell'orbita non sarà superiore a 20° .

Le stagioni di questo pianeta devono essere molto disomogenee, come vedremo tra poco, innalzandosi il Sole al solstizio fino allo zenit dei paesi che sono a 20° da un polo, mentre una lunga notte polare invade l'altro emisfero. Questa divergenza è ancora accresciuta dalla rapidità del tempo, poiché ognuna delle quattro stagioni dura soltanto ventidue giorni.

Ciò che ci colpisce subito, di conseguenza, nella divisione del tempo su questo pianeta. è che le giornate hanno la stessa lunghezza delle nostre, mentre gli anni sono quattro volte più brevi. Questi sono i primi elementi del calendario di Mercurio.

Capitolo 10

Le Montagne di Mercurio

Le insenature osservate a uno dei corni della mezzaluna, indicano che il suolo di Mercurio è accidentato, che esistono forti asperità alla sua superficie. Le frastagliature della linea di separazione dell'ombra e della luce testimoniano l'esistenza di alte montagne, che intercettano la luce del sole e di valli immerse nell'ombra, che sconfinano sulle parte illuminate dal sole.

Mercurio ha, pertanto, montagne. La misura del troncamento della mezzaluna permette di valutare la loro altezza, che appare essere la 253^{ima} parte del diametro del pianeta: è circa di 19 km ! La montagna più alta del globo terrestre, le Gaurisankar dell'Himalaya, si innalza fino a 8840 m sul livello del mare; misurata rispetto al fondo del mare, l'altezza sarebbe doppia, cioè circa 17000 , la settesimesima parte del diametro della Terra. Le montagne di Mercurio sarebbero, quindi, da questa valutazione che non è molto precisa, tre volte più alte di quelle della Terra.

Ruotando attorno al Sole su un'orbita interna a quella descritta dalla Terra, Mercurio passa talvolta proprio tra il Sole e noi e appare allora come una piccola macchia rotonda e molto scura che scorre sulla superficie del Sole. Durante uno di questi passaggi, il 7 maggio 1799, l'astronomo tedesco Schröter ha visto o creduto di vedere sul disco nero del pianeta un punto luminoso. Una osservazione del tutto simile è stata fatta, il 5 novembre 1868, da W. Huggins, che, per tutta la durata del suo passaggio, ha visto un punto luminoso sul disco scuro, a poca distanza dal suo centro. Dall'osservazione di Schröter si è concluso che esistono sulla superficie di Mercurio vulcani in eruzione. Questa sarebbe una ulteriore analogia tra la costituzione fisica di questo pianeta e quella della Terra. Schröter era un abile osservatore, e la stessa testimonianza deve essere portata a favore del mio sapiente amico W. Huggins. Tuttavia, malgrado il desiderio del tutto particolare che avrei di constatare una nuova analogia tra Mercurio e la Terra, devo ammettere che le due osservazioni non mi appaiono del tutto sicure. Vi deve essere qualche illusione ottica. Ho osservato con molta cura a Parigi questo passaggio di Mercurio del 5 novembre 1868 e ho cercato espressamente la presenza di qualche punto luminoso distinguibile sul disco scuro: il risultato è stato l'assenza di qualcosa di visibile. Tutti gli altri astronomi che hanno osservato il passaggio, con l'aiuto di strumenti di dimensioni molto diverse, non hanno visto nulla.

Le nostre conoscenze attuali sulla geologia di Mercurio, si riassumono nel sapere che questo pianeta è corrugato da alte montagne; ma non possiamo ancora affermare che si siano realmente osservate eruzioni vulcaniche.

Capitolo 11

L'Atmosfera di Mercurio

La nostra idea della vita sulla superficie degli altri pianeti si associa molto strettamente all'esistenza di una atmosfera, uno dei primi problemi che ci poniamo quando ci occupiamo dell'abitabilità degli altri mondi, è di domandarci se essi sono dotati di un'atmosfera analoga alla nostra. Questa tendenza della nostra mente non è forse del tutto impeccabile, poiché non abbiamo alcuna certezza che la vita non possa esistere in condizioni del tutto diverse dalle nostre; ma essa è naturale e logica, poiché il sistema organico terrestre, sia animale che vegetale, ha come base essenziale l'aria e la respirazione. Lo studio delle atmosfere planetarie ha quindi un doppio interesse per noi: uno astronomico, da una parte, per quanto concerne la conoscenza che vogliamo avere della costituzione fisica degli altri mondi; e uno fisiologico per quanto riguarda l'analogia di abitazione umana che questi mondi possono offrire rispetto a quello che abitiamo tuttora.

Il primo pianeta del sistema solare, il più vicino al Sole, quello che riceve la più grande quantità di calore e di luce, il pianeta Mercurio, ha un'atmosfera?

Oggi, non possiamo rispondere in modo affermativo a questa interessante domanda, sebbene la sua soluzione sia stata lenta e piena di illusioni di ogni tipo, seminate sul suo passaggio. L'osservazione del pianeta è così difficile in effetti, che la constatazione della sua atmosfera è resa ancora più difficile.

È durante i passaggi di Mercurio davanti al Sole, che il primo indice dell'esistenza dell'atmosfera di questo piccolo mondo ha colpito l'attenzione degli astronomi.

Un debole anello nebuloso circondante il pianeta è stato descritto da Plantade, nel passaggio del 1736. Lo stesso fenomeno è stato notato da Flaugergues, nell'osservazione dei passaggi del 1786, 1789 e 1799; lo ha segnalato con il nome di anello luminoso. Messier, Méchain e Schröter riferiscono di aver osservato in questo ultimo passaggio un anello sottile e luminoso, che hanno attribuito all'influenza di una atmosfera. Nel 1832, il dottor Moll l'ha visto come un cerchio grigio con una tinta un poco violetta. Gli uni l'hanno visto più luminoso, gli altri meno luminoso del Sole stesso.

Durante il passaggio del 1868, l'astronomo e fisico inglese Huggins ha descritto questo stesso anello atmosferico¹, e ne ha disegnato la figura. "Esaminando attentamente, disse, le immediate vicinanze della macchia nera formata da Mercurio, nell'idea di scoprire un satellite, se esiste, constatai che il pianeta era circondato da un'aureola di luce un poco più brillante del Sole. La larghezza dell'anello luminoso era circa un terzo del diametro apparente del pianeta. Essa non svaniva al bordo, ma aveva un contorno ben limitato ed era senza alcun colore. Quasi nello stesso momento in cui vidi questo anello, la mia attenzione fu attratta da un punto luminoso brillante verso il centro del pianeta." È il punto di cui abbiamo parlato nel precedente capitolo.

¹*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, novembre 1868.

Dopo aver descritto lungamente i fenomeni di cui riassumiamo qui la descrizione, l'astronomo inglese esamina se vi possono essere cause per una illusione ottica e conclude che sono del tutto reali.

Quanto è singolare la visione umana! Mentre M. Huggins osservava in Inghilterra questo passaggio di Mercurio davanti al Sole, io lo osservavo a Parigi, come ho già detto, con tutta l'attenzione possibile e non ho potuto cogliere né un punto luminoso, né tracce di atmosfera. E tuttavia le cercai con un'idea preconcepita. Questo non vuol certo dire che l'astronomo inglese e tutti i suoi predecessori si siano sbagliati; ma queste differenze ci insegnano a non fidarsi alla vista di certi casi speciali, come in quelli in cui il contrasto gioca un grande ruolo. Non solo la vista, la sensazione della retina, il giudizio, diverso da un osservatore all'altro, ma lo strumento impiegato entra in larga parte nei risultati dell'osservatore.

Il passaggio di Mercurio del 5 novembre 1868 è stato osservato da più di cinquanta astronomi, in Francia, in Inghilterra, in Germania, in Russia, in Italia, in Spagna e M. Huggins è il solo che abbia visto l'aureola e il punto luminoso.

Così è stato anche nei passaggi precedenti. Mentre gli astronomi citati prima descrivevano i fenomeni in questione, gli altri affermavano di non aver visto nulla.

Così, nel 1802, William Herschel assicurò di aver constatato che il contorno di Mercurio rimaneva perfettamente terminato per tutta la durata del passaggio. Si sa che la luce si indebolisce e si colora inevitabilmente attraversando un'atmosfera. Il fatto che non si è potuto osservare attorno alla macchia alcun anello per quanto sia diverso per intensità o per colore, dal disco solare, invaliderebbe l'esistenza di una atmosfera spessa. Ma è probabile che in queste circostanze non vediamo l'atmosfera di Mercurio, poiché essa deve essere coperta di nubi e al di sopra di queste nubi deve rimanere solo uno strato aereo troppo piccolo per produrre effetti di rifrazione notevoli. Se questa atmosfera fosse pura e circondasse il disco del pianeta, i raggi luminosi subirebbero, attraversandola, una deviazione che deformerebbe il bordo del Sole. Nulla di ciò si è potuto osservare.

Comunque sia, queste osservazioni contraddittorie, che segnalo qui in tutta sincerità, non proverebbero nulla sull'esistenza di una atmosfera attorno al pianeta Mercurio, a meno di avere altre prove.

Una delle migliori è quella che ci mostra che il cerchio terminatore delle fasi di Mercurio non è netto e terminato come sulla Luna, ma diffuso e sfumato, come si è visto nella figura 27. Questo fenomeno può essere prodotto solo da una atmosfera. È il crepuscolo dell'inizio della fine del giorno che osserviamo qui. L'atmosfera è illuminata dal Sole, senza che il terreno lo sia e produce questa leggera luce che separa l'emisfero illuminato da quello notturno.

D'altro canto, il calcolo di una fase del pianeta per una data fissata (20 settembre 1832) ha mostrato a Beer e Mädler che questa fase calcolata era superiore alla fase visibile. Da ciò, attribuendo a un difetto di diafanità una maggiore influenza della rifrazione, si è giunti, per un via del tutto diversa dalle deduzioni precedenti, alla conseguenza che Mercurio è circondato da una atmosfera assai spessa.

Un altro indicatore è fornito dal fatto che la luce del disco di Mercurio va diminuendo dal centro verso la periferia, diminuzione causata dalla presenza dell'atmosfera attorno al pianeta.

Un'altra prova risulta ancora dalla formazione repentina di bande oscure, che si è qualche volta osservato su questo globo. Queste bande occupano spesso spazi considerevoli e presentano variazioni di luminosità molto evidenti. Le prime osservazioni fatte appartengono a Schröter e Harding nell'anno 1801. Esse sono state ripetute² in seguito. L'11 giugno con un cielo di grande purezza, un astronomo inglese, Prince, ha notato verso il centro del pianeta, un poco verso sud, una macchia con righe leggere che si allungavano a nord e a sud. Questa macchia era già stata vista da Noble nel 1864. Il 13 marzo 1870, Birmingham assicurò di aver osservato con certezza una grande macchia bianca vicino al bordo orientale.

²Voy, Webb, *Celestial Objects*, terza edizione, 1873.

Aggiungiamo infine che l'analisi spettrale, questo metodo meraviglioso che abbiamo spiegato in precedenza, ha potuto essere applicato all'esame dell'atmosfera di Mercurio. Risulta dalle ricerche dell'astronomo Vogel, che le righe principali dello spettro di Mercurio coincidono assolutamente con quelle dello spettro solare. Questo fatto non è per nulla sorprendente, poiché questo pianeta brilla per la luce che riceve dal Sole. Ma a queste righe se ne aggiungono altre che gli sono proprie: alcune righe che non si producono nello spettro del Sole se non quando questo astro è molto basso sull'orizzonte e quando l'assorbimento della nostra atmosfera è considerevole, si ritrovano in permanenza nello spettro di Mercurio. Si deve quindi concludere sull'*esistenza di un involucro gassoso attorno a Mercurio, che esercita sui raggi solari un'azione assorbente uguale a quella della nostra atmosfera, quando essa raggiunge il suo massimo.*

Questo piccolo mondo è circondato da una atmosfera notevole, nella quale fluttuano vapori assorbenti; il suo suolo è molto accidentato; i suoi anni sono molto corti e le sue stagioni rapide; i suoi giorni sono relativamente lunghi; e il Sole, molto più vicino rispetto a noi, gli dà una maggiore quantità di calore rispetto alla Terra. Queste sono le informazioni significative su un globo che è così difficile da studiare; ma andiamo ancora oltre, e utilizziamo queste informazioni per tentare di determinare le condizioni della vita apparsa sulla sua superficie.

Ma prima di arrivarci, fermiamoci un istante ai passaggi di Mercurio davanti al Sole.

Capitolo 12

I passaggi di Mercurio davanti al Sole

Abbiamo visto in precedenza che in ragione della sua prossimità al Sole, Mercurio è visibile solo la sera e il mattino, mai nel mezzo della notte, mai alto nel cielo, quasi sempre nascosto nel crepuscolo e, di conseguenza, alquanto difficile da osservare. La circostanza più favorevole per vederlo si presenta in occasione dei suoi passaggi davanti al Sole, che si ripresentano assai sovente. Si vede allora il pianeta passare davanti al disco luminoso come una macchia nera perfettamente rotonda e ben definita, che si sposta da est a ovest.

Se Mercurio ruotasse attorno al Sole nello stesso piano della Terra, passerebbe esattamente davanti al Sole tutte le volte in cui passa tra noi e lui, cioè circa tutti gli anni, in un intervallo di tempo combinato tra gli 88 giorni della sua rivoluzione e i 365 giorni della rivoluzione della Terra, nei punti detti *congiunzioni* inferiori. Ma il piano nel quale si muove non coincide con quello dell'orbita terrestre: è inclinato di 7° . Ne deriva che solitamente il pianeta passa alla sua congiunzione inferiore, non proprio davanti al Sole, ma al di sopra o al di sotto e, di conseguenza, resta invisibile.

Questi passaggi sono molto più frequenti di quelli di Venere; essi si ripetono ad intervalli irregolari di 13, 7, 10 e 3 anni. Ecco le loro date durante il nostro secolo:

		Momento	Semi durata
		h. m. s.	h. m. s.
1802	9 novembre	8.57.2 mattino	2.43.19
1815	12 novembre	2.44.19	2.13.52
1822	5 novembre	2.2, 34	1.21.37
1832	5 maggio	mezzogiorno 0.43	3.28.2
1835	7 novembre	7.57.15 sera	2.33.53
1845	8 maggio	8.3.39	3.22.33
1848	9 novembre	8.1.47	2.41.33
1861	12 novembre	7.29.34 mattino	2.0.23
1868	5 novembre	6.53.6	1.45.21
1878	6 maggio	6.47.51 sera	3.53.31
1881	7 novembre	mezzanotte 16.59	2.39.9
1891	10 maggio	2.54.18 mattino	2.34.20
1894	10 novembre	6.36.26 sera	2.37.36

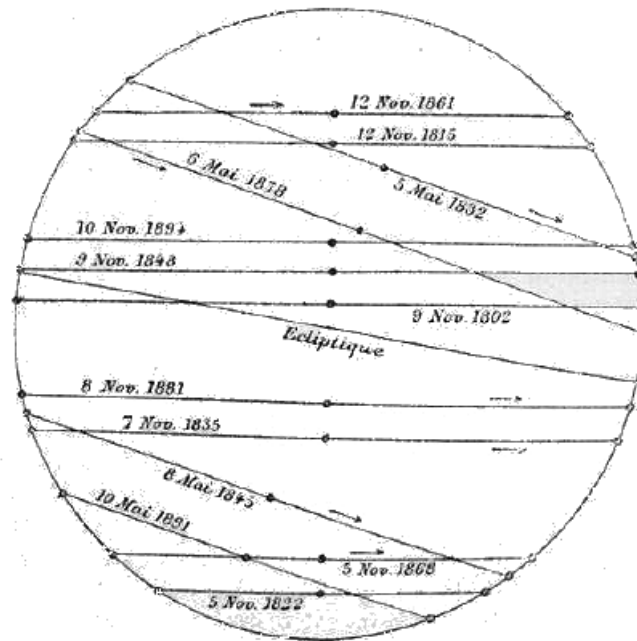


Fig. 28. - Passaggi di Mercurio sul Sole nel XIX secolo

La figura precedente mostra ciascuno di questi passaggi nella sua forma e grandezza.

Il grande cerchio rappresenta il disco del Sole e le linee che lo attraversano indicano i percorsi seguiti dal pianeta davanti a lui.

Si vede che la lunghezza come l'inclinazione delle linee differiscono considerevolmente da un passaggio all'altro. Il pianeta entra sempre a sinistra, da est, per uscire a destra, da ovest. Attraverso questa apparente complicazione, si può tuttavia facilmente notare un ordine reale: tutti i passaggi che si presentano nel mese di maggio sono tra loro paralleli; tutti quelli che si verificano in novembre sono pure tra loro paralleli.

Il passaggio del 5 novembre 1868 è stato visibile a Parigi, al levare del Sole. Era uno spettacolo molto interessante e assai raro; anche gli astronomi stavano ai loro cannocchiali nel momento calcolato per la comparsa del fenomeno. Ho potuto osservare e disegnare con esattezza questo piccolo evento astronomico, fatto assai raro, poiché si riprodurrà da qui alla fine del secolo nel 1878, 1881 e 1894 e non sarà ogni volta visibile da Parigi.

In quel giorno l'atmosfera era lungi dall'essere propizia all'osservazione. Entrato durante la notte, alle 5 e 31 minuti del mattino, sul Sole, Mercurio aveva già percorso metà del suo cammino al levare dell'astro radioso.. Astro radioso! era una metafora in questo tempo di brumaio. Nubi spesse stendevano nell'atmosfera il loro velo lugubre e impenetrabile. L'occhio più attento non poteva scoprire la minima luminosità in tutto il cielo.

Per più di un'ora e mezza l'atmosfera mostrava la sua spessa cortina disperante, che fluttuava sotto il soffio umido di un vento da ovest. Per colmo di sfortuna, non era solo un semplice strato nuvoloso che pesava sulla testa inquieta dell'osservatore, ma due immensi; il più alto formato da cirri bianchi disseminati a forma di grandi residui; il più basso formato da scuri strato cumuli.

Arago aveva ragione di dire, nella sua notizia sul Sylvain Bailly, che l'astronomia è un duro mestiere e che le nostre attuali conoscenze sono dovute solo a una serie sorprendente di sforzi perseveranti e ad una infaticabile pazienza, e ho potuto constatare una volta di più che l'attesa di ottimali condizioni di osservazione di un fenomeno celeste è un poco più dura della descrizione dello stesso fenomeno davanti alla camminata in salotto. Ma, bisogna dire, che si è talmente felici nel momento in cui si ha il privilegio di contemplare queste meraviglie, che improvvisamente, ogni fatica è dimenticata, le proteste sulla nostra triste Terra cessano come per incanto. Il viaggiatore arrivato alla sommità delle Alpi dimentica di colpo, nell'ammirazione dello spettacolo, i duri sentieri e i precipizi dell'ascesa.

Solo dopo sette grandi quarti d'ora di attesa costante, durante la quale l'occhio perplesso spia, di secondo in secondo, senza bucare le nubi mobili, il Sole fece infine la sua comparsa con una bella

schiarita. Il pianeta era là, si staccava in nero non lontano dal bordo occidentale verso il quale si avvicinava lentamente.

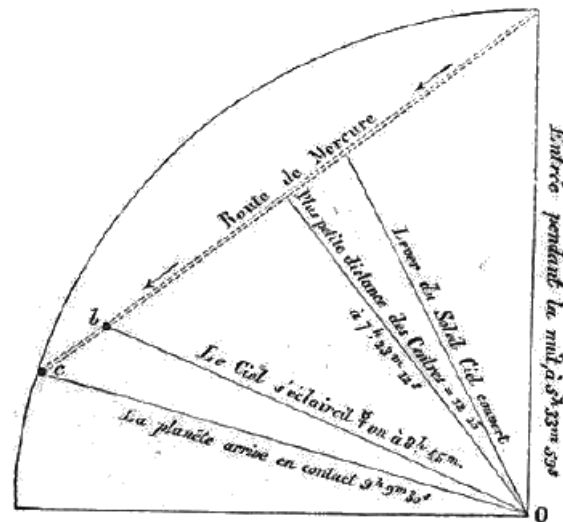


Fig. 29. - Quarto nord-ovest del disco solare, mostrandone i dettagli del passaggio del 1868 (immagine capovolta)

A prima vista, sarebbe più facile prendere per Mercurio una macchia quasi rotonda che si sposta nella regione opposta del disco. Ma questa macchia era infatti di dimensioni uguali alla proiezione del pianeta; ma, esaminandola attentamente, non si tardava a scoprire attorno ad essa una penombra e nella sua parte centrale delle forme irregolari.

Il pianeta Mercurio era esattamente rotondo e non ho mai potuto riconoscere alcuna traccia di appiattimento ai suoi poli, anche impiegando forti ingrandimenti. Essa era molto *più nera* delle macchie solari.

A partire dalle 8 e 45, il cielo, rapidamente illuminato, mostrò tutta la sua purezza fino al termine del fenomeno.

Fu verso le $9^h 9^m 30^s$ che il pianeta arrivò al contatto interno con il bordo luminoso del Sole e iniziò la sua uscita. Non ho dato questo istante come rigorosamente determinato e, soprattutto, mi sono ben guardato di inserire dei decimi di secondo; l'osservazione scrupolosa di questo fenomeno mi ha convinto che è assolutamente impossibile definire l'istante preciso del contatto, a meno di una approssimazione di *parecchi secondi*. La mente esita a lungo prima di essere sicura che il disco solare sia intatto. Quanto all'ultimo contatto, o alla uscita definitiva del pianeta dal bordo scavato del Sole, è ancora più difficile da decidere. Fu verso le $9^h 11^m 50^s$ che il pianeta cessò di incavare il bordo solare e apparve completamente uscito.

Ho tracciato (fig. 29) come una corda attraversante la regione nord-ovest del disco solare, il percorso seguito da Mercurio durante il suo passaggio, con le circostanze principali dell'osservazione. L'immagine è capovolta, come in tutte le osservazioni fatte al cannocchiale astronomico.

Mentre Mercurio usciva dal disco luminoso del Sole, per 2 minuti e 20 secondi, il bordo solare apparve scavato come da una palla. Lo scavo divenne ben presto semicircolare per poi diminuire sempre più. La figura 30 mostra questa incavatura prodotta dal pianeta sul bordo del disco solare.

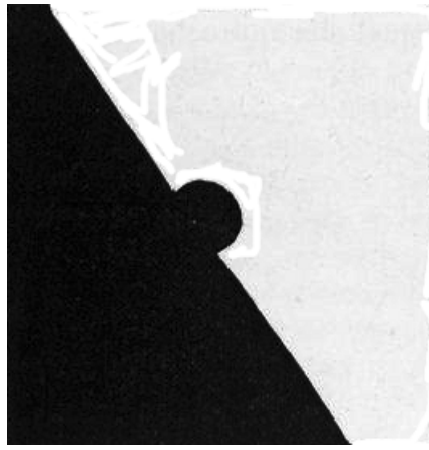


Fig. 30. - Mercurio uscente dal disco solare, 5 novembre
1868

Lo spettacolo che Mercurio ci presenta in queste circostanze, noi lo offriamo agli abitanti di Marte, che sono più istruiti di noi a tale riguardo, poiché essi sanno che la Terra è un astro del Cielo. Vi sono molti terrestri, Europei e Francesi che non ne dubitano.

Capitolo 13

Condizioni della vita sul pianeta Mercurio

Clima e Stagioni - Meteorologia - Durata degli anni - Luce, calore - Densità peso - Gli organismi viventi

Vedendo il mondo di Mercurio gravitare come la Terra attorno al Sole, portato sull'ala della stessa forza che sostiene il nostro pianeta nello spazio, regolato dalle stesse leggi, bagnato nei fecondi effluvi della luce e del calore solari; circondato da una atmosfera nella quale fluttuano nubi, soffiano venti, cadono piogge; ricoperto da un suolo accidentato sul quale alte montagne ergono le loro cime slanciate; dotato infine di moti che gli forniscono anni, stagioni, climi, giorni e notti, la nostra ragione, la nostra logica vuole che queste cause abbiano prodotto effetti; e sebbene la posizione sfavorevole di questo mondo ci impedisca di distinguere la sua superficie e ci interdisca l'affascinante piacere di disegnare la sua carta geografica (cosa che abbiamo fatto per Marte, come si vedrà in seguito), tuttavia gli occhi dell'intelligenza completano quelli del corpo, e vedono, al di sotto di questo strato di nubi che i nostri telescopi non colgono ancora, una vita immensa e agitata, si dispiegano su tutta la superficie di questo pianeta come sulla nostra, per accompagnarci in questo mondo. Questa vita, noi la indoviniamo senza vederla, come vedendo passare da lontano nella campagna un convoglio ferroviario, noi indoviniamo, senza vederlo, che i viaggiatori occupano i diversi vagoni. Senza dubbio, constatiamo con grande evidenza le testimonianze della vita fisica su questo pianeta Mercurio per supporre un solo istante che questo sia un colpo d'occhio e per immaginare che un miracolo permanente di sterilizzazione impedisca l'aria, l'acqua, il sole, il vento, la pioggia, il calore del giorno, la calma della notte, la freschezza del mattino, l'esplosione feconda delle sere, di aver prodotto su questo globo come sul nostro queste milioni di specie viventi che si succedono di generazione in generazione e pullulano sull'intera Terra. Ma questa vita sbocciata su Mercurio, quale è? Dobbiamo contemplarvi paesaggi simili a quelli che si vedono nel mezzo delle nostre belle campagne? alberi che assomigliano ai nostri? fiori simili a quelli che respiriamo? animali analoghi a quelli che popolano il suolo terrestre, nuotano nei mari o volano sopra le nostre teste? infine e soprattutto dobbiamo vedere una *umanità* identica alla nostra? - Questa è una questione che possiamo studiare e alla quale l'analisi e la sintesi scientifiche ci permetteranno forse di rispondere,

Tra tutte le cause che agiscono su questo pianeta per determinare lo stato e le forme della vita alla sua superficie, ve ne sono tre la cui azione è essenziale, e che sono particolarmente degne della nostra attenzione. Queste sono: 1° le differenze di calore e luce che ricevono dal Sole; 2° le differenze in peso dei corpi alla sua superficie; 3° le differenze di costituzione fisica e di densità della materia di cui sono composte.

L'intensità della radiazione solare è quasi sette volte maggiore per Mercurio che per la Terra

e per Nettuno novecento volte minore, la proporzione tra i due estremi è pari a 6000 : 1. Come si presenterebbe lo stato del nostro globo, se il Sole fosse sette volte più voluminoso, oppure, in senso inverso, se la sua potenza fosse ridotta a nove centesimi del suo valore attuale! D'altra parte, l'intensità della sua gravità, o la sua efficacia nel controbilanciare la forza muscolare e contenere l'attività vivente, è circa tre volte maggiore alla superficie di Giove rispetto alla Terra. Su Marte, essa è solo un terzo della nostra, sulla Luna, un sesto; e su numerosi piccoli pianeti solamente un ventesimo; ciò che stabilisce una scala i cui estremi sono nella proporzione di 60 : 1. Infine, la densità di Saturno non va più al di là di un ottavo della densità media della Terra, di modo che questo pianeta deve essere formato da materiale quasi più leggero del sughero. "Tra tante combinazioni diverse di elementi così importanti per la vita, diremmo con Sir John Herschel, quale immensa diversità possiamo ammettere nelle condizioni riguardo il grande problema dell'esistenza della felicità di esseri viventi, ma che sembra, per quanto possiamo giudicare da ciò che vediamo attorno a noi sul nostro pianeta, e dal modo in cui ogni punto è popolato, fare l'oggetto costante della benevola sollecitudine di un'alta Saggiezza che presiede a tutto".

Mercurio è il mondo che riceve dal Sole più calore e luce. Abbiamo detto che gravita attorno all'astro radioso nel breve periodo di 88 giorni: il suo anno è quindi meno lungo di tre dei nostri mesi; le sue stagioni, come abbiamo già visto, durano ciascuna solo 22 giorni. L'asse di rotazione appare inclinato di 20° sul piano dell'orbita e l'equatore avrà, di conseguenza, un'inclinazione di 70°, il Sole illumina in pieno, uno dei poli a uno dei solstizi, e l'altro polo al solstizio opposto; in tal modo le regioni polari sono a rotazione in liquefazione e ghiacciate, in un intervallo di mezzo anno mercuriano, cioè di soli 44 giorni. È quanto si può giudicare facilmente dalla figura seguente, che rappresenta l'inclinazione probabile dell'asse di Mercurio e il regime delle sue stagioni.

Sebbene questa inclinazione non sia sicuramente determinata, è tuttavia certo che Mercurio ha stagioni pronunciate: poiché anche quando il suo asse sarà perpendicolare al piano nel quale si muove, gli darà, di conseguenza, una uguaglianza permanente di giorni e di notti e un perpetuo equinozio, tuttavia la variazione considerevole della sua distanza dal Sole durante l'anno sarà sufficiente a causargli stagioni molto evidenti e almeno più variate di quelle che abbiamo in Francia; vi saranno anche in questo caso climi differenti per le diverse regioni del pianeta. Vicino ai poli, l'astro luminoso, sebbene visibile per metà giorno, raggiungerà solo una piccola elevazione al di sopra dell'orizzonte, proprio come fa il giorno di primavera ai nostri circoli polari. All'equatore, il Sole passerà tutti i giorni allo zenit e riverserà in questa regione una quantità di luce e di calore molto più intensa di quella che inonda i nostri climi tropicali. Un Sole così verticale, il cui diametro sarà da due a tre volte del nostro, sarà un nobile ma terribile viaggiatore nel cielo di Mercurio.

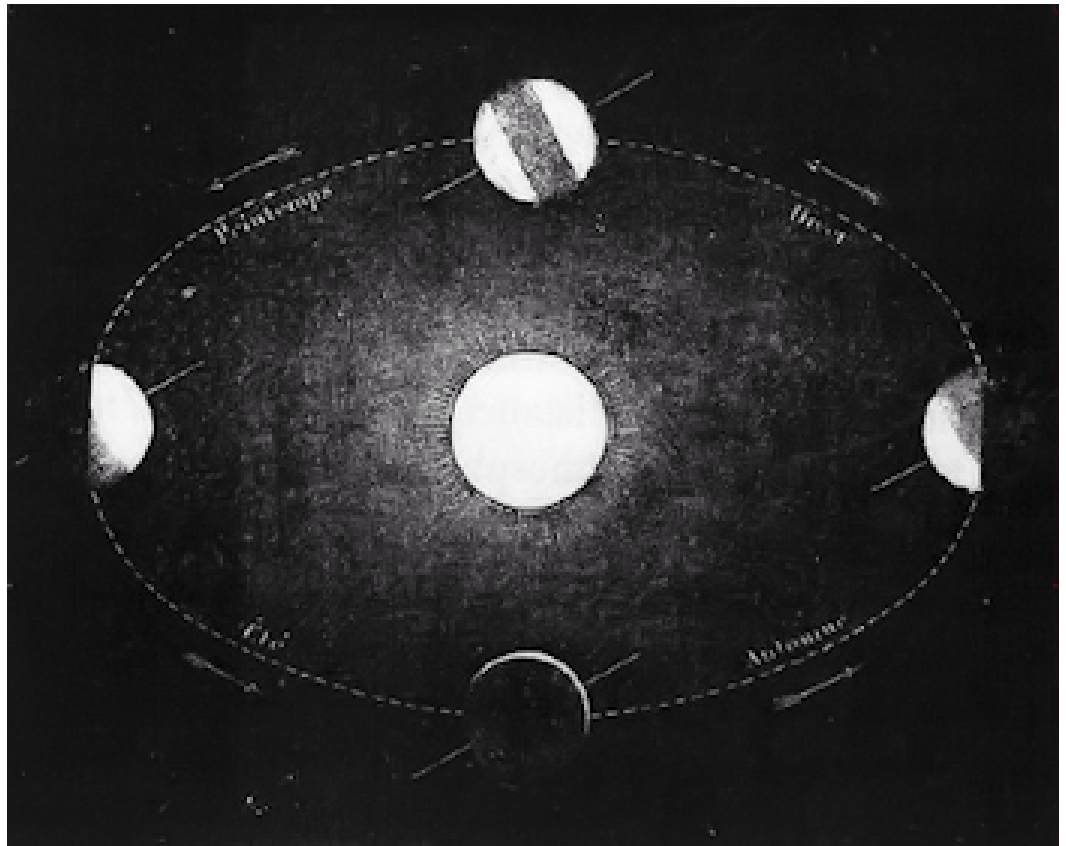


Fig. 31. - Inclinazione probabile dell'asse di rotazione di Mercurio. Le stagioni su questo pianeta.

Abbiamo visto che la sua distanza dal Sole varia enormemente nel corso del suo anno, a causa dell'eccentricità della sua orbita. Quando è al suo perielio, riceve dieci volte e mezza più luce e calore di quanta ne riceviamo qui e il disco solare sembra dieci volte e mezzo più grande. Quale Sole! Ma quando si trova alla sua massima distanza, questa luce e questo calore sono ridotti della metà. Tuttavia, il Sole brilla nel cielo di Mercurio con un disco quattro volte più esteso del nostro.

La principale differenza che distingue Mercurio dalla Terra sembra, quindi, consistere nella temperatura. Ma non bisogna credere che questa temperatura dipenda unicamente dalla distanza dal fuoco. Mercurio potrebbe essere un blocco di ghiaccio, che di volta in volta fonde e congela, in caso di assenza di atmosfera.

Non è tanto la distanza dal Sole quanto l'estensione e la trasparenza dell'atmosfera che bisogna considerare per valutare un clima planetario. L'involuppo gassoso agisce attorno al globo come una serra calda che lo avvolge. Essa si lascia attraversare durante il giorno dai raggi calorifici luminosi che provengono dal Sole e si oppone alla dispersione dei raggi oscuri durante la notte per irraggiamento notturno. L'assenza di atmosfera darebbe al globo i più estremi contrasti di caldo e freddo tra il giorno e la notte, tra l'equatore e i poli, come avviene per la Luna, che passa tutti i mesi dalla temperatura dell'acqua bollente a quella del ghiaccio. D'altro canto, l'atmosfera può avere un'azione del tutto diversa temperando con le sue nuvole l'eccessivo ardore del Sole.

Abbiamo visto nel capitolo precedente che il pianeta Mercurio è circondato da una vasta atmosfera; cerchiamo di analizzarne l'influenza.

Che il clima di un pianeta considerato nel suo insieme sia largamente influenzato dalla natura dell'atmosfera, lo constatiamo direttamente dagli effetti che osserviamo alla superficie della nostra terra. Quando ci spostiamo sulla sommità di un'alta montagna, troviamo un'aria molto più fredda. La vetta del monte Bianco è sempre ghiacciata, anche quando il più intenso

calore di luglio e di agosto sono intollerabili ai suoi piedi. Sotto i tropici e sotto l'equatore, abbiamo città come Quito e Bogotà, villaggi e paesi abitati, dove la temperatura abituale non supera i 15 e anche i 10 gradi, a causa della loro elevazione sopra il livello del mare. Ho sempre constatato sui palloni che a grandi altezze l'aria è glaciale, sebbene il Sole sia ardente; ho verificato che la differenza tra la temperatura dell'aria all'ombra e quella di un termometro esposto al sole aumenta con l'altezza e *in ragione inversa dell'umidità* diffusa nell'aria. Più l'aria è secca, meno può riscaldarsi. Non sarà impossibile riuscire a far bollire l'acqua al sole ad una data altezza, pur trovandoci e respirando nel mezzo di un'aria glaciale, e ciò tanto più se la pressione atmosferica e il grado di ebollizione dell'acqua diminuiscono con l'altezza. L'aria può lasciar passare i raggi del sole senza riscaldarsi e senza dare al pianeta un'alta temperatura¹.

Non è, quindi, soltanto la quantità di calore direttamente ricevuta dal Sole che bisogna considerare per formarsi un'idea esatta dello stato della temperatura alla superficie di un pianeta, ma anche e soprattutto delle condizioni fisiche dell'atmosfera, per quanto riguarda la sua densità e umidità. Non dobbiamo ingannare noi stessi, tuttavia, calcolando che la rarefazione dell'atmosfera possa da sola compensare pienamente l'aumento del calore solare. Non sarebbe esatto dire che il clima di un punto situato sulla sommità delle Ande e dell'Himalaya corrisponda a quello di una regione inferiore avente la stessa temperatura, poiché le condizioni sono molto diverse. In basso, l'aria è più densa e più umida, le notti sono più calde, poiché il cielo è meno chiaro e il calore raggiante della Terra è conservato, intercettato dalle nubi o dal vapore acqueo che esiste sempre nell'aria, anche in condizioni di trasparenza; questo non avviene nelle regioni più elevate, la cui aria rarefatta lascia un libero passaggio alla dispersione del calore. Se l'atmosfera di Mercurio è molto rarefatta per dargli un clima alpino o himalayano, invece del calore terribile che sembrerebbe dover cadere su questo pianeta, si avrà una organizzazione analoga a quella che esiste attorno a noi sulla Terra. Nella nostra ansia di popolare questo mondo di esseri simili a quelli che conosciamo, non dobbiamo per questo nasconderci le difficoltà intrinseche. Non possiamo rarefare l'aria di Mercurio senza aumentare gli effetti diretti del calore solare sugli abitanti; e le condizioni non apparirebbero preferibili, poiché l'azione diretta dei raggi solari sulle sue regioni tropicali private in tal modo della protezione atmosferica produrrebbe un calore quattro o cinque volte maggiore di quello dell'acqua bollente e con notti glaciali; condizione di grande inospitalità, che richiama il quadro così scuro che fa Dante nel suo *Inferno* sui malvagi che sono condannati a soffrire alternativamente i tormenti del fuoco e del ghiaccio! Ci sembra difficile immaginare esseri organici che possano vivere in simili contrasti.

Esaminiamo, pertanto, se un'atmosfera costituita in modo diverso non sarebbe migliore per l'organizzazione generale del pianeta; invece di aria rarefatta, supponiamo un'atmosfera più densa della nostra. Essendo l'effetto comune di un'atmosfera molto densa l'aumento del calore, non sembra che l'idea sia ingegnosa, applicata a Mercurio, tanto più che sulla Terra noi non abbiamo esempi di regioni preservate dai raggi solari dalla densità della loro atmosfera. Non sarà, pertanto, impossibile che un'atmosfera sia costituita in modo tale da rimanere costantemente coperta di nuvole, poiché una debole differenza tra il calore medio e l'umidità media sarebbe sufficiente a darci tutto l'anno un cielo costantemente coperto, conservante eternamente la tristezza e la monotonia delle scure giornate autunnali. La Terra avrebbe facilmente potuto trovarsi in queste condizioni. Quale differenza sarebbe risultata nella storia dell'umanità! L'astronomia non sarebbe probabilmente ancora nata, l'umanità non avrebbe mai visto il sole, né la luna, né le stelle, e le conoscenze umane, la filosofia, le religioni e la politica sarebbero assolutamente diverse da quelle che sono sul nostro pianeta.

Ma per ritornare a Mercurio, senza dubbio, l'aumento dell'umidità dell'aria causerebbe fino a un certo punto un aumento corrispondente della temperatura, poiché il vapore acqueo esercita un maggior effetto impedendo l'irraggiamento del calore ricevuto fermando i raggi solari al loro arrivo. Ma come anche un giorno nuvoloso non è necessariamente neppure ordinariamente

¹Si veda la mia grande opera *L'Atmosfera*, libro III, cap. 2.

un giorno di calore, potrebbe succedere che un'atmosfera molto densa per essere costantemente coperta da nubi sarebbe un protettore contro l'intensità del calore solare. Queste ipotesi teoriche condurrebbero non ad assegnare le atmosfere più dense ai pianeti più lontani dal Sole, come numerosi astronomi hanno fatto, ma a vedere al contrario in un uno involuppo atmosferico di grande densità, il mezzo per preservare gli abitanti di Mercurio e di Venere contro la forza raggiante di un fuoco troppo vicino e troppo ardente².

Non dimentichiamo tuttavia di osservare che in tutte queste considerazioni, operiamo in virtù del metodo scientifico umano, mettendoci al posto della Natura e che è molto possibile (per non dire certo) che la Natura agisca sugli altri mondi con metodi a noi sconosciuti. Ma è il solo modo che ci sia dato di studiare e di discutere le condizioni della vita alla superficie degli altri mondi e, sebbene, i nostri ragionamenti non siano assoluti, essi soli, tuttavia, possono farci avvicinare alla realtà.

Sebbene il pianeta Mercurio non sia facile da osservare, poiché si innalza molto poco al di sopra delle brume dell'orizzonte ed è il più piccolo dei pianeti (eccezion fatta per i frammenti che gravitano tra Marte e Giove); tuttavia per quanto si possa giudicare il suo aspetto, la sua atmosfera è in realtà molto più densa della nostra ed essa sembra coperta di considerevoli masse nuvolose. Si può già pensare che vi sia comunemente in essa, non un solo, ma parecchi strati nuvolosi e che questi strati non siano uniti e chiusi, ma composti e sfoltiti, proiettando le nubi superiori ombra sulle inferiori; poiché il pianeta non ci riflette tanta luce quanta sarebbe se fosse interamente avvolto in una sfera di nubi che si toccano. La luce massima che possiamo ricevere da un globo di dato volume, posto a una tale distanza dal Sole, sarà quella che proviene da un globo circondato da nubi bianche. Mercurio non ci riflette certamente la stessa proporzione di luce di numerosi altri pianeti. Dovrebbe essere, nella sua posizione più favorevole, il più brillante degli astri planetari, seppur visto come sempre sul fondo illuminato del crepuscolo. Il calcolo mostra che Mercurio al perielio e alla sua maggiore elongazione dal Sole, dovrebbe essere esattamente due volte più luminoso di Giove quando questo è alla sua opposizione, supponendo per i due pianeti una uguale facoltà di riflessione; ma il pianeta Mercurio è in realtà molto meno luminoso. Lo si può constatare, tra l'altro, come ho fatto io stesso³, nella serata del 17 febbraio 1868: in quel giorno i due pianeti si sono trovati vicini nel cielo (in prospettiva), e sebbene Giove fosse allora molto lontano dal suo periodo di massimo splendore, tuttavia Mercurio, che era precisamente in questo periodo di splendore, era molto meno brillante di Giove. Allo stesso periodo, Venere venne a passare assai vicino a questi pianeti: li eclissò entrambi con la sua viva e bianca luce; a fianco di Giove, faceva l'effetto di una luce elettrica a fianco di un becco di gas. Essa era bianca e limpida come un diamante luminoso; Giove, giallastro e quasi rosso; Mercurio, ancora molto meno brillante di Giove e più rosso.

In un'altra circostanza, lo splendore di Mercurio ha potuto essere confrontato con quello di Saturno: è più brillante di questo pallido e scuro pianeta. Questi due astri sono passati l'uno davanti all'altro nel 1832 e due astronomi, Beer e Mädler, hanno confrontato la loro luce. Saturno vicino a Mercurio presentava un globo pallido e senza luce. Quello offriva uno splendore disuguale e rimase perfettamente visibile dopo il levar del Sole, mentre il primo scomparve alla vista. Mercurio era allora illuminato un poco più della metà.

Questa luce porta a pensare che l'atmosfera di Mercurio è frammezzata di nubi che fanno da schermo al Sole così vicino che l'illumina e che proiettano ombre le une sulle altre.

Uno dei punti più curiosi da conoscere delle condizioni di abitabilità del pianeta Mercurio, sarebbe poter misurare la condizione di gravità alla sua superficie. Ma come determinare con precisione il peso di questo globo? Se fosse accompagnato da un satellite, il problema sarebbe facilmente risolvibile; poiché la velocità di movimento di questo satellite indicherebbe il peso di questo pianeta, così come la velocità della Luna è in corrispondenza con il peso della Terra.

²Proctor, *Thre Orbs around us*.

³Si vedano i miei *Etudes sur l'Astronomie*, t. III. p. 157.

Ma sfortunatamente Mercurio non è accompagnato dal più piccolo satellite ruotante attorno ad esso. D'altra parte, se fosse più pesante di quanto è, la sua attrazione sposterebbe un poco il pianeta Venere nella sua orbita attorno al Sole e analizzando con precisione questa perturbazione, si potrebbe determinarne la massa. Ma è troppo debole per avere alcuna azione osservabile. Il solo modo di pesarlo consiste nell'esaminare la sua azione perturbatrice sulle comete che gli passano vicino; non è una bilancia molto sensibile né tantomeno rigorosa: si era dapprima derivata una densità uguale a quella del piombo. Con l'opinione ancora generale, da un quarto di secolo, su questa densità, fu ben difficile formarsi un'idea delle sue condizioni di abitabilità. Si valutava infatti, questa densità, a più di sei volte quella dell'acqua, cioè quasi tre volte maggiore di quella della Terra: stava circa tra quella dell'oro e quella del metallo consacrato all'astro di cui ci occupiamo.

Una simile condizione del suolo era ben difficilmente assimilabile a organismi analoghi a quelli che conosciamo, ma dava ragione all'ipotesi immaginata da Huygens, che suppose nel suo *Cosmotheóros* che gli abitanti di Mercurio ricevessero dal Sole un calore così ardente da infiammare pure le erbe come quelle che crescono sul nostro globo. Aggiungiamo tuttavia che lo stesso astronomo non vedeva un motivo sufficiente per lasciare questo pianeta deserto e sterile, poiché si affrettava ad aggiungere che l'organizzazione dei suoi abitanti doveva essere appropriata a quella del pianeta.

Il calcolo della densità è stato ripreso da qualche anno e, in base a uno studio più completo delle perturbazioni prodotte sulla cometa di Encke, si è concluso che il globo di Mercurio pesa circa quindici volte meno del globo terrestre. Ne deriva che la densità dei materiali che lo compongono supera di solo un sesto quella dei materiali terrestri, come media generale, poiché vi sono differenze nelle sostanze. Il *peso* alla sua superficie è quasi la *metà* del nostro: un chilogrammo trasportato su Mercurio peserebbe solo 521 grammi. Questo piccolo peso fa sì che gli esseri pesanti ed enormi come l'elefante, l'ippopotamo, il mastodonte o il mammoth, potrebbero avere su Mercurio l'agilità della gazzella e dello scoiattolo! L'immaginazione può forse facilmente supporre quali metamorfosi possono apportare queste differenze di peso nelle opere materiali e anche intellettuali dell'umanità alla superficie di un altro pianeta.

L'analisi dei dettagli dell'organismo vitale ci invita pure a vedere su questo mondo degli esseri necessariamente differenti da noi per la differenza degli ambienti. Per esempio, gli occhi dei Mercuriani essendosi formati in un ambiente con intensità luminosa molto più elevata di quella che esiste sulla Terra, sono meno sensibili dei nostri, sia per la minore apertura della retina, sia per una minore impressionabilità del nervo ottico, ecc.

Riassumendo, quanto alle condizioni di vita alla superficie di Mercurio, esse sono molto diverse da quelle sulla Terra. La temperatura deve essere più elevata, malgrado le nubi dell'atmosfera; le stagioni sono più marcate e soprattutto più rapide delle nostre: ogni anno conta 88 giorni e un centenario ha solo venticinque anni dei nostri; il pianeta è piccolo e le regioni che lo dividono possono avere solo una piccola estensione. I materiali di cui sono composti gli esseri e le cose sono un poco più densi dei nostri, ma il peso è inferiore quasi della metà del nostro. Questo mondo presenta quindi grandi differenze dal nostro. Sarebbe, in verità, difficile che così non fosse. Ma queste differenze ci devono condurre all'idea che la vita non possa esistere alla superficie di questo pianeta? Sicuramente no: lo spettacolo della Terra da solo basta a mostrarci che le forme della vita dipendono dalle condizioni entro le quali si trova e che essa varia quando queste condizioni differiscono. La vita attuale sulla Terra non è la stessa di quella durante le ere geologiche, dove la temperatura era molto più elevata e l'atmosfera molto più carica dei nostri giorni. Anche oggi essa varia secondo il clima e, soprattutto, secondo gli ambienti: un essere organizzato può vivere sulla terra ferma e morire se è immerso nel mare; analogamente l'abitante delle acque rende il suo ultimo respiro quando esce dal suo elemento. Le forze della natura producono effetti diversi secondo le circostanze e sarebbe come giudicare della loro potenza come del fine generale della creazione il pretendere che il globo di Mercurio

sia solo un deserto sterile poiché le sue condizioni vitali differiscono da quelle della Terra.

Sarebbe superfluo riprodurre qui, sulla realtà della vita alla superficie degli altri mondi, la dimostrazione generale che abbiamo abbondantemente fornito nella nostra opera *la Pluralité des mondes habités*. Questa dimostrazione è definitivamente assegnata e ci occupiamo qui delle variate *condizioni* nelle quali la vita deve trovarsi su ogni mondo. Tuttavia, in ogni istante, la contemplazione della natura ci offre delle nuove testimonianze a favore di questa bella e grande dottrina della vita universale, testimonianze che è difficile non recepire e comprendere. Da qualche giorno, mi pare di intendere una di queste voci della Natura che annunciano la verità a tutti coloro che l'ascoltano nella semplicità dello spirito. In una passeggiata solitaria lungo le spiagge della bassa Bretagna, contemplai l'Oceano immenso, avendo sotto gli occhi il golfo che si estende dalla foce della Loira a quella della Vilaine e mi ero seduto alla sommità di uno scoglio che l'alta marea copre con i suoi flutti, ma che con la bassa marea resta sulla riva sabbiosa come testimone pietrificato di qualche antico cataclisma. La spiaggia era ricoperta di conchiglie, ieri viventi, oggi vuote; la sabbia formicolava di animaletti danzanti ai raggi del sole cocente; le pozze d'acqua lasciate dal mare tra gli scogli erano popolate di piccoli pesci, di gamberetti guizzanti nell'acqua limpida e di granchi che si rincorrevano tra loro; qualche marsuino, annunciante una tempesta che illuminò la notte seguente per mezzo di fiamme di un mare fosforescente, avanzava fino agli ultimi scogli battuti dalle onde. Si vedevano lontano i piccoli uccelli di bosco che cinguettavano le loro ultime note della sera...

Non era difficile all'immaginazione andare al di là del visibile e di contemplare l'Oceano intero popolato di specie di animali e vegetali più numerose delle stelle che vediamo nel cielo. I sondaggi meravigliosi compiuti dopo qualche anno a tutte le latitudini oceaniche dalle navi inglesi svolgono nella mia memoria la ricca serie delle loro scoperte⁴, insegnando alla scienza classica che essa si è sbagliata finora imponendo un limite allo sviluppo della vita e che gli abissi marini sono popolati a tutte le profondità da esseri organizzati per vivere al loro interno... abissi neri, eternamente oscuri, dove i molluschi fabbricano luce e hanno occhi per sentirla! ... profondità che sopportano pressioni inaudite capaci di far brillare massivi pezzi di artiglieria e abitati da affascinanti esseri, delicati, esili, decorati con leggeri ricami e che si muovono nel loro pesante mezzo come le farfalle sui fiori! E mentre l'Oceano immenso mi appariva popolato come la terra e l'aria di esseri senza numero, dalla balena alle diatomee microscopiche le cui legioni bruciano la sera nelle onde agitate, i miei occhi si fermarono sullo scoglio sul quale era seduto e percepirono che pure esso vivente! Questo blocco di pietra *era interamente ricoperto di esseri viventi*, della grandezza di grani di canapa, distribuiti sull'intera sua superficie: non un centimetro quadrato andava perso e questi sono piccoli crostacei che determinano il suo colore grigio. Ma questa roccia non era la sola: tutte gli scogli che mi circondavano offrivano lo stesso schema, essendo abitati dagli stessi animali. Questi scogli occupano tutta la riva per una lunghezza di parecchi chilometri. Contando quattro conchiglie per centimetro, cioè 16 per cm^2 , se ne trovano 160000 per m^2 , cioè solo su questi scogli, questa specie vivente regna su uno strato di miliardi di miliardi di individui! E che cos'è sulla Terra questo punto di una riva solitaria, notato per caso? Un nulla, in verità. Eppure queste stesse rocce racchiudono migliaia di resti di specie fossili che si sono succedute lungo i secoli dei periodi geologici e i cui scheletri stipati formano montagne come le Alpi e i Pirenei!

“La pietra, la terra, l'acqua, l'aria, ogni cosa è piena di esseri! pensai tra me sentendomi così circondato da tutte le parti dalla vita. Nel tempo come nello spazio, la vita regna sovrana e fino a quando i corpi celesti non saranno che rocce come questa, la natura ci testimonia che non le lascerà sterili e deserte. Bisogna che la vita appaia, è necessario che essa si sveli, che illumini, che si innalzi nel Progresso; poiché essa veramente esiste, e il mondo materiale ne è solo un supporto...”. Io pensai queste cose riprendendo il cammino delle dune, quando i miei occhi, alzandosi verso l'occidente ancora rosseggiante per le ultime luci del sole al tramonto,

⁴Si vedano le mie *Contemplations scientifiques*, seconda serie, 1876.

riconobbero *Mercurio*, che brillava come un fanale nel crepuscolo, in cui due sole stelle, Arturo e Vega, erano accese... “Tu ci guardi, mi scrissi, o bianco pianeta! e ci vedi da lontano brillare nel tuo cielo; ma tu ti nascondi da noi nella luce del tuo bel sole e veli discretamente per i nostri occhi mortali la forma della tua patria. Noi non possiamo distinguere i continenti e i mari, le foreste e le campagne, né cogliere i fiori incantevoli della vita che palpita in te. Ma la Natura che ti ha partorito è la stessa madre che ha partorito la Terra e le lezioni che ci dà sono fatte per farci apprendere ad apprezzare tutte le sue opere. Brillando questa sera al di sopra di questa spiaggia inondata di vita, vieni a completare il mio pensiero e ad associarti alla voce immensa che sale dall’Oceano, dalle rive e dalla Terra verso il Cielo, per celebrare *l’inno universale della vita infinita.*”

Capitolo 14

Gli Abitanti di Mercurio

Le forze della natura e le forme organiche - Le umanità planetarie - La dimora di Mercurio - Il cielo e la terra visti da questo mondo.

La vita sbocciata su Mercurio è pure divisa come da noi in due regni e il regno animale come il regno vegetale sono divisi come da noi in specie acquatiche e continentali? È quanto non possiamo decidere, sebbene finora i naturalisti e gli astronomi si siano accordati nel pensare che queste distinzioni siano forzate ed inevitabili. Ma perché la Natura non potrebbe produrre esseri assolutamente diversi da tutto quanto conosciamo sulla Terra e diversi da animali e piante? Qui le piante somigliano ad esseri addormentati nell'attesa della vita animale; allora non sono pure essi animati? Su questo pianeta come sul nostro, la divisione del lavoro nella natura ha prodotto queste distinzioni così profonde tra i generi; insetti impollinanti sui fiori, uccelli che si innalzano fino alle nuvole, pesci abitanti sotto le acque? La vita si mantiene come qui per la deplorabile distruzione reciproca delle prede? Se si trasmette come qui con la piacevole divisione dei sessi?... Discuteremo poi nel suo valore fisiologico generale la condizione della vita planetaria. Ma per ora dobbiamo sapere che, essendo le cause diverse da un pianeta all'altro, gli effetti sono pure essi necessariamente diversi. Quando parliamo qui di *uomini* di Mercurio, di Venere o di un altro pianeta, intendiamo che questi esseri siano fatti come noi; che abbiano due occhi, due orecchie, due braccia e due gambe, polmoni, uno stomaco, un tubo digestivo(!), e che la loro fisionomia assomigli in qualche modo alla nostra. Assegniamo in ogni pianeta il nome di razza umana alla razza animale superiore e dotata di ragione che si eleva al di sopra dei suoi antenati e che vive con intelligenza. *Gli uomini degli altri mondi non possono assomigliarci*: si vedrà la dimostrazione generale negli ultimi capitoli di questa opera.

Senza anticipare questa dimostrazione generale, che, essendo più fisiologica che astronomica, deve essere riservata per la conclusione di questo lavoro, diciamo che gli esseri nati su ogni pianeta sono i piccoli di questo pianeta, sono stati prodotti dalle sue forze organiche speciali e nelle loro condizioni speciali, si sono succeduti di specie in specie come gli anelli di una catena e che la specie superiore di ogni mondo, che discenda da tutti i suoi antenati e li riassume, differisce, di conseguenza, per la forma come per la sostanza delle sue sorelle nello spazio. Se conosciamo esattamente le cause che hanno portato la vita terrestre alla condizione attuale, e le cause correlate esistenti sugli altri mondi, potremo con l'analisi e la sintesi iniziare a indovinare lo stato e la forma della vita su questi altri mondi. Per Mercurio, in particolare, che è uno dei pianeti che conosciamo meno, possiamo solo immaginare che, essendo le condizioni di vita meno favorevoli che da noi, i suoi abitanti devono essere inferiori a noi per sensibilità e intelligenza, differire molto per la loro forma, essere più solidamente fatti e, quindi, più leggeri e agili e vivere più rapidamente. Tuttavia la respirazione ha dovuto svolgere come qui un ruolo dominante nell'organizzazione degli esseri. Non si è sempre compresa questa differenza *inevitabile* che esiste necessariamente tra il nostro e gli altri mondi.

Nel suo *Cosmotheôros*¹, l'illustre astronomo Huygens, interpretando un po' troppo alla lettera la filosofia della Natura, suppone che vi siano nei pianeti piante, animali e uomini assolutamente uguali a noi. Si può giudicare dai soli *titoli* dei suoi capitoli, che qui traduciamo. Essi sono curiosi:

“1° Eccellenza delle cose animate al di sopra delle pietre, delle montagne, delle rocce, ecc., ecc. I pianeti devono avere cose animate come la Terra e della stessa specie di quelle che vediamo qui in basso.

2° L'acqua è il principio di tutto ciò che si genera sulla Terra. Vi sono acque negli altri pianeti; le loro differenze con quelle della Terra, i loro usi per la produzione delle cose animate.

3° Gli animali crescono, si moltiplicano, nei pianeti, *nello stesso modo che avviene sulla terra*. Il modo in cui si muovono da un posto ad un altro.

4° Differenza degli animali, degli alberi e delle piante che sono nei pianeti, rispetto a quelli che sono sulla Terra.

5° Vi sono uomini che abitano i pianeti. Principi che stabiliscono questa verità. L'uomo, sebbene, vizioso, è sempre una creatura considerevole e la principale del mondo.

6° Gli uomini che abitano i pianeti hanno la ragione, l'intelligenza, i corpi della stessa specie di quelli che abitano sulla Terra.

7° I sensi degli animali dotati di ragione e quelli che ne sono privi, che vivono nei pianeti, sono simili a quelli della Terra. Spiegazione dei sensi.

8° Il fuoco non è un elemento, risiede nel Sole; vi è fuoco nei pianeti; i modi in cui lo si eccita.

9° Gli animali *non devono essere di taglie diverse* nei pianeti, da quelli che sono sulla Terra. La grandezza e l'eccellenza dell'uomo. Vi sono nei pianeti uomini che coltivano le scienze.

10° Gli abitanti dei pianeti *devono avere mani* per servirsi di strumenti di matematica; l'uso e la necessità delle mani all'uomo dotato di ragione. Destrezza dell'elefante nel servirsi della sua proboscide come di una mano. Gli abitanti dei pianeti hanno piedi e camminano come noi.

11° *Hanno come noi bisogno di abiti*. Necessità e utilità dei vestiti. La grandezza e la forma dei corpo degli abitanti dei pianeti sono simili alla nostra.

12° Il commercio, la società, la pace, la guerra, le altre passioni e il piacere della conversazione devono trovarsi tra gli abitanti dei pianeti.

13° *Si costruiscono abitazioni con l'arte dell'architettura*, conoscono la marina, la navigazione, la geometria, la musica, ecc.”

Un tale antropomorfismo pecca in partenza. Andare tanto lontano rispetto alla nostra astronomia per altri colonizzatori siderali sarà certamente superare i limiti della scienza; lungi dal vedere uomini dappertutto identici a noi, dobbiamo, ripetiamolo, essere convinti che la vita assume tutte le forme immaginabili e inimmaginabili. Le prime cellule organiche si sono formate su Mercurio in un grado calorico superiore al nostro, con una densità pure superiore: la vita ha iniziato e si è sviluppata secondo una via del tutto differente dalla sequenza terrestre. I nostri contraddittori pretendono che queste differenze bastino ad interdire la vita; ma noi, che non poniamo dei limiti alla Potenza creatrice, concludiamo semplicemente che *queste differenze hanno portato diversità correlative nell'organizzazione degli esseri*.

I corpi diversi dai nostri, ma non le menti, né i principi della ragione; infatti si può esistere tra gli spiriti solo gradualmente e non per dissomiglianza. Mentre dappertutto gli uomini non mangiano, non camminano sui due piedi, non hanno i nostri denti, la nostra capigliatura, le nostre orecchie o i nostri occhi; dappertutto al contrario essi ragionano in virtù degli stessi principi assoluti: su tutti i mondi 2 e 2 fa 4; dappertutto i tre angoli di un triangolo valgono due angoli retti; dappertutto la coscienza si avvicina più o meno alle *stesse* verità morali assolute. Se i corpi differiscono, tutte le menti pensanti dell'universo sono sorelle.

Ma noi incontriamo qui sulla nostra strada un problema spesso posto.

¹Vedere l'analisi di questa significativa opera nel nostro libro *les Mondes imaginaires e le Mondes réel*, al capitolo del XVII secolo, p. 442-452.

Un certo sentimento di patriottismo, forse perdonabile del resto, nei confronti del mondo che ci ha dato il giorno, ci porta naturalmente a domandarci quale effetto la Terra in cui siamo produce lontano e come gli abitanti degli altri pianeti ci vedono. Non termineremo la descrizione di questi altri mondi senza cercare di rispondere a questa domanda e senza risolverla per ognuno dei pianeti del nostro sistema.

E dapprima, poiché la Terra è un astro del Cielo, gli abitanti degli altri mondi ci vedono nel loro cielo, esattamente come li vediamo noi. L'aspetto sotto il quale il nostro pianeta si presenta, dipende solo dalla distanza e dalla posizione di ognuno degli altri pianeti.

Il nostro globo è, come Mercurio, Venere, Marte, ecc., senza luce propria; ma esso tuttavia brilla come una stella nello spazio, poiché riflette la luce che riceve dal Sole. Visto da una certa distanza (da 350000 a 400000 leghe), la Terra appare della dimensione apparente sotto la quale vediamo la Luna, con le stesse fasi, secondo che si guardi di fronte o obliquamente il suo emisfero illuminato dal Sole, e con la stessa intensità della luce, poiché il suolo terrestre non è meno in grado di quello lunare di riflettere i raggi solari; quando l'emisfero illuminato è coperto di nuvole, la Terra è molto più bianca e più luminosa della Luna piena. Vista da un milione di leghe, la Terra appare molto più piccola della Luna, ma essendo la sua luce ancora più concentrata, essa appare più scintillante. Vista da 10 milioni di leghe, non solo brilla nella notte come una stella di prima grandezza, ma supera in splendore le più brillanti stelle viste da noi.

Quando Mercurio si trova sulla sua orbita tra il Sole e noi, vede il nostro pianeta a 20 milioni di leghe come minimo. A questa distanza, la Terra è una bella stella di prima grandezza, brillante nel cielo di Mercurio esattamente come Giove brilla nel nostro cielo e passante al meridiano a mezzanotte. La stella Terra è la seconda stella del loro cielo, per splendore, poiché Venere la supera e Giove non la raggiunge; essa si sposta lungo lo zodiaco ed è in tal modo che gli astronomi di Mercurio avranno riconosciuto che è un pianeta. Hanno dovuto riconoscere allo stesso modo di Venere, Marte, Giove e Saturno, che differiscono poco visti da là e da qui, eccettuato Venere che appare molto più brillante e Marte molto meno.

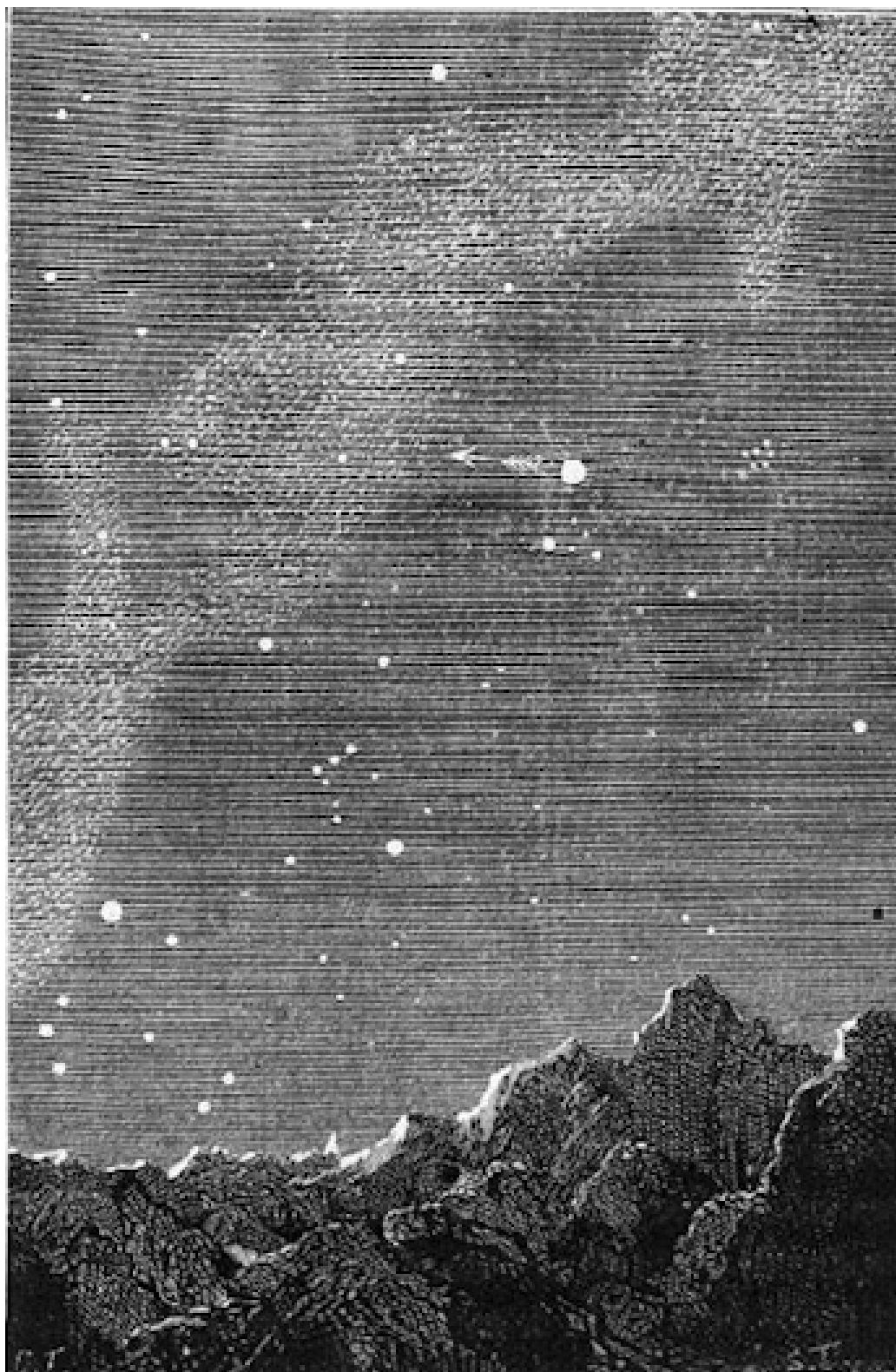


Fig. 32 - La Terra vista da Mercurio

Il cielo stellato è esattamente lo stesso, visto da Mercurio e da tutti i pianeti, come visto dalla Terra. Le stelle sono così lontane dal sistema solare (*la più vicina* situata a oltre 8000 miliardi di leghe), che le prospettive celesti non cambiano rispetto all'osservazione dalla Terra, da Mercurio, da Urano, o anche da Nettuno. Le costellazioni del cielo di Mercurio sono, quindi, le stesse delle nostre. Là come qui si vedono librarsi alla sommità dei cieli le sette stelle della grande Orsa così come qui troneggiano nel pieno della notte silenziosa le splendide stelle di Orione, seguite dallo scintillante Sirio, precedute dalle dolci e contemplative Pleiadi; là come qui Arturo, Vega,

Procione, Capella, versano dall'alto delle distese eteree la loro melanconica pioggia di luce. Ma non sono gli stessi nomi che le distinguono. Quali forme vi hanno riconosciuto, quali similitudini vi hanno trovato, quale storia hanno conservate su questi celesti archivi? e quale lingua o quali lingue parlano in questo mondo vicino al Sole?

La Terra è per gli abitanti di Mercurio un pianeta esterno, il cui massimo splendore e la migliore condizione di visibilità si presentano quando essa si trova in opposizione con il Sole, cioè quando brilla nel mezzo del cielo a mezzanotte per l'emisfero notturno di Mercurio. Essa fa allora all'occhio nudo l'effetto di una magnifica stella. È quanto abbiamo provato a rappresentare con la figura precedente² dove l'osservatore, trasportato su Mercurio a mezzanotte, può cercare e riconoscere dal suo splendore il nostro pianeta brillante nel mezzo delle costellazioni zodiacali.

Tale è l'aspetto della Terra ad occhio nudo, vista da Mercurio. Cosa pensano di noi i filosofi di questo pianeta? Suppongono che questo astro sia abitabile e abitato? Hanno Accademici che dimostrano che la Terra è un deserto ghiacciato e sterile a causa della sua lontananza dal Sole? Oppure permettono alla Natura di avere una potenza sufficiente a popolare tutti i mondi? Senza dubbio, essi credono la Terra abitata e, siccome è un astro brillante nel cielo, hanno previsto, come abbiamo fatto noi stessi per il loro pianeta e pensano che in un tale splendore questa terra celeste non può che essere la sede della luce, della pace e del benessere... Quanto sarebbero disillusi, se potessero vederci un poco più da vicino!

Se la scienza dell'ottica ha compiuto su questo pianeta i progressi che ha fatto sul nostro, i telescopi degli astronomi di Mercurio, ingrandendo l'immagine della Terra, come facciamo per Marte e Giove, avranno loro permesso di scoprire le macchie permanenti, i continenti e i mari, malgrado le nuvole che li mascherano così spesso. L'aspetto delle due Americhe è quello che avrà per primo colpito gli astronomi mercuriani. Avranno potuto disegnare poco alla volta la geografia della Terra, come noi abbiamo fatto per la Luna e Marte.

Le buone osservazioni devono distinguere ad occhio nudo, a fianco della Terra, la Luna come un punto brillante oscillante da ogni lato, da est a ovest. Ma l'astro più brillante del loro cielo stellato è senza dubbio il pianeta Venere, il cui splendore può in certi periodi risplendere di una luce da dieci a dodici volte maggiore di quella che ci invia Giove.

È così che tutti i pianeti gravitano simultaneamente nel Cielo e che i loro abitanti contemplanò, senza conoscersi e vedersi, i loro reciproci luoghi celesti. Queste verità modificano sensibilmente le credenze fondate sulla pretesa dualità del cielo e della terra. Non è del tutto indifferente alla filosofia sapere che noi siamo attualmente nel Cielo, in modo uguale che ognuno di noi potrebbe starvi in un secolo, dopo aver abbandonato la Terra, o che gli esseri che abitano Giove, Sirio o i reami della Via Lattea.

Tale è il mondo di Mercurio. Riassumendo, se ricapitoliamo le condizioni nelle quali si trova, abbiamo sotto gli occhi la situazione seguente:

²Con piacere ricordiamo qui che questa figura fa parte di uno studio che abbiamo pubblicato nel *Magasin pittoresque* sulla "Terra vista dagli altri mondi"; così è per quattro disegni analoghi che si richiameranno ai capitoli su Venere, la Luna, Marte e Giove. Ogni anno riportiamo in questa raccolta stimata una notizia dettagliata sui principali fenomeni astronomici da osservare, accompagnata dall'esposizione dei progressi compiuti dalla scienza contemporanea.

Stato particolare del mondo di Mercurio

Durata certa dell'anno	88 giorni terrestri, o meno di tre mesi
Durata probabile del giorno	24 ^h 5 ^m
Stagioni	Rapide e molto marcate
Atmosfera	Più densa e alta della nostra
Temperatura media	Più calda della nostra
Densità dei materiali	$\frac{1}{3}$ maggiore che da noi = 1,376, essendo quella della Terra 1,000
Peso alla superficie	la metà del nostro = 0,521, essendo quello della Terra 1,000
Dimensioni del pianeta	Inferiori a quelle della Terra. Diametro = 0,378, o 1200 leghe
Circonferenza di Mercurio	3780 leghe
Diametro medio del Sole	Quasi 3 volte maggiore che quello visto da noi = 1° 21'
Diam. massimo della Terra	20". Brilla nel cielo come una stella di prima grandezza

Ma già questo piccolo mondo ha assorbito una parte dell'attenzione che dobbiamo suddividere tra tutti gli astri della famiglia solare; e, lungi dall'essere uno dei più importanti o dei meglio conosciuti, ci ha aperto il cammino e iniziamo questo viaggio dove dobbiamo incontrare terre più facili da riconoscere e di poco diverse da quella che abitiamo. Affrettiamoci ad affrontare il secondo pianeta del sistema... su Venere stesso.

Parte IV
Il Pianeta Venere ♀

Capitolo 15

Aspetto di Venere ad occhio nudo

Conoscenze degli antichi su questo pianeta

La prima città celeste che incontriamo nel nostro viaggio, dopo aver lasciato l'orbita di Mercurio, è la città siderale consacrata sin dai primi anni del mondo alla bionda dea della bellezza e dell'amore. Bianca e brillante stella della sera, illuminata per prima dopo il tramonto del sole, essa ha colpito i primi sguardi che si sono alzati verso il Cielo, è stata la confidente dei cuori e la divinità tutelare delle dolci speranze; e se i primi altari sono stati innalzati al Sole, dio della notte, e per la Luna, più vicina della Terra e meno celeste della dolce stella del pastore.

Il pianeta Venere viene dopo Mercurio nell'ordine delle distanze dal Sole. Esso è quindi posto tra Mercurio e noi, poiché Mercurio è la primo e la Terra la terza delle provincie della grande repubblica solare. Mentre Mercurio ruota attorno al Sole alla distanza di 14 300 000 leghe, e il nostro mondo alla distanza di 37 000 000, Venere gravita alla distanza di 26 760 000 leghe.

Per noi è l'astro più brillante del Cielo. Essendo la sua orbita interna a quella della Terra e molto più piccola della nostra, Venere resta sempre, come Mercurio, nei dintorni del Sole, del quale ci riflette la luce con un grande splendore; ma esso può allontanarsi da lui molto al di là della maggiore elongazione di Mercurio. Quando esso si trova nella metà della sua orbita che precede il Sole, si mostra al mattino ad oriente, prima del sorgere del Sole, precedendolo più o meno, secondo la distanza angolare, talvolta di un'ora, talvolta due, talvolta anche di tre ore. Lo si è distinto, sin dall'antichità, sotto il nome di *stella del mattino*, *stella del pastore*, di *Lucifero*. Quando esso si trova nella metà della sua orbita che segue il Sole, si mostra la sera ad occidente, illuminato nel crepuscolo primo tra tutti gli altri astri del firmamento e restando in ritardo rispetto al Sole, di una, due o anche tre ore, secondo la sua distanza angolare da questo astro. Per questo è nominato anche *stella della sera*, *Vespero*. Tra le antiche menzioni, ricordiamo tra le altre quella del grande oratore romano: "*Stella Veneris, quæ Lucifer dicitur cum antegreditur Solem, cum subsequitur autem Hesperus*¹".

È certo che è il più anticamente noto tra i tutti i pianeti, dapprima perché è il più brillante, poi perché è il più evidente per i suoi moti. Siccome ruota in 224 giorni attorno al Sole, non resta due settimane di seguito nello stesso posto. Dall'epoca sconosciuta in cui l'umanità terrestre alzò gli occhi al Cielo e cercò di trovare i mezzi per costruirsi una misura del tempo, di dirigersi nelle sue migrazioni, di regolare le sue feste patriarcali, essa non poté impedirsi di notare prima di tutto un altro pianeta quello che si illuminava per primo nei cieli e sembrava il precursore del corteo della notte. Era la più bianca e dolce delle stelle: la si proclamò dea della bellezza e dell'amore. Il segno ♀ con il quale la rappresentiamo dal medioevo sembra simbolizzare uno specchio. (Questo oggetto non è, in effetti, l'attributo più caratteristico della femmina?).

¹Cicerono, *De natura deorum*, lib. II.

Da quante migliaia di anni Venere è conosciuto? Ritroviamo il suo nome e il suo culto in tutte le lingue antiche. Ma c'è voluta una lunga serie di osservazioni per constatare che la stella del mattino e della sera erano uno stesso astro, le cui apparizioni sono successive. È pure probabile che in questa opera di identificazione, le apparizioni di Mercurio hanno potuto nuocere e ritardare la scoperta della verità. Così vediamo che i culti e gli attributi di Mercurio e Venere sono talvolta confusi.

Pitagora sembra essere il primo tra i Greci che abbia insegnato l'identità di Venere e Vespero, identità che aveva senza dubbio appreso in Oriente.

Esso è il solo pianeta di cui Omero abbia parlato: l'ha designato con l'epiteto di Callisto, *la Bella*:

Εἴσπερος, ὃς χαλλίστος ἐν οὐρανῷ ἴσταται ἀστῆρ
Vespero, il più bell'astro scintillante nel Cielo².

In un altro canto dell'*Iliade*³, Omero parla ancora di Venere, "la stella del mattino", Εἰωτφορος, che annuncia la luce al mondo e sembra seguire l'Aurora.

Si leggono anche nella Bibbia queste parole che sembrano riferirsi a Venere: "O Lucifero, tu che appari così brillante al sorgere del giorno!"⁴.

Presso gli Indiani, Venere era chiamata *Sukra*, cioè la splendente, *Daitya-Guru*, la sovrana dei Titani. Presso i Babilonesi, portava il nome di *Anadid*, parola scritta più tardi *Nana* nel libro dei Maccabei⁵ e *Nahit* negli Atti dei martiri. Si chiamava *Nahid* presso i Persiani. Presso gli Arabi, portava il nome di *el Zohra*, qualifica che appartiene alla stessa radice dell'ebreo *Zohar*, "splendore del cielo". Nei libri religiosi dei Sabei, è chiamata "fiamma, calore, spirito". La sua qualifica orientale ordinaria era "la luminosa". Da oltre quattromila anni il suo nome è stato dato dagli astronomi caldei a uno dei giorni della settimana, il venerdì: *Veneris dies*.

Fosforo, Lucifero; Espero, Vespero; Venere, Giunone, Iside, sono i nomi mitologici che lo indicano da più di trenta secoli.

La più antica osservazione autentica che ci sia rimasta su questo pianeta risale all'anno 685 a.C. e appartiene agli astronomi babilonesi⁶. Eccola:

"Il 25 del mese di Thamuz, Venere cessò di essere visibile ad ovest, rimase invisibile per sette giorni e il 2 del mese di Ab essa riapparve ad oriente. Il 26 del mese di Ellul, Venere cessò di apparire ad occidente, rimase invisibile per 11 giorni e il 7 del secondo Ellul la si rivide ad est."

Tolomeo ci ha conservato nell'*Almagesto* parecchie osservazioni egizie dello stesso pianeta, la più lontana delle quali risale al 17 Messori del 13° anno del regno di Tolomeo Filadelfio, il 76° anno dell'era di Nabonassar, data che corrisponde al 12 ottobre dell'anno 271 a.C.: è una congiunzione di Venere con una stella della Vergine.

In queste epoche lontane, gli uomini vivevano molto più di noi nel mezzo della natura e seguivano più attentamente i grandi spettacoli che ci offrono il Cielo e la Terra. Alle osservazioni puramente scientifiche si aggiungevano le deduzioni singolari che si traevano dal punto di vista astrologico sull'influsso degli aspetti celesti nelle vicende umane.

Gli Egiziani avevano riconosciuto che Mercurio e Venere giravano intorno al Sole, sistema che, sviluppato, condusse Copernico e porre l'astro del giorno al centro di tutte le orbite planetarie⁷.

Se bisogna credere alla testimonianza dell'antichità, il pianeta amoroso avrebbe subito delle variazioni straordinarie. Sant'Agostino (*Città di Dio*, libro XXI, cap. 8), riferisce, secondo Varron, che

² *Iliade*, XXII, 318.

³ *Ib.* XXII, 226.

⁴ *Isaia*, XIV, 12.

⁵ Libro I, cap. V, 13 e 15.

⁶ Questa antica osservazione è conservata sulle tavolette di terra cotta che si trovano al British Museum. (Si veda, *Monthly Notices*, giugno 1860).

⁷ Si veda la mia *Histoire de Ciel*, nona serata e la mia *Vie de Copernic*, cap. VII.

avrebbe cambiato colore, grandezza, figura e corso. Questo fatto sarebbe avvenuto al tempo del re Ogigi, di cui il diluvio asiatico ha conservato il nome, verso l'anno 1796 *a.C.*.

Questo racconto di Varron non offre molte garanzie per essere ammesso. Se il ricordo dei popoli ha veramente conservato qualche traccia di un avvenimento analogo, non è necessario attribuire simili cambiamenti al pianeta (sarebbero impossibili quanto alla variazione del percorso); ma li si può spiegare ammettendo che una cometa si è mostrata la sera al tramonto qualche giorno dopo la scomparsa di Venere verso la sua congiunzione, che l'ha presa per lo stesso Venere e che si è attribuito a questo l'aspetto più o meno bizzarro della cometa.

Capitolo 16

Moto di Venere attorno al Sole

Le sue fasi

Venere ruota attorno al sole in 226 giorni 16 ore 49 minuti 8 secondi, nello stesso verso della Terra. Tale è la durata del suo *anno* e la prima base del suo calendario. Gli anni su questo mondo durano quindi circa sette mesi e mezzo. Essi sono, come si vede, meno rapidi di quelli di Mercurio, ma ancora molto più corti dei nostri. È un bene o un male? Dal punto di vista biologico come da quello del progresso, questa rapidità costituisce sicuramente uno svantaggio.

L'orbita di Venere attorno al Sole non è eccentrica come quella di Mercurio, ma quasi circolare ed appena ellittica: l'eccentricità è solo pari a 0,07. Se si rappresenta con 1000 la distanza dalla Terra al Sole, la distanza perielia di Venere sarà data dal valore 718, la distanza afelia da 728 e la distanza media da 723. Espressa in leghe, questi valori ci danno:

distanza perielia	26 575 000	leghe
distanza media	26 750 000	
distanza afelia	26 925 000	

La differenza è solo di 350 000 leghe tra il perielio e l'afelio. Se calcoliamo lo sviluppo totale dell'orbita, troviamo che la sua lunghezza è di 168 milioni di leghe. Poiché il pianeta le percorre in 224 giorni, vaga, quindi, attorno al Sole in ragione di 750 000 leghe al giorno, o di 34600 metri al secondo. Esso corre un poco meno veloce di Mercurio, secondo le leggi che abbiamo esposto in precedenza.

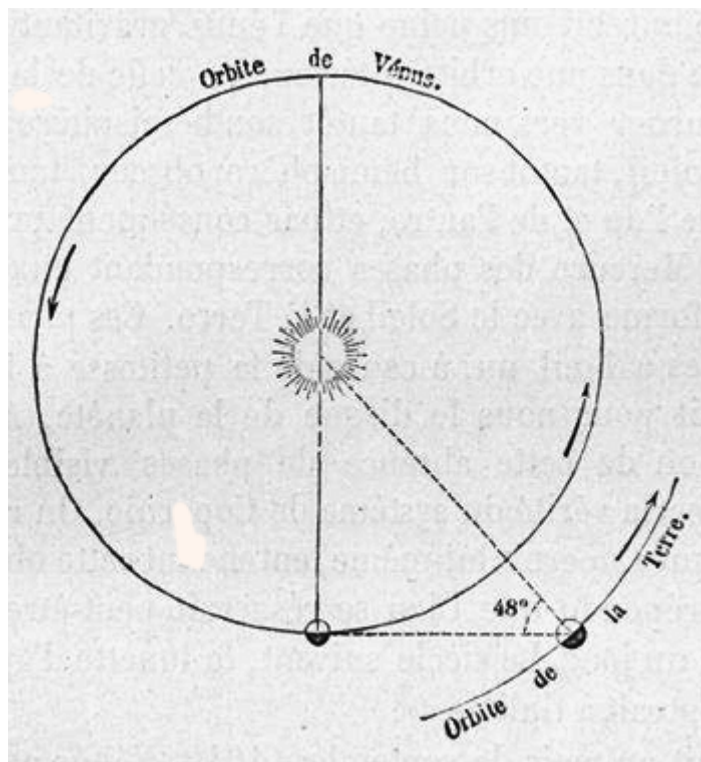


Fig. 33 - Relazione tra l'orbita di Venere e quella della Terra

Possiamo rappresentarci la relazione che esiste tra l'orbita di Venere e quella della Terra, come abbiamo fatto prima per Mercurio. Alla stessa scala della fig. 25, cioè di un millimetro per un milione di leghe, tracciamo la fig. 33, disegnando l'orbita di Venere. La Terra gravita oltre su un'orbita più grande, di cui si traccia un arco. Il più grande scarto che Venere possa formare con il Sole si ha quando il pianeta si trova ad angolo retto con esso e noi: questa maggiore elongazione è di 48° . Anche Venere può ritardare la sera molto più di Mercurio sul tramonto del Sole, ed è noto da lungo tempo. Si può notare nello stesso tempo che Venere passa molto vicino a noi nel momento in cui taglia la linea che unisce il Sole alla Terra.

Aggiungiamo che il piano nel quale Venere si muove non coincide con quello dell'orbita terrestre (altrimenti il pianeta passerebbe tutti i 584 giorni davanti al Sole), ma inclinato rispetto ad essa di $3^\circ 23'$.

Si comprende che Venere, gravitante come Mercurio in un'orbita interna a quella della Terra, deve ruotare verso di noi talvolta il suo emisfero illuminato dal Sole, talvolta il suo emisfero oscuro, talvolta una parte dell'uno e dell'altro e, di conseguenza, presentare come Mercurio fasi corrispondenti agli angoli che esso forma con il Sole e la Terra. Queste fasi sono invisibili ad occhio nudo, a causa della piccolezza del disco del pianeta visto da noi. Così ci si serve di questa assenza di fasi visibili per contestare la verità del sistema di Copernico. Si riferisce anche che Copernico stesso, sentendo tale obiezione, avrebbe risposto che Dio si riservava forse di rivelarle un giorno. Il secolo seguente, il cannocchiale le mostrava a Galileo.

Era il mese di settembre del 1610. Venere, scomparsa prima che ci fosse stato il tempo di verificare la sua scoperta, la scrisse con un anagramma di cui lui solo aveva chiave e lo inviò a Keplero. Eccolo:

Hæc immatura a me jam frustra leguntur. o. y.

frase alquanto oscura, che si può tradurre come:

Queste cose non maturate sono già state lette, ma invano, da me.

Rimangono due lettere superflue. Riprendendo tutte queste lettere e ponendole in un altro ordine, si ricostruisce la frase seguente, che è quella effettiva:

Cynthiae figuras emulatur mater Amorum,

La madre degli Amori segue le fasi di Diana.

Nota curiosa, queste famose fasi di Venere, la cui antichità non può essere messa in dubbio, all'obiezione sulla quale Copernico non ebbe nulla da rispondere e che Galileo ebbe tanta cura nel nasconderla per conservare l'onore della sua scoperta, queste fasi di Venere possono essere, in circostanze eccezionali, visibili ad occhio nudo. Viste molto acute possono riconoscerle. Webb ci dice che Théodore Parker le ha osservate, in America, in Cile, quando all'età di dodici anni e ignorante della loro esistenza e che le vide in Persia servendosi di un vetro scuro. Nel mese di maggio del 1868, le ha distinte e, sembra, senza troppe difficoltà, sotto l'atmosfera così raramente limpida in Francia¹: numerose persone ne hanno constatato la forma. Questa è una prova visiva di un'estrema rarità.

¹Si veda il nostro *Études sur l'Astronomie*, t. III, p. 175.

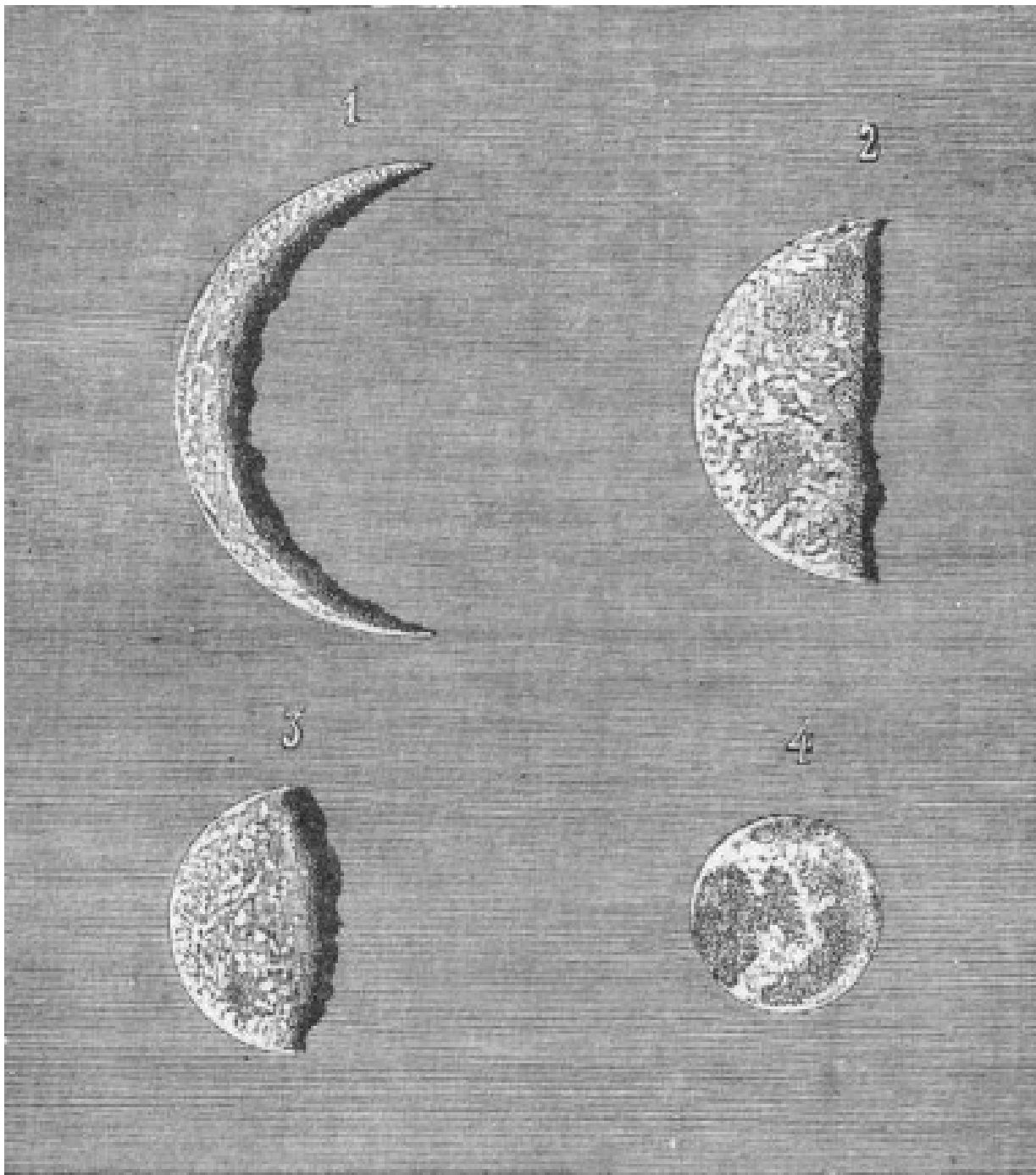


Fig. 34 - Fasi principali di Venere.

La nostra figura 34 rappresenta i quattro punti principali di queste fasi: 1° la falce che si ammira nel periodo in cui Venere arriva tra il Sole e noi, falce estesa e sottile, che l'occhio inesperto che osserva al telescopio prende sempre per quella della Luna; 2° l'aspetto che il pianeta presenta nella sua quadratura, quando esso forma un angolo retto con il Sole e noi e vediamo solo la metà del suo emisfero illuminato; 3° la sua fase quando avanza dietro il Sole e ci scopre poco a poco il suo emisfero illuminato, allontanandosi da noi; e 4° il suo disco pieno, quando si trova alla sua massima distanza.

La distanza di Venere dalla Terra, variando considerevolmente secondo le posizioni che esso occupa sulla sua orbita, fa variare il suo diametro nella stessa proporzione. Quando si trova alla sua massima distanza dalla Terra, cioè dietro al Sole, esso è lontano da noi per tutta la larghezza della sua orbita, più della distanza della sua orbita a quella della Terra, cioè 64 milioni di leghe circa. Il suo diametro è allora solo di $9''$, 5. Quando si trova alla sua minima distanza, cioè tra il Sole e noi, è lontano da noi solo 10 milioni di leghe e il suo diametro raggiunge i

63". Il suo diametro varia come la distanza tra questi due limiti. È come se dicessimo che la larghezza del suo disco varia per noi da 9,5 *mm* fino a 63.

La luce di Venere è così forte che accade talvolta che produca ombra. Una sera ho constatato questo fatto senza aspettarmelo e senza averlo per nulla immaginato. Tornando da un viaggio in Italia, nella primavera del 1873, mi fermai a Ventimiglia, dove il treno passava verso le nove di sera. Era il 23 marzo. Condotta da una guida attraverso la città oscura, mi accorsi un momento che tre ombre ci seguivano alla nostra sinistra lungo il muro del giardino vicino al quale camminavamo. Grande sorpresa di questa ombra prodotta senza chiaro di luna e senza riverberi, la feci notare ai miei due compagni, che la riconobbero tanto quanto me. Essa era molto netta e alquanto evidente. Il cielo era popolato di stelle brillanti. Ma alla nostra destra vi era solo Venere come astro di prima grandezza e brillava di un tale splendore, che i suoi fuochi sembravano più splendidi di tutti quelli del firmamento riuniti. Il muro era bianco sale e quasi grigio; se fosse stato bianco, le nostre ombre sarebbero state ancora molto più marcate.

Le settimane seguenti, a Nizza, ripetei l'esperimento su un foglio di carta; l'ombra delle dita, di una matita e di un oggetto qualunque, si delineava con la massima nettezza.

Dopo ho spesso notato lo stesso fatto, soprattutto nella primavera di questo anno, il 1876.

In quale fase Venere è più brillante?

Se non avesse fasi, se brillasse allo stesso modo, il suo massimo splendore arriverebbe naturalmente nel periodo in cui esso si trova alla minima distanza. Ma siccome egli riflette la luce che riceve dal Sole, è facile vedere che quando passa alla sua minima distanza dalla Terra, tra il Sole e noi, esso ci mostra il suo emisfero non illuminato, di modo che cessa anche di essere visibile per qualche giorno. Inoltre, è vicino al Sole che non lo lascia scoprire.

La fase del massimo illuminamento di Venere arriva, nel posto in cui la sua digressione orientale o occidentale è di $39^{\circ}\frac{1}{2}$, posizione in cui esso si mostra nei cannocchiali con il quarto del suo disco illuminato, come la Luna al suo quinto giorno. Il pianeta passa da questa posizione 69 giorni prima e dopo la sua congiunzione inferiore. Il suo diametro apparente è allora di 40" e la larghezza della sua parte illuminata è appena di 10". La nostra figura 35 rappresenta questa fase di maggiore visibilità. Nel mezzo della falce (*AB*) si è tracciato un piccolo cerchio (*CD*) indicante la dimensione apparente del pianeta alla sua massima distanza, quando si trova dietro il Sole; e attorno alla falce un grande cerchio (*EF*) indicante la grandezza del pianeta alla sua minima distanza, quando passa tra il Sole e noi. Queste sono le differenze di grandezza apparente. Questo maggiore splendore deve arrivare circa ogni otto anni, poiché la situazione di Venere e della Terra l'uno rispetto all'altro si ritrova circa dopo questo intervallo. Se allora l'atmosfera è pura, Venere è *visibile in pieno giorno*.

Gli antichi l'avevano già osservato. Varrone riferisce che Enea, nel suo viaggio da Troia in Italia, osservava sempre questo pianeta, suo protettore, malgrado la presenza del Sole.

Gli anni 398, 984, 1008, 1014, 1077, 1280, 1363, 1716, 1750, 1794, 1857, sono rimasti notevoli a questo riguardo.

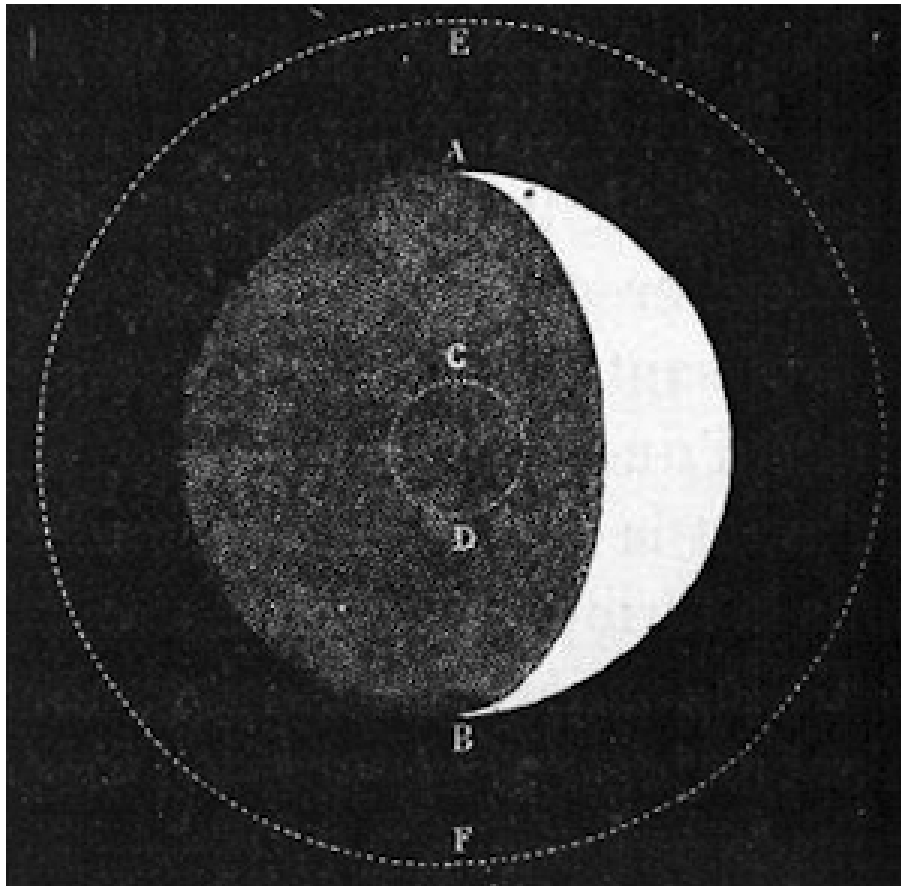


Fig. 35 - Fase della massima visibilità di Venere.

Nel 1716 e nel 1750, si ebbe a Parigi e a Londra una notizia di notevole portata a proposito di questa visibilità del pianeta in pieno giorno: fu scambiato per una stella nuova.

Nel 1794 il generale Bonaparte, recandosi al palazzo di Luxembourg, fu fortemente colpito nel vedere che il popolo fissava la sua attenzione sul cielo invece di guardare lui. Chiese al suo stato maggiore e apprese che i curiosi vedevano con sorpresa, sebbene si fosse in pieno mezzogiorno, una stella che prendevano per quella del vincitore dell'Italia: era Venere che brillava non lontano dal Sole.

Nel 1857, nel mese di aprile, lo splendore dello stesso pianeta attraversò di nuovo la luce del giorno e le viste acute potevano distinguerlo in pieno mezzogiorno.

Si è notato anche questo brillante splendore nel 1868 e si sono potute vedere le sue fasi ad occhio nudo.

Noi abbiamo potuto recentemente fare la stessa osservazione nella primavera del 1876; dalla fine di marzo alla fine di giugno, il bel pianeta risplendeva nel nostro cielo di una luminosità straordinaria e lo si poteva distinguere ad occhio nudo nel mese di giugno.

Questa visibilità di Venere in pieno giorno è più o meno forte e più o meno evidente secondo la stagione in cui si manifesta, secondo le condizioni del cielo e la trasparenza dell'atmosfera.

È il *solo astro* che possa essere visto ad occhio nudo in pieno giorno. Ma la sera o la mattina, prima del tramonto o dell'alba, si sono talvolta visti Giove, Sirio, Canopo, Vega.

Confrontandola alla luce del Plenilunio, si trova che la luce che riceviamo da Venere è circa 1000 volte più debole.

Ci rimane, a proposito delle fasi di questo pianeta, una osservazione da fare sulla *luce cinerea di Venere*.

Tutti hanno potuto osservare che quando, il terzo e quarto giorno di luna piena, la Luna brilla nel cielo della sera sotto forma di una falce luminosa, o distingue nell'interno della falce l'intero corpo del globo lunare, non luminoso come la falce, ma scuro quasi come il cielo e colorato da una debole luce grigia. È così anche prima della luna nuova, il nostro satellite brilla la mattina sotto forma di falce opposta a quella della sera.

Questa luce secondaria, detta *luce cinerea*, non appartiene alla Luna: essa è dovuta, come vedremo, alla riflessione della luce della Terra.

L'osservazione del globo scuro debolmente illuminato nell'interno della falce luminosa è stata fatta su Venere come sulla Luna. Come si è potuto farla? Non vi è nelle vicinanze di Venere un astro che gioca lo stesso ruolo della Terra per la Luna e in grado di riflettere un poco di luce sul suo emisfero non illuminato. Quale può essere la causa di questa singolarità? Numerose spiegazioni sono state avanzate, ma nessuna è soddisfacente. Ma prima di occuparci delle spiegazioni, l'importante è sapere se realmente questa luce secondaria esiste. Siccome nostro obiettivo in questa opera è conoscere tutti i dettagli che interessano ciascuno dei mondi del nostro sistema solare, vediamo quali sono le osservazioni certe che sono state fatte su queste luce misteriosa.

La prima si trova nella *Théologie astronomique* del rettore inglese Derham, pubblicata nel 1715 e tradotta in francese nel 1720. Vi si legge il seguente passo: "Quando il pianeta (Venere) appare come una falce, si può vedere la parte oscura del suo globo con l'aiuto di una luce di un colore spento e un poco rossastro."

In ordine di data, la seconda osservazione della parte oscura di Venere appartiene ad André Mayer; eccola: "Il 20 ottobre 1759, a mezzogiorno e 45, passaggio al meridiano del corno inferiore; la parte luminosa di Venere era molto sottile, tuttavia l'intero disco apparve come la porzione della Luna per la luce riflessa dalla Terra."

Così Mayer vide il fenomeno durante il giorno, nel momento del passaggio al meridiano e con un cannocchiale di capacità molto mediocre.

Nel 1806, Harding vide tre volte il disco intero di Venere in periodi in cui, con il consueto illuminamento, si sarebbe dovuto vedere solo una parte molto piccola. Il 24 gennaio, al termine della notte, la luce eccezionale si distingueva da quella del cielo per un colore grigio cenere molto tenue e il cui contorno perfettamente definito appariva illuminato dal Sole. Il 28 febbraio, la luce della regione oscura, vista nel debole colore crepuscolare, sembrava leggermente rossastra. Il 14 marzo, in un crepuscolo sensibilmente più forte, Harding fece un'analoga osservazione.

L'11 febbraio dello stesso anno, senza conoscere le osservazioni del professore di Göttingen, Schröder osservò anche a Lilienthal la parte oscura di Venere, che disegnava in cielo un chiarore tenue e opaco. Successivamente, Gruithuisen, di Monaco, fece una osservazione analoga a quella del suo collega di Lilienthal, l'8 giugno 1825, alle quattro del mattino.

Nell'insieme di queste osservazioni non vi sono elementi necessari per decidere a cosa attribuire le insolite apparizioni della parte di Venere non illuminata dal Sole. Olbers, nella sua memoria sulla trasparenza del firmamento, adotta l'opinione che la luce che ci fa vedere il disco opaco proviene da una forma di fosforescenza.

Questa stessa opinione era stata in precedenza professata da William Herschel, il quale, disse nella sua memoria del 1795, che la parte di Venere non illuminata dal Sole è stata vista da diversi osservatori (che non nomina), e crede di non poter rendere conto dell'esistenza del fenomeno se non attribuendolo a qualche proprietà fosforica dell'atmosfera del pianeta.

Arago si chiedeva se questo raro e curioso fenomeno non si potesse spiegare con una certa luce cinerea analoga a quella della nostra Luna e che avrebbe la sua causa nella luce riflessa dalla Terra o da Mercurio verso il pianeta. Ma questa luce non sarebbe sufficiente e Arago concludeva che la spiegazione era difficile da dare.

Vediamo le osservazioni fatte in questi ultimi anni su questo argomento².

Il 14 gennaio 1862, M. Berry, zio dell'astronomo inglese Knott, non conoscendo nulla di questa visibilità, la notò osservando il pianeta in un piccolo telescopio gregoriano di 4 pollici, il cui oculare ingrandiva 160 volte. La parte oscura del disco era perfettamente visibile e come colorata di una luce cinerea.

Numerosi osservatori hanno pure segnalato questo fenomeno nel 1862 e 1863.

²Si vedano i *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.

Il capitano Nobile, il cui osservatorio è situato nella contea del Sussex (Inghilterra), lo osservò il 22 febbraio 1870, la vigilia del giorno della congiunzione. La falce non raggiungeva il semicerchio. Diminuendo il campo del cannocchiale, poté distinguere l'intero corpo del pianeta, ma senza un limite netto al contorno. Il cielo non era molto limpido.

Il 5 febbraio 1870, qualche giorno prima della congiunzione, M. Langdon, di cui riporteremo più avanti le osservazioni relative alle macchie del pianeta, vide, così come numerosi altre persone, l'intero disco illuminato di luce cinerea.

Il 25 settembre 1871, a Strasburgo, l'astronomo tedesco Winnecke distinse perfettamente in pieno giorno, come André Mayer nel 1879, il corpo oscuro di Venere illuminato da una debole luce. Era un poco prima di mezzogiorno. L'atmosfera era straordinariamente limpida.

Il 22 marzo 1873, alle 6 e 40 di sera, la fosforescenza del disco non illuminato era perfettamente visibile, in un cannocchiale acromatico di apertura 4 pollici, per M. Elger, di cui riferiremo in seguito anche le diverse osservazioni.

Il 19 aprile 1873, l'intero corpo del pianeta era visibile al telescopio a specchio con vetro argentato di M. Langdon. L'osservazione fu eseguita durante l'aurora.

Da parte mia, l'ho visto una sola volta, il 2 aprile 1873 con un cannocchiale di 4 pollici e ancora era poco pronunciato. L'impressione che mi è rimasta, è che la visibilità del disco non illuminato di Venere è dovuta a una riflessione diffusa prodotta dalle nubi del pianeta, riflessione diffusa analoga a quella che ci fa distinguere un oggetto bianco nel mezzo della notte stellata più profonda.

Il globo così bianco di Venere riflette vagamente la luce stellare distribuita nello spazio, mentre lo spazio rimane completamente nero. Basta che questo splendore sia debolmente rivelato perché l'occhio completi istintivamente il contorno della falce e indovini il resto del globo, che non si distinguerebbe altrimenti.

Vedremo in seguito che questo mondo è quasi costantemente circondato di nubi singolarmente bianche. Forse hanno esse stesse qualche fosforescenza, come le nostre talvolta ci mostrano, in particolare in primavera. Forse assistiamo anche da qui ad aurore boreali dell'atmosfera di Venere. Le nubi così bianche che circondano costantemente il pianeta, la loro possibile fosforescenza, o aurore boreali, formano un insieme sufficiente per spiegare questa luce cinerea.

Capitolo 17

Dimensioni del pianeta Venere

Diametro - Superficie - Volume - Peso - Densità

Questa brillante stella della sera, che versa la sua dolce luce dall'alto del cielo, è lontana dall'essere un punto luminoso come appare ad occhio nudo. La distanza che ci separa produce questa piccolezza. In realtà, è un globo enorme, sul quale potremmo camminare e viaggiare come sulla Terra. L'immaginazione potrà farne il giro e misurarlo col pensiero, se supponiamo che un Oceano circonda interamente il pianeta Venere e che la più rapida delle nostre navi a vapore sia lanciata sulle sue acque; impiegherebbe più di due mesi a farne il giro; per 70 o 80 giorni l'elica morderebbe l'acqua e le onde della scia ribollirebbero alla poppa della nave in questo viaggio di circumnavigazione, prima di poter completare la nostra traversata attorno a questo vasto globo, che è di poco inferiore a quello che abitiamo.

Tutte le osservazioni e tutti i calcoli sono in accordo nell'assegnare alla Terra vista dal Sole il diametro di $17''$, 74. È la grandezza angolare di una sfera del diametro di un metro vista a tre leghe di distanza.

Le misure micrometriche fatte dopo più di un secolo sul pianeta Venere, corrette per tutte le possibili cause di errore, verificate in tutti i modi, ci dimostrano che questo pianeta, visto alla stessa distanza che ci separa dal Sole, distanza presa come unitaria nelle misure interplanetarie, sottende un angolo di $16''$, 93: tale è il valore che io trovo come media definitiva delle ultime misure prese all'Osservatorio di Parigi e all'Osservatorio di Greenwich.

Ne risulta che il mondo di Venere è un poco più piccolo del nostro. William Herschel aveva trovato $18''$, 79, determinando un diametro un poco maggiore di quello della Terra. M. Main aveva trovato un diametro un poco meno grande di quello di Herschel, ma, tuttavia, ancora più grande di quello della Terra. Per lungo tempo ci si è chiesti se questo pianeta è più grande del nostro. La discussione definitiva dà un vantaggio al pianeta che abitiamo. Ma la nostra superiorità su di lui è solo di qualche centinaia di leghe quadrate; bisognerebbe ancora sapere se i tre quarti della sua superficie sono come qui, resi inabitabili dall'invasione delle acque.

Come dimensione, Venere è il pianeta che assomiglia maggiormente alla Terra. Il suo diametro è di 0,954 prendendo quello della Terra per unità, cioè che è di 12000 chilometri; la sua circonferenza misura, di conseguenza, 9500 leghe; il suo volume è uguale agli 87 centesimi del volume terrestre; la sua superficie supera i 90 centesimi, cioè è quasi uguale a quella del nostro pianeta. Nessun altro globo del sistema potrebbe offrire una tale somiglianza con il nostro. Giove, per esempio, è 1390 volte più grosso della Terra, Saturno 864 volte, Nettuno 85 volte, Urano 75 volte: questi sono colossi rispetto a noi. Il volume di Marte al contrario è solo i 16 centesimi di quello della Terra e il volume di Mercurio è solo i 5 centesimi del nostro; misura solo, come abbiamo visto, 1200 leghe di diametro. Il volume della Luna è solo la 49^a parte del volume della Terra, cioè a dire un poco più di un terzo di quello di Mercurio e il suo diametro misura 870 leghe. Infine i più grossi dei minuscoli pianeti che circolano tra Marte e Giove misurano solo un centinaio di leghe e i più piccoli vanno anche al di sotto con diametri di qualche

lega. Si vede che in tutte queste diversità, Venere può veramente essere detto la sorella della Terra.

Questo è il volume del nostro pianeta vicino. Quale è il suo peso? Se esso avesse un satellite ruotante attorno ad esso potremmo facilmente calcolarlo con la velocità del suo moto. Ma Venere ha un satellite?

Esso ne avrebbe piuttosto due invece che uno, rispondevano ai tempi in cui gli astronomi dettavano legge, basandosi sulla loro mitologia. Esso non ne ha probabilmente nessuno, rispondiamo oggi. Bisogna ammettere che questa non esistenza del satellite di Venere non è del tutto provata e che lo scopo di questa osservazione rimane assai confuso.

Fontana, uno dei più abili astronomi della sua epoca, ne annunciò la scoperta da lui fatta il 15 novembre 1645. Cassini, a sua volta, assicura di averlo a lungo osservato il 25 gennaio 1672, poi il 28 agosto 1678, servendosi di grandi cannocchiali dell'Osservatorio di Parigi. L'ottico inglese Short credette di osservarlo il 3 novembre 1740. Nel 1761, l'anno del passaggio di Venere sul Sole, Montaigne, astronomo a Limoges, annunciò di averlo ritrovato il 3 maggio e i successivi 4, 7 e 11; e quello stesso anno Scheuten vide il 6 giugno un punto nero che attraversava il Sole. André Mayer aveva pure creduto di osservarlo nel 1759 a Gresswalden e il gesuita Lagrange a Marsiglia. Montbarron, consigliere al presidio di Auxerre, lo osservò attentamente i giorni 15, 28 e 29 marzo 1764; il 10 e 11 dello stesso mese, Horrebow e numerosi curiosi fecero nella stessa città analoghe osservazioni. Lo si è visto a volte vicino, a volte lontano da Venere, a volte senza fase, a volte presentante una fase corrispondente a quella di Venere.

La prima spiegazione che si presenta su questo fatto curioso, è che se è stato così raramente osservato dopo più di due secoli di osservazione di Venere al telescopio, potrebbe ben essere una illusione ottica, causata dall'immagine secondaria che produce la debole riflessione di un oggetto luminoso visto attraverso il cannocchiale. Ma questa confutazione non è sufficiente, poiché si è visto questo punto enigmatico tenendo il pianeta al di fuori del campo dello strumento.

Si era così convinti dell'esistenza di questo satellite, che il re Federico II di Prussia, fortemente entusiasta dei filosofi francesi, propose di dargli il nome di *d'Alembert*. L'illustre matematico si rifiutò con una lettera in cui si sottolineavano i ringraziamenti seguenti: "Vostra Maestà mi fa troppo onore nel voler battezzare col mio nome questo nuovo pianeta. Non sono così grande per divenire nel cielo il satellite di Venere, né per esserlo sulla Terra; e mi trovo molto bene nel posto che tengo in questo piccolo mondo per avere l'ambizione di un posto nel firmamento.."

L'astronomo Lambert credette di avere in mano osservazioni sufficienti per calcolare l'orbita di questo misterioso satellite. Ma siccome non l'aveva mai rivisto, né nei passaggi di Venere del 1759 e 1874, né negli altri periodi di congiunzione del pianeta, dobbiamo concluderne che è decisamente apocrifo.

La migliore spiegazione da offrire delle precedenti osservazioni, è di supporre che una stella o un piccolo pianeta si è trovato dietro Venere nei periodi delle osservazioni. Quanto alle fasi, la loro constatazione su un astro così piccolo è così difficile che potremmo certamente metterle in conto all'immaginazione... a meno di ammettere che dopo l'ultimo secolo questo satellite sia scomparso e si sia crollato sul suo pianeta, a stupore e grande detrimento degli abitanti di Venere!!

In assenza di osservazioni conclusive di un satellite, si è dovuto pesare il globo di Venere con le perturbazioni che la sua attrazione esercita sulla Terra, su Mercurio e sulle comete: i calcoli sono in accordo nel provare che questo pianeta pesa meno del nostro. Rappresentando con 1000 la massa della Terra, quella di Venere vale 787. La conoscenza del suo volume permette di ricavarne la *densità* media dei materiali che lo compongono: essa è *un poco più piccola* di quella del nostro globo (= 0,905). Infine la gravità dei corpi è pure più piccola su questo pianeta rispetto al nostro; poiché indicando con 1000 l'intensità del peso alla superficie della

Terra, quella stessa forza è su Venere data da 864. Gli abitanti di questo mondo sono un poco più leggeri di noi.

Riassumendo, vediamo che Venere e la Terra sono due mondi notevolmente vicini per i loro elementi astronomici così come per la loro posizione nel sistema solare.

Capitolo 18

Rotazione di Venere sul suo asse

Il giorno e la notte alla sua superficie - Numero di giorno del suo anno - Calendario.

Questo mondo, di dimensioni quasi simili al nostro, ruota sul suo asse in 23 ore 21 minuti e 24 secondi. La durata del giorno e della notte assieme è quindi *all'incirca la stessa della nostra*: la differenza è di soli 35 minuti in meno.

Per le regioni equatoriali di Venere, come per quelle della Terra, il giorno è per l'intero anno uguale alla notte; la sua durata è costantemente di 11 ore e 40 minuti. Ma, sotto tutte le altre latitudini, questa durata varia considerevolmente con le stagioni, come da noi, e più ancora. Vedremo i dettagli occupandoci dell'intensità delle stagioni e dei climi di questo pianeta.

Cassini è il primo che, essendo giunto a osservare qualche macchia sul suo disco, ne seguì il movimento e concluse per l'esistenza di una rotazione, che le sue misure, commentate dai suoi figli, portavano a 23 ore e 15 minuti. Queste osservazioni risalgono a più di due secoli, nel 1666. Esse sono state fatte in Italia, prima che Luigi X chiamasse questo astronomo alla direzione dell'Osservatorio di Parigi, che doveva essere fondato.

Sessanta anni più tardi, nel 1726, Bianchini, altro astronomo italiano, trovava 24 giorni 8 ore per questa stessa durata di rotazione! Questa enorme differenza deriva dal fatto che aveva osservato la stessa macchia posta in una identica posizione dopo 25 rotazioni complete, e ciò da, dividendo, 23 ore 22 minuti per la durata di ognuna di esse, valore molto vicino a quello di Cassini.

Alla fine dell'ultimo secolo, l'astronomo tedesco Schroeter trovò 23 ore 21 minuti 8 secondi.

Il periodo è stato definitivamente determinato nel 1841, grazie ad una bella serie di osservazioni organizzate sotto il cielo solitamente molto puro di Roma dal P. de Vico e fissato a 23 ore 21 minuti 24 secondi. Essendo queste osservazioni legate alla geografia di Venere, si troveranno in dettaglio nel capitolo che riguarda questo tema.

L'anno di questo pianeta si compone di 224 giorni terrestri, 231 dei suoi propri: 231 giorni siderali, o rotazioni. Ma come abbiamo già fatto notare a proposito di Mercurio, vi è nell'anno un giorno solare in meno del giorno siderale. *L'anno degli abitanti di Venere conta quindi, in definitiva, 230 giorni solari o civili.*

Ma arriviamo allo studio fisico di questo bel pianeta, nostro fratello dello spazio e nostro compagno di traversata. Affrettiamoci a incominciare.

Capitolo 19

Le montagne di Venere

Le prime osservazioni accurate hanno mostrato alla sua superficie irregolarità notevoli per il suo volume, formate da immense e alte catene montuose, ben superiori alle nostre Ande e alla nostra Cordigliera. Ma è servita la cura più minuziosa per assicurarsi di queste particolarità e soprattutto per misurarne il valore.

La principale difficoltà di una precisa osservazione della superficie di Venere visto al telescopio deriva dalla luce eccessiva che ci invia, sebbene non faccia che riflettere la luce che riceve dal Sole. Ho spesso osservato che essa produce ombra. Questa luce splendente è ben superiore a quella che riceviamo da Giove, e al telescopio, come ad occhio nudo, è notevolmente più bianca. Il valore intrinseco di questa riflessione è prodigioso. Per ben comprenderlo, immaginiamo che il sole di mezzogiorno invii perpendicolarmente i suoi raggi sul fianco di una montagna e che questa superficie sia ricoperta di sabbia bianca. Ebbene, questa luce abbagliante che verrà in tal modo riflessa non eguaglierà nemmeno la metà di quella che Venere ci invia.

L'astronomo Zollner ha calcolato che il pianeta Marte ci riflette un poco più di luce solare di una superficie ricoperta di sabbia bianca. Supponiamo che sia come Venere. Siccome esso è più vicino al Sole e riceve a parità di superficie due volte più luce della Terra, il suo disco deve apparire due volte più brillante della sabbia bianca illuminata. La distanza non è per nulla nella proporzione; essa può diminuire lo splendore degli oggetti visti attraverso l'atmosfera più o meno opaca, ma non viene attenuata nel vuoto.

Questo grande splendore di Venere apporta un singolare ostacolo alla chiarezza dei dettagli della sua superficie, che abbaglia l'occhio, anche riducendo l'apertura dei cannocchiali e diminuendone la luce. Ma sebbene questo pianeta sia così difficile da osservare, vi è tuttavia una circostanza del suo moto che mette in evidenza il rilievo geologico della sua superficie: sono le sue fasi, analoghe a quelle della Luna, come abbiamo visto. Quando esso si trova tra il Sole e noi, ci appare sotto la forma di una falce di grandi dimensioni. Non ne vediamo sfortunatamente la sua parte centrale, la cui osservazione sarebbe così utile; ma il suo bordo illuminato disegna per noi le irregolarità della sua superficie e ci permette di basare su essa l'osservazione che abbiamo fatto da lungo tempo sulla Luna, cioè, misurare l'altezza delle sue montagne.

Sulla Terra, sulla Luna, su Venere, su un globo qualsiasi illuminato dal sole, il cerchio interno che limita una fase, la linea che contorna la falce illuminata disegna la regione sulla quale il Sole si leva o tramonta. Le cime delle montagne sono illuminate al levare del Sole prima della pianura che si estende ai loro piedi e il contrario avviene al tramontare del Sole. È ciò che rende così evidente la vista telescopica dei paesaggi lunari lungo i meridiani posti al limite dell'illuminazione solare. In particolare, all'incirca al primo quarto, il bordo interno della Luna è interrotto da insenature nette e profonde causate dalle asperità del terreno, che producono l'effetto di un pregevole merletto, quando l'ingrandimento impiegato non è troppo forte per rivelare la reale natura. In realtà, uno degli spettacoli più belli dell'astronomia pratica e nello stesso tempo uno dei più facili da procurarsi, è quello di dirigere un cannocchiale sull'astro

argentato della notte nelle belle sere che precedono il primo quarto: l'occhio sbalordito vede stagliarsi nel cielo una falce d'argento fluido, la cui contemplazione innalza il nostro pensiero ben oltre le cose ordinarie della vita terrestre. Misurando la distanza che separa la cima così illuminata di un picco lunare dal limite dell'ombra, si è potuto calcolare l'altezza precisa di tutte le montagne della Luna.

Fenomeni analoghi sono presentati dal pianeta Venere, soltanto la loro grande distanza li rende difficili da osservare; e mentre noi abbiamo potuto misurare le altezze di tutte le montagne della Luna con precisione di qualche metro, abbiamo ancora potuto distinguere solo le alte pianure che contrassegnano il suolo del pianeta, come l'Himalaya, le Ande, le Alpi, fanno sulla Terra, ma in proporzioni ancora più notevoli. Se il globo di Venere fosse perfettamente unito. il limite tra l'emisfero illuminato e l'emisfero oscuro sarebbe sempre preciso e uniforme; queste montagne lo rendono al contrario molto irregolare.

Dall'anno 1700, Lahire, astronomo francese, osservando Venere durante il giorno, vicino alla sua congiunzione inferiore, osservò sulla parte inferiore della falce montagne più alte di quelle della Luna. Il cannocchiale da lui usato aveva una distanza focale di $5^m, 20$ e ingrandiva 90 volte.

Nella prima metà dell'ultimo secolo, il pastore inglese Derham, autore della "Théologie astronomique", fece notare che osservando la falce di Venere nel telescopio di Huygens, aveva visto sinuosità e ineguaglianze analoghe a quelle che osserviamo nella falce lunare.

L'astronomia deve a Schroeter una eccellente serie di osservazioni fatte alla fine dell'ultimo secolo. Portando la sua attenzione sulla parte della falce vicina ai corni, li vide qualche volta troncati e anche, il 28 dicembre 1789, il 31 gennaio 1790 e il 27 febbraio 1793, osservò vicino al corno meridionale un punto luminoso del tutto isolato, separato dal resto della falce da uno spazio oscuro. Queste irregolarità variavano di forma precisamente come devono fare, secondo l'inclinazione dei raggi solari e il rilievo del suolo. Qui una pianura o un mare, più lontano un alto pianoro che si interpone come un punto tra la luce e l'ombra; qui valli, la picchi montuosi che ritagliano un bordo variegato al limite dell'emisfero illuminato. Numerosi degli effetti osservati da Schroeter furono così notevoli, che essi gli fecero concludere che le catene montuose di Venere sono molto più alte di quelle della Terra.

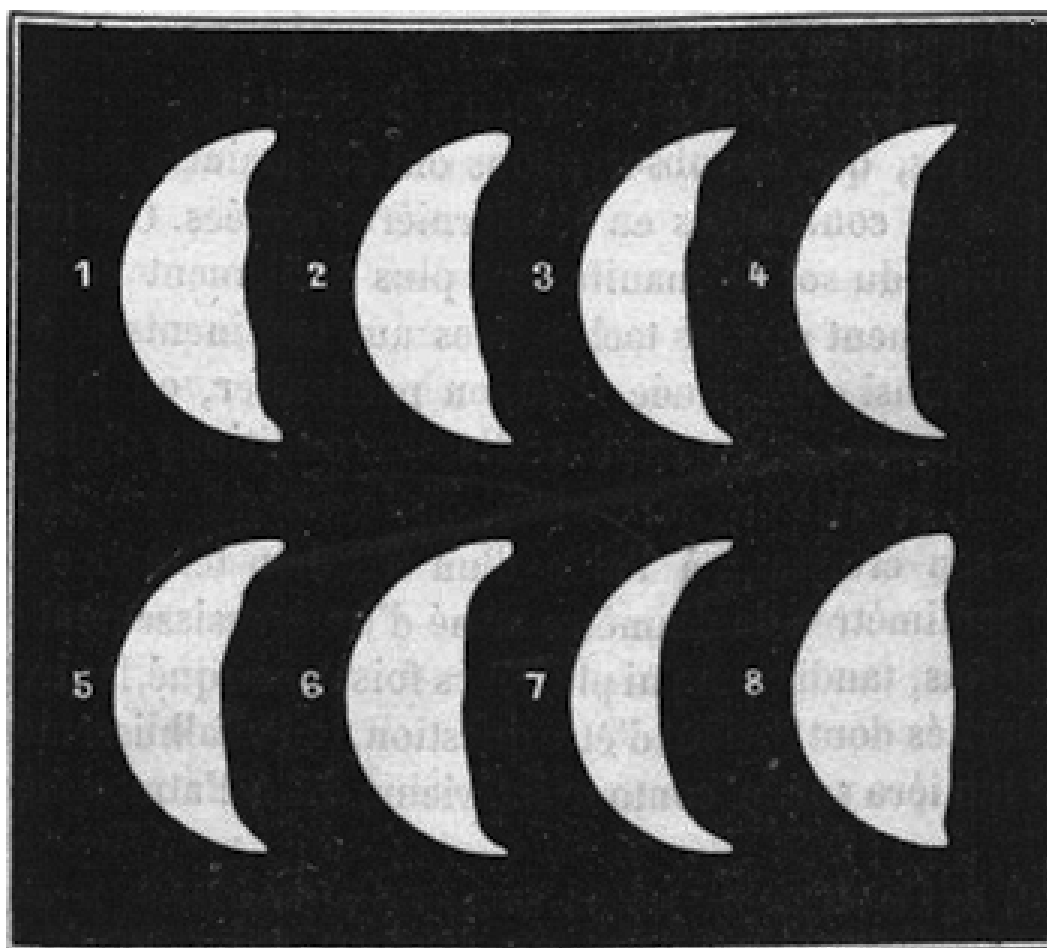


Fig. 36 - Irregolarità osservate sul contorno interno delle fasi di Venere

Tra gli anni 1833 e 1836 gli astronomi Beer e Mädler si sono specialmente occupati dello stesso argomento e hanno verificato che le curve che contornano la falce interna del pianeta non hanno la configurazione matematica che indica la teoria. Essi hanno disegnato una serie di figure, di cui riproduciamo qui le otto principali dai loro disegni originali. Senza entrare nei dettagli di osservazioni e date di queste otto fasi, ci basta pregare il lettore di considerare attentamente le linee interne delle falci: egli noterà una differenza essenziale tra queste linee interne e la curva esterna. Mentre quest'ultima è sempre rotonda e netta, l'altra è irregolare e queste frastagliature, piccole in apparenza, grandi se le si analizza con cura, tenendo conto delle loro proporzioni relativamente al diametro del pianeta, provano in modo irrefutabile i resti geologici del suolo di Venere e l'importanza di questi resti¹.

Vedremo tra poco, studiando la geografia di Venere, che queste osservazioni sono state ripetute molte volte e confermate in questi ultimi anni. Queste irregolarità del suolo si manifestano più facilmente e più frequentemente delle macchie dovute ai continenti e ai mari. Quest'anno 1876, in particolare, dove il pianeta si presenta in eccellenti condizioni per l'osservazione, non ho

¹Beer e Mädler hanno osservato una curvatura singolare del corno meridionale corrispondente con una depressione già osservata da Schroeter. Lo stesso fatto è stato verificato da diversi osservatori, in particolare Flaugergues, Valz, in Francia, Brene a Cambridge. Ma le osservazioni più curiose su questo punto, come sull'esame generale del pianeta, sono state fatte nel 1841, a Roma, dal P. de Vico e dai suoi assistenti. Con un cannocchiale di Cauchoix, di 6 pollici e un quarto e con un ingrandimento di 1128, essi poterono constatare l'esistenza di una valle circondata da montagne, rassomigliante molto ai tipi di crateri lunari e con un diametro di 4'. La falce era stretta e vicino al corno boreale essi notarono dapprima una macchia nera oblunga che si orlò in seguito di una forte luce, poi sconfinata della metà del suo anello sull'emisfero oscuro e finiva per formare una insenatura nera tra due proiezioni brillanti, offrendo l'aspetto di un corno a tripla punta. Nel 1857, il P. Secchi, allo stesso osservatorio, con il suo equatoriale di 9 pollici, studiò la falce quando era larga soltanto 0",4 e constatò che presentava in un certo punto una depressione che diminuiva ancora la sua larghezza.

potuto distinguere alcuna macchia sulla sua falce, con un telescopio molto buono del diametro di 20 *cm* dotato di un ingrandimento di 400 volte, mentre ho più volte notato le irregolarità indicate e l'indebolimento della luce sul contorno interno, dovuto all'atmosfera di Venere. Non è stato così per le osservazioni degli equatoriali dell'Osservatorio di Parigi e per quelle del potente telescopio di 80 *cm* dell'Osservatorio di Tolosa.

Le misure fatte su queste irregolarità sono in accordo nel provare che il mondo di Venere, sebbene delle stesse dimensioni del nostro, possiede montagne molto più alte, le più colossali delle quali raggiungono i 44000 *m* al di sopra del suolo più basso. L'altezza è cinque volte quella dell'Himalaya, come i trattati di astronomia hanno l'abitudine di dire, poiché bisognerebbe confrontare le altezze delle montagne terrestri misurate non al di sopra del livello del mare, ma al di sopra dei fondali oceanici, come abbiamo già fatto notare a proposito delle montagne di Mercurio; ma è, in tutti i casi, una superiorità più che doppia.

Abbiamo già visto che Venere è un globo opaco come la Terra, senza luce propria, illuminato dal Sole, che offre diverse fasi secondo la sua posizione, che possiede un volume e un peso poco differente da quello del nostro globo, avente anni di 224 giorni e giorni un poco più corti dei nostri; mostrante, infine, una superficie diversificata, come quella del nostro pianeta, con montagne e valli, con di altezze e con pianure analoghe a quelle che formano la base del nostro simpatico paesaggio terrestre. Andiamo un poco oltre nello studio di questo mondo e cerchiamo di coglierne la geografia.

Capitolo 20

Geografia di Venere

La curiosità e la perseveranza degli astronomi ambiziosi nello scrutare i misteri del cielo reale sono giunte a scostare un angolo del velo nuvoloso dell'atmosfera di Venere e a riconoscere le più importanti varietà dei dettagli del suo suolo. La prima osservazione di queste macchie risale a più di due secoli fa: essa è dovuta al primo direttore dell'Osservatorio di Parigi, a Gian Domenico Cassini, prima del suo arrivo in Francia. Scopri una macchia brillante il 14 ottobre 1666 e ne osservò una seconda il 28 aprile 1667. Queste mostrarono uno spostamento significativo tra la durata delle osservazioni, un nuovo spostamento il giorno dopo e ancora il giorno successivo. Le osservazioni del 9, 10 e 13 maggio, del 5 e del 6 giugno 1667, confermarono questo movimento e l'osservatore ne dedusse la durata della rotazione da noi indicata in precedenza.

Sotto questo cielo d'Italia, Bianchini sembra essere stato, nel 1726, assai favorito sia per la purezza accidentale del cielo o per la potenza del suo cannocchiale, sia per altre circostanze sconosciute. Questo osservatore colse, nel mezzo del pianeta, sette macchie che qualificò come mari comunicanti tra loro tramite stretti e che offrivano otto promontori distinti.

Ne disegnò le figure e assegnò loro il nome di un re del Portogallo, suo benefattore e i nomi dei navigatori più celebri per i loro viaggi, ai quali aggiunse quelli di Galileo e di Cassini. Le nostre figure 37 e 38 rappresentano i due emisferi di Venere in base all'insieme delle osservazioni di questo astronomo.

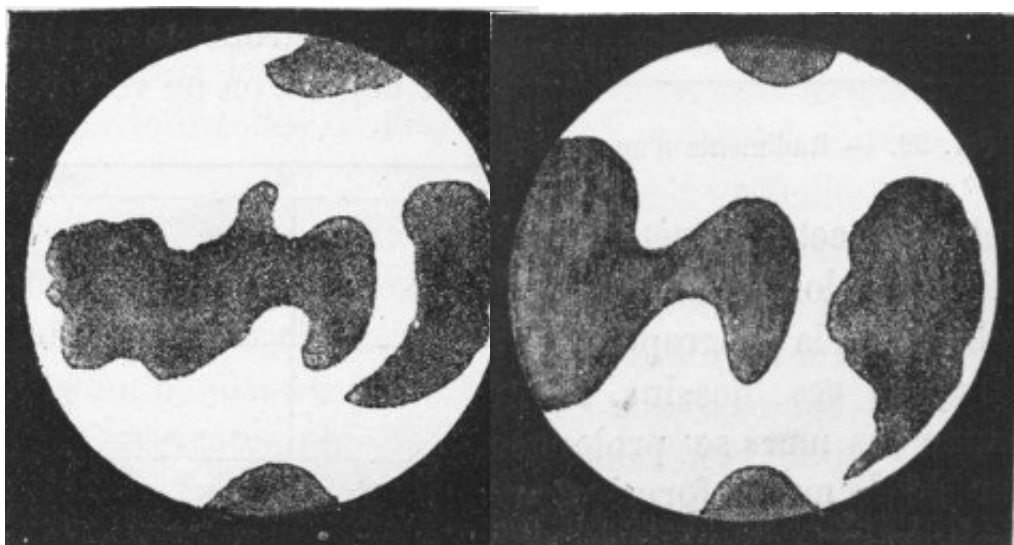


Fig. 37 - Un emisfero di Venere
(secondo Bianchini)

Fig. 38 - L'altro emisfero di
Venere

Bianchini ha ritenuto queste macchie alquanto invariabili e ben osservate per disegnare egli stesso un planisfero geografico del pianeta. È quanto riproduciamo in fig. 39. Ma bisogna

avere riserve su questo punto, poiché i moderni strumenti, più potenti di quelli di quell'epoca, non mostrano queste macchie con la stessa precisione, sia perché numerose tra loro variano, sia perché l'atmosfera di Venere era ai tempi di questo astronomo più trasparente, si vedono molto raramente le macchie scure di questo pianeta sempre abbagliante.

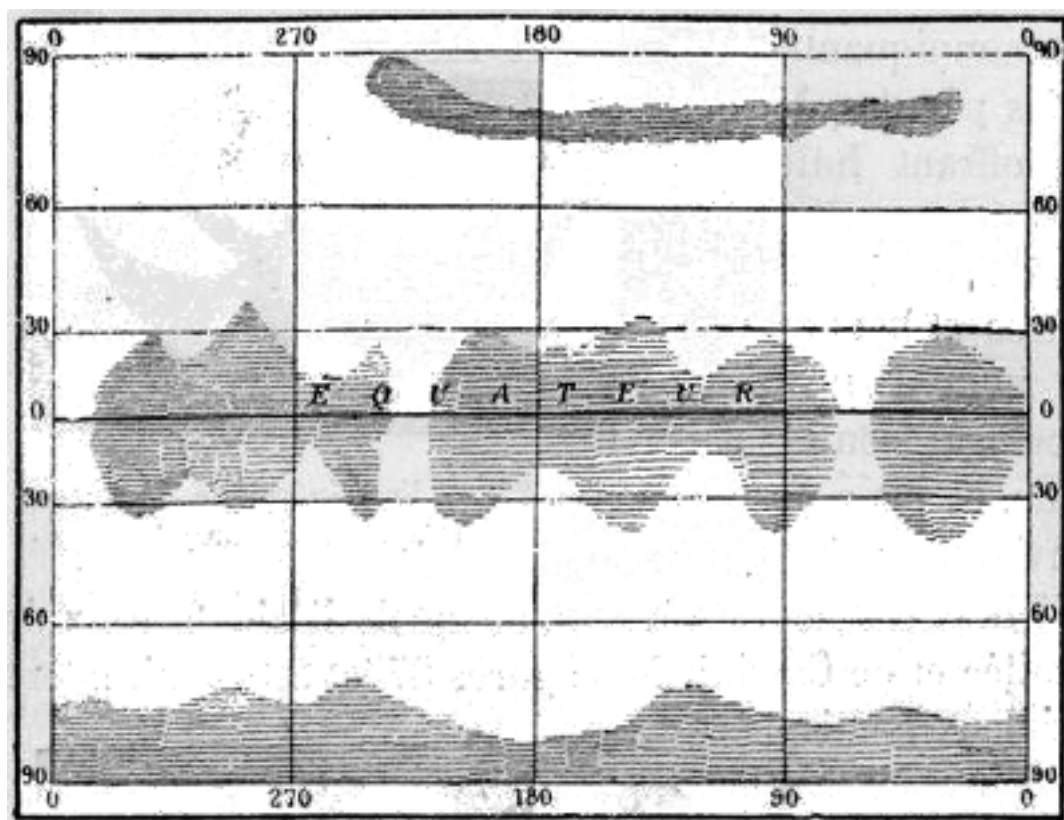


Fig. 39. Rudimenti di un planisfero geografico di Venere

Secondo questo disegno, le macchie grigie considerate come mari si dispiegherebbero lungo l'equatore di Venere formando tre oceani, uno dei quali sarebbe quasi circolare e gli altri due divisi in tre parti circa uguali. Si notano più di due macchie grigie allungate, una delle quali occupa tutto il polo nord (inferiore) e l'altra disegna un semicerchio attorno al polo sud. Le macchie scure, infatti, devono essere mari, poiché l'acqua assorbe più luce delle terre e la riflette meno.

Alla fine dell'ultimo secolo, Schroeter fece numerosi disegni del disco di Venere; ma le macchie che vi si trovano ricordano solo da lontano quelle di Cassini e Bianchini.

Durante gli anni 1839 e 1841, il P. de Vico e gli astronomi dell'Osservatorio del Collegio romano ripeterono nell'atmosfera di Roma le osservazioni di Bianchini e in particolare durante il giorno. È significativo infatti che è molto più facile distinguere le macchie di Venere durante il giorno che durante la notte, a causa della vivacità del suo illuminamento; inoltre, l'osservazione fatta alla luce permette l'uso di micrometri, non utilizzabili durante la notte. Questi osservatori sono tutti in accordo nei loro disegni; ne abbiamo riprodotti due (fig. 40, n° 2 e 3) che offrono una analogia degna di attenzione con quelli di Bianchini.



Fig. 40. Diversi aspetti di Venere osservati al telescopio

È significativo che Domenico Cassini non sia mai riuscito ad osservare attraverso l'atmosfera di Parigi alcuna traccia di macchie che aveva osservato in Italia.

La visibilità delle macchie di Venere dipende soprattutto dalle condizioni dell'atmosfera terrestre; e siccome la superficie di questo pianeta è molto brillante, bisogna che una luce lo circondi affinché queste macchie siano distinguibili. Le si è osservate a Roma con un piccolo cannocchiale di soli 2 pollici. Le si è viste in Inghilterra in un antico telescopio (*riflettore*) che ingrandiva 200 volte, il 23 gennaio 1750, attraverso i chiarori di una aurora boreale, molto più nettamente di quando il cielo non era illuminato. Quanto a me, non ho mai potuto distinguerle se non durante il giorno e in pieno sole e soltanto due volte: nel luglio 1871, nel grande equatoriale dell'Osservatorio di Parigi e, qualche giorno dopo, in un telescopio Foucault di 20 cm.

L'atmosfera di Venere è d'altronde così spesso ricoperta di nubi che queste macchie sono molto raramente visibili; numerosi astronomi molto abili non hanno mai potuto distinguerle su questo pianeta. L'astronomo inglese Dawes, la cui vista era assai acuta, non ha mai potuto vederle, e William Herschel ha potuto solo constatare nelle sue ricerche una leggera superiorità di splendore sui bordi del disco rispetto al cerchio interno.

Si è notato che i telescopi sono preferibili ai cannocchiali per l'osservazione di Venere e dopo che il procedimento di Foucault hanno permesso di costruire facilmente dei telescopi in vetro argentato, l'osservazione del pianeta è stata molto favorita e più frequente; così possediamo, da una decina di anni, un'ampia scelta di disegni di questo pianeta, meno dettagliati certamente di quelli di Marte e anche di quelli di Giove, ma già soddisfacenti per la nostra istruttoria. Parecchi dei nostri colleghi d'oltre Manica, tra gli altri, si sono dedicati a osservazioni continue e perseveranti, di cui siamo felici di segnalare qui i principali risultati:

Il primo maggio 1871, M. Langdon, astronomo inglese, essendo riuscito a ridurre la brillantezza di Venere mediante un diaframma di cartone annerito posto nell'oculare, riuscì a distinguere queste macchie. L'indomani, la fase era quella della Luna del primo quarto. Osservò dapprima molto distintamente una macchia oblunga, che si estendeva parallelamente al bordo, con la stessa curvatura, che attraversava una parte del disco e che finiva in un punto alle sue due punte. All'estremità orientale

di questa macchia oblunga, ve ne era un'altra più larga che si congiungeva ad una estremità. Questo aspetto fu osservato e disegnato per mezzora. Ne abbiamo riprodotto il disegno nel n° 4 della figura 40. È alquanto interessante confrontarlo al disegno n° 1, che è stato eseguito da Cassini il 14 ottobre 1666, duecento cinque anni prima. La somiglianza delle forme è curiosa.

Il 6 maggio, numerose macchie si vedevano alla superficie del pianeta, in particolare una lunga linea retta, scura, attraversante il disco e una specie di golfo che si estendeva fino al centro. Il 13 maggio, alle 7h 30m della sera, vi era una macchia scura, a forma di pera, partente dal lato del bordo occidentale e che si estendeva fino ai due terzi del disco; questa macchia era meno scura di quella del primo e del 6, ma molto più larga.

Il 28 luglio, alle 8 di sera, si vedevano cinque macchie scure che dentellavano il cerchio terminatore dell'emisfero illuminato e non lontano da queste, un'altra più lunga e ovale. Ciò che vi era di più significativo quella sera, è che il corno australe (superiore) della falce era arrotondato, mentre il corno boreale era appuntito finendo con un angolo acuto (si veda il n° 5).

Il 25 ottobre, alle 8h 10m del mattino, osservazione fatta in pieno giorno. In questa circostanza, si può meglio constatare la natura dentellata del cerchio terminatore, la cui ineguaglianza era evidente; ma ciò che vi era di più strano, è che *il corno boreale era curvato verso il centro del pianeta*: il suo aspetto era lo stesso come se un taglio fosse stato prodotto dall'esterno. Questa punta singolare è del resto molto visibile sulla figura n° 6.

Il 2 gennaio 1873, alle 4 dopo mezzogiorno, un altro astronomo inglese, M. Elger, osservando il pianeta, notò una macchia molto netta che si estendeva dal lembo boreale fino al centro.

Lo stesso giorno, M. Langdon osservava il pianeta e notava pure questa macchia scura semicircolare, che si estendeva fino al centro; il disco illuminato era pure dentellato.

Il 20 febbraio, verso le 3 del pomeriggio, il corno australe era più lungo e appuntito di quello boreale; *questo era evidentemente troncato*. Lo stesso giorno, alle 6 e mezza, il pianeta mostrò due macchie molto visibili; una lunga banda scura concentrica con il bordo e una macchia isolata posta vicino al centro.

Il 23 febbraio, alle 5, si vedeva una macchia debole e molto distinta. *Il corno boreale era troncato*.

Il 27 febbraio, dalle 3 alle 4, non si distingueva alcuna macchia; ma, alle 7, si poté disegnare una macchia irregolare molto ben definita. I due corni erano aguzzi, ma l'australe si proiettava più lontano.

Il 28 febbraio, alle 6h 47m, si osservò non lontano dal bordo del pianeta una macchia del tutto simile come forma a quella vista la sera precedente. Tre piccole macchie bianche si mostrarono vicino al cerchio terminatore. I due corni erano molto affilati e l'australe si prolungava al di là del semicerchio.

Il 17 aprile, alle 8 di sera, si osservavano due macchie molto brillanti sulla falce di Venere: una nel mezzo e l'altra, verso il corno orientale, vicino al cerchio terminatore. Queste macchie bianche facevano l'effetto di due gocce di rosa e brillavano di una luce così bianca, che la regione della falce luminosa che le circondava appariva scura per contrasto.

Come ho già detto in precedenza, non si è osservata alcuna macchia nel 1876. A volte solo noi siamo giunti, i miei amici MM. Paul e Prosper Henry, astronomi dell'Osservatorio di Parigi ed io, a distinguere una striscia leggermente falcata lungo il bordo interno della falce e rare increspature, ma senza che mai la macchia allungata abbia offerto un carattere di autenticità incontestabile.

Queste diverse serie di accurate osservazioni ci mostrano che vi sono sul pianeta Venere *macchie permanenti* e *macchie passeggere*, molto difficili da distinguere le une dalle altre. Possiamo essere certi, tuttavia, che i punti brillanti che solcano il bordo dell'emisfero illuminato sono catene montuose molto elevate. È certo anche che *l'emisfero boreale è più montuoso di quello australe*, poiché la falce boreale è quasi sempre più irregolare e più troncata di quella australe (ciò si vede soprattutto sulla figura del 25 ottobre 1871). Le grandi macchie scure osservate a più riprese per più di due secoli devono rappresentare dei *mari* e le grandi macchie bianche dei *continenti*. Ma si formano inoltre nell'atmosfera di Venere, assai spesso e probabilmente anche tutti i giorni, come sulla Terra, immense regioni nuvolose molto estese, che sono visibili da qui sotto forma di macchie brillanti variabili. Possiamo pure concludere, dallo splendore del tutto particolare del pianeta e dalle difficoltà di osservazione, che la condizione ordinaria della sua

atmosfera è quella di essere *coperta di nubi*; di modo che, in generale, vediamo solo la superficie esterna formata da queste nubi e non, come sulla Luna o su Marte, lo stesso suolo.

Queste sono le nostre conoscenze attuali sulla geografia del mondo di Venere. L'esame delle condizioni di abitabilità ci portano ora allo studio della sua *atmosfera*. Quali insegnamenti l'osservazione ci fornisce su questo argomento così importante?

Capitolo 21

L'atmosfera di Venere

Fino a questi ultimi anni, si poteva dubitare dell'esistenza dell'atmosfera di Venere, ma oggi possediamo le prove irrefutabili della somiglianza completa di questo mondo con il nostro: non solo sappiamo che questa atmosfera esiste, ma abbiamo anche misurato il suo spessore, la sua densità e anche la sua costituzione fisica e chimica.

Le prime probabilità erano state fornite nel secolo scorso dalle osservazioni del passaggio del pianeta davanti al Sole nel 1761 e 1769; ma si potevano attribuire gli effetti a illusioni ottiche. Alla fine del secolo scorso, Schroeter osservò su una delle fasi di questo globo, lungo il bordo illuminato, una debole luce che sembrava denotare un effetto crepuscolare. I disegni dello stesso osservatore mostrano bande scure attraversanti il disco e dovute evidentemente all'esistenza di una atmosfera. Queste stesse bande sono state viste poi, in particolare da lord Rosse, De la Rue e Buffham. Un'altra prova poco contestabile dell'atmosfera Venere era stato fornita dall'allungamento della falce nella sua lunghezza e larghezza, allungamento prodotto dalla luce del Sole che illuminava sia un'atmosfera, sia delle nuvole; cosa naturale perché non vi sono nuvole senza atmosfera.

Un analogo effetto a quello notato su Mercurio (si veda la fig. 27) è stato osservato nelle fasi del pianeta Venere: il bordo interno della falce mostra una zona grigia, una penombra, prodotta dal fatto che lungo questo meridiano il Sole non illumina il terreno del pianeta, ma solo l'atmosfera, come avviene da noi al levare e al tramontare del Sole (si veda la fig. 34). Notiamo pure da qui i *crepuscoli del mondo di Venere*, l'alba e il declino del giorno.

Tra gli astronomi che hanno esaminato questo bel pianeta con attenzione, tutti hanno osservato quanto la parte della falce esterna o girata dalla parte del Sole è più brillante della curva ellittica interna che segna la linea di separazione tra ombra e luce. Questo indebolimento prova l'esistenza dell'atmosfera di Venere. I raggi provenienti dal Sole che sono riflessi sul suolo del pianeta formanti il bordo circolare della falce hanno infatti attraversato uno spessore minore di atmosfera di quelli che arrivano su parti più o meno vicine del cerchio terminatore.

Si potrebbe obiettare che la diminuzione della luce osservata tra il contorno esterno della falce e il contorno interno può essere causata dalla larghezza del diametro del Sole, secondo che sia più o meno elevato al di sopra dell'orizzonte della zona in cui si mostra la penombra. La geometria risponde in modo categorico a questa supposizione. Il Sole, essendo più grande di Venere, illumina un poco più dell'emisfero di questo pianeta. La linea passante tra i due corni non deve essere un diametro dell'astro, ma bensì una corda situata un poco al di là del centro. Il diametro del Sole, visto da Venere, è di 44'. Ne risulta che verso la linea di separazione tra ombra e luce, vi sono parti del sole illuminate soltanto da una porzione minima di questo astro, mentre le altre parti ricevono i raggi emessi dall'intero disco. Ma, a conti fatti, sul globo di Venere, i primi di questi punti, quelli che sono appena illuminati, devono apparire distanti dai punti che il Sole illumina interamente solo circa un terzo di secondo: è impercettibile. L'ampiezza angolare nella quale avviene la diminuzione di intensità osservata è ben altrimenti

considerevole.

La discussione delle osservazioni prova che questa penombra può essere causata solo da un'atmosfera che circonda il globo di Venere, e poco diversa dalla nostra in quanto a spessore, - piuttosto più elevata.

Queste prime rudimentali misure furono fatte, quando la meravigliosa scoperta dell'analisi spettrale fu data alla scienza. Gli astronomi si affrettarono ad applicarla e noi siamo fieri di sapere che è dopo aver letto la nostra opera sulla "Pluralità dei mondi" che M. Huggins iniziò, in Inghilterra, questo importante studio delle atmosfere planetarie. Le prime ricerche di questo abile astronomo diedero i seguenti risultati (1866):

"Sebbene lo spettro di Venere sia brillante e mostri molto bene le righe di Fraunhofer, non ho potuto scoprire alcuna riga aggiuntiva rivelante la presenza di un'atmosfera. L'assenza di queste righe può essere dovuta al fatto che la luce è probabilmente riflessa non dalla superficie del globo, ma dalle nubi poste a una certa altezza. La luce che ci giungerebbe così per riflessione sulle nubi non sarebbe stata esposta all'azione assorbente degli strati più densi dell'atmosfera del pianeta."

Questi primi risultati non fanno avanzare la questione. M. Huggins, avendo ricominciato le sue esperienze in diverse condizioni, finisce per scoprire in questo spettro delle righe che si aggiungono a quelle solari.

Dopo, le osservazioni di Vogel hanno confermato l'esistenza di queste righe, analoghe ai raggi di assorbimento dell'atmosfera terrestre. "Le modificazioni apportate dall'atmosfera di Venere allo spettro solare sono molto deboli; bisogna concluderne che i raggi solari che ci sono inviati da questo pianeta sono riflessi per la maggior parte alla superficie dello strato di nubi che lo circonda, senza penetrare all'interno. Tuttavia vi sono righe particolari, tra le quali si riconoscono quelle del *vapore acqueo*. Si può, quindi, ammettere come molto probabile che l'atmosfera di Venere contenga dell'acqua, elemento questo così indispensabile alla vita."

Queste sono le parole dell'astronomo tedesco. In Italia, il P. Secchi aveva trovato le seguenti righe nello spettro del pianeta:

Righe di assorbimento dell'atmosfera di Venere					
A	nel rosso	1,72	b^2	nel verde	5,09
B		2,16	x	nel blu	5,62
C	nell'arancio	2,50	F		6,27
D'	nel giallo	3,22	G	nel violetto	7,98
δ		3,51	H		9,40
E	nel verde	4,83	w		10,00

L'ultima colonna di questa piccola tabella indica la posizione delle righe in parti del micrometro impiegato per misurarle. La conclusione è stata che il *vapore acqueo* agisce nell'atmosfera di Venere per assorbire la luce ricevuta dal Sole.

Inoltre, M. Respighi, direttore dell'Osservatorio del Campidoglio a Roma, vi ha trovato le righe dell'azoto.

Così: 1° il pianeta Venere è certamente circondato da un'atmosfera; 2° questa atmosfera è anche spessa o più spessa di quella che noi respiriamo; 3° essa è formata da un gas che appare analogo alla miscela che forma la nostra aria; 4° essa è disseminata di nubi in numero molto grande.

Ma continuiamo il nostro studio: si hanno dall'ultimo passaggio di Venere documenti più nuovi e ancora più precisi.

Come avevamo previsto, le spedizioni inviate per l'osservazione di questo importante fenomeno celeste hanno trovato, oltre allo scopo speciale delle loro missione, risultati estranei a tale

scopo e del tutto inattesi. Tra di essi, uno dei più importanti e interessanti, è senza dubbio la verifica dell'esistenza dell'atmosfera di Venere, la sua misura definitiva e la sua analisi chimica.

La prima relazione degli osservatori del passaggio di Venere che abbia riguardato l'atmosfera di questo pianeta è quella dell'astronomo italiano Tacchini, dell'Osservatorio di Palermo, capo della missione italiana inviata a Muddapur (Bengala). In una lettera scritta all'indomani del passaggio al Ministro dell'istruzione pubblica d'Italia e pubblicata nel Bollettino della Società degli spettroscopisti italiani, lo scienziato espose il fatto nei termini seguenti:

“Prima dell'ora nella quale Venere usciva dal Sole, con un cielo molto limpido, ho esaminato lo spettro solare nelle vicinanze della magnifica banda oscura formata da Venere. Questo spettro si presentava dappertutto in condizione normale, ad eccezione delle due posizioni, nelle quali, dopo il passaggio della banda del pianeta, si vedeva un leggero oscuramento in due punti del rosso corrispondenti alle righe di assorbimento della nostra atmosfera: il fenomeno sembrava, quindi, *dovuto alla presenza dell'atmosfera di Venere, probabilmente della stessa natura della nostra*¹.”

Specialmente versati nello studio dell'analisi spettrale del sole e abituati da parecchi anni a fare giornalmente questa analisi, gli astronomi italiani avevano soprattutto per scopo quello di applicare lo spettroscopio all'osservazione del passaggio di Venere. In questa osservazione, hanno all'improvviso non più *visto* nel cannocchiale ma *constatato* allo spettroscopio l'esistenza dell'atmosfera di questo pianeta vicino e una analogia chimica con quella che noi respiriamo.

Mentre questa osservazione si compiva nel Bengala, in Giappone, mille miglia più lontano, succedeva un fatto assai diverso dal precedente, ma che lo conferma. A Saigon, gli astronomi della missione francese non osservavano uno spettroscopio, ma nei comuni cannocchiali. Ecco ciò che ho notato nella relazione inviata all'Accademia delle scienze dal capo della spedizione, M. Hérand. Non si è constatata allo stesso modo l'azione dell'atmosfera di Venere sulla luce solare; la si è vista, questa atmosfera, direttamente e in una circostanza ugualmente inattesa. Si legge infatti nella relazione inviata all'Accademia:

“Alle 21h 17m, essendo il pianeta entrato per più di due terzi sul disco solare, noto che la parte esterna non ancora entrata sul Sole è nettamente indicata da un filetto luminoso pallido, che, riunito alle frange dell'immagine interna, forma un cerchio perfetto. Non attendendomi questo fenomeno, non posso annotare l'istante preciso della sua apparizione ...”

Cosa era questo filetto luminoso circondante il pianeta e delineante sul cielo, a fianco del Sole, la parte del pianeta entrato? Era l'atmosfera di Venere illuminata dal Sole e che rifrangeva verso di noi la luce del Sole. È la *sola* spiegazione possibile del fenomeno.

Il fatto era segnalato pure a Saigon, da un altro osservatore, M. Bonifay, di cui riporto la relazione:

“Alle 21h 17m, il contorno di Venere esterno al disco solare si illumina leggermente, a cominciare dal basso dell'immagine, che rimane costantemente più visibile della parte alta. La circonferenza planetaria sembra così completata in un modo molto visibile sul cielo da questo arco luminoso, che sembra continuarla esattamente. Questo effetto sussiste quando il pianeta avanza. Quando si avvicina il momento del contatto, si continua a vedere il bordo del suo pianeta, che rimane leggermente luminoso...”

Nota curiosa, questo fenomeno di illuminazione del contorno di Venere non si è riprodotto all'uscita del pianeta. I due precedenti osservatori, credendo di vederlo riprodursi, lo cercarono invano. A quale causa è dovuta questa differenza? L'atmosfera di Venere non era ugualmente trasparente sul meridiano orientale e sul meridiano occidentale? Era pura nel primo caso

¹“Prima del terzo contatto”, disse, “in un intervallo di cielo purissimo, esaminai la spettro del Sole in vicinanza della magnifica banda oscura di Venere, e trovai che in tutto restava normale all'infuori di due posizioni, nelle quali dopo passata la banda del pianeta, si vedeva ancora un lieve offuscamento in due posti del rosso, che corrispondono alle bande nere della nostra atmosfera; il fenomeno dunque sembrerebbe dovuto alla presenza dell'atmosfera di Venere, probabilmente del genere della nostra.”

(rifrazione visibile) e carica di nubi nel secondo? Oppure la differenza è dovuta all'obliquità maggiore dei raggi solari relativamente agli osservatori?

Noi risponderemo forse tra poco. Comunque sia, queste sono le osservazioni dirette di questo fatto inatteso. Ma non è tutto, Mentre gli astronomi italiani installati nel Bengala e gli astronomi francesi installati in Giappone confermavano l'esistenza dell'atmosfera di Venere, un'analogia constatazione era fatta in Egitto dagli astronomi inglesi. A Luxor, tra gli altri, l'ammiraglio Ommanney, il colonnello Campbell e Madame Campbell, avevano ognuno il loro telescopio. Citerò qui il passaggio del rapporto dell'ammiraglio riguardante l'argomento che ci occupa, rapporto pubblicato dalla Société Royale astronomica di Londra:

“Nel momento in cui il pianeta ebbe scalfito il bordo del Sole per uscire, un fenomeno notevole si presentò. La parte del disco di Venere che era uscita dal disco solare si illuminò di un bordo bianco e rimase visibile e molto luminoso soprattutto il contorno di Venere, fino al momento in cui la metà del pianeta fu uscito. Allora la luce diminuì e scomparve circa sette minuti prima dell'ultimo contatto esterno ...”.

Così, in questo caso, l'osservazione è stata fatta, non prima dell'entrata, come a Saigon, ma dopo l'uscita. L'entrata era del resto invisibile in Egitto. Perché l'illuminazione dell'atmosfera di Venere dal Sole, vista all'uscita dagli astronomi di Luxor non è stata vista da quelli di Saigon? La causa deve essere non astronomica, ma terrestre, e riguardare la condizione della nostra atmosfera a Saigon all'ora d'uscita.

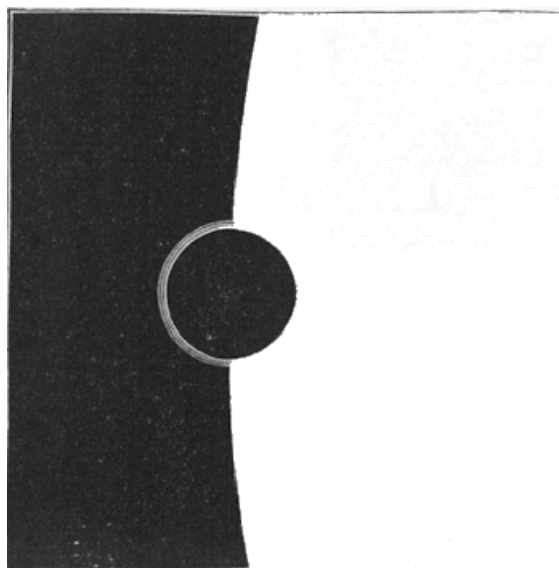


Fig. 41. L'atmosfera di Venere, osservata al momento dell'entrata del pianeta davanti al Sole

Oltre a queste tre osservazioni diverse sull'atmosfera di Venere, se ne trova una quarta un poco meno diretta, in un rapporto successivo, in quella di M. Jansen, stabilito a Nagasaki (Giappone). Quando il pianeta fu a contatto con il Sole, l'immagine di Venere si mostrò molto rotonda, ben definita e il cammino relativo del disco del pianeta rispetto al disco solare era geometrico. Ma trascorse un tempo assai lungo tra il momento in cui il disco di Venere sembrava tangente internamente al disco solare e quello della comparsa del filetto luminoso che apparve nel momento in cui Venere, essendo entrato completamente, abbandonava il bordo del Sole per attraversare l'astro. “Vi è, scriveva M. Janssen (Accademia delle Scienze, 8 febbraio 1875), un'anomalia apparente che, per me, è dovuta alla presenza dell'atmosfera del pianeta.”

Una fotografia presa nel momento in cui il contatto appariva geometrico mostra che in realtà il contatto reale non aveva ancora avuto luogo in quel momento. Il fatto è facile da spiegare, se

si suppone che gli strati inferiori dell'atmosfera di Venere fossero più o meno carichi di nebbia e di nubi formanti uno schermo. In un'atmosfera pura, la sola rifrazione può produrre differenze analoghe.

L'atmosfera di Venere è stata pure vista da M. Mouchez, capo della missione francese all'isola di Saint Paul. (Seguo in questa esposizione l'ordine *cronologico* dei documenti ricevuti; quello che è stato pubblicato nei *Comptes rendus* del 15 marzo 1875.)

“Un quarto d'ora dopo il primo contatto, quando la metà del pianeta era ancora al di fuori del Sole, si vide improvvisamente tutto il disco di Venere, delineato da una pallida aureola, più brillante nelle vicinanze del Sole che alla sommità del pianeta.

Via via che Venere entrava nel disco solare, le due parti estreme più visibili dell'aureola tendevano a riunirsi circondando di luce più intensa la parte ancora esterna del pianeta e questa riunione anticipata dei corni con un arco di cerchio luminoso fu resa più completa ancora da un piccolo bordo molto brillante di luce che finiva l'aureola sul disco di Venere.

Per quasi tutta la durata del passaggio, il pianeta è parso di un nero molto scuro e un poco violetto, mentre un'aureola di un giallo molto pallido lo circondava sul disco del Sole.”

Lo stesso fatto della visibilità di Venere al di fuori del Sole si è prodotto per gli astronomi installati a Windsor (Nuovo Galles del Sud). Trovo, infatti, negli *Astronomische Nachrichten* del 4 marzo 1875, n° 2027 Schreiben des Herrn J. Tebbutt an den Herausgeber), un passaggio caratteristico di cui riporto la traduzione:

“Nessuna parte del pianeta ha potuto essere scoperta prima dell'entrata, dirigendo il telescopio verso il punto in cui si doveva trovare dieci minuti prima di questo momento. L'osservazione fu molto precisa. Ma quando il pianeta fu entrato per metà sul disco solare, la metà ancora esterna al Sole si delineò con una curva di luce grigia, di spessore inferiore a un secondo d'arco. Questo alone si accrebbe gradualmente, tanto in larghezza quanto in luminosità, fino a che questo bordo esterno di Venere giunse a contatto con quello del Sole. Tuttavia il pianeta proiettato sul disco solare non parve circondato da alcun alone né da alcuna penombra. Non si poté scoprire su di esso alcun punto luminoso, né alcuna presenza di satellite.”

Questa illuminazione dell'atmosfera di Venere è stato visibile pure all'uscita. Ecco i dettagli:

	h.	m.	s.	
A 3.	53.	15		Venere viene a contatto con il bordo del Sole.
	3.	55.	38	Si vede il bordo uscito <i>debolmente illuminato</i> .
	3.	59.	58	La parte boreale del contorno di Venere uscita dal Sole è molto luminosa; la parte australe
	4.	9.	28	L'illuminamento boreale è ancora visibile, l'australe non più.
	4.	11.	58	Il disco di Venere è assolutamente invisibile al di fuori del Sole, sul fondo nero del cielo.
	4.	22.	43	Ultimo contatto del pianeta con il Sole.

A Pechino, l'astronomo americano Watson ha osservato questo stesso fenomeno dell'anello atmosferico circondante il pianeta soprattutto il suo contorno esterno al Sole.

“L'osservazione inattesa di questa corona di luce è stata oggetto di una discussione speciale alla Società reale astronomica di Londra, nella sua sessione del 14 maggio 1875. A questa sessione, M. Russel, astronomo del governo a Sidney, si è espresso a tale riguardo nei termini di cui riporto la traduzione abbreviata: Si è visto apparire, dopo l'entrata di Venere, un sottile anello di luce *delineante la circonferenza del pianeta*, attorno alla parte del disco che non era ancora entrato sul Sole. Tutti gli osservatori lo stimarono della larghezza di circa un secondo. Numerose lastre fotografiche mostrano un sottile linea d'argento circondante il pianeta.

In questo anello di luce, si nota un allargamento, una specie di macchia, che si trova verso il *posto del polo* del pianeta. Un assistente che osservava il passaggio e che non aveva ancora notato l'anello, aveva osservato questa macchia luminosa verso il polo. I migliori disegni di questo allargamento dell'anello luminoso sono stati fatti a una stazione posta a 2200 piedi al di sopra del livello del mare, mediante un equatoriale di quattro pollici e mezzo e in una atmosfera così limpida, che il bordo del sole era di una nitidezza perfetta.

Si constata su queste fotografie australiane che la parte del disco di Venere che era visibile fuori del Sole, doveva questa visibilità all'anello di luce da cui era circondato e non da un contrasto esistente tra questa parte del disco e il cielo circostante. Questo anello era certamente causato dalla rifrazione dei raggi solari attraverso l'atmosfera di Venere. La regione più brillante notata vicino al polo del pianeta è particolarmente interessante, tanto più che essa è stata osservata da diversi osservatori del tutto indipendenti tra loro. Essa suggerisce la conclusione che l'atmosfera di Venere possiede una capacità di rifrazione maggiore di quelle fredde regioni polari, producente una maggiore estensione del crepuscolo visibile per noi sotto la forma di una linea brillante."

A tutte queste constatazioni aggiungiamo l'osservazione fatta in America dal professor C. S. Lyman, di *Venere sotto la forma di un anello luminoso*.

Già al momento della congiunzione inferiore di Venere nel 1866, l'autore era giunto a vedere il pianeta sotto la forma di un anello luminoso molto sottile; lo aveva seguito attentamente e di giorno in giorno ha misurato la sua falce quando si era avvicinato al Sole, e aveva constatato che le due estremità di questa falce si erano allungate ed estese gradualmente al di là di un semicerchio, poi aveva raggiunto tre quarti di cerchio, e *aveva finito per incontrarsi* e formare un anello luminoso.

Nessuna occasione si era presentata dopo per ripetere tali osservazioni, fino al giorno del passaggio di Venere. L'8 dicembre 1874, essendo Venere nuovamente molto vicina al Sole, l'autore è riuscito a scoprire l'anello argentato sottile che circondava il suo disco, anche quando il pianeta era lontano dal bordo del Sole solo di semidiametro di questo. Erano le quattro della sera, o un poco meno delle cinque prima dell'inizio del passaggio. La parte dell'anello più vicina al Sole era la più brillante. Sul lato opposto, il filetto di luce era più spento e di un colore leggermente giallastro. Sul bordo, a nord del pianeta, a 60 o 80 gradi dal punto opposto del Sole, l'anello in un piccolo spazio era più debole e in apparenza più stretto che altrove. Una simile apparizione, ma più marcata, era stata osservata sullo stesso contorno nel 1866.

Il giorno dopo del passaggio (10 dicembre), la falce di Venere si estendeva a più di tre quarti di cerchio: lo si vedeva con una nitidezza perfetta nell'equatoriale. Quel giorno e i due successivi, sono state eseguite misure prese al micrometro per determinare l'estensione dei corni e la rifrazione orizzontale dell'atmosfera che la produce. Ecco i risultati precisi di queste osservazioni. Ognuna di esse è la media del numero di misure separate indicate nell'ultima colonna.

Date	h. m.	Distanze dei centri della Terra e di Venere	Estensione della falce	Rifrazione orizzontale dell'atmosfera di Venere	N° di osservazioni dei corni
8 dicembre	3.0 sera	0°30',6	360°		
10 dicembre	11.36 mattina	2°31,7	279°28'	46',6	4
11 dicembre	10.16 mattina	4°02,5	233°15'	43',0	6
11 dicembre	2.40 sera	4°20,4	231°46'	45',5	15
12 dicembre	2.45 sera	5°58,3	215°21'	42',9	22
			Media:	44',5	

Queste osservazioni danno una media di 44',5 per la rifrazione orizzontale dell'atmosfera di Venere. Le osservazioni dell'autore, nel 1866, avevano dato 45',3.

Le prime ricerche di questo tipo erano state fatte da Schroeter. Il 12 agosto 1790, aveva trovato i corni prolungati al di là del loro limite geometrico e ne aveva dedotto l'esistenza di una atmosfera un poco meno rifrangente della nostra. Ma questa era solo una osservazione. Più di un secolo dopo, nel

mese di maggio 1849, Mädler eseguì una serie di misure molto precise e trovò che i corni della falce si allungavano fino a 200 e anche 240 gradi, invece del semicerchio o di 180 gradi, limite geometrico dell'emisfero illuminato. Ne aveva ricavato 43', 7.

Applicando a queste misure la correzione del supplemento dell'angolo (che gli autori non hanno fatto), si trova che la rifrazione dell'atmosfera di Venere deve essere portata al valore di 54'. Quella dell'atmosfera terrestre è 33' e ne risulta che la densità dell'atmosfera di Venere, alla superficie di questo pianeta, è data dal valore 1, 890, indicando con 1, 000 quella della nostra atmosfera.

L'atmosfera di Venere è, quindi, quasi due volte più densa della nostra. La rifrazione dell'atmosfera che, per noi, alza il disco del Sole al di sopra dell'orizzonte, mentre si trova ancora al di sotto, e che innalza tutti gli astri al di sopra della loro posizione effettiva, è ancora maggiore su Venere che da noi, e allunga un poco di più la durata del giorno.

L'aria che si respira su questo mondo non è molto diversa, fisicamente e chimicamente, di quella che noi respiriamo. È più impregnata, come la nostra, di vapore acqueo e le variazioni di temperatura vi producono nubi, correnti atmosferiche, venti, piogge, in una parola un regime meteorologico che presenta grandi analogie con il nostro.

Facciamo ora conoscere i risultati fisici dell'osservazione dell'ultimo passaggio di Venere senza occuparci di questi passaggi considerati in sé medesimi. È necessario, tuttavia, fermarci un istante.

Capitolo 22

I passaggi di Venere davanti al Sole

Come Mercurio, Venere passa di volta in volta tra il Sole e la Terra e appare allora sotto forma di un punto nero che attraversa lentamente il disco del Sole da est a ovest. Questi passaggi possono essere visti ad occhio nudo (servendosi naturalmente di un vetro annerito per non essere abbagliati), poiché il disco di Venere offre allora un diametro di 63" o più di 1', mentre quelli di Mercurio non possono essere osservati in tale modo¹. Ma, sebbene questi passaggi possano essere visti ad occhio nudo, non sembrano essere mai stati osservati prima dell'invenzione dei cannocchiali. La spiegazione è semplice. Per vedere Venere sul disco solare, bisogna cercarlo espressamente e, di conseguenza, bisogna sapere prima del suo passaggio. Sono stati calcolati i passaggi di Venere in anticipo solo dopo l'invenzione dei cannocchiali e dopo che se ne è potuta constatare la loro utilità nella soluzione del problema della distanza del Sole².

Quando si rappresenta l'orbita di Venere e quella della Terra tracciate attorno al Sole come centro, sembra che Venere si dovrebbe mostrare davanti al Sole tutte le volte che passa tra noi e lui. Siccome impiega otto ore per completare la sua traslazione attorno al Sole e la Terra impiega un anno per percorrere la sua, sembra che questo fenomeno non debba essere raro. Ogni 584 giorni, è vero, il bel pianeta passa tra il sole e noi, ma un poco al di sotto o al di sopra del disco solare, di modo che esso non si proietta su di esso e rimane invisibile. Affinché il pianeta passi proprio davanti al disco solare, bisogna che i centri dei tre astri: Sole, Venere e Terra, si dispongano sulla stessa linea retta. A causa della disposizione delle orbite dei due pianeti, questa condizione si verifica due volte ogni secolo.

La combinazione del moto della Terra e del moto di Venere sulle loro rispettive orbite fa sì che il pianeta possa passare davanti al Sole solo a intervalli particolari di *centotredici anni e mezzo, più o meno otto anni*.

Ecco le date dei passaggi di Venere dopo l'invenzione dei cannocchiali fino al *trentesimo* secolo dell'era cristiana. Si vede che gli astronomi non si lasciano prendere alla sprovvista: avendo il privilegio di leggere nel futuro come nel passato, ne approfittano per se stessi.

¹Durante l'ultima osservazione del passaggio di Venere, il 9 dicembre 1874, gli astronomi inglesi situati alle isole Sandwich erano circondati da indigeni dei due sessi, che seguivano con curiosità le fasi del fenomeno con l'aiuto dei vetri anneriti. Essi avevano appreso che era la stella *Hokukaa* che doveva passare sul Sole e siccome già presso di essi il capitano Cook aveva osservato il passaggio nel 1769, la tradizione si era conservata ed essi si sentivano particolarmente interessati a questo raro fenomeno celeste.

²Tuttavia al sorgere o al tramontare del sole, oppure attraverso la nebbia, Venere potrebbe essere vista sul sole senza essere cercata, come una piccola macchia nera rotonda. I cinesi hanno osservato ad occhio nudo un gran numero di macchie solari, a partire dall'anno 301 della nostra era fino all'anno 1205. In Europa, Conrad Lycosthène parla, nel suo "Libro dei prodigi", di un passaggio di Mercurio osservato nell'anno 778 e una Storia della vita di Carlo Magno segnala un'osservazione fatta nel marzo 807 di Mercurio visto per otto giorni sul Sole. Mercurio deve essere scartato, poiché i suoi passaggi non si possono vedere ad occhio nudo e noi sappiamo che non vi erano allora cannocchiali. Restano le macchie solari e tale è certamente il caso dell'ultima osservazione di otto giorni. Rimane anche Venere, che può essere stato preso qualche volta come macchia solare.

Anno	Giorno	Posizione centrale	Durata
		h. m. s. ³	h. m.
1631	6 dicembre	17.28.49	3.10
1639	4 dicembre	6.9.10	6.34
1761	5 giugno	17.44.34	6.16
1769	3 giugno	10.7.54	4.0
1874	8 dicembre	16.16.06	4.11
1882	6 dicembre	4.25.44	5.57
2004	7 giugno	21.0.44	5.30
2012	5 giugno	13.27.0	6.42
2117	10 dicembre	15.6.37	4.46
2125	8 dicembre	3.18.40	5.37
2247	11 giugno	0.50.23	4.16
2255	8 giugno	16.53.56	7.12
2360	12 dicembre	13.59.9	5.25
2368	10 dicembre	2.10.2	4.59
2490	12 giugno	3.58.35	2.4
2498	9 giugno	20.21.2	7.33
2603	15 dicembre	12.54.16	5.53
2611	13 dicembre	1.11.12	4.30
2733	15 giugno	7.23.56	breve
2741	12 giugno	23.43.59	7.46
2846	16 dicembre	11.53.15	6.14
2854	14 dicembre	0.13.29	3.18
2976	17 giugno	19.23.30	molto breve
2984	14 giugno	3.2.22	7.52

Si vede che il passaggio del dicembre 1631 è stato seguito otto anni dopo da quello del dicembre 1639. Il successivo si è verificato nel mese di giugno del 1761, cioè cento tredici anni e mezzo più otto anni, o cento venti e un anno e mezzo dopo. Il successivo dopo otto anni, nel giugno 1769. Adesso, per ottenere la data del nuovo passaggio, basta aggiungere alla data precedente cento tredici anni e mezzo meno otto anni, o cento cinque anni e mezzo, ottenendo così dicembre 1874. È l'ultimo passaggio. Il prossimo arriverà otto anni dopo: nel dicembre 1882. Poi avremo ancora un nuovo intervallo di cento tredici anni e mezzo più otto anni, o cento ventuno e mezzo, cioè prima del mese di giugno dell'anno 2004, il quale sarà seguito otto anni dopo da quello del mese di giugno dell'anno 2012, e così di seguito. Oltre alla combinazione dei valori precedenti, si può notare anche che essi ritornano dopo periodi di 235 anni. Così il passaggio del 1639 è ritornato nel 1874, quello del 1769 ritornerà nel 2004, ecc. Si vede che essi si presentano sempre in giugno e dicembre.

Come abbiamo fatto per i passaggi di Mercurio, abbiamo rappresentato nella figura 42 i percorsi seguiti dal pianeta sul disco solare nei due passaggi del nostro secolo.

³Ora astronomica contata a partire da mezzogiorno

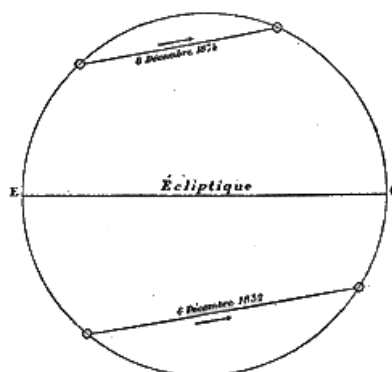


Fig. 42. I passaggi di Venere davanti al Sole, nel 1874 e 1882.

Le spedizioni astronomiche disseminate sulla superficie del globo in previsione del passaggio del 1874 si sono tutte accordate per valutare la parallasse del Sole a $8''$, 87 , ciò che, come abbiamo visto, dimostra che la distanza che ci separa da questo astro è di 148 milioni di chilometri.

La fotografia ha reso i più grandi servigi all'astronomia in questa circostanza. Si può anche dire che è ad essa che si deve in massima parte la precisione dei risultati. Gli astronomi divenuti fotografi sono giunti a prendere durante le quattro ore impiegate per il passaggio migliaia di fotografie del Sole, rappresentati il piccolo disco di Venere colto istantaneamente in tutti gli istanti del suo percorso. La figura 43 riproduce una di queste fotografie, presa dalla commissione francese installata all'isola di Saint-Paul. Le dimensioni riproducono esattamente quelle della fotografia.

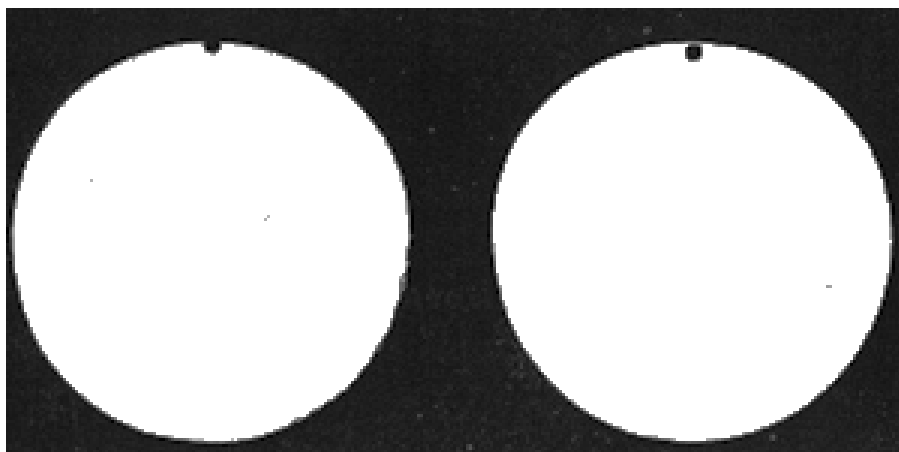


Fig. 43. Passaggio di Venere. Fac.simile di una fotografia diretta.

Il prossimo passaggio di Venere arriverà il 6 dicembre 1882 nel pomeriggio. Sarà visibile in Francia e nella maggior parte dell'Europa.

Noi abbiamo esposto e discusso nel capitolo precedente i risultati fisici dell'osservazione dell'ultimo passaggio. Continuiamo ora il nostro studio del mondo di Venere e proviamo a renderci conto delle condizioni di vita alla sua superficie.

Capitolo 23

La vita sul mondo di Venere

Climi e stagioni - Meteorologia

Il pianeta Venere presenta, come vedremo, le più sorprendenti caratteristiche di somiglianza con quello che noi abitiamo. Circa le stesse dimensioni; stessa massa, stessa densità; stessa gravità alla superficie; stessa durata del giorno e della notte; stessa atmosfera, stesse nubi, stesse piogge; anni, stagioni, rilievi geologici, non presentano differenze significative: in una parola, Venere offre maggiore somiglianza con la Terra che con altri mondi della famiglia solare. Non si potrebbe formare in tutto il sistema alcuna coppia così simile. Urano e Nettuno si assomigliano per diversi aspetti, ma si differenziano enormemente per altri. Giove e Saturno sono certamente i due fratelli giganti della famiglia solare, così come per i piccoli mondi Marte e Mercurio offrono tra loro grandi analogie; ma non potremmo trovare tra questi mondi associati tanti similitudini quanto quelle che caratterizzano Venere e la Terra e si troverebbe in loro maggiori differenze rispetto alle effetti somiglianze. Manca solo di un satellite per assomigliare in tutto al mondo che abitiamo; e se (come si è creduto di osservare qualche volta) avesse veramente un satellite, Venere e la Terra sarebbero senza dubbio i due mondi più simile dell'intero universo.

Venere è quindi una terra del tutto identica a quella che abitiamo, con gli stessi paesaggi, gli stessi mari, le stessi rive, la stessa natura, le stesse piante, gli stessi animali, la stessa umanità? No; poiché se noi approdiamo su questo pianeta, troviamo certamente differenze essenziali, principalmente nella sua meteorologia.

Ciò che ci colpisce dapprima, è la dimensione e il calore del Sole. Il sole del cielo di Venere ha infatti un diametro un terzo maggiore del nostro e la sua superficie apparente, alla quale corrisponde il suo valore calorifico e luminoso. è più grande di quella del nostro nella proporzione di sei a nove. Un tale sole, confrontato al nostro, arderebbe le sue regioni equatoriali, se fossero rivestite della stessa vita nostra. Ma le sue regioni temperate non godono di un clima analogo a quello delle nostre regioni tropicali? e le sue zone polari non corrispondono alle nostre zone temperate e non sono sedi delle razze più attive e più intraprendenti dell'umanità di questo pianeta?

Potrebbe essere così, infatti, se le stagioni di Venere avessero la stessa intensità delle nostre, cioè se il suo asse di rotazione fosse inclinato come il nostro sul piano nel quale esso si muove. Ma, in base a un grande numero di osservazioni, l'inclinazione è alquanto diversa dalla nostra, poiché l'asse è quasi disteso e l'equatore forma un angolo di 55° con questo piano¹. Ne risulta una complicazione estrema nella distribuzione della temperatura e dei climi alla superficie di questo pianeta. (Le antiche osservazioni di Bianchini avevano indicato 75° per quest'ultimo

¹Per immaginarsi questa inclinazione, il lettore è pregato di vedere al capitolo sulla Terra la tavola III che rappresenta la traslazione della Terra attorno al Sole. L'asse di rotazione di Venere è ancora più inclinato di quello della Terra, rappresentato su questa tavola; il polo è ancora più vicino al piano, di modo che al solstizio d'estate è ancora più diretto verso il Sole e al solstizio d'inverno ancora più sprofondato nella notte.

angolo; ma le misure moderne di Vico lo stimano con maggiore probabilità a 55° .) Le stagioni di Venere sono più intense delle nostre e più rapide, durando ognuna 56 giorni.

Le regioni polari di questo globo devono estendersi fino a 35° dal suo equatore, così come le regioni tropicali devono estendersi fino a 35° dai poli, di modo che due zone, molto più larghe delle nostre zone temperate, sconfinano costantemente l'una sull'altra, appartenendo nello stesso tempo ai climi polari e tropicali. Quale di questa zona è la più appropriata per la sede della vita?

Tutti gli abitanti delle regioni vicine all'uno e all'altro polo sono esposti a supportare di volta in volta i più grandi estremi di caldo e freddo. Durante l'estate, il Sole ruota continuamente attorno al polo, innalzandosi a spirale e brillando con una intensità di calore e di luce quasi due volte più elevata di quella che invia a noi. Solo per un tempo molto breve, in autunno e a primavera, si leva e tramonta per queste regioni. Un giorno di primavera o di autunno, come uno dei nostri giorni di queste stagioni, dura circa dodici ore, ma il Sole si innalza a mezzogiorno in questi periodi solo di qualche grado sopra l'orizzonte. Questa diminuzione della durata del giorno è il segnale precursore di un inverno terribile che permane per tre mesi e il cui freddo sarà molto più intenso e molto più duro della lunga notte invernale delle nostre regioni polari: poiché nelle nostre aree circumpolari, il Sole si avvicina all'orizzonte tutti i giorni all'ora che corrisponde a mezzogiorno, senza elevarsi al di sopra e senza mostrarsi, è vero, ma tuttavia inviando una certa luce e un certo calore la cui influenza si fa sentire; mentre per la maggior parte della lunga notte delle regioni polari di Venere, non avvicina per nulla l'orizzonte e ne rimane considerevolmente al di sotto. A meno che il cielo polare di Venere non sia illuminato da aurore boreali, una oscurità assoluta deve estendersi su questo inverno glaciale e aumentandone ancora la profondità. È certo che qualcuna delle nostre razze umane potrebbe sopportare le alternative di questi freddi neri e di questi calori tropicali che si succedono ogni quattro mesi.

Le regioni equatoriali sono più favorite?

Vi sono due estati ogni anno, che corrispondono alla primavera e all'autunno delle regioni polari. In queste stagioni, il Sole si innalza ogni giorno quasi allo zenit e la temperatura supera quella che qui esiste nelle nostre regioni tropicali. Ma tra queste stagioni il Sole passa alternativamente al nord e al sud dell'equatore. Nel periodo che corrisponde all'estate, un abitante situato sul limite della zona equatoriale vede il Sole girare al di sopra dell'orizzonte per 23 ore e un quarto e rimanerne sotto solo per qualche minuto senza notte, poiché la forte rifrazione dell'atmosfera di Venere mostra l'astro del giorno quasi all'orizzonte. Nel periodo opposto, in inverno, si alza solo per qualche minuto e rimane costantemente sotto l'orizzonte. Questa situazione ci dà la seguente curiosa e originale successione delle stagioni:

All'equinozio di primavera, un'estate molto più calda delle nostre fasce tropicali; 56 giorni più tardi, al solstizio d'estate, un tempo analogo alla primavera delle nostre regioni temperate, con la differenza che la notte è estremamente corta; ancora 56 giorni dopo, una seconda estate ardente come la prima che giunge all'equinozio di autunno; infine, al solstizio di inverno, i giorni sono più corti e il freddo non meno intenso di quello verso il nostro cerchio polare. Queste variazioni sono pittoresche; ma affinché esse siano subite senza danni, basta che gli esseri viventi siano organizzati diversamente da noi. Infine, le larghe zone che si estendono tra le due precedenti e che sono sia tropicali che polari, hanno climi intermedi tra i due limiti considerati. Che si abiti presso le regioni equatoriali o quelle polari, si devono sopportare alternative molto forti tra caldo e freddo, aridità e pioggia, venti e temporali.

Se prendiamo la Terra come riferimento, il Sole arriva d'estate fino al di sopra di Siene in Egitto, o a Cuba in America. Per Venere, l'obliquità è tale che d'estate il Sole raggiunge latitudini più elevate di quelle del Belgio o anche dell'Olanda: 55° . Ne risulta che i due poli, sottoposti a turno a un sole quasi verticale e che non tramonta (e ciò a meno di quattro mesi di distanza, poiché l'anno di questo pianeta è di otto mesi), non possono lasciar accumulare neve e ghiaccio. Lo scioglimento delle nevi si fa velocemente e la primavera passa come un

sogno. Non vi sono zone temperate; la zona torrida e quella glaciale sconfinano una sull'altra e regnano di volta in volta sulle regioni che da noi formano le due zone temperate. Dalle agitazioni atmosferiche costantemente mantenute e del tutto conformi a quanto l'osservazione ci insegna sulla difficile visibilità dei continenti di Venere attraverso il velo della sua atmosfera, incessantemente tormentata dalle rapide variazioni dell'altezza del Sole e dagli spostamenti d'aria e di umidità dovuti ai raggi ardenti del Sole.

Si hanno quindi, tutte le circostanze delle stagioni e dei climi più violenti e più vari dei nostri. Le agitazioni dei venti, delle piogge e dei temporali devono superare tutto quanto noi vediamo e proviamo qui. Le stagioni di questo pianeta non assomigliano a quelle della Terra e di Marte; la sua atmosfera e i suoi mari subiscono una continua evaporazione e una continua precipitazione di piogge torrenziali e il suo cielo è coperto di nubi che lasciano solo raramente vedere il sole del pianeta. Queste nubi, del resto, che stendono quasi costantemente il loro velo sotto la luce del sole, determinano un abbassamento della temperatura media del mondo di Venere, di modo che esso deve essere senza dubbio poco diverso da quello della Terra.

Notiamo qui la potenza dei simboli matematici e quanto è vera l'affermazione di Pitagora, che i numeri regolano il mondo. Un cosmografo si sfinerà ad enumerare tutto ciò che le stagioni della Terra o di Marte offrono di particolare; mostrerà le due regioni polari di questi pianeti a turno restituiti alla vegetazione e alla vita. Dirà la lunghezza dei giorni per ogni clima. I matematici non hanno bisogno, per dire tutto ciò, che di un solo numero. Così quando a fianco del nome del terzo pianeta, la Terra, vi è scritto l'angolo $23^{\circ}, 27'$, tutto sta in questo numero: stagioni, climi, lunghezza dei giorni, aspetti celesti, vegetazione, vita animale, senza contare ben altri influssi che il genio dell'uomo non ha ancora scoperto.

Così, riassumendo, dal punto di vista delle stagioni e dei climi, il pianeta Venere è in una situazione più pronunciata della nostra: questa è la maggiore differenza che distingue i due mondi, poiché, come abbiamo visto, il suo volume, la sua densità, il peso alla superficie, la durata del giorno e della notte, sono circa simili ai nostri; la sua atmosfera è solo più densa e più carica di nubi.

Le ricerche geografiche che sono state fatte a tale scopo sono sufficientemente in accordo nel mostrarci che i suoi mari si estendono principalmente lungo l'equatore, gli estremi di calore e di freddo sono temperati dall'influenza di queste acque e possiamo pensare che le sue regioni più favorite sono le rive di questi mari interni. È in queste zone senza dubbio che vivono le nazioni più floride di questo pianeta. Questi mari non hanno né flussi né riflussi, poiché nessuna luna li può produrre e la sola attrazione del sole determina solo delle deboli maree diurne; ma le loro onde sono agitate come le nostre dal vento... Gli effetti di luce e ombra che vi si ammirano, le colorazioni delle nubi al tramontare del sole, le brezze ondegianti della sera, i gemiti del vento nei boschi, il mormorio dei ruscelli, infine i mille rumori della vita vi devono sviluppare panorami, situazioni, scene che offrono intime armonie con i paesaggi terrestri e marittimi del nostro pianeta.

Capitolo 24

Gli abitanti di Venere

Analogie tra questo pianeta e il nostro - La residenza di Venere - Il cielo e la terra visti da questo mondo

La razza superiore che tiene in questo pianeta le redini dell'intelligenza e all'interno della quale si è incarnata l'anima razionale, differisce probabilmente in forma dalla nostra, poiché discende zoologicamente da specie animali che l'hanno preceduta su questo mondo ed essa ne ha ricavato la forma organica generale. Tuttavia, siccome l'intensità del peso è la stessa su Venere come sulla Terra, e siccome la respirazione vi ha giocato il ruolo principale, la specie umana di questo pianeta può differire meno dalla nostra che da quella che abita Marte, dovendo questa essere dotata di un modo di locomozione del tutto diverso dal nostro. Il clima è soprattutto l'elemento differente. Ma già sulla Terra abbiamo diversità così sensibili di climi, che se i viaggi non ci avessero insegnato che certe regioni, sia tropicali, sia polari, sono abitate, non immagineremmo che lo possano essere. Supponiamo che ci si annunci che vi sono sul nostro pianeta regioni in cui il Sole rimane invisibile per mesi interi e sulle quali brilla poi per parecchi mesi e che la temperatura di queste regioni è così fredda, che nel mezzo della loro estate vi permane un freddo ancora più glaciale di quello che subiamo nei nostri inverni, noi non supporremo sicuramente che famiglie umane possano abitare in tali posti, e che troverebbero miglior comodità se trasportate nelle nostre regioni temperate. Lo stesso ragionamento si potrebbe applicare al soggiorno delle popolazioni che abitano le zone torride e che non possono acclimatarsi alle nostre latitudini.

Cosa sarebbe se considerassimo la diversità delle specie animali? Sebbene tutta la vita terrestre sia organizzata sulla stessa modalità e dalle stesse forze, tuttavia troviamo una varietà così grande tra le specie viventi, che esse si sviluppano su una scala di quasi 100° di temperatura, dalla neve fino all'acqua bollente. Non ci resta, quindi, che uno sforzo assai leggero da compiere per immaginare la condizione della vita alla superficie del pianeta che dobbiamo studiare.

E dapprima la scienza ci allontana dalle descrizioni immaginarie che i viaggiatori nei pianeti si sono accordati a introdurre sul mondo di Venere¹. L'ammirazione che proviamo qui per questa bianca stella della sera e che si è tradotta in tutte le ere con i nomi più graziosi ad essa assegnati, è causata solo dal suo aspetto lontano e dal radioso splendore di cui essa brilla prima di tutte le altre belle stelle del cielo. Essa è sempre stata, come la Luna, la compagna e la confidente delle fantasticherie della sera. Ma è un aspetto ingannevole. La Terra produce lo stesso effetto agli abitanti di Marte ed è assai probabile che essi ci abbiano dato gli stessi nomi con cui abbiamo gratificato Venere; e pertanto, in realtà, il nostro povero piccolo globo coperto di battaglie, di rovine e di miserie, è lontano dall'essere un luogo angelico e incantevole.

Siamo oggi lontani dalla rappresentazione poetica che Bernardin de Saint-Pierre ha dato nelle sue *Harmonies de la Nature* sul pianeta che occupiamo. Per lui, Venere sarebbe una terra

¹Si veda la mia opera *les Mondes imaginaires e le Mondes reels*.

tropicale analoga all'ile de France che ha così meravigliosamente descritto nel *Paul et Virginie*. Ascoltiamolo un istante:

“Venere, disse, deve essere cosparsa di isole che portano ciascuna picchi cinque o sei volte più elevati di quello di Tenerife. Le cascate brillanti che vi scorrono bagnano i suoi fianchi coperti di vegetazione e li rinfrescano. I suoi mari devono offrire insieme il più magnifico e delizioso degli spettacoli. Pensate ai ghiacciai della Svizzera, con i loro torrenti, i loro laghi, i loro prati e i loro abeti, nel mezzo del mare del Sud; unite ai loro fianchi le colline della Loira coronate di vigneti e di ogni tipi di albero da frutta; aggiungete alle loro basi le rive delle Molucche piene di boschetti in cui sono sospese le banane, le noci, i chiodi di garofano, i cui dolci profumi sono trasportati dai venti; i colibrì, i brillanti uccelli di Giava, le tortore che fanno i loro nidi e i cui canti e i dolci suoni sono ripetuti dall'eco. Figuratevi le ombre delle loro palme da cocco, sparpagliate di ostriche perlfere e di ambra grigia; le madreperle dell'Oceano Indiano, i coralli del Mediterraneo, crescenti per un'estate perpetuo, all'altezza dei più grandi alberi, dentro i mari che li bagnano, combinati con i loro colori brillanti e dorati alla vegetazione delle palme e, infine, correnti d'acqua trasparente che riflettono queste montagne, queste foreste, questi uccelli e vanno e vengono da isola a isola, voi potrete avere solo una debole idea di questi paesaggi di Venere! Il polo deve godere di una temperatura molto più gradevole di quella delle nostre più dolci primavere. Sebbene le notti di questo pianeta non siano illuminate da lune, Mercurio con il suo splendore e la sua vicinanza e la Terra, con la sua grandezza, lo circondano di due lune. I suoi abitanti, di una taglia simile alla nostra, poiché abitano un pianeta dello stesso diametro, ma sotto una zona celeste più fortunata, devono dedicare tutto il loro tempo agli amori. Gli uni, facendo pascolare greggi sulle montagne, condotte dai pastori; gli altri, ai banchetti, si divertono con canzoni o si disputano premi nuotando, come i felici isolani di Tahiti.”

Lungi dal godere delle delizie di una primavera perpetua e di vivere in un reale Eden, essi devono subire come noi, le alternanze dell'inverno e dell'estate nei loro più rudi contrasti. La differenza fisiologica tra i due pianeti non deve essere considerevole e, sebbene possano esistere là come qui alcune latitudini privilegiate, l'insieme della sfera è soggetto ad un regime assai rigido. L'atmosfera spesso che lo circonda, le nuvole frequenti che lo ricoprono, le correnti atmosferiche che lo percorrono, i venti e le piogge, le nevi e le nebbie, le meteore, le tempeste, i temporali, i fenomeni aerei, dopo le magnificenze delle albe fino alle soavi colorazioni dell'arco in cielo, tutti questi movimenti, tutta questa vita, riproducono su questo mondo un insieme di cose poco diverse da quelle che contempliamo attorno a noi. Infatti, le nubi che osserviamo nella sua atmosfera possono provenire solo dall'evaporazione dei suoi oceani; e, d'altra parte, l'esistenza di questi mari è dimostrata dall'osservazione e dal rilievo geologici così accentuati del suolo del pianeta. Questa azione geologica ha prodotto, come qui, montagne e vallate, pianori e pianure, paesaggi variegati in cui si gode la luce del Sole alle diverse ore del giorno, campagne che si addormentano la sera dopo il tramonto, laghi che riflettono durante la notte le stelle scintillanti del firmamento. Saremmo un poco spaesati, se trasportati su questo mondo vicino.

Come dimostreremo negli ultimi capitoli di questa opera, le prime combinazioni organiche del carbonio, operando attraverso la formazione dei primi tessuti vegetali e animali, la serie delle specie viventi il cui lento e progressivo sviluppo ha formato l'intera vita terrestre, - queste combinazioni, sono iniziate nelle acque feconde del pianeta Venere un lavoro analogo a quello che è avvenuto sui fondali oceanici terrestri del periodo primario e gli elementi vitali (composizione chimica, densità, peso, luce, calore, durata del giorno, stagioni, ecc.) non essendo particolarmente diversi dalla loro condizione terrestre, le specie si saranno sviluppate all'incirca come la successione da noi e senza dubbio le forme anatomiche vegetali, animali e umane presentano le stesse tipologie essenziali delle nostre.

L'umanità che regna sul mondo di Venere deve, quindi, offrire le più grandi somiglianze fisiche con la nostra, e, probabilmente, anche le più grandi similitudini morali. Si può pensare tuttavia che Venere, essendo nato dopo la Terra, abbia una umanità più recente della nostra e che si trovi ancora all'età della pietra; ma ogni congettura a questo riguardo è superflua, avendo potuto seguire le successioni paleontologiche un'altra via. D'altro canto, non è sotto i più dolci

climi che l'umanità è la più attiva, e se il mondo di Venere fosse anche incantevole come lo dipingeva prima un pennello troppo poetico, forse sarà addormentato nella mollezza inattiva, come lo sono le popolazioni che abitano le regioni calde, calme e monotone.

In definitiva, la migliore conclusione da trarre dalle considerazioni precedenti è che *la vita deve essere su Venere poco diversa dalla nostra*, mentre su Mercurio deve differirne maggiormente.

Ogni affermazione relativa al modo di essere degli abitanti degli altri pianeti sembra temeraria alle menti che non si allontanano nel loro cammino tranquillo dai limiti della timidezza classica. Se per esempio noi proponiamo l'idea che gli abitanti di Venere volano nella loro atmosfera e che per evitare il contrasto del loro inverno con la loro estate, essi emigrano in autunno da un emisfero all'altro e ritornano a primavera, questa affermazione, che non è in sé né assurda né scioccante, a loro sembrerà fantastica e insensata. Perché? Perché queste menti lente non hanno anche l'attenzione di osservare ciò che passa attorno a loro sulla Terra. Ogni autunno i nostri uccelli abbandonano le nostre contrade boreali per dirigersi, guidati da un istinto meraviglioso, verso le regioni del sole dove i frutti sono sempre maturi e i fiori sempre sbocciati e questi canterini alati dei nostri boschi ritornano verso i loro antichi nidi nel momento in cui le gioiose primavere si risvegliano sotto le nostre latitudini che l'inverno aveva addormentato. Questa meraviglia della migrazione degli uccelli si ripete ogni anno sotto i nostri occhi senza interruzione e quando la prima rondine traccia nel cielo di aprile la sua rapida e dolce scia, noi la vediamo ritornare al suo tetto e volare attorno alla propria ultima abitazione senza domandarci quali felici paesi e presso quali famiglie umane essa abita durante la sua assenza dai nostri climi. Così, quando supponiamo che in un mondo differente dal nostro la specie umana potrebbe essere dotata semplicemente dello stesso privilegio, sembra cadere dalle nuvole solo sentendo formulare questa ipotesi così naturale e non pensa che questo privilegio è accordato sul nostro pianeta a degli esseri che, nell'ordine intellettuale sono inferiori a noi.

In questo mondo fluttuante nelle regioni celesti uguali alle nostre, le notti stellate sono le stesse come le nostre: le costellazioni presentano le stesse disposizioni e lo stesso corso, come già evidenziato per Mercurio. I pianeti presentano in generale gli stessi aspetti, ad eccezione di due, che sono particolarmente brillanti: la Terra da un lato e Mercurio dall'altro.



Fig. 44. La Terra vista da Venere..

Per gli abitanti di Venere, Mercurio e la Terra sono due astri splendidi. Non solo il primo sembra molto più evidente che da noi, ma è per loro la stella più brillante del mattino e della sera che si possa immaginare; si allontana nelle sue maggiori elongazioni fino a 38° dal Sole, un poco meno di Venere rispetto a noi. Per noi, brilliamo nel loro cielo per tutta la notte con uno splendore molto più luminoso di quello che ci mostra Venere, poiché lo splendore massimo della Terra arriva quando questa si trova alla sua minima distanza ed è pienamente illuminata dal Sole: il diametro del nostro globo visto da Venere è allora di $65''$.

Come abbiamo fatto per Mercurio, abbiamo cercato di rappresentare con un disegno l'aspetto della Terra vista dal mondo di Venere, a mezzanotte. Essa brilla nella costellazione dei Gemelli, al di sotto di Castore e Polluce e si muove lentamente, di notte in notte, nella direzione indicata dalla freccia: essa passa contro il debole ammasso di stelle detto "il Presepe" e si dirige verso il Leone. Il nostro pianeta brilla allora nel mezzo della notte silenziosa come il

più splendido degli astri del firmamento, superando in luminosità la stessa Sirio. È così che si vede a 10 milioni di leghe,

La Terra vista da Venere è certamente uno dei più bei spettacoli che si possa contemplare nell'intero sistema solare; essa supera in splendore la stella più brillante e offrirebbe una vista di pari valore di un disco perfettamente osservabile. Questo disco deve cambiare colore con la rotazione del nostro globo sul proprio asse, e appare verde, blu, giallo e bianco, secondo che la sua regione centrale è occupata da continenti verdeggianti, dal mare, dai deserti o dalle nubi. Gli abitanti di Venere possono aver osservato, ad occhio nudo, la rotazione del nostro globo in un periodo poco diverso da quello del loro mondo. Nello stesso tempo la Luna deve essere visibile come un piccolo punto brillante che accompagna l'astro Terra nel suo cammino celeste e ruotante ad esso in ventisette giorni, ma invariabile nel suo biancore. La distanza apparente che lo separa dalla Terra nel periodo della loro massima visibilità è un poco più grande del diametro apparente del nostro satellite come lo vediamo noi. La luce inviata da questa coppia celeste è molto intensa, poiché arriva fino a cinque centesimi di quella che riceviamo dalla Luna piena. Se gli abitanti di Venere hanno avuto come noi la vanità di credere che il loro globo sia il centro dell'Universo, essi hanno potuto giungere più rapidamente di noi alla conoscenza del reale sistema del mondo, poiché ne hanno una miniatura permanente nella coppia che la Terra e la Luna formano per loro nel cielo e nel movimento mensile di Febo attorno a Cibebe. Con quale nome mitologico ci designeranno?

Come abbiamo fatto noi per Mercurio, ricapitoliamo, terminando il libro dedicato a Venere, le condizioni astronomiche, climatologiche e fisiologiche di questo pianeta vicino, il più vicino al nostro, e certamente quello che, con Marte, ci assomiglia maggiormente.

CONDIZIONE PARTICOLARE DEL MONDO DI VENERE

Durata dell'anno	224 giorni terrestri, o circa 7 mesi e 15 giorni
Durata del giorno	23h 21m 24s
Numero di giorni di Venere nel suo anno	231
Stagioni	Più pronunciate di quelle terrestri
Atmosfera	Composta degli stessi gas nostro, ma un quarto più densa. Nubi
Temperatura media	Sembra analoga alla nostra
Densità dei materiali	Un poco minore che qui = 0,905
Peso alla superficie	Un poco minore che qui = 0,864
Dimensioni del pianeta	Circa uguali a quelle della Terra; diametro = 0,954, o 3000 leghe
Giro del mondo di Venere	9500 leghe
Geografia	I mari si estendono principalmente verso l'equatore
Orografia	Montagne più elevate delle nostre
Diametro del Sole	Un terzo più largo di qui = 43'
Diametro massimo della Terra	65", visibile ad occhio nudo nel cielo di Venere come una stella di prima grandezza molto luminosa

Mentre il nostro pensiero ansioso cerca di sollevare un angolo del velo, mentre le nostre anime ardenti si involano verso la più modesta finestra aperta sull'infinito e si domandano come sono organizzati questi abitanti di Venere, i nostri vicini di traversata, come pensano, come ci vedono nel loro cielo; senza dubbio, a quest'ora, vi sono lassù anime pensanti che domandano

precisamente quali esseri abitano il nostro pianeta e conversano tra loro, come facciamo noi in questo momento, per indovinare se la nostra organizzazione corporale assomiglia alla loro, se noi possediamo la facoltà di pensare, se conosciamo l'astronomia e se li vediamo così nel nostro cielo.

Legami misteriosi legano tra loro i diversi mondi dello spazio. La dolce ma irresistibile legge di attrazione li stringe con le sue catene magnetiche e ognuno di essi resta sotto l'influsso costante di questa grande armonia. A duecento milioni di leghe di distanza, la Terra risente l'attrazione di Giove e si inclina verso di lui nel suo cammino celeste; a più di un miliardo di leghe, Nettuno rimane soggiogato dalla potenza del sole; a trenta e quaranta miliardi di leghe, deboli comete sono afferrate da questa irresistibile calamita e cadono sotto la sua stretta; a trilioni di leghe, le stelle si sostengono tra loro nel mezzo del vuoto immenso. Nello stesso tempo che questa dominante forza di attrazione esercita il suo impero da un mondo all'altro e che il corso dell'Universo è irresistibilmente condotto dall'Universale Amore, la luce a sua volta tesse i fili delicati della sua tela gigantesca estesa attraverso i cieli, mettendo così tutti gli astri in comunicazione reciproca, come su un reticolo telegrafico che occupa l'intero Universo, e scrivendo la storia di tutti i mondi su archivi immortali². I mondi si sentono così attraverso la notte per l'attrazione, si vedono tramite la luce, si contemplano, si conoscono e fraternizzano. Ma pensante che questi siano là i soli legami che solidarizzano tra loro le differenti province della creazione? E le palpitazioni vitali che vibrano attraverso lo spazio non dicono nulla alla vostra intelligenza? E questa unità visibile nell'organizzazione dell'Universo non è la testimonianza esteriore di un'unità invisibile, collegante tra loro tutte le umanità e tutte le anime dell'infinito?

Qualche settimana fa, in una tiepida sera d'agosto, contemplai l'Oceano immenso dopo l'ora sublime del tramonto. Non un soffio d'aria attraversava l'atmosfera riscaldata; non si sentiva alcun rumore, tranne il lamento eterno dell'onda che avanza e si ritira; nemmeno una foglia si agitava sui fusti delle ultime piante che vegetano sulla riva sabbiosa e deserta; vi era un grande silenzio e un grande raccoglimento, poiché non vi era altro movimento apparente nella Natura al di fuori di quello dell'acqua attratta dalla Luna. Esse avanzavano come grandi chiazze di Mercurio estese per centinaia di metri, si ritiravano, si sovrapponevano e si fondevano tra loro. Dopo che l'ultimo segmento rosso del sole si era immerso nella chiazza liquida, gli sciami leggeri sparsi nelle altezze ghiacciate dell'aria, al di sopra del tramonto, si erano incorporate come un tessuto scarlatto abbagliante e il mare si era colorato ad occidente di chiazze luccicanti di un fuoco liquido, mentre sul resto della sua superficie continuava a riflettere dolcemente il cielo blu nei suoi flutti verdi.

E col cadere della notte, Giove si illuminò nel cielo, forando l'atmosfera con i suoi fuochi arancione. Un cannocchiale di media potenza permetteva di vedere i suoi quattro satelliti gravitanti attorno a lui. L'acqua che le onde lasciano sulla spiaggia unite alle rientranti formavano uno specchio tale che il cielo vi si rifletteva con tutte le sue sfumature e lo stesso Giove scintillava sulla sabbia come un fuoco d'oro acceso vicino al bordo del liquido.

Poi fu la volta di Arturo, brillante stella precursore dell'esercito della notte. Vega, Altair, apparvero ben presto; poi le prime tre stelle del carro di Settentrione, poi le sette; poi Saturno ad oriente e successivamente tutte le costellazioni, brillanti in quella sera, nel loro celeste splendore; diamanti di ogni grandezza e di ogni splendore, pietre preziose scintillanti apparivano lentamente una dopo l'altra e poco a poco costellavano il cielo intero dei loro fuochi moltiplicati. La Via lattea si estendeva lungo la volta stellata come un fiume di latte cosperso di isole e la sua intensità era così sorprendente da riflettersi con tutte le stelle nel mare calmo come un lago e sulla spiaggia sabbiosa bagnata dall'ultima onda rifluente.

In ogni momento una stella filante scivolava in silenzio nelle altezze celesti, lasciando sulla sua scia una traccia luminosa che si spegneva lentamente. Messaggere di altre regioni dello spazio, esse portavano e abbandonavano nella nostra atmosfera sostanza celeste proveniente da

²Si veda, la nostra opera *Recits de l'Infini*, *Lumen*, storia di un'anima.

altri universi, formanti in tal modo un altro tipo di comunicazione tra il nostro mondo e i suoi fratelli dell'Infinito.

Talvolta la voce grandiosa dell'Oceano taceva e la Natura sembrava sospendere il suo corso per ascoltare il sublime silenzio dei cieli. Ma le onde riprendevano qui e là, si avvicinavano l'una all'altra come carezze ondegianti, si cercavano o si sfuggivano di volta in volta, e con i loro giochi riportavano il rumore ingrandito il loro rumore, quello delle lame e dei flutti che ricadevano in cascate. Bagliori fosforescenti, dapprima rari e pallidi, poi frequenti e brillanti, poi immensi e scintillanti come polvere di scintille, correvano sulla cresta delle onde e proiettavano i loro fuochi sul mare, come per accrescere il riflesso delle stelle e riprodurre in basso un'immagine degli splendori che scintillano nelle profondità stellate...

Ah! quanto si sentiva allora la parentela della Terra con il Cielo! Quanto la voce dell'Infinito parlava in modo eloquente al fondo della coscienza, e quanto questa immensa armonia era facilmente raccolta nell'anima contemplativa!... Sì, noi vi comprendiamo, o mondi sospesi nell'etere, la cui luce e attrazione si fanno sentire fino a noi! Sì, noi vi vediamo da qui con il pensiero, umanità nostre sorelle, che avete eretto le vostre tende su queste terre celesti analoghe alla nostra! O tu, colossale Giove, che brilli là in alto di una così splendida luce; tu che ti innalzi in questo momento al di sopra dell'orizzonte, pallido Saturno avvolto da misteri; e tu, bianco Venere, ieri stella della sera, oggi stella del mattino, io vi saluto, o pianeti nostri compagni! poiché voi realizzate di fianco a noi, nello spazio, il destino che la Terra compie nella sua celeste scia! C'è voluto l'accecamento volontario della mente umana sul nostro sfortunato pianeta, ci sono volute le tenebre dell'errore, dell'ambizione, della menzogna, per cessare di amare la Natura e di contemplare il vero Cielo e inventare a fianco a noi, nel vuoto, paradisi immaginari dove la divina ed eterna Natura è oscurata da ombre e fantasie extra naturali. Ma la scienza vi ha ormai afferrato per non lasciarvi più offuscare ed è in voi che noi vediamo la continuazione della vita terrestre, l'universalizzazione di questa armonia, di cui un solo canto si fa intendere qui in basso. Tutto il resto è illusione. La Vita, povera frazione su questo piccolo globo, diviene cittadina nelle vostre vaste provincie, nazione nell'insieme del sistema planetario ed essa si estende, incoronata della materia, nel mezzo delle regioni profonde dell'infinito e dell'eternità. No, voi non ci siete stranieri, o nostri fratelli di traversata! uno stesso destino ci travolge tutti; e davanti a questo destino, tutti i dogmi intolleranti al nome dei quali il ferro, il sangue e il fuoco hanno così spesso desolato l'umanità, tutte le pretese dei pontefici, tutte le promesse fatte in tutti gli anni e in tutti gli stati dai poveri mortali mascherati sotto mille costumi diversi, tutto questo errore secolare andrà in fumo. Sì, sei tu, sei tu sola che noi amiamo, o divina Natura! sei tu sola che sei vera, tu sola che bisogna comprendere, tu sola che ci reggi e ci trascini, e noi traballanti nella tua attrazione carezzevole, ma inesorabile; *noi siamo tutti*, sapienti o ignoranti, pontefici o gregge, *atomi* fluttuanti nel mezzo del tuo irraggiamento immenso, come polvere in un raggio di sole!... ed è la tua parola sacra che è la vera, l'unica rivelazione di DIO.

Parte V

La Terra e la Luna

Capitolo 25

La Terra, astro del cielo †

Può sembrare sorprendente agli occhi di un gran numero di voi raffigurare la Terra che abitiamo tra i soggetti di un trattato di astronomia e di vederla classificata qui nel mezzo degli astri del Cielo, tra Venere e Marte, come tutti gli altri pianeti. Tuttavia nulla è più logico, e quest'opera non sarebbe né completa né esatta, se dimenticassimo il globo che porta i nostri destini.

Quando si parte dal Sole per visitare in successione le province della sua repubblica, la Terra è la terza provincia che si incontra (si veda la tavola I). Essa si muove accompagnata dalla Luna. È un pianeta come gli altri, né più né meno importante, che vaga come i suoi fratelli sotto la potente e dolce influenza della gravitazione universale, vibra la sua nota particolare nel mezzo del divino concerto, sussulta sotto i raggi fecondanti del brillante fuoco, ruota con rapidità nello spazio e distribuisce ai suoi piccoli, con la successione dei suoi movimenti, i loro anni, le loro stagioni e i loro giorni.

Sì, questo globo attorno al quale vegetano 1 400 000 000 di piccoli esseri umani pretesi razionali, è un astro del Cielo, isolato da tutte le parti nel vuoto infinito, posto a 37 milioni di leghe dal Sole e ruotante attorno ad esso a questa distanza, in una rivoluzione che richiede 365 giorni 6 ore 9 minuti 10 secondi per compiersi.

Vi è anche un'importanza filosofica notevole nel considerare la Terra come un astro che presenta la più grande rivoluzione che l'umanità abbia compiuto e che riassume gli sforzi fatti dalla mente umana per scoprirlo e convincersene, e rappresenta il riassunto di tutta la storia astronomica e religiosa dell'umanità. La prima difesa che i rappresentanti del dogma cristiano avanzarono a Galileo, condannandolo, fu di impedirgli di dare il nome di astro alla Terra, poiché essi sentivano già che le sublimi verità dell'astronomia avrebbero modificato profondamente le antiche credenze fondate su una pretesa superiorità della Terra e dell'Uomo nella creazione.

Tutte le idee volgari fondate sulle apparenze cadevano davanti a questo semplice cambiamento di termine. È incontestabile che il primo e più difficile passo che deve fare ogni uomo desideroso di conoscere la verità, è di sforzarsi di rappresentarsi esattamente come la Terra è collocata nello spazio; di liberarsi assolutamente del suo patriottismo campanilistico; di non supporre più di abitare il globo terrestre e di vedere le cose dall'alto nel loro insieme, come se provenisse da un'altra regione dell'infinito. Poniamo quindi qui queste due grandi questioni che si completano tra loro: *Che cosa è la Terra e cosa è il Cielo?*

Tra gli uomini, o almeno tra gli uomini che pensano e che si sentono in certe ore della vita animati dal nobile desiderio di conoscere, ve ne sono pochi che non si siano chiesti con una inquieta curiosità ciò che è questo Cielo che circonda la nostra abitazione terrena. Sia per mezzo dello splendore dei giorni, quando questo magnifico azzurro plana gloriosamente sulle nostre teste; sia nel raccoglimento della sera, quando l'astro ardente discende maestosamente nel suo letto di porpora dalle frange dorate e la luna rosseggiante appare dietro le montagne; sia nel mezzo delle notti silenziose, quando le stelle scintillanti riversano nello spazio la loro melanconica pioggia di luce; in questi istanti di contemplazione e colloquio con la natura,

l'anima di sente ansiosa di sondare i misteri della creazione; essa riconosce che l'ignoranza è una condizione inferiore e che deve essere dolce e soddisfacente il sapere; essa domanda all'Essere universale che respira in tutte le cose la rivelazione delle sue opere e la curiosità diviene quasi un energico bisogno di uscire dalle tenebre e di comprendere nella sua grandezza l'ordine e il corso dell'immenso universo.

Sforziamoci quindi di innalzarci al di sopra delle apparenze, affrancandoci dalle illusioni dei sensi e impariamo a giudicare nella loro bellezza le realtà assolute della creazione. I poeti dell'antichità e dei tempi moderni si sono immaginati che la finzione fosse più bella e seducente della verità; questi poeti si sono sbagliati. Come si esprimerebbe un matematico profondo, Eulero: per chi sa comprendere la scienza, la natura così come è supera di cento volte tutte le favole e tutte le creazioni umane.

La nostra vista, limitata alla sfera in cui siamo, ci mostra al di sopra delle nostre teste una cupola blu, arricchita durante le tenebre da una moltitudine di punti brillanti. Noi siamo portati a credere che vi è là una volta ribassata, formata da una sostanza aeriforme e racchiudente la superficie terrestre come farebbe una cupola immensa. Tale è in sintesi il sistema delle apparenze. È quello che noi ci rappresentiamo quando, bambini, ci ragioniamo in base all'impressione dei sensi. È quello che i popoli bambini avevano adottato, poiché l'umanità è come un individuo che cresce in successione dalla debolezza ignorante al giudizio analizzatore. È quello che un gran numero di uomini tengono oggi, poiché non riflettono sulla sua ingenuità e rimangono indifferenti ai progressi delle scienze. Ricordiamoci dei tentativi antichi del pensiero umano, dopo gli antichi ariani che portarono le loro tende di fiume in fiume nel mezzo delle vaste Indie; dopo gli Egiziani le cui sfingi mute e severe guardano pensosamente l'orizzonte lontano dei grandi deserti; dopo i pastori caldei veglianti la notte sulle montagne e dopo i racconti del Pentateuco, fino alla cosmologia dei Greci, fino alle idee barcollanti di Roma e fino ai bizzarri timori del nostro oscuro medio evo. In questo immenso panorama retrospettivo dell'umanità, vediamo dominare le idee provenienti dalle apparenze. I diversi sistemi astronomici, è vero, nella loro forma, secondo i metodi di ragionamento, secondo le latitudini, i temperamenti, i caratteri, le credenze religiose; ma al fondo si distingue la struttura di tutti questi sistemi, è il tipo che delineiamo: la Terra è una superficie piana indefinita, circondata oltre i propri limiti sconosciuti da abissi di tenebre; il Cielo è una cupola al di sopra della quale le religioni hanno generalmente posto la sede delle dopo la morte, come esse hanno posto la sede dei castighi nelle profondità della terra: *negli inferi*.

La Terra era fissa ed immobile, nel centro del mondo. Inoltre, ogni popolo aveva naturalmente la piccola vanità di credersi al centro della superficie abitata. Al di sotto di questa superficie si perdevano le fondazioni misteriose di cui parlava già Giobbe tre mila anni fa, quando scriveva; "Dove siete voi quando getto le fondamenta della Terra?" Si era naturalmente convinti che questa terra fosse solida, che non avesse alcun pericolo di sprofondare e che fosse immutabile. Quanto ai suoi confini, gli uni la dicevano limitata da oceani o paludi; altri parlavano di tenebre mescolate con movimento o quiete; altri più audaci, almeno dal X° secolo della nostra era, dichiaravano che, facendo un viaggio alla ricerca del paradiso terrestre, avevano trovato il punto in cui il cielo e la terra si toccano ed erano stati obbligati ad abbassare le spalle! La cupola trasparente posata sul reame dei viventi diviene assai sicura per servire come base di un regno di morti, o piuttosto di anime trapassate e più tardi di risuscitati, che deve durare tutta l'eternità.

Le nostre speranze sulla vita futura e il nostro concetto di Essere supremo, devono oggi assumere tutta un'altra forma: empireo, paradiso, purgatorio, inferno, limbo, sono scomparsi dopo l'invenzione del calcolo infinitesimale e del telescopio; non vi è altro cielo se non lo spazio dentro il quale poniamo noi stessi e altri luoghi di presenza extra-terrestre per i diversi mondi rivelati dall'astronomia.

Così come Mercurio, come Venere, il nostro pianeta plana nel Cielo. Bisogna che noi vediamo

chiaramente in esso un globo *sospeso senza alcuna specie di supporto*, nel mezzo di un vuoto immenso. Abbiamo già visto che per gli abitanti di Mercurio e Venere la Terra brilla da lontano come una stella. Vista da vicino, a centomila leghe di distanza, questo globo offre l'aspetto e la dimensione della nostra figura 45 posta a $1^m, 48$ dall'occhio.



Fig. 45. - La Terra nello spazio.

La Terra è una sfera isolata nello spazio e questo spazio si prolunga all'infinito in tutte le direzioni e tutto attorno ad essa.

All'infinito...! e tutto attorno a noi! in alto, in basso, di fianco, dappertutto. Come immaginare una tale immensità? Cos'è il globo terrestre dentro un simile abisso?... Supponiamo che, volendo misurare questo infinito, partiamo dalla Terra come punto iniziale e ci dirigiamo verso *un punto qualunque* del Cielo. Orbene! qualunque sia la regione dello spazio verso cui ci dirigiamo in linea retta e senza mai interrompere la nostra corsa, - quando anche ci inoltrassimo in questo vuoto alla velocità della luce, 75000 leghe al secondo, 450 000 leghe al minuto, 270 milioni di leghe all'ora, - quale vertigine! potremmo volare per giorni, settimane, mesi, anni interi... con questa velocità costante... per secoli, per migliaia di milioni di secoli... e non raggiungeremmo mai, *mai*, alcun confine a questa immensità... Via via che gli abissi si chiudono dietro di noi, altri se ne aprono davanti a noi, perpetuamente, senza fine né tregua, qualunque sia il numero di secoli accumulati nel nostro viaggio; senza fine l'immensità resterebbe spalancata; e noi esauriremmo la serie dei secoli possibili, assorbiremmo il tempo, ci identificheremmo con l'eternità, piuttosto che vincere questa potenza dell'infinito, che, inaccessibile, fuggirebbe eternamente davanti a noi sorridente del nostro inseguimento...

Infine, dopo esserci fermati, estenuati, ripiegheremmo le nostre ali affaticate da questo volo secolare, disperati misureremo con lo sguardo e il pensiero lo spazio che abbiamo percorso; vorremo indovinare dove siamo e riconoscerci... Ma cosa! eccoci solo al... vestibolo dell'Infinito...

Che dico al vestibolo! In realtà, il nostro lungo e incommensurabile viaggio, dopo milioni di secoli di questo volo insensato, sarebbe identicamente *come se fossimo rimasti nella quiete più assoluta*. Davanti all'Infinito non avremo fatto un solo passo!!

Se quindi, considerando un istante il globo terrestre come unico in questo infinito che lo circonda da tutte le parti, supponiamo che possa cadere come una palla in un abisso, questo globo cadrebbe, cadrebbe per secoli e secoli e continuerebbe a cadere incessantemente, sempre, senza che *per tutta la durata dell'eternità* si possa mai avvicinare al fondo dell'abisso. Dopo mille secoli di caduta, continuerà a cadere per altri mille secoli, per altri ancora e ciò *senza mai discendere* in realtà! Sarebbe assolutamente come se rimanesse a riposo, poiché, infatti, il cammino percorso sarebbe *zero*, rispetto all'Infinito.

Portato nello spazio dalle misteriose leggi della gravitazione universale, il nostro globo corre nello spazio con una rapidità che il nostro pensiero può difficilmente afferrare. Obbedendo al Sole, ruota attorno ad esso alla distanza media di 37 milioni di leghe, su un'orbita che non misura meno di 235 milioni di leghe da percorrere in 365 giorni e 6 ore. Per compiere questa traslazione, bisogna volare alla velocità di 643 395 leghe al giorno, 26808 leghe all'ora, 29786 metri al secondo.

Il più rapido treno espresso, sospinto dall'ardore tremendo del vapore, può percorrere al massimo circa 100 chilometri all'ora, cioè 25 leghe; sulle ruote invisibili del Cielo, la Terra vaga con una velocità 1100 volte maggiore. La differenza è tale che non è possibile mostrarla qui geometricamente con una figura. Se si rappresentasse con 1 *mm* soltanto la lunghezza percorsa in un'ora dalla locomotiva, bisognerebbe tracciare a fianco una linea di 1, 10 metri per rappresentare il cammino comparato percorso dal nostro pianeta nello stesso tempo. Nessuna velocità misurabile ci può dare un'idea di quella della Terra. Aggiungerò, per confronto, che il movimento di una tartaruga è circa 1100 volte meno rapido di un treno espresso. Se, pertanto, si potesse mandare un treno espresso a correre vicino alla Terra, è esattamente come se si inviasse una tartaruga a correre vicino a un treno espresso! Noi voliamo, del resto, settantatre volte più veloci di una palla di cannone!... E questo è un giocattolo di cui le Bibbie antiche facevano la base di tutta la creazione!

Posti come noi noi lo siamo attorno al globo, molluschi infinitamente piccoli incollati alla sua superficie per l'attrazione centrale e trasportati dal suo movimento, noi non possiamo renderci conto direttamente di questo movimento. Il solo modo che possiamo impiegare per sentire esattamente la condizione cosmografica della Terra, sarebbe di immaginarci posti non più su di essa, ma a fianco, nello spazio e immobili, invece di essere, come siamo, trascinati dal suo moto proprio. Così isolati da questo globo, potremmo osservarlo senza essere parti in causa, senza idee preconcepite, senza patriottismo e constatare il suo moto, essendo nella condizione di quello che vede passare davanti a sé un treno rapido sul binario di una ferrovia.

Così posti nello spazio, non lontano dalla strada celeste seguita dal globo nel suo cammino, vedremmo dapprima questo globo venire da lontano, *con l'aspetto di una stella crescente*. Il suo volume apparente aumenterebbe con l'avvicinamento, lo vedremmo poi con il diametro della Luna piena. Noi potremmo allora distinguere la sua superficie, i continenti e i mari, il bianco polo splendente, l'atmosfera ricoperta di nuvole. Ben presto il globo, accresciuto, ci apparirebbe sempre più grande. Riconosceremmo le diverse parti del mondo, i due vasti triangoli verdi dell'America, l'Europa suddivisa nelle sue rive, l'Africa color ocre, le bande nuvolose equatoriali. La nostra attenzione cercherà di distinguere i più piccoli dettagli della sua superficie, tra gli altri, senza dubbio, una regione verdeggiante che occupa solo la millesima parte e che si chiama Francia... Ecco questa palla ruotante che si ingrandisce, si ingrandisce ancora. Improvvisamente occupa il cielo intero, *si erge, mostro colossale, davanti alla nostra visione turbata*. Noi percepiamo un istante il vago tumulto delle bestie feroci dei tropici e anche quello dell'artiglieria sempre grondante della nostra dolce e intelligente umanità... Ma l'immensa sfera è passata con la rapidità del lampo; ecco chi *affonda nelle profondità aperte*

dello spazio; poi, rimpicciolisce allontanandosi, se ne fugge, diminuisce e scompare perdendosi nell'infinito...

È su questa palla che ci arrampichiamo tutti, disseminati attorno alla sua superficie come impercettibili formiche e trasportati nello spazio insondabile dalla forza vertiginosa della gravitazione universale.

Questa palla è larga 12733 *km*, o 3184 leghe e ha una circonferenza di 40 000 *km* o di 10 000 leghe. La sua superficie è di 509 milioni di chilometri quadrati, o circa 50 miliardi di ettari, terre e acque comprese. Le terre occupano solo 130 milioni di chilometri quadrati, cioè 13 miliardi di ettari. Il suo volume misura circa 1000 miliardi di chilometri cubi. La sua densità supera di cinque volte e mezza quella dell'acqua. Il suo peso è di 5875 sestilioni¹ di chilogrammi: 5 875 000 000 000 000 000 000 000.

Questo volume e questo peso ci appaiono enormi! Però il volume del Sole supera quello della Terra di 1 279 000 volte e il suo peso è uguale a quello di 324 000 globi terrestri messi insieme!

L'atmosfera che circonda la Terra pesa 6263 quadrilioni² di chilogrammi, cioè circa un milione di volte meno del globo. È sotto questo strato d'aria che ci troviamo, come le ostriche sotto il mare, sopportando sulle nostre spalle una pressione di 15 500 *kg*. E non possiamo, anche solo come gli uccelli, innalzarci al di sopra di questi bassifondi, verso i quali ci trattiene la palla del peso. Qualche volta, è vero, l'aerostato celeste ci degna di trasportarci nelle regioni aeree, ma è solo per farci rimpiangere la nostra condizione ordinaria.

Oltre al movimento di *traslazione* che si presenta al nostro sguardo, la Terra ha un gran numero di altri movimenti. Dapprima la sua *rotazione* la fa girare su se stessa, piroettare in qualche modo, in 24 ore, dando alle sue differenti latitudini una velocità diversa, secondo la loro distanza dall'asse di rotazione. All'equatore, dove la velocità è massima, la superficie terrestre è obbligata a percorrere 10000 leghe in 24 ore o quasi 7 al minuto. Alla latitudine di Parigi, dove il cerchio è sensibilmente meno grande, la velocità è di 4,5 leghe al minuto; ai poli essa è nulla. Un terzo movimento fa oscillare la Terra sul piano dell'orbita che essa descrive attorno al Sole e diminuisce l'obliquità dell'eclittica per aumentarla nell'avvenire. Un quarto fa variare la curva che il nostro pianeta descrive attorno al Sole e tempera l'eccentricità di questa ellisse per avvicinarla a un cerchio, che nuovamente si allungherà sotto l'influsso degli altri pianeti. Un quinto movimento sposta lentamente il perielio, che fa il giro dell'orbita in 21000 anni, cosicché in questo altro ciclo le stagioni prendono in successione il posto l'una dell'altra. Un sesto movimento, quello che costituisce la *precessione degli equinozi*, fa compiere all'asse terrestre una rotazione lenta che non dura meno di 25765 anni e in virtù della quale tutte le stelle del cielo cambiano ogni anno posizione apparente, per ritornare allo stesso punto dopo questo grande ciclo secolare. Un settimo movimento, dovuto all'azione della Luna e detto *nutazione*, fa descrivere al polo dell'equatore sulla sfera celeste una piccola ellisse in 18 anni e 8 mesi. Un ottavo movimento, causato dall'attrazione dei pianeti, e principalmente dal mondo gigantesco di Giove e dal nostro vicino Venere, produce *perturbazioni*, calcolate dapprima, sulla linea descritta dal nostro pianeta nella sua rivoluzione annuale, lo gonfia o l'appiattisce, secondo le variazioni della distanza. Un nono movimento fa ruotare il Sole lungo un piccolo ellisse il cui fuoco si trova all'interno della massa solare e fa ruotare l'intero sistema planetario attorno a questo *centro comune di gravità*. Infine, un decimo movimento, più considerevole ancora dei precedenti, è il *trascinamento* del sistema planetario a rimorchio del Sole attraverso i cieli incommensurabili. Il sole non è immobile nello spazio, ma si muove e ci trasporta con sé verso la costellazione di Ercole. La velocità di questo movimento generale è di oltre 200 000 leghe al giorno. Le leggi del moto invitano a credere che il Sole gravita attorno a un centro ancora a noi sconosciuto. Ma forse anche che cade in linea retta nell'infinito, trascinando con sé tutto il suo sistema di pianeti e di comete... Potrebbe cadere *eternamente*, senza mai raggiungere il fondo

¹N.d:T:: sestilione = 10^{21}

²N.d:T:: sestilione = 10^{15}

dello spazio, e senza che noi possiamo renderci conto di questa caduta immensa se non per l'esame minuzioso delle prospettive mutevoli della posizione delle stelle, esame che ho potuto fare recentemente e tradurre su una carta astronomica, che mostra l'aspetto variabile dei cieli causato dal moto proprio di tutti i soli nello spazio.

Questi moti differenti che trascinano l'astro-Terra nell'immensità sono noti, grazie al numero colossale di osservazioni fatte sulle stelle dopo più di quattro mila anni e grazie al rigore dei principi moderni della meccanica celeste. La loro conoscenza costituisce la base essenziale della massima e più solida delle scienze. La Terra è ormai inserita nel rango degli astri, malgrado la testimonianza dei sensi, malgrado le illusioni e gli errori secolari e soprattutto malgrado la vanità umana, che per lungo tempo si era formata con compiacimento una creazione a sua immagine. Sollecitata da tutti questi moti diversi, di cui qualcuno, come quello delle perturbazioni, sono di un'estrema complessità, il globo terrestre naviga nel vuoto, turbinando, bilanciandosi sotto influssi diversi, salutando i pianeti suoi fratelli, correndo con una velocità inafferrabile verso un fine che ignora. Le ondulazioni successive del suo cammino formano un sistema continuo di spirali intrecciate.

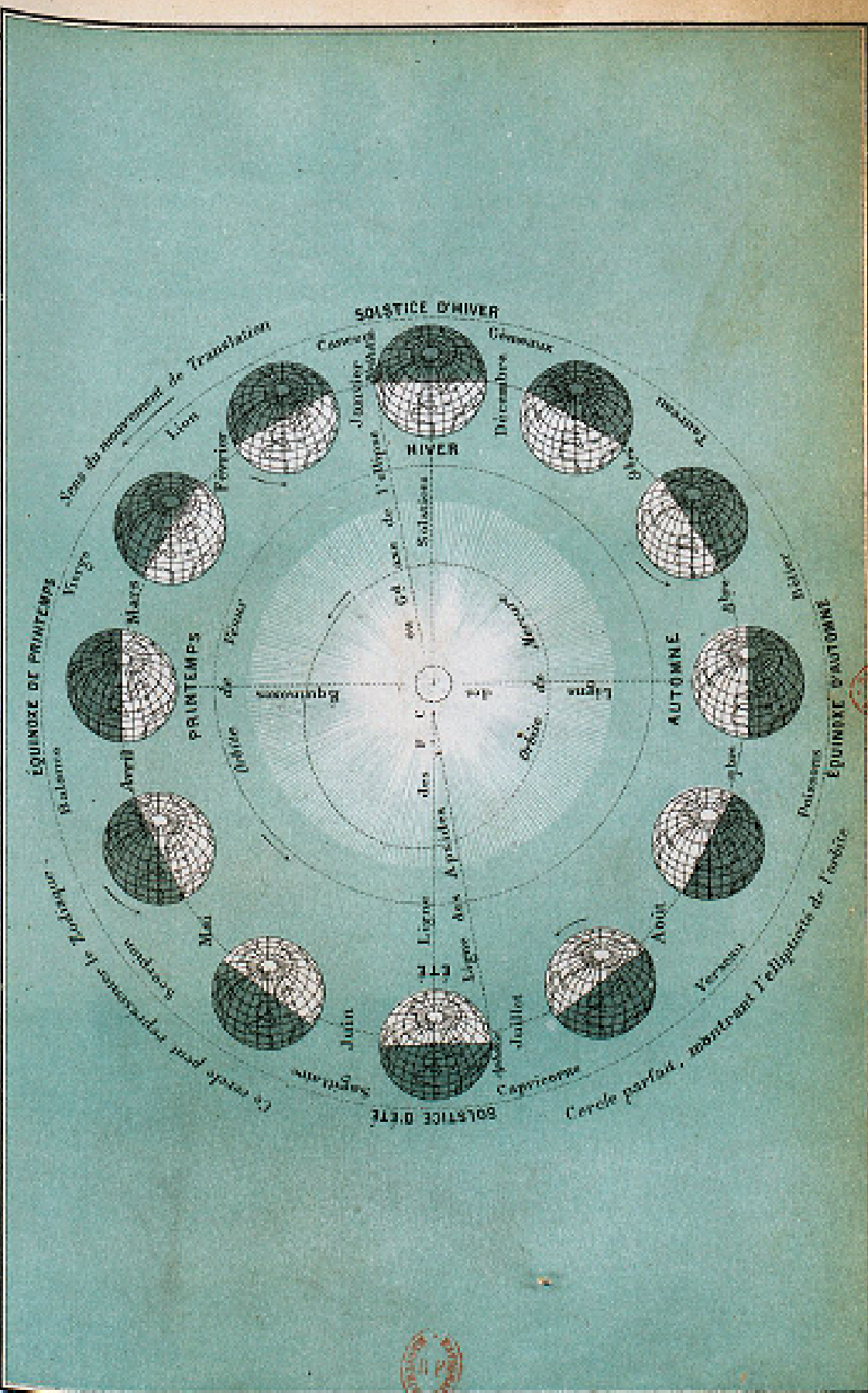
Dalla sua esistenza, *la Terra non è passata due volte nello stesso posto*, e il luogo che occupiamo nel momento in cui leggete queste righe, o lettori, sprofonda con rapidità dietro la nostra scia eterea per non ritornarvi mai più! La stessa superficie terrestre, del resto, si modifica ogni secolo, ogni anno, ogni giorno e le condizioni della vita cambiano attraverso l'eternità come attraverso lo spazio. È così che il cammino del mondo effettua il suo corso misterioso e che gli esseri, come le cose, continuano ad esistere solo attraverso perpetue metamorfosi.

La Terra, su cui siamo, è quindi un astro. È la verità fondamentale che dobbiamo assimilare una volta per tutte. Esso è un pianeta ruotante annualmente attorno al Sole lungo un'orbita quasi circolare tracciata al di là di quelle di Mercurio e Venere; nello stesso tempo, gli altri pianeti del sistema gravitano nello stesso senso, con diverse velocità, formando un armonioso concerto attorno al Sole che illumina.

Così, *siamo veramente nel Cielo*; ci siamo sempre stati e non ne possiamo uscire. Questa è la grande verità, importante a parecchi titoli, che la conoscenza dell'astronomia ci invita a comprendere e a meditare.

PL. III

FLAMMARION, Bureau de Paris



Édit. Flammarion et Cie

MOUVEMENT ANNUEL DE LA TERRE AUTOUR DU SOLEIL, ET PRODUCTION DES SAISONS.

Gravé par E. Mouton

Entriamo ora in qualche dettaglio e *facciamo l'analisi rapida di tutti questi movimenti* che caratterizzano il nostro globo.

1° Consideriamo attentamente la tavola III, vi vedremo gravitare la Terra attorno al Sole nella sua rivoluzione annuale e sapremo quale è la sua posizione ogni mese dell'anno. Questa rivoluzione annuale si compie in 365 giorni 6 ore 9 minuti 10 secondi. Non vi è quindi un numero intero di rotazioni terrestri nel corso di una rivoluzione; per la misura del tempo, siamo obbligati ad assegnare talvolta 365 e a volte 366 giorni come durata dell'anno. Questa è la *traslazione* della Terra.

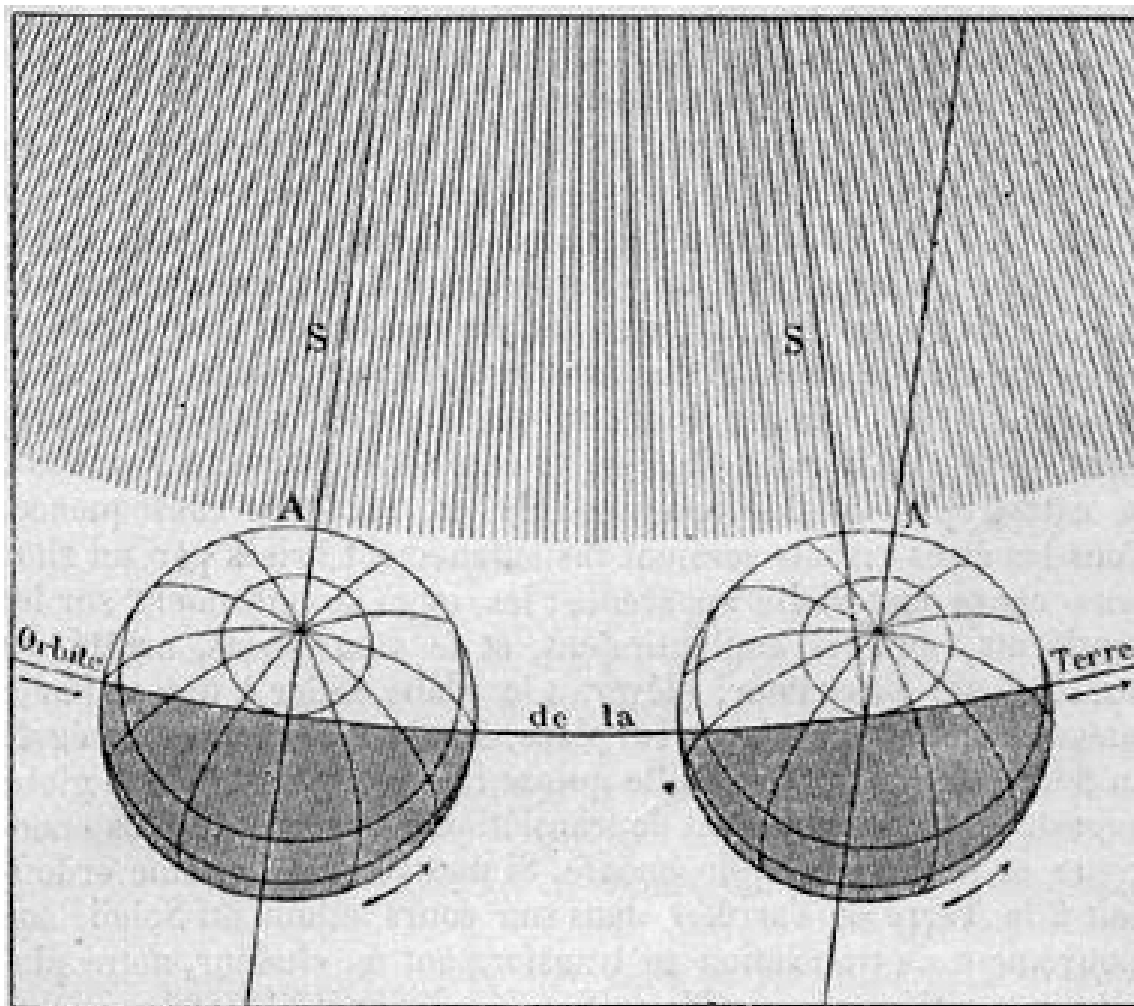


Fig. 46. - Traslazione e rotazione della Terra - Giorno siderale e giorno solare

2° Mentre ruota attorno al Sole, gira su se stessa in una *rotazione* diurna che si effettua in 23 ore in 23 ore 56 minuti 4 secondi. Questa sarebbe la durata esatta del giorno e della notte, se il nostro globo ruotasse al Sole; ma siccome si sposta nello spazio, quando un punto qualunque del globo ritorna alla fine di questo intervallo nella stessa posizione assoluta che occupava all'inizio, il Sole appare spostato in senso contrario al moto di traslazione della Terra e poiché il nostro punto giunge nuovamente davanti ad esso, è necessario che la Terra continui a ruotare su se stessa per 3 minuti e 56 secondi.

Questo è molto facile da vedere su una figura. Consideriamo il globo terrestre in un momento qualsiasi e supponiamo che il punto A si trovi proprio davanti al Sole (figura 46, a sinistra). Quando la Terra avrà compiuto la sua rotazione, essa si sarà spostata nella posizione indicata a destra e il meridiano A si ritroverà come prima; ma il Sole si sarà spostato verso sinistra mentre la Terra avanzava verso destra e affinché il punto A ritorni di nuovo davanti al Sole, bisogna aggiungere 3 minuti e 56 secondi; e ciò, tutti i giorni dell'anno. Così tra due mezzodì vi sono 24 ore precise, o 86400 secondi; mentre tra due passaggi di una stella al meridiano vi sono solo 23 ore 56 minuti 4 secondi, o 86164 secondi.

Il giorno di 24 ore è il giorno *solare* o *civile*. Il giorno di 23 ore 56 minuti 4 secondi è il giorno *siderale*. A causa della traslazione dei pianeti attorno al Sole, il numero dei giorni solari che formano l'anno è sempre inferiore di una unità a quello dei loro giorni siderali.

Il globo terrestre ha una circonferenza di 10000 leghe, e si vede che in virtù della sua rotazione, un punto dell'equatore si sposta di 1670 *km* ogni ora. Superficie del globo, mari, atmosfera, nubi, tutto quanto appartiene alla Terra è trasportato da questo moto diurno e, di conseguenza, tutto sembra a riposo attorno a noi. Questa forza è così notevole, che se il moto di rotazione del nostro pianeta fosse arrestato bruscamente, se una mano colossale, una volontà onnipotente l'arrestasse, la catastrofe più spaventosa ne sarebbe la conseguenza. Tutti gli esseri viventi sarebbero istantaneamente distrutti da un urto senza causa materiale apparente; i mari si getterebbero sui continenti, che sarebbero inghiottiti e il moto, bloccato, si trasformerebbe in calore, portando l'intero globo ad una temperatura così alta che produrrebbe un calore rosso uguale al fuoco di una massa di carbone quindici volte più grande del globo terrestre... Il moto di traslazione è molto più energico e ancora più formidabile. Se una volontà suprema ordinasse alla Terra di fermarsi nel suo cammino attorno al Sole, il suo moto di traslazione si trasformerebbe in calore, l'intero nostro pianeta si volatilizzerebbe e svanirebbe allo stato di vapore, come una nebulosa³.

3° La Terra non ruota attorno ad un asse perpendicolare al piano nel quale gravità attorno al Sole; il suo asse di rotazione è inclinato su questo piano di 66°33'. Ne risulta che l'equatore, che è naturalmente ad angolo retto sulla linea dei poli, è inclinato sull'eclittica di 23°27', complementare di 66°33'. Questo angolo è detto *l'obliquità dell'eclittica*. Questa posizione del globo terrestre e questi angoli sono facili da cogliere sulla nostra figura 47. La Terra ruota attorno al Sole mostrando sempre il suo asse parallelo a se stesso; ne risulta che essa offre talvolta il suo polo superiore e talvolta il suo polo inferiore ai raggi luminosi e calorici del Sole e crea così la successione delle stagioni e dei climi alla sua superficie, nello stesso tempo la variazione di durata del giorno e della notte sui diversi punti del globo. *Si comprenderanno facilmente ed esattamente questi fatti considerando la nostra tavola III*. Agli equinozi di marzo e settembre, il Sole illumina il globo terrestre fino ai due poli e il giorno è uguale alla notte (di 12 ore ciascuno) su tutti i punti del globo. Se seguiamo la Terra nel suo cammino, vedremo che al suo avanzare verso l'estate, il polo nord è sempre più illuminato fino al solstizio di giugno, dove il Sole illumina tutto il cerchio polare. In questo periodo contiamo, alla latitudine di Parigi, 16 ore di giorno e solo 8 ore di notte: il Sole si trova nel cielo a 23°27' più alto dell'equatore. Poi la Terra prosegue il suo cammino, abbassando il polo nord e innalzando il polo sud, fino all'equinozio di settembre, dove la situazione è simmetrica a quella di marzo e fino al solstizio di dicembre, quando si ha la situazione opposta al solstizio di giugno. Allora è il polo sud che è illuminato, mentre il polo nord è nell'ombra; il giorno è di sole 8 ore e la notte regna per 16 ore (astrazione fatta per i crepuscoli); il Sole si innalza solo 23°27' al di sotto dell'equatore, è l'inverno per il nostro emisfero e l'estate per l'emisfero sud. La posizione della Terra agli equinozi e ai solstizi leggerà ancora meglio sulle nostre figure 48 e 49.

³Non vogliamo riprendere in quest'opera le prove del moto della Terra. Le si troverà completamente esposte nel nostro *Vie de Copernic*, cap. VII e nel nostro *Merveilles célestes*, cap. XXVII.

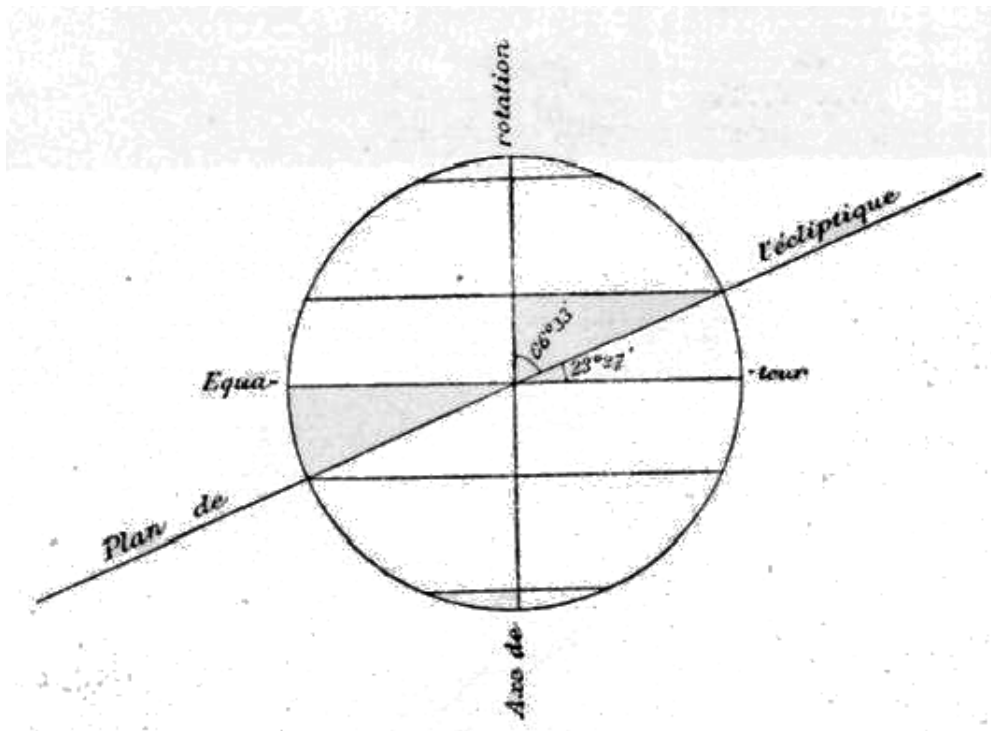


Fig. 47. - Inclinazione dell'asse di rotazione sul piano dell'eclittica

La durata del giorno varia considerevolmente per le diverse latitudini, come si può valutare dalla piccola tabella seguente che indica la lunghezza del giorno solstiziale, dell'equatore ai poli.

All'equatore	12 ore	A 65°48' di latitudine	22 ore
16°44' di latitudine	13	66°21'	23
30°48'	14	66°33'	24
41°24'	15	67°23'	1 mese
49°2'	16	69°51'	2
54°31'	17	73°40'	3
58°27'	18	78°11'	4
61°19'	19	84°5'	5
63°23'	20	Ai poli	6 mesi
64°50'	21		

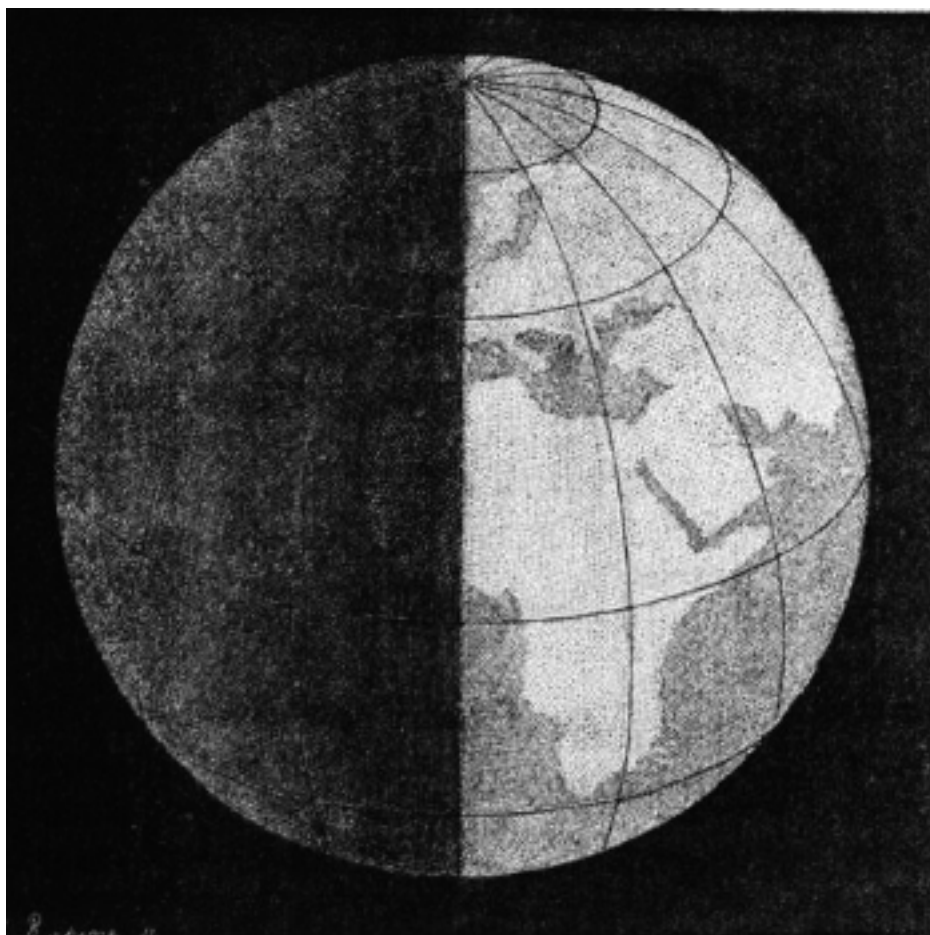


Fig. 48. - Posizione della Terra agli equinozi

Questa obliquità dell'eclittica non è invariabile. Essa decresce lentamente. Essa è stata misurata sia dalla più lontana antichità. Plinio ne attribuisce la scoperta ad Anassimandro, discepolo di Talete, che visse nel VII secolo a. C.. Ma i Cinesi la conoscevano da molto tempo prima, poiché ne abbiamo una determinazione fatta dall'astronomo Tcheou-Kong 1100 anni prima della nostra era. L'accordo che regna tra le diverse misure antiche e le moderne è notevole e indica che gli astronomi antichi avevano la massima cura nel valutarle. Queste misure mostrano che l'obliquità diminuisce in realtà di 48" per secolo. Ecco le principali:

1100 anni a.C.	Tcheou-kong in Cina	23°54'
350	Pytheas a Marsiglia	23 49
250	Eratostene ad Alessandria	23 46
50	Lieou-hiang in Cina	23 45
460 anni d.C.	Tsou-chong in Cina	23 39
880	Albategnius in Arabia	23 36
1000	Ebn-Jonis al Cairo	23 34
1437	Ulug-bey a Samarcanda	23 31
1800	Osservatorio di Parigi	23 28
1876	Osservatorio di Parigi	23 27

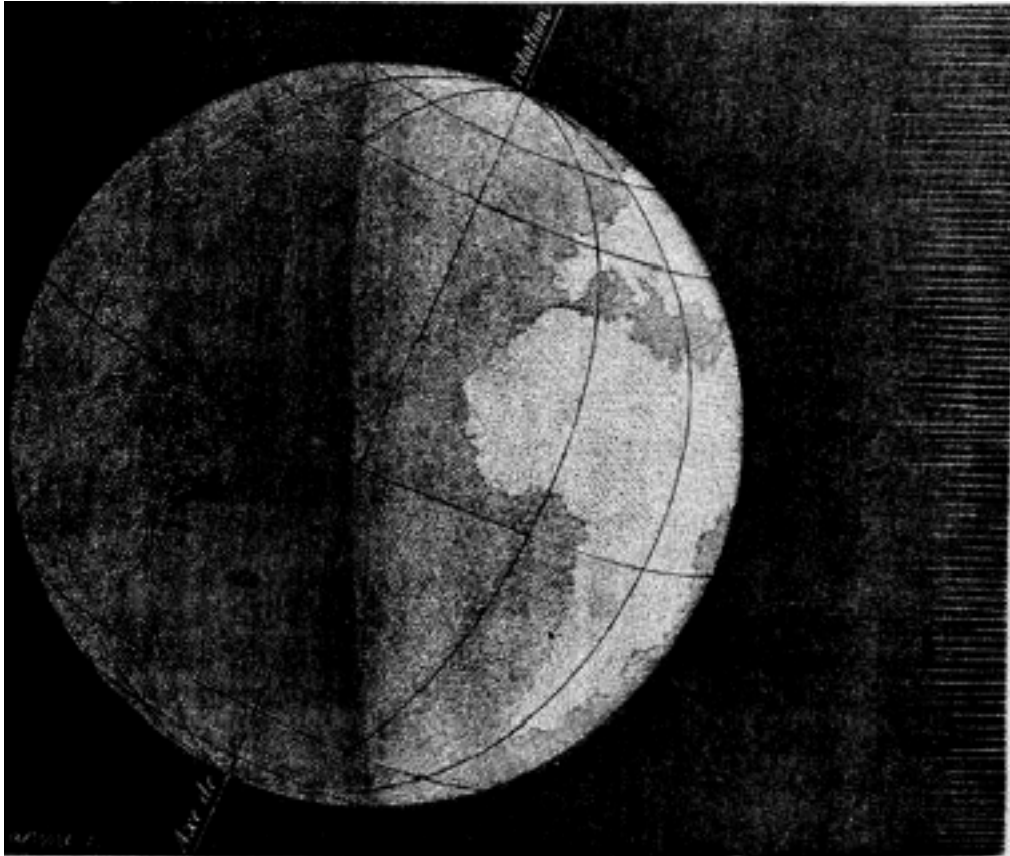


Fig. 49. - Posizione della Terra al solstizio d'estate (21 giugno)

La diminuzione continuerà così, e possiamo sperare di vedere un giorno l'equatore del tutto sdraiato sull'eclittica, le stagioni scomparire, una *primavera perpetua* e un clima costante regnare alla superficie del globo? - No.

Questa diminuzione è dovuta all'attrazione che i pianeti esercitano sulla Terra e si trova così legata a un ciclo di tutti i loro influssi messi insieme. La meccanica celeste dimostra che questa diminuzione si fermerà nei prossimi secoli e che succederà al primo un moto contrario del piano dell'eclittica. L'estensione della variazione è di solo $1^{\circ}21'$. Questa variazione non ha alcuna influenza sui climi terrestri⁴.

4° Abbiamo visto che l'orbita terrestre non è circolare, ma ellittica. La sua eccentricità è di 0,01679. Infatti, se prendiamo come unità la distanza media della Terra dal Sole, o il semiasse dell'orbita, abbiamo:

⁴Uno dei nostri scienziati astronomi inglesi contemporanei, M. Hind, trova (*Solar System*, p. 33) che "questa scoperta dei limiti ai quali è soggetta si accorda con la promessa che Dio ha fatto a Noe dopo il diluvio di non cambiare più ormai alla superficie della Terra, e che essa spiega quali mezzi il Creatore ha impiegato per realizzare la sua volontà, mezzi rimasti nascosti fino a che la scienza moderna le abbia scoperti". È questa sicuramente un'idea singolare. Oltre a Dio che non ha mai "aperto bocca" per parlare a Noe e che il genere umano non è mai stato sommerso come suppone la Bibbia, è certo che l'*obliquità dell'eclittica aveva prima del diluvio gli stessi elementi di stabilità odierni* e che questa stabilità risale anche al periodo riferito dalla storia giudaica. Questa è una illusione religiosa analoga a quella di Milton, che ci mostra, nel *Paradiso perduto* (canto X), gli angeli che spingono con forza l'asse del globo per linclinarlo: "Essi con fatica rendono obliquo il perno del globo", Geova, furioso per la colpa di Adamo (o di Eva?), sopprimendo la primavera perpetua di cui la Terra avrebbe goduto fino ad allora; la qual cosa è contraria alla verità, atteso che l'asse non è mai stato perpendicolare al piano dell'orbita. Astronomi dei nostri giorni, dei quali potrei citare i nomi, sono, come M. Hind, incoerenti con la loro propria scienza!

		in <i>km</i>
Distanza dal perielio.	0,98321	145 500 000
Distanza media	1,00000	148 000 000
Distanza dall'afelio	1,01679	150 500 000

La Terra è quindi è di 5 000 000 di chilometri o di 1 260 000 leghe più vicina al Sole quando passa al suo perielio rispetto a quando passa al suo afelio. La prima posizione arriva il 1° gennaio e la seconda il 1° luglio. Questa differenza nella distanza non impedisce che la temperatura sia meno elevata sul nostro emisfero boreale alla prima di queste date che alla seconda, poiché questa temperatura è determinata dall'inclinazione dei raggi solari e dalla durata del giorno. Tuttavia, siccome l'emisfero australe ha allora l'estate, riceve più calore del Sole del nostro nella proporzione della differenza di distanza: circa un quindicesimo.

Questa eccentricità dell'orbita terrestre non è costante. Essa diminuisce lentamente di secolo in secolo. Ecco alcuni valori che mostrano la lentezza della sua variazione secolare:

Eccentricità dell'orbita terrestre	
100 000 anni fa (max)	0,0473
70000 anni	0,0316
50000 anni	0,0131
10000 anni	0,0187
Oggi	0,0168
Tra 10000 anni	0,0155
23000 anni (minimo)	0,0033
50000 anni	0,0173
70000 anni	0,0211
100 000anni	0,0189

Arriverà un giorno ad essere nulla e il nostro pianeta seguirà allora una circonferenza perfetta attorno al Sole? No.

L'eccentricità delle orbite planetarie varia sotto l'influenza reciproca che i pianeti esercitano gli uni sugli altri. Questo fatto è di una importanza capitale, poiché la lunghezza dell'anno, il moto angolare, la quantità di luce e di calore ricevuti dal Sole variano con l'asse maggiore. Questo si allunga o si riduce con l'eccentricità? Il sistema planetario non è quindi stabile? La Terra e gli altri pianeti sono destinati a vedere le loro orbite aumentare nell'avvenire e ad allontanarsi sempre di più per andare a morire nei deserti dello spazio? o devono avvicinarsi un poco alla volta al sole, vedere i loro anni ridursi e cadere un giorno nel fuoco che li attrae?

No, l'asse maggiore è immutabile. Inoltre, le azioni planetarie non agiscono costantemente nello stesso verso e la combinazione delle loro rivoluzioni neutralizza rapidamente gli effetti che li avevano provocati. L'eccentricità delle orbite, la variazione della linea degli absidi, lo spostamento del perielio possono ricevere solo cambiamenti periodici e la loro condizione media deve costantemente rimanere la stessa per tutta la durata dei pianeti. Se consideriamo, per esempio, i due pianeti più importanti del nostro sistema, Giove e Saturno, troviamo che la loro attrazione reciproca produce una variazione secolare nell'eccentricità dell'orbita di Saturno da 0,08409 (il suo massimo) fino a 0,01345 (il suo minimo), mentre quella di Giove varia da 0,06036 a 0,02606: la più grande eccentricità di Giove corrispondendo alla più piccola di Saturno e *viceversa*. Il periodo di questa variazione totale è di 70444 anni. Servirebbero milioni di anni per riportare il sistema planetario al suo stato primitivo, solo per quanto concerne l'eccentricità delle orbite. Il triplo periodo delle eccentricità di Giove, Saturno e Urano prese insieme comprendono 900 000 anni. L'eccentricità dell'orbita terrestre continuerà a diminuire fino a raggiungere 0,003314 e ciò avverrà solo nell'anno 25780 della nostra era.

Lungi dall'essere stabile e sempre simile a se stesso, l'universo subisce, come vediamo, trasformazioni incessanti. Ma le precedenti non sono ancora le più importanti né le più intense. Ve ne sono altre la cui conoscenza riassunta non è meno interessante per la nostra istruzione generale.

5° La linea ideale che unisce il perielio all'afelio e che si chiama *linea degli absidi*, si sposta, pure essa, lentamente; questo fa cambiare la posizione del perielio e dell'afelio. Ecco alcune posizioni del perielio che mostrano il suo movimento:

Data della misura	Longitudine
1590	97°35'31"
1775	99°3'17"
1800	99°30'5"
1850	100°21'22"
1876	100°48'11"

Nell'anno 1250 della nostra era il perielio arrivava il giorno del solstizio d'inverno, il 21 dicembre. Ora arriva il primo gennaio. In quella epoca la durata della primavera era uguale a quella dell'estate e la durata dell'autunno era uguale a quella dell'inverno. Nell'anno 4000 prima della nostra era, epoca nella quale parecchi cronologisti avevano immaginato di fissare la creazione del mondo, il perielio coincideva con l'equinozio di autunno. Coincise, diciamo, con il solstizio d'inverno, nell'anno 1250. Allora i nostri inverni arrivavano nella sezione dell'orbita più vicina al sole, erano i meno freddi che si potessero avere, e le nostre estati, si trovano nella sezione dell'orbita più lontana., erano le meno calde che si potessero avere. Siccome la differenza nella distanza è di oltre un milione di leghe e la differenza di calore ricevuto di un quindicesimo, questa variazione deve avere un influsso reale sull'intensità delle stagioni. Il perielio si muove nel senso dei mesi. Dopo l'anno 1250, si è spostato dal 21 dicembre al primo gennaio. Arriverà al 21 marzo, all'equinozio di primavera, l'anno 6590 e al 22 giugno, al solstizio d'estate nel 11900. Allora le nostre estati saranno le più calde e i nostri inverni i più freddi: condizione opposta alla nostra situazione attuale. Infine nell'anno 17000 della nostra era, il perielio sarà ritornato al punto in cui trovava quattro mila anni prima della nostra era, cioè all'equinozio d'autunno. Il movimento è di 61", 9 per anno, o di 1 grado in 58 anni e il ciclo è di 21000 anni⁵.

Questo movimento della linea degli absidi è dovuto principalmente all'attrazione di Venere e di Giove sul nostro pianeta.

6° Esaminiamo ora la variazione secolare celebre, conosciuta sotto il nome di *precessione degli equinozi*.

L'equinozio di primavera non ritorna tutti gli anni nello stesso momento, ma avanza ogni anno. Supponiamo che nel momento dell'equinozio si prolunghi il raggio vettore tracciato dalla Terra verso il Sole fino ad una stella posta dietro il Sole. L'anno seguente, al ritorno dell'equinozio, la nostra linea ideale non avrà più la stella alla sua estremità e la Terra dovrà continuare per qualche tempo la sua corsa perché questo incontro abbia luogo, cioè perché la rivoluzione totale, l'anno siderale della Terra, si compia. Così tra due equinozi di primavera vi è minore tempo che tra due ritorni della Terra nello stesso punto della sua orbita. La differenza è di 20 minuti e 23 secondi. Si dà il nome di anno tropico a questo ritorno della Terra allo stesso equinozio: la sua durata è di 365 giorni 5 ore 18 minuti 47 secondi. Su questa durata è basato il calendario ed è per concordare l'anno civile con il cammino apparente del Sole, che ogni quattro si ha l'anno bisestile, ad eccezione di tre anni secolari su quattro⁶.

⁵I trattati di astronomia introducono in generale la massima confusione nell'esposizione di questa variazione del perielio. A volte non la distinguono dalla precessione degli equinozi; a volte considerano solo il moto apparente del perigeo; talvolta sbagliano nel verso della sua direzione. Così si legge nell'*Astronomia* di Sir John Herschel che il perielio coincideva con l'equinozio di primavera nell'anno 4000 a.C.. Questo errore si ritrova nell'*Astronomia* di Chambers cap. VI. Se si consulta a tale riguardo la grande *Astronomia popolare* di Arago, in quattro volumi, non vi si trova nulla; solo il moto del perigeo riferito alle apparenze, supponendo la Terra immobile! È facile stabilire tuttavia che la longitudine del perielio della Terra avanza nel senso della conteggio dei gradi. Essa era di 99°30' nel 1800, e di 100°21' nel 1850. Essa cresce quindi attualmente verso 180°. Ora 180° è la longitudine della Terra all'equinozio di primavera, poiché allora quella del Sole è 0. Il perielio, pertanto, viene dall'autunno e si sposta verso la primavera, invece di provenire dalla primavera e andare verso l'autunno.

⁶Questo spostamento secolare dell'equinozio non è del tutto uniforme e ne deriva che l'anno tropico non è assolutamente immutabile. Ora è più corto di 11 secondi rispetto al tempo di Ipparco e di 30

Ogni anno, il Sole sembra avanzare così sulle stelle, ne deriva che le costellazioni dello zodiaco retrocedono rispetto ad esso. Da quando si è stabilito il suo corso annuale apparente lungo lo zodiaco, circa 2000 anni fa l'equinozio di primavera arrivava quando il Sole entrava nella costellazione dell'Ariete. Ora, il 21 marzo, il giorno dell'equinozio di primavera, si trova davanti la costellazione dei Pesci. Il cielo intero si sposta quindi da ovest a est con grande lentezza. L'ascensione retta di ogni stella, cioè la sua distanza al meridiano dall'equinozio di primavera preso come punto di partenza, aumenta ogni anno di poco più di 3 secondi di tempo. Ne deriva che in ogni istante è necessario rifare le mappe celesti.

In qualche secolo lo scarto è considerevole. L'esempio migliore da citare sarebbe quello che ha fatto scoprire la precessione degli equinozi all'astronomo Ipparco. Nell'anno 128 a.C. osservò la posizione della stella detta Spiga della Vergine e trovò che essa era avanzata di molto rispetto alla posizione osservata dagli astronomi precedenti. Poté pure fissare con una sorprendente precisione l'ampiezza di tale movimento. In quel periodo la longitudine di questa stella era di 174° ; oggi è di 202° . Essa è quindi avanzata di 28° in 2000 anni.

È probabile che Ipparco non abbia scoperto la precessione degli equinozi, ma abbia solo calcolato tale valore. Questo movimento era noto da tempo agli astronomi indiani e cinesi, che si sono serviti di questa conoscenza per supporre situazioni del cielo anteriori a quelle che avevano osservato e creare così per la loro scienza e le loro patrie un'antichità favolosa.

Questo moto secolare del globo terrestre che cambia il piano del suo equatore e la direzione dell'asse di rotazione assomiglia a quello di una trottola, quando, durante il suo moto di rotazione, si vede il suo asse descrivere un cono (BAB) attorno alla verticale (AC), cono capovolto la cui punta rappresenta il vertice inferiore (fig. 50). La rotazione della Terra attorno al proprio centro si effettua in condizioni del tutto analoghe: mentre ruota attorno alla sua linea dei poli, questa linea, inclinata di $23^\circ 27'$ sulla perpendicolare al piano dell'eclittica, descrive un cono attorno a questa perpendicolare assumendo direzioni diverse.

Ne risulta che il polo celeste cambia di anno in anno e che tutto il cielo appare ruotare lentamente attorno al polo dell'eclittica. Ora la linea dei poli terrestri si proietta nel cielo vicino alla stella α della costellazione dell'Orsa Minore, detta perciò stella polare. Ma questo polo non rimarrà sempre là. Ruota nel cielo descrivendo un cerchio del diametro di 17 gradi.

La velocità del moto è di $50''$,3 per anno. Affinché il cielo compia una rivoluzione intera, servono 25765 anni. Questo è il ciclo della precessione degli equinozi.

secondi rispetto a quello in cui la città di Tebe in Egitto era la capitale del mondo. All'inizio del secolo, esso era di 365 giorni 5 ore 48 minuti 51 secondi. La sua massima durata ha avuto luogo l'anno 3040 prima della nostra era; quella più corta avrà luogo nell'anno 7600, con 76 secondi in meno. Attualmente, l'anno perde in durata circa tre quarti di secondo per secolo. Un centenario dei nostri giorni ha in realtà vissuto venti minuti in meno di un centenario del secolo di Augusto e un'ora in meno di un centenario egizio dell'anno 2500 a. c.

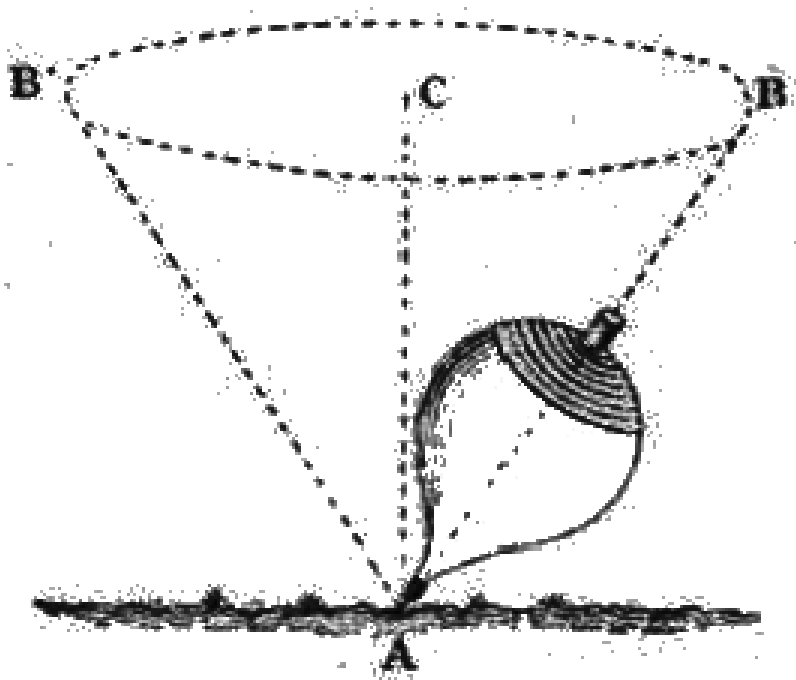


Fig. 50. - Rappresentazione del moto di precessione.

Avvicinandosi alla stella α dell'Orsa Minore, il polo, che ne è ancora lontano $1^{\circ}23'$, cioè tre volte circa la larghezza della Luna, arriverà vicino ad essa nell'anno 2105. In seguito, si allontanerà da questa stella, passerà successivamente nelle vicinanze di parecchie altre più o meno brillanti, che riceveranno a loro volta il nome di stelle polari dalle generazioni future, fino a che in dodicimila anni giungerà verso la brillante Vega, della Lira, che per mille anni almeno indicherà nel cielo il posto del polo, come ha già fatto quattordici mila anni fa.

Se avessimo osservazioni che indicassero il posto di questa stella al polo, o che ponessero l'equinozio di primavera vicino a una stella della Bilancia, potremmo concludere che queste osservazioni risalgono a quattordici mila anni fa. Sfortunatamente, sebbene storie politiche e religiose risalgano ad un'antichità ancora maggiore, non possediamo alcuna osservazione astronomica che lo affermi. Ho sfogliato un gran numero di vecchi documenti per scoprire, soprattutto quando scrivevo l'*Histoire du Ciel*, ma non ne ho trovato alcuno.

Gli annali cinesi ci hanno conservato osservazioni dell'eclissi di Sole dell'anno 2158 *a.C.*. La grande Enciclopedia cinese recentemente pubblicata in cento volumi può ora essere consultata da tutti gli Europei. Abbiamo un'osservazione cinese della stella χ delle Pleiadi indicante l'equinozio di primavera dell'anno 2357 *a.C.* e osservazioni delle eclissi fatte in Egitto dopo l'anno 2720. Le Pleiadi sono per loro, come per i Cinesi, come per Esiodo, le prime stelle dell'equinozio. La costellazione del Toro, di cui esse fanno parte, è quella che apre l'anno negli antichi zodiaci. Il bue Apis ne era un simbolo in Egitto. Presso gli Ebrei, la bella stella Aldebaran, l'occhio del Toro, rappresenta l'*aleph*, l'occhio di Dio, e lo stesso Geova. Ma non abbiamo nulla di più antico. Malgrado l'autorità di Laplace e di Dupuis, non credo che si possa scientificamente far risalire la costruzione dello zodiaco a più di tre mila anni avanti Cristo, all'epoca in cui la precessione pone l'equinozio nel Toro. Nessun zodiaco conosciuto ha iniziato nel segno seguente: nei Gemelli.

Questo movimento di precessione non segue tuttavia uno cerchio perfetto, poiché l'obliquità dell'eclittica varia. Ma, come abbiamo visto, questa variazione dell'eclittica e, di conseguenza, del suo polo, è racchiusa entro certi limiti.

La precessione degli equinozi ha per causa l'attrazione combinata della Luna e del Sole sul rigonfiamento equatoriale della Terra. Se la Terra fosse perfettamente sferica, questo moto retrogrado secolare non esisterebbe. Ma essa è appiattita ai suoi poli e rigonfia all'equatore. Le molecole di questo

cuscinetto equatoriale ritardano un poco il moto di rotazione: l'azione del Sole e della Luna la fa retrogradare ed essi trascinano in questo movimento retrogrado il globo al quale sono aderenti⁷.

7° La Luna è solo accidentalmente nell'eclittica; la sua azione sul rigonfiamento equatoriale del globo non si limita ad accrescere la precessione: essa determina la *nutazione* dell'asse terrestre. È un movimento dell'asse, che gli fa descrivere attorno al polo preso come centro un piccolo cono ampio solo 19" e che è valutabile, di conseguenza, solo con gli strumenti astronomici. Questo piccolo ellisse è descritto in 18 anni e $\frac{2}{3}$. È stato scoperto dall'astronomo inglese Bradley. Osservando la stella γ del Dragone, si accorse che dall'anno 1727 fino all'anno 1736 avanzava costantemente verso il polo boreale e che a partire da quest'ultimo periodo si muoveva di moto contrario. Scrisse all'astronomo francese Lemonnier, pregandolo di osservare le stelle a tal fine e la scoperta di questo piccolo movimento fu completa e verificata.

8° Queste sono le grandi disequaglianze secolari e periodiche che riguardano i moti della Terra. La combinazione delle masse planetarie aggiunge ancora a queste disequaglianze delle perturbazioni di minor valore che influiscono sull'ellitticità dell'orbita, facendo ondulare la curva, attirando anche talvolta il centro di gravità del sistema planetario al di fuori del Sole e modificando in tal modo la forma ellittica delle orbite. Il nostro globo è solo un giocattolo leggero nell'etere, bilanciato in mille modi dalle forze cosmiche.

9° Non è tutto. Aggiungiamo ancora a queste complicazioni, il trasporto dell'intero sistema solare nello spazio. Da un confronto accurato delle osservazioni, si è constatato che le stelle invece di essere fisse, sono dotate ciascuna di un moto proprio, spostandosi chi in un senso, chi in un altro. Questo movimento è molto lento per ognuna, ma comunque osservabile. Ho calcolato che la bella stella doppia 61^a del Cigno si sposta della larghezza apparente della Luna (31') in 350 anni, σ Eridani in 440 anni, μ Cassiopea in 483 anni, ecc. Questi moti propri sono diretti in tutte le direzioni, è vero; ma, attraverso tutte queste direzioni, ve ne è una che prevale e che è dovuta al cambiamento di prospettiva celeste causato dal nostro moto proprio nello spazio, - non dal nostro spostamento annuale sulla nostra orbita, poiché l'intera larghezza di questa orbita (74 milioni di leghe) è solo un punto al confronto delle distanze stellari, - ma uno spostamento secolare continuo dovuto al moto proprio del Sole nello spazio. È come se, attraversando su un vagone i paesaggi di una vasta campagna, vedessimo le prospettive cambiare, gli alberi, le abitazioni, i boschi, le colline essere trasportati da un moto apparente in senso opposto al nostro; allo stesso modo, questo spostamento generale delle stelle ci ha insegnato che il Sole ci trasporta, noi e tutti i pianeti del suo sistema, in una direzione di cui diamo la posizione sulla sfera celeste:

Ascensione retta	260°51'
Declinazione boreale	31°17'

Questo punto si trova nella costellazione di Ercole. Noi vaghiamo verso questa regione con una velocità almeno uguale a quella della Terra sulla sua orbita, cioè che a parte i 235 milioni di leghe che percorriamo ogni anno nella nostra rivoluzione attorno al Sole, ne facciamo almeno altrettanti avanzando nello spazio. Arriviamo dalle stelle in cui scintilla Sirio e vaghiamo verso quelle in cui brillano gli astri della Lira e di Ercole.

⁷La maggior parte dei trattati di astronomia insegnano a torto che la precessione degli equinozi è dovuta all'azione del solo Sole. Arago, *Astronomia popolare*, libro IV, p. 101, si esprime così: "Mentre il Sole agendo sulla parte rigonfia della Terra produce la precessione, la Luna, con un'analogia azione, produce la nutazione." Delaunay, nel suo *Cours d'astronomie*, p. 559, dice a sua volta: "L'azione del Sole sulle diverse parti del rigonfiamento determinano un moto retrogrado dell'intersezione del piano dell'equatore con il piano dell'eclittica, cioè della linea degli equinozi." La Luna, agendo come il sole, tende a produrre un effetto analogo; ma il cambiamento assai rapido della posizione del piano della sua orbita da sì che il risultato della sua azione non segua le stesse leggi. In una parola, mentre il Sole produce la precessione degli equinozi, la Luna, con un'azione analoga, produce la nutazione." Questo è un errore. La precessione è dovuta ai entrambi gli astri e la nutazione alla sola Luna. Il nostro satellite entra per i due terzi nella precessione e il Sole solo per un terzo, a causa della sua lontananza. Se la Luna non esistesse, la precessione annuale sarebbe di soli 16" invece di 50", 3. Anche i pianeti agiscono, ma in contrario e debolmente. Essi aumentano di 0", 3 questa quantità, che senza sarebbe di 50", 6.

Ho avuto la curiosità di desiderare di rappresentare questa caduta nell'infinito. Siccome nell'universo non vi è né alto né basso, possiamo, per meglio sentire questa traslazione tra le stelle, e per orientarla relativamente al piano generale del sistema planetario, prendere come punto di riferimento l'eclittica. Tutti i pianeti e i satelliti ruotano attorno al Sole nello zodiaco, con una debole inclinazione sull'eclittica, e possiamo chiederci se il sistema solare, confrontabile a un disco lanciato nello spazio, viaggi nel senso della sua estensione, nel suo orizzonte, potremmo dire, oppure se cada orizzontalmente o obliquamente. Si può senza dubbio rispondere che dal momento che si cade, poco importa sapere in quale modo. Tuttavia l'argomento non è meno interessante. Se, quindi, prendiamo come orizzontale il piano dell'eclittica, e per verticale il polo dell'eclittica, possiamo tracciare la figura della nostra caduta nello spazio, - caduta reale, poiché è il peso che la produce. Questo punto forma un angolo di 38° con il polo dell'eclittica. La direzione del moto del sistema solare nello spazio è rappresentata dalla freccia grande, (fig. 51). Si vede che noi non cadiamo orizzontalmente, neppure nel verso del disco planetario, ma obliquamente. - (Il piano dell'eclittica essendo stato supposto orizzontale, non dovrebbe mostrare tutte le orbite planetarie; ma è stato un poco inclinato per disegnare le orbite dei quattro pianeti esterni alle rispettive distanze dal Sole. Marte, la Terra, Venere e Mercurio sono troppo vicini al Sole per poterli disegnare con questa scala).

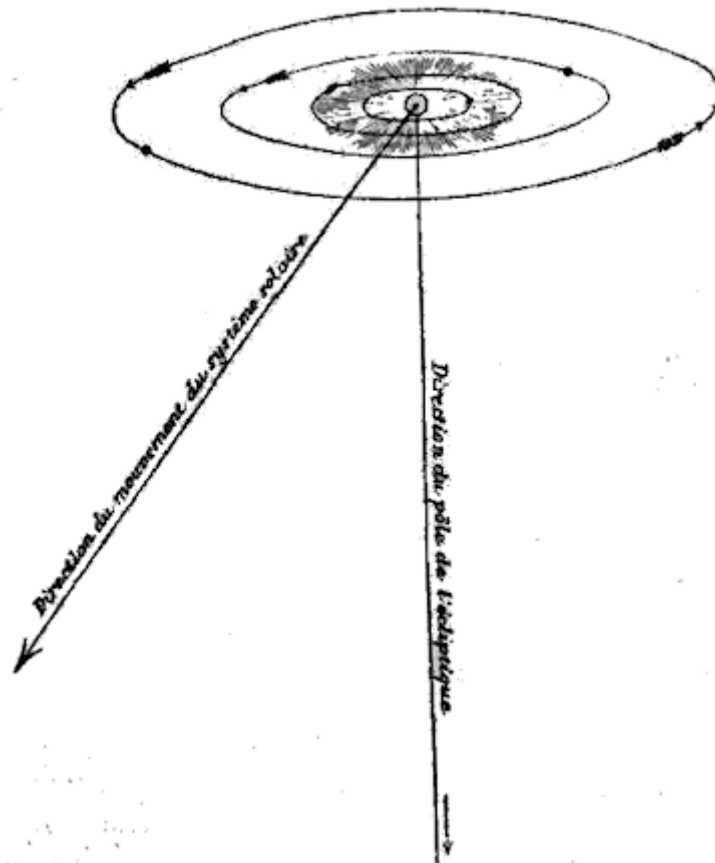


Fig. 51. - Caduta del sistema solare nello spazio.

Alle complicazioni precedenti dell'orbita terrestre, bisogna aggiungerne una incomparabilmente più importante e più gigantesca, sebbene essa sia rimasta fino ad oggi estranea ai calcoli della meccanica celeste. Invece di descrivere un'ellisse chiusa e di ritornare ogni anno al punto in cui si trovava l'anno precedente, la Terra descrive un'ellisse discendente, se così mi posso esprimere, o un'elica senza fine, ruotando sempre attorno alla freccia della figura precedente considerata come asse di queste spire elicoidali. Se ponessimo orizzontalmente davanti a noi la freccia della figura precedente e disegnassimo l'elica reale descritta dalla Terra in quattro anni, troviamo la figura seguente. Il Sole avanza nello spazio lungo la linea retta e la Terra, che inizialmente avanza con lui, si ferma in apparenza per

dirigersi al suo fianco, poi ritorna per descrivere la sua rivoluzione, passa davanti alla linea del Sole e continua così il suo epicicloide, che non si chiude su se stessa e si sviluppa in una serie di anelli successivi. Aggiungiamo infine che se abbiamo assunto poco fa il piano dell'eclittica per orizzontale e il polo come nadir, è allo scopo di meglio evidenziare il movimento. Ma, come abbiamo già detto, nell'universo non si ha né alto né basso, né destra né sinistra, né punto di riferimento assoluto. Si possono quindi considerare le due figure precedenti ruotando il libro in tutte le direzioni e dall'alto in basso se si vuole; ciò che importa è che si sia convinti di questa grande verità dell'*infinito senza direzioni*, senza profondità, senza altezza, eternamente e dappertutto simile a se stesso.



Fig. 52. - Forma effettiva del moto della Terra.

Questa orbita del Sole nello spazio è una curva chiusa? Ruota anch'esso attorno a un centro? Questo centro sconosciuto è a sua volta fisso o si sposta al passare dei secoli in modo da far descrivere al Sole e a tutto il nostro sistema planetario delle eliche analoghe a quelle viste per la Terra? Oppure, il Sole, che è soltanto una stella, fa parte di un sistema siderale, di un ammasso di stelle dotato di un moto comune (ne ho scoperti numerosi esempi nel cielo). - È quanto non possiamo ancora decidere. Ma comunque sia, il Sole nel suo corso deve subire influenze siderali, effettive perturbazioni che ondulano il suo cammino e complicano ancora in forme ancora sconosciute il moto del nostro piccolo pianeta.

Questa è l'uranografia della Terra. Rotazione diurna sul suo asse, - rivoluzione annua attorno al Sole, - oscillazione dell'eclittica, - variazione dell'eccentricità, - spostamento del perielio, - precessione degli equinozi, - nutazione, - perturbazioni planetarie, - traslazione del sistema solare, - azioni siderali sconosciute, - fanno piroettare il nostro piccolo globo, che viaggia con rapidità nello spazio, perso nella miriade di mondi, di soli e sistemi di cui è popolata l'immensità dei cieli. Lo studio della Terra ci fa conoscere il Cielo e nell'atomo microscopico che noi abitiamo si sono rivelate le vibrazioni dell'Infinito.

Ma, non lasciamo la Terra senza esaminare le *condizioni della vita* alla sua superficie.

Per quanto se ne dica, il nostro pianeta non si trova nelle migliori condizioni immaginabili di abitabilità: lacune, difetti, ostacoli si fanno riconoscere all'occhio filosofico che analizza lo stato vitale di questo globo; e se la Terra è abitata, non fa eccezione tra i pianeti suoi compagni, ma è nella natura dei pianeti essere abitati.

È probabile, per non dire certo, che gli astronomi di Saturno e di Giove dichiarino la Terra inabitabile ed essi hanno eccellenti ragioni per questo. Supponiamo per un istante di abitare il primo di quei due bei pianeti. Quale effetto produce la Terra vista da là?

Su Saturno, globo magnifico, 864 volte più grosso della Terra, ci crediamo al centro stesso dell'universo. Anelli radiosi si susseguono al di sopra delle nostre teste, nel nostro cielo, apparendo creati espressamente per sostenere le volte celesti. Il Sole, astro molto piccolo, ma sorgente di luce e di calore, percorre la sua strada apparente al di là di questi anelli. Otto satelliti immensi, molto più grandi del Sole in apparenza, ruotano nello stesso verso attorno a noi, si diversificano in mille fasi variate. Il cielo stellato racchiude tutto questo immenso sistema accompagnando ogni giorno il suo rapido moto diurno. Attraverso questo cielo circolano tre bei pianeti: Giove, Urano e Nettuno. Là, in questa nobile sfera, ogni anno supera trenta volte in durata quello della Terra e si compone di 25069 giorni saturniani.

I Saturniani non conoscono probabilmente l'esistenza della Terra, essendo per loro invisibile. Ha un'importanza ottica molto inferiore a quella che i satelliti di Giove hanno per noi. È solo

un punto, appena luminoso, posto a più di 300 milioni di leghe e del tutto impercettibile, anche supponendo che abbiano telescopi molto più potenti dei nostri. Questo punto erra a destra e a sinistra del Sole, senza mai allontanarsi a più di 6°, cioè a più di dodici volte la larghezza che ci presenta questo astro: è quindi costantemente eclissato nei suoi raggi e, di conseguenza, invisibile. Solo ogni tanto, questo piccolo punto passa sul Sole, come una puntura d'ago ed è il solo caso in cui lo si possa vedere e constatarne l'esistenza. Siamo, quindi, per i Saturniani *un piccolo punto nero* passante ogni tanto davanti al loro Sole. E ancora, quando diciamo per i Saturniani, faremmo meglio dire solo per gli astronomi di Saturno, poiché il resto della popolazione deve molto poco inquietarsi per questo insignificante dettaglio, (e se qualche catastrofe imprevista riducesse in polvere l'intero nostro pianeta, le azioni della Borsa di questo mondo lontano non subirebbero la minima fluttuazione). Tale è l'effetto che la nostra orgogliosa Terra, così avidamente divisa dai conquistatori, produce alla distanza di questo pianeta. Cosa sarebbe se ci domandassimo come diviene, vista da Urano, da Nettuno, e soprattutto dalle stelle! Ed è a questo piccolo punto nero che si è preteso limitare tutta l'opera del Creatore!!

Questa vista astronomica della Terra è idonea a moderare l'ammirazione e la stima che possiamo avere verso di essa, e a liberarci da questo falso patriottismo che fa credere ai cittadini di ogni paese che la loro patria è la prima nazione del mondo. I confronti fatti in viaggio sono utili per correggere questa miopia, e viste da lontano, soprattutto in astronomia, queste illusioni perdono rapidamente la loro falsa grandezza.

Come dimensione, peso, densità, distanza dal Sole, durata dell'anno, stagioni, situazione astronomica particolare, la Terra non ha ricevuto alcun privilegio e altri pianeti sono per molti aspetti molto più privilegiati. La vita come è alla superficie del nostro pianeta è in perfetta armonia con le condizioni di abitabilità del globo: non poteva essere altrimenti, poiché *sono queste stesse condizioni che hanno generato la vita così come è*. Questa vita terrestre non potrebbe essere trasportata sulla superficie di un altro pianeta senza perire. Così dobbiamo prendercene cura per non cadere nell'errore generale in cui cadono sempre coloro che stabiliscono confronti tra gli altri pianeti e il nostro. Vi è qui uno sforzo di intelligenza per evitare di non comprendere la questione. È dal punto di vista *generale* che bisogna esaminare la fisiologia di un altro mondo e non dal punto di vista *particolare* della condizione della vita terrestre trasportata altrove. E la Terra stessa, è dal punto di vista generale che bisogna considerarla per valutare e non da punto di vista particolare dell'adattamento delle specie vivente che la abitano nelle condizioni che hanno contribuito a creare.

Consideriamo dapprima l'intensità delle stagioni. È indubitabile che l'inverno è necessario quanto l'estate affinché il grano, i cereali, la vigna, le diverse piante, germoglino, fioriscano e giungano a maturazione. Ma concludere da ciò, come faceva il mio vecchio maestro e amico Babinet, dell'Istituto, che Giove non è abitabile poiché il grano non potrebbe formare spighe e che si morirebbe di fame, è evidentemente troppo restringersi nel meschino cerchio terrestre e fare una falsa traduzione delle parole della natura.

L'influenza delle stagioni è sicuramente favorevole alla vegetazione come agli animali terrestri. Ma il freddo eccessivo come il troppo caldo non sono utili e sono, al contrario, troppo spesso funesti. Supponiamo per un istante che l'asse della Terra sia meno obliquo sull'eclittica, Il regno vegetale come quello animale si sarebbero organizzati più leggermente. Le specie, non dovendo sopportare simili alternative di temperatura, sarebbero meno rozze e più sensibili. Vi sarebbe meno asprezza nel regime del pianeta e le cose andrebbero meglio. Da questo punto di vista così importante, poiché queste sono le stagioni e i climi che regolano in parte le condizioni di vita, il nostro pianeta è ben lontano dall'essere eccellente; e gli abitanti della Terra avrebbero concepito una migliore organizzazione, inventando, alla culla delle società, l'età d'oro, con la primavera perpetua e l'asse perpendicolare all'eclittica.

La distribuzione delle acque alla superficie del globo non è meno imperfetta di quella delle temperature. Vi sono regioni dove la pioggia è troppo abbondante e quasi sempre torrenziale.

Ve ne sono altre dove non piove mai. Nelle regioni temperate e privilegiate, come la Francia e l'Italia, interi anni sono talvolta di un'aridità che sterilizza tutto, mentre in altri periodi inondazioni spaventose colpiscono una provincia, la devastano da cima a fondo, cospargendo di centinaia di cadaveri le rive dei fiumi e lasciando dietro di sé rovine e morte.

I tre quarti del globo terrestre sono ricoperti d'acqua! Solo un quarto del pianeta è abitabile e su questo quarto di terra ferma, delle regioni sono ancora votate alla solitudine, o dai ghiacci polari o dai divoranti ardori del sole tropicale? Lo scopo generale dei pianeti è di essere abitati. Ma quando poco abitabile era la Terra nel tempo lontano dove la vita iniziò a comparire! e quante sue condizioni di abitabilità sono ancora oggi mediocri!

La nostra povera madre non nutre i suoi piccoli. C'è bisogno di un lavoro ostinato per strappare da essa l'alimentazione fatalmente necessaria ai nostri organismi, e per vivere, serve, in questo singolare mondo, che tutti gli esseri si mangino tra loro!

La cosa che può meglio colpire la mente del pensatore, è sapere che su questo pianeta si possa morire di fame. Non è sfortunatamente contestabile che sui 90000 umani che muoiono ogni giorno sulla superficie della Terra, parecchi certamente periscono per fame e sfinimento ogni giorno. Perché? Perché questo globo è sempre stato sterile e non può darci ciò che è necessario. Quanto tutta l'economia vitale sarebbe semplificata se la stessa atmosfera fosse nutritiva⁸.

L'ossigeno dell'aria, mescolato all'azoto che ne tempera l'attività, ci nutrirebbe per i tre quarti. Dalla sua incessante azione, il nostro sangue rinnova continuamente le sue proprietà vitali e mantiene gratuitamente la sostanza stessa della nostra esistenza. La respirazione da sola non basta per nutrire completamente l'essere vivente; essa lascia una lacuna che bisogna necessariamente colmare per il pane quotidiano. Questa lacuna non sarebbe necessaria. L'atmosfera contiene in sé i principi che siamo obbligati a cercare negli alimenti e ci nutrirebbe interamente.

La fame non esisterebbe, non essendo mai esistita su questo pianeta! il regno animale si sarebbe sviluppato sotto forme alquanto diverse da quelle in cui si è manifestato e sarebbe stato meno opposto al doppio regno di piante e fiori che lo ha preceduto nelle ere geologiche. Il ventre che digerisce, lo stomaco che tritura, la mascella che strappa la preda, non si sarebbero formati in questi organismi più puri, che l'aria stessa avrebbe silenziosamente nutrito. Gli esseri non assomiglierebbero a quelli che ci sono. Non avremmo né ventre, né stomaco, né mascelle. Saremmo organizzati diversamente da come siamo e alcuni in una condizione incomparabilmente preferibile, da tutti i punti di vista⁹.

Utopia! chimera! fantasticheria! si dicono certamente, leggendo queste righe, parecchi dei miei lettori. no! Vi sbagliate. Non vi è in questi studi di fisiologia astronomica né utopia, né chimera, né fantasticheria. Perché voi avete visto solo il vostro villaggio, volete che tutti i villaggi assomiglino al vostro e che a Costantinopoli si costruiscano le case sul modello della vostra! Poiché annegate nel mare, supponete che la vita sia impossibile! Ma pensate che là dove voi morite altri vivono e là dove voi vivete altri muoiono. Pensate, quindi, che già sul

⁸Sarebbe stato un vantaggio considerevole per le anime incarnate sulla Terra. Più di questi bisogni materiali e grossolani che curvano tutte le teste verso il sole e condannano l'umanità a grattare la terra per strappare dal suo seno l'alimentazione di ogni giorno! Più di questi massacri perpetui di animali immolati al dio del ventre! Taceranno, questi perfidi consigli della fame che portano al furto e all'assassinio! Quale trasformazione, quale trasfigurazione questo semplice perfezionamento dell'atmosfera terrestre non si sarebbe stabilita sulla superficie del nostro pianeta! Si vivrebbe più semplicemente e più a lungo. Tutte le numerose malattie dello stomaco e delle viscere non sarebbero mai esistite. La *mens sana in corpore sano* sarebbe la regola e non l'eccezione.

⁹La scienza fisiologica ci permette anche di immaginare come il mantenimento dei corpi viventi potrebbe avvenire. La nutrizione si effettua mediante un tubo digestivo, che gli alimenti attraversano in tutta la sua lunghezza, lasciando all'organismo, con il lavoro dello stomaco, i prodotti assimilabili. Invece di effettuarsi dall'interno verso l'esterno, l'assimilazione potrebbe avvenire dall'esterno verso l'interno, con pori, invaginazione o endosmosi. Lo scambio di molecole, la sostituzione delle vecchie con le nuove, non sarebbe meno operativo. Un tale regime sarebbe senza dubbio meno grossolano e più perfetto di quello che qui prevale.

nostro pianeta (dove la vita è organizzata nel sistema della nutrizione feroce) vi sono esseri che vivono senza mangiare, nutrendosi con il fluido ambiente: questi sono i molluschi recentemente scoperti sul fondo del mare. Poiché noi mangiamo in questo modo, noi vorremmo che la natura incommensurabile avesse costruito tutti i suoi piccoli sul modello del nostro formicaio! Perché? Perché in tutti i mondi dello spazio si abbia fame? perché dappertutto si avvia sete? perché dappertutto si uccida? perché dappertutto si digerisca?... Oh! è uno spettacolo singolare che ci creeremmo così nell'estensione dei cieli.

Si mangia qui, poiché il pianeta non è perfetto. Ma, d'altra parte, potrebbe essere da questo punto di vista molto più imperfetto ancora. Abbiamo detto prima che l'atmosfera ci nutrirebbe per i tre quarti rigenerando continuamente il nostro sangue e i nostri tessuti. Questa alimentazione con l'aria, questa respirazione avviene da sola, automaticamente, gratuitamente, costantemente, giorno e notte, senza che noi si faccia nulla per conquistarla. Ma per quale diritto respiriamo così gratuitamente? Per quale diritto, probi o malvagi, sapienti o ignoranti, ricchi o poveri, riceviamo, senza nemmeno pensarvi e dormendo, questa alimentazione polmonare gratuita? Potremmo essere molto più sfortunati, e condannati a compiere un certo lavoro per liberare questo nutrimento fluido e assimilarlo. E chi ci assicura che non vi siano, non lontano da noi forse nello spazio, pianeti sfortunati privi di aria respirabile, dove non vi è nulla di gratuito, dove bisogna conquistare con il lavoro, non solo come qui il quarto del suo fabbisogno organico, ma i quattro quarti... e dove tutti gli esseri si combattono senza tregua in una perpetua e incessante lotta per la vita?

Se il mantenimento del nostro corpo non si effettuasse con il metodo di alimentazione rozza che conosciamo, il nostro corpo non avrebbe la stessa forma. Noi possiamo quindi essere sicuri che gli uomini di altri pianeti non hanno gli stessi corpi nostri¹⁰.

No, l'umanità terrestre non è la più ideale delle umanità e la Terra non è il migliore dei mondi. Un mondo in cui si mangia, in cui si ruba, in cui si combatte; un mondo dove "la forza primeggia sul diritto"; un mondo in cui regna l'idra infame della guerra; un mondo di soldati, dove le nazioni sono incapaci di autogovernarsi; un mondo in cui cento religioni che si ritengono rivelate insegnano l'assurdo e si contraddicono reciprocamente: un tale mondo non è perfetto. Quale idea meschina ci si forma, pertanto, del Creatore osando limitare tutta la sua opera e tutta la sua immagine!

Noi studieremo, negli ultimi capitoli di quest'opera, la legge della formazione delle specie e dell'umanità, sulla Terra e sugli altri pianeti e tenteremo di prevedere quali sono le forme diverse alle quali le diversità nelle condizioni organiche hanno dato origine sugli altri mondi. Qui dobbiamo limitarci alla valutazione giusta e non camuffata della vita terrestre, come è e specialmente della condizione dell'umanità.

Formata in origine da un piccolo numero di individui, la specie umana non ha smesso di crescere in numero e in potenza, malgrado numerosi cedimenti circoscritti a certi periodi e a certi paesi. Qual è il numero attuale degli abitanti del nostro pianeta? Mancando i dati esatti di molti stati, i calcoli più probabili che si sono potuti fare danno il risultato approssimativo di 1400 milioni di esseri umani distribuiti circa nel modo seguente, secondo le statistiche del 1875:

¹⁰Il sentimento del bello è, di conseguenza, essenzialmente relativo: se esso varia già da un popolo all'altro sulla Terra, a maggior ragione varierà da un pianeta ad un altro. Il bello è costituito dall'armonia delle forme, nel loro adattamento al fine per il quale esistono. Senza dubbio per noi abitanti della Terra, l'Apollo che si ammira al Belvedere del Vaticano, l'Antinoo dello stesso museo, la Venere de Medici della tribuna di Firenze, quella del Campidoglio a Roma, o la Venere Callipigia di Napoli, sono reali simboli di bellezza che ci colpiscono e ci affasciano. Ma è la bellezza umana terrestre, bellezza che sarebbe mostruosa in un mondo in cui non si mangia. Eppure, considerata in se stessa, questa organizzazione umana terrestre lascia un poco a desiderare. Non è singolare infatti che gli organi ai quali la natura ha conferito il ruolo più importante per la conservazione della specie e che ha gratificato (con una abilità provvidenziale) della sensazione del più vivo piacere, siano precisamente posti verso le regioni del corpo sicuramente molto poco poetiche e del tutto ostili all'idealismo? Questa è un'anomalia bizzarra, che farebbe concludere una volta di più che la razza umana terrestre è decisamente ben animale e tale resterà sempre.

In Asia	800 milioni
In Europa	305
In Africa	204
In America	86
In Oceania	5
	<hr/> 1400 milioni

Adottando per la popolazione totale della Terra la cifra di 1400 milioni di abitanti e una vita media di 39 anni, muoiono:

ogni anno	33 135 000 individui
ogni giorno	90720
ogni ora	3780
ogni minuto	63
ogni secondo, un poco più di	1

Così, ogni secondo, dal tronco dell'umanità una foglia si stacca, rimpiazzata ben presto da una nuova foglia. Tra il mondo visibile e quello invisibile si stabilisce una processione continua di viventi e di morti, dove la vita guadagna, tuttavia, di giorno in giorno un poco di terreno sulla morte, poiché il numero delle nascite supera quello dei decessi. Noi nasciamo qui solo per morire, e per morire rapidamente, qualunque sia l'ora. Non ci spieghiamo come tanti uomini si tormentino dal desiderio della fortuna, dell'ambizione, della gloria o del vano ed effimero fumo delle pretese grandezze terrestri.

Il nostro mondo potrebbe facilmente nutrire un numero di abitanti dieci volte maggiore, cioè quattordici miliardi e oltre. Ma l'uomo non è il meglio riuscito del suo pianeta: non sa vivere. Ogni individuo si suicida più o meno rapidamente e ogni popolo si sterilizza e perisce lentamente. Se l'uomo fosse saggio nella sua coscienza, ragionevole nelle sue volontà, buono nelle sue azioni, la sua vita, così breve e tormentata, sarebbe più lunga e più felice; le leggi sociali sarebbero più semplici e più eque e non si incontrerebbero in ogni istante, nelle società umane, anomalie e assurdità legali, rispettabili ma insensate. Noi dobbiamo credere e sperare che il *Progresso*, forza così incontestabilmente agente nella successione delle specie vegetali e animali, si manifesterà un giorno nel regno umano. La condizione della nostra razza non è più quella dell'età della pietra; i nostri sentimenti sono più elevati, i nostri gusti meno barbari, le nostre menti più illuminate¹¹.

Sfortunatamente il progresso non è continuo e vi sono tempi di inspiegabile oblio, di profonde cadute nell'intelligenza dei popoli. È quindi probabile che se non in questo secolo, né nel prossimo, che le nostre aspirazioni filosofiche e politiche si realizzino. Mille anni non sono nulla nella vita dell'umanità. Sono trascorsi forse cinquantamila anni da quando la specie umana si è liberata dalla specie scimmiesca e noi non siamo ancora troppo avanzati! Essa raggiungerà

¹¹Senza salire così in alto, i nostri cuori non saltano d'indignazione e di orrore, quando leggiamo il racconto delle torture che i preti e i monaci della santa Inquisizione facevano subire agli sfortunati che vivevano sotto il loro regno? Solo due secoli sono passati dacché, con un pretesto stupido, nel nome di un Dio di pace e di misericordia, si bruciava vivo a Roma Giordano Bruno, poiché insegnava la pluralità dei mondi; dopo che si versò piombo fuso nelle piaghe lacerate, dopo che si arrostita la pianta dei piedi di un accusato, dopo che si riempiva d'acqua un uomo finché morte non sopraggiungeva, dopo che si infilavano le gambe in scarponi di ferro arrossate al fuoco, dopo che si squartavano lentamente le membra lussate, dopo che gli eretici bruciavano sotto gli occhi dei pontefici e dei re... Le menti meno tolleranti non si sentono oggi rivoltare fino al fondo dell'anima, quando si ricorda che l'immortale e venerabile Galileo è stato condannato dal papa urbano VIII a mentire alla sua coscienza e alla verità, sotto pena di tortura e di una sorte come quella di Bruno?.. Oh, sì; vi è progresso nell'umanità. Ma serve sostenere con coraggio questa causa sacra del progresso, poiché le nostre mancanze potrebbero facilmente farci ancora sprofondare.

il suo apogeo forse non prima di centomila anni. E ancora, al suo massimo, sarà ben lontana dalla perfezione, il nostro mondo non lo permetterà.

L'umanità terrestre avrà una durata effimera. Quanto è insignificante l'intervallo trascorso dopo che l'uomo ha qui la propria dimora! Noi contempliamo con silenziosa ammirazione ciò che i musei conservano dei resti dell'Egitto e dell'Assiria e disperiamo di poter riportare il nostro pensiero fino alle epoche così lontane. Tuttavia la razza umana deve essere esistita e essersi moltiplicata per secoli, prima che le Piramidi fossero innalzate. Quando anche si stimasse a 50000 anni il passato dell'esistenza dell'uomo, per quanto grande questo periodo di tempo possa apparire, quanto è in confronto ai periodi durante i quali la Terra ha nutrito le serie successive di piante di animali giganteschi, che hanno preceduto l'uomo? periodi che sono durati milioni di anni. Tutti questi secoli di vita sono un tempo singolarmente breve, quando li si confronta col periodo primitivo durante il quale la Terra era solo un ammasso di rocce fuse: le esperienze sul raffreddamento dei minerali sembrano provare che per raffreddarsi da 2000° a 200° , il nostro globo ha bisogno di 350 milioni di anni.

La storia dell'uomo è solo una piccola onda alla superficie dell'immenso oceano dei tempi. La persistenza di una condizione della natura favorevole alla continuazione della permanenza dell'uomo sulla Terra sembra assicurata per un periodo di tempo assai più lungo di quello durante il quale questo mondo è già stato abitato, di modo che non abbiamo nulla da temere per noi stessi né per le future generazioni. Ma queste stesse forze che hanno prodotto la vita e l'hanno tante volte trasformata, si esauriscono e cambiano e lo stesso Sole perde il suo calore. Verrà il tempo in cui noi scompariremo a nostra volta per cedere il posto a forme viventi nuove e più perfette, come l'ittiosauro e il mammoth sono stati rimpiazzati da noi e dai nostri contemporanei, e dove gli uomini futuri scompariranno pure loro alla fine: chi sa cosa sonnacchia negli spazi del lontano avvenire?... La storia intera dell'umanità sarà solo una pagina della storia della Terra e solo un capitolo della storia universale del sistema planetario.

Il globo è rimasto milioni di anni disabitato dall'umanità e quando l'ultima palpebra umana si sarà fermata, resterà milioni di anni a ruotare ancora attorno al Sole spento. La durata dell'abitabilità della Terra da parte dell'intelligenza non si svilupperà forse più della millesima parte della durata totale del globo: è quindi solo un istante nell'eternità e solo un punto nello spazio. Ed è in questo istante e in questo punto che noi avversari vorremmo racchiudere l'infinito!!... quando miliardi di soli brillano, brillavano prima di noi e brilleranno sempre nell'immensità siderale e quando noi riceviamo soltanto oggi la luce essi emettevano prima dell'esistenza della nostra umanità!

Tale è, semplicemente e matematicamente, il nostro piccolo mondo. Noi abbiamo constatato che la sua organizzazione è lontana dall'essere perfetta e mai nelle dure condizioni dell'esistenza che gli sono state assegnate, la vita terrestre raggiungerà il grado di elevazione che essa occupa sui mondi superiori.

Ecco quindi quale insegnamento ci dà la Natura! La Terra è sterile, è piccola, è nelle vicinanze del Sole, subisce alternative funeste di temperatura, è per i tre quarti ricoperta d'acqua e inabitabile, ecc., e malgrado questa situazione di insufficienza e di mediocrità, non solo è abitata, ma è ancora al di là di ogni espressione. Il sole, le acque, l'aria, brulicano di esseri viventi. Si può analizzare un litro di aria, in qualche ora del giorno o della notte, in qualche stagione dell'anno, senza non trovare nei residui mille testimonianze della vita, esseri microscopici viventi o morti, germi animali o vegetali, resti di ogni tipo (che respiriamo continuamente). L'Oceano era stato dichiarato dai naturalisti privo di vita a partire da un piccolo livello al di sotto della superficie e i sondaggi recenti hanno riportato la vita a tutte le profondità. Dal fondo delle valli fino ai ghiacciai perpetui delle montagne, dagli abissi marini fino alle rive, dall'equatore fino alle regioni polari, dappertutto, nel suolo, nell'acqua, nell'atmosfera, dappertutto abbonda la vita, a tutti i livelli, sotto tutte le forme, in tutte le condizioni: essa palpita nella Natura come la polvere in un raggio di sole; essa riempie tutto, copre tutto, nasce dalla morte stessa,

e si ammassa allo stato di parassita sugli esseri viventi, consumandosi per così dire ciecamente piuttosto che arrestarsi nella sua espansione infinita. La Terra è una coppa troppo stretta per contenere questa sovrabbondante attività e la vita deborda da tutte le parti, perdendosi in flutti inutili. Questo è il nostro pianeta, seppur povero e diseredato, seppur improduttivo, seppur imperfettamente sviluppato. E non solo esso è pieno oggi di esistenza, nelle condizioni di tranquillità alle quali è ora pervenuta, ma ancora, in condizioni del tutto diverse, assolutamente differenti, meno propizie alla conservazione degli esseri, in mezzo alle fiamme dell'epoca primaria, nelle acque calde e tumultuose, sotto un'atmosfera spessa, pesante e avvelenata, prima della formazione della terra ferma, già si era vestita di un vello di esseri viventi, vegetali e animali si sviluppano e si susseguono per obbedire alla LEGGE DELLA VITA e del Progresso, che è scritto in caratteri indelebili sul frontone del tempio della creazione.

Questa è, è stata, sarà la Terra, astro mediocre gettato nel mezzo dei mondi della grande repubblica solare. Il suo spettacolo ci insegna a valutare quello delle altre terre del Cielo, che non vediamo così da vicino e la sua inferiorità organica fa risaltare ancora la conclusione che ci ispira e ci porta a vedere queste altre terre una creazione vitale in armonia con la loro grandezza, la loro importanza e la loro bellezza.

Ma è da troppo che ci occupiamo della Terra. Continuiamo il nostro viaggio uranografico e soffermiamoci un istante sulla nostra inseparabile compagna Luna, che ci guarda dall'alto della notte attirando simpaticamente i nostri pensieri verso il suo candore.

Capitolo 26

La Luna, satellite della Terra ☾

La Luna nel cielo - la sua distanza - il suo diametro - il suo volume

Regina misteriosa della notte, tu la cui bianca luce discende come un sogno sul sonno della Natura; tu che scivoli nelle onde eteree più dolcemente della gondola sull'onda di Venezia e che dimori sospesa tra il Cielo e la Terra come un punto interrogativo che richiama i nostri sguardi verso i celesti enigmi, quanto vorrei conoscere i misteri nascosti nella tua graziosa aureola! Sia che tu troneggi solitaria alla sommità del cielo, sia che rifletti la tua bionda immagine sul mare trasparente, sia che tu riposi, globo immenso e cremisi, nei vapori dell'orizzonte terrestre, tu ti distingui da tutti gli astri per la tua apparente grandezza e per la tua luce e tu plani come una melodia al di sopra del silenzio attento della notte. Appartieni tu al Cielo o alla Terra? Segni tu il limite tra le due sfere, come supponeva la divinazione dei nostri padri? oppure sei cullata in questo intervallo per insegnarci che tu sei sia terrestre che celeste e che non vi sono due nature nell'Universo? Permettici di innalzarci verso di te, o di discendere dalle tue altezze e lasciaci contemplare più da vicino il tuo corpo velato, affinché avanziamo di un nuovo passo nell'ammirazione delle opere dell'Architetto eterno.

Studiare questo astro vigilante le notti, è lasciare la Terra: nessun globo celeste è così vicino a noi; nessuno ci appartiene così intimamente. Essa è di famiglia. Essa sola accompagna la Terra nel suo cammino; essa sola è legata indissolubilmente al nostro destino. Cos'è, infatti, questa piccola distanza di 96000 leghe che la separa da noi? È un passo nell'Universo.

Un dispaccio telegrafico arriverà in un secondo e mezzo; il proiettile della polvere volerà per 9 giorni soltanto per raggiungerla; un treno espresso impiegherebbe 8 mesi e 26 giorni. È solo la 400^a parte della distanza che ci separa dal Sole e solo la cento milionesima parte della distanza dalle stelle più vicine a noi! Molti uomini hanno fatto a piedi, sulla Terra, tutto il cammino che ci separa dalla Luna... Un ponte di trenta globi terrestri basterebbe a collegare tra loro i due mondi.

Questa grande vicinanza fa sì che di tutte le sfere celesti la Luna è la meglio conosciuta. Si è disegnata la sua carta geografica - o per meglio dire selenografica - dopo più di due secoli, dapprima come un vago abbozzo, poi con più dettagli, oggi con una precisione confrontabile a quella delle nostre carte geografiche terrestri. Tutti gli ettari dell'emisfero lunare che ci guarda sono percorsi e dotati di nome; tutte le sue montagne sono misurate con approssimazione di qualche metro; tutta la sua topografia è fatta e si può certamente dire che questo emisfero lunare è meglio conosciuto della sfera terrestre, visto che vi sono sul nostro globo centinaia di leghe quadrate e anche migliaia, che l'occhio dell'uomo non ha mai visto e che ci sono del tutto sconosciute come se appartenessero a un astro molto lontano dalla nostra portata. La Luna è stata pure fotografata e in modo ammirevole. Nelle fotografia stereoscopiche che si devono a Warren De la Rue e che questo astronomo mi invia in magnifici campioni, si coglie facilmente la sfericità o, per meglio dire, l'ellitticità della sua forma allungata nella direzione della Terra. Si comprenderà facilmente la possibilità di tutti questi progressi, se si tiene presente

il primo libro di quest'opera. Non si è ancora visto, infatti, che un telescopio che dispone di un ingrandimento di 2000 volte avvicini la Luna a 48 leghe dal nostro occhio? Un globo di 870 leghe di diametro, visto a questa piccola distanza, è straordinariamente ravvicinato a noi. Se si ha cura soprattutto di esaminare le sue differenti regioni, le sue montagne, i suoi crateri, le sue valli, le sue pianure, nel momento in cui il Sole levante le illumina in successione disegnando le ombre in profili giganteschi, nessun dettaglio è perso di vista e anche piccoli variazioni nel terreno sono pure perfettamente riconoscibili.

Il diametro angolare della Luna è di $31'24''$, o poco più di mezzo grado. Poiché la circonferenza intera del cielo è divisa in 360° , vi sono 180° da un punto qualsiasi dell'orizzonte a quello diametralmente opposto e 90° dall'orizzonte allo zenit. Servirebbero quindi quasi 360 lune tangenti tra loro per riempire una semicirconferenza della sfera celeste partendo da un punto qualsiasi dell'orizzonte per approdare al punto diametralmente opposto, sia passando cioè per lo zenit sia seguendo un percorso qualunque.

Questo diametro apparente è, come si vede, circa lo stesso di quello del Sole. Ma varia un poco, poiché la Luna non descrive una circonferenza perfetta attorno alla Terra e si trova a volte un poco più lontano, a volte più vicino. Abbiamo visto che è lo stesso per il Sole, a causa dell'ellitticità dell'orbita terrestre; ciò fa sì che quando la Luna passa davanti al Sole e l'eclissi, a volte è più grande dell'astro del giorno e produce un'eclissi totale che dura dai cinque ai sette minuti, e a volte è più piccola e produce solo un'eclissi anulare, debordando il Sole tutto attorno al suo disco come un anello abbagliante. Questa uguaglianza del tutto fortuita tra i due dischi è stata molto utile all'astronomia; se, nelle eclissi totali del Sole, la Luna fosse molto più grande di lui, non avrebbe permesso di scoprire le protuberanze e i curiosi dettagli dell'atmosfera solare. Possiamo anche osservare che solo il nostro pianeta fruisce di questo privilegio in tutto il sistema solare, visto che i satelliti di Giove, Saturno, Urano e Nettuno sono molto più grossi in apparenza del Sole e producono le più lunghe eclissi totali.

Questo diametro apparente della Luna corrisponde a una linea di 3475 km ; è circa i tre undicesimi o poco più del quarto del diametro terrestre. Se ne conclude che il giro del mondo lunare è di 10925 km e che la sua superficie totale è di 38 milioni di chilometri quadrati: è circa quattro volte quella dell'Europa, o la tredicesima parte di quella del globo terrestre. Noi conosciamo poco più della metà di questa superficie: $21\,883\,000\text{ km}^2$, o $1\,368\,000$ leghe quadrate; è circa 41 volte l'estensione della Francia.

La Luna è 49 volte più piccola della Terra, mentre il Sole è $1\,279\,000$ volte più grosso; ne basterebbero meno di 70 milioni per formare un globo dell'ampiezza dell'astro del giorno! Se i loro dischi ci appaiono uguali, è perché la Luna è molto vicina a noi, mentre il Sole si trova ad una distanza quasi 400 volte maggiore.

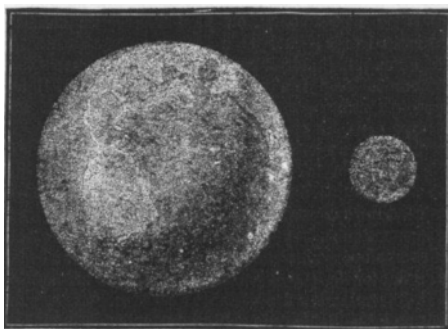


Fig. 53 - Confronto tra la grandezza della Terra e della Luna.

Il calcolo delle dimensioni del nostro satellite è solo un semplice problema di trigonometria, quando si conosce la distanza. Ma come è stata misurata questa distanza? È questo senza dubbio uno dei punti più interessanti dell'astronomia e quello che è importante comprendere

qui, visto che il metodo di misura delle distanze celesti è fondato sullo stesso principio, che si tratti della Luna, del sole o delle stelle. Esaminiamo pertanto questo metodo.

Si sa che le misure delle grandi distanze e delle distanze inaccessibili non si possono prendere portando direttamente un metro, un decametro sulla loro lunghezza, ma geometricamente, con la formazione di triangoli. Quest'ultimo metodo di misura, che si potrebbe definire teorico, è tanto esatto quanto il primo, tanto da poterlo chiamare pratico e usuale. Bisogna dire che è più esatto, poiché diminuisce gli errori di osservazione. Se, per esempio, si determina con la geometria la distanza di un punto della facciata dell'Osservatorio di Parigi da un punto di quella del palazzo di Luxembourg, si può trovare un valore esatto a meno di un centimetro, sebbene la distanza superi un chilometro; risultato che si otterrebbe solo portando direttamente una catena da agrimensore lungo il viale dell'Osservatorio. È inutile aggiungere che il metodo pratico sarebbe impossibile da applicare nel caso di distanze inaccessibili.

Quando, in un triangolo qualsiasi, si conosce uno dei lati e due angoli, la lunghezza degli altri due lati si determina con l'aiuto delle formule algebriche. Tutti i punti principali di Francia ed Europa sono oggi determinati mediante procedure astronomiche. Le misure trigonometriche sono, del resto, le sole impiegate ufficialmente e nessuno può dubitare della loro esattezza. È lo stesso procedimento che serve a determinare le distanze celesti. Si tratta quindi di uno scetticismo ingiustificabile dubitare della sincerità e dell'esattezza delle misure astronomiche, quando anche queste misure ci sorprendono per l'audacia dei loro risultati.

La distanza della Luna è stata la prima ad essere calcolata, essendo il corpo celeste più vicino a noi. La si conosce da *duemila anni*, con una approssimazione significativa. Aristarco di Samo, che visse nel III secolo a. C., l'aveva valutata a 35 o 40 diametri terrestri. Due secoli dopo, l'astronomo Ipparco la stimò a 32 diametri. In realtà è di 30. È a metà dell'ultimo secolo, nel 1752, che essa fu stabilita definitivamente da due astronomi osservando due punti, molto lontani tra loro, uno a Berlino, l'altro al Capo di Buona Speranza. Questi due astronomi erano due francesi, Lalande e Lacaille. Supponiamo che Parigi sia in *A* (fig. 54) e Berlino in *B*: l'angolo *ALB* sarà tanto più piccolo quanto la Luna sarà più lontana e la conoscenza di questo angolo mostrerà quale diametro apparente la Terra offre vista dalla Luna.

Si assegna il nome di *parallasse* della Luna all'angolo sotto il quale si vede dalla Luna il *semi diametro* della Terra. Si è trovato che questa parallasse è di $57'$. Come abbiamo visto studiando i rapporti che legano gli angoli alle distanze, ne risulta che la distanza corrispondente è di 60 raggi terrestri. Questa distanza della Luna è esattamente nota come quella da Parigi a Marsiglia.

Dalla Luna, il globo terrestre appare, di conseguenza, con un diametro di $2 \cdot 57'$ o di $114'$. È quasi quattro volte più grande, in diametro, della Luna piena che ci appare.

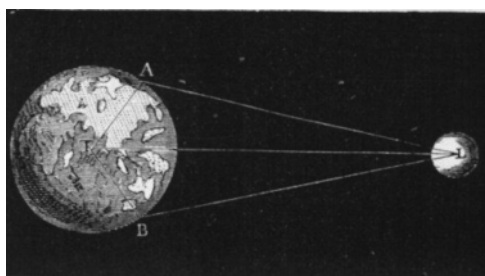


Fig. 54 - Misura della distanza della Luna.

Il calcolo prova che la distanza media dalla Luna è di 60 raggi terrestri (con precisione 60, 23) ed essendo il raggio della Terra di $6366,198 m$, questa distanza è quindi di 96109 leghe di 4 chilometri. Essa varia leggermente da un giorno all'altro, poiché il nostro satellite non percorre una circonferenza perfetta attorno a noi, ma un'ellissi, la cui eccentricità è uguale a 0,054908. Prendendo la distanza media come unità, si trova la differenza seguente tra la sua maggiore e minore distanza:

Distanza massima, o apogeo	1,0549	o, in leghe	101 385
Distanza media	1,0000		96 109
Distanza minima, o perigeo	0,9451		90 833

La differenza è assai considerevole. In tal modo l'orbita della Luna non è pienamente circolare.

Capitolo 27

Moto della Luna attorno alla Terra e attorno al Sole

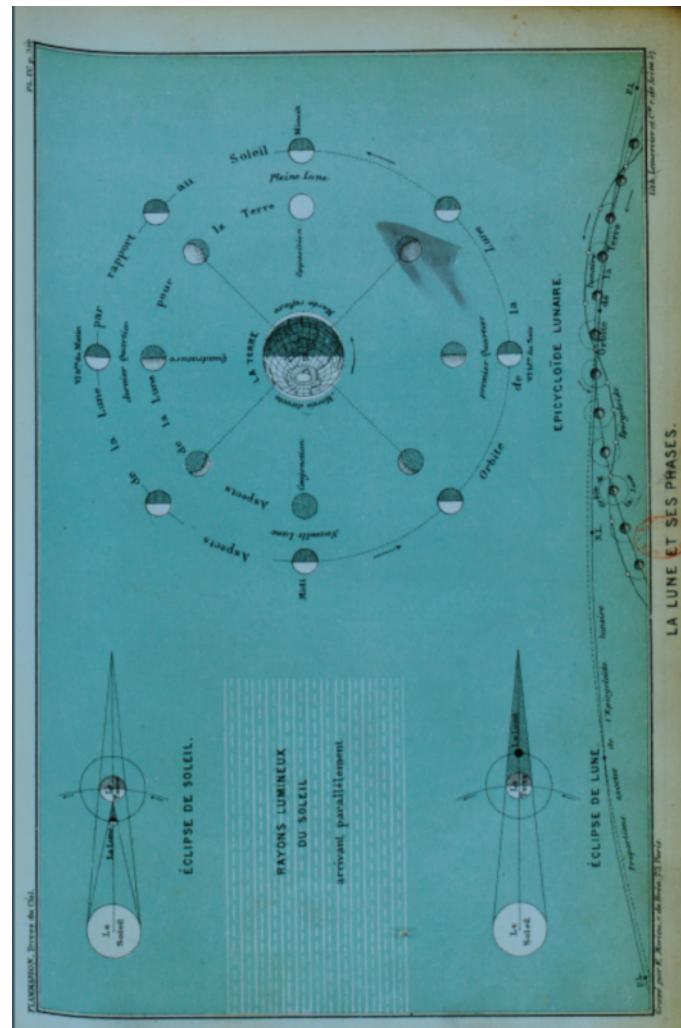
Il giorno e la notte sulla Luna - Anni - Stagioni - Forma della Luna, suo peso e gravità alla superficie

Alla distanza che abbiamo calcolato, la Luna ruota attorno alla Terra lungo un'ellisse che misura circa 600 000 leghe di lunghezza, e che viene percorso in 27 giorni 7 ore 43 minuti 11 secondi. La sua velocità sulla sua orbita supera il chilometro al secondo.

La durata introdotta è quella *rivoluzione siderale* della Luna attorno alla Terra, cioè del tempo impiegato a ritornare allo stesso punto del cielo. Se la Terra fosse immobile, questa durata sarebbe come quella delle sue fasi. Ma il nostro pianeta si sposta nello spazio e, per un effetto di prospettiva, il Sole appare spostarsi in senso contrario. Quando la Luna ritorna nello stesso punto del cielo al termine della sua rivoluzione, il Sole si è spostato di una certa quantità, nello stesso verso, e affinché la Luna ritorni tra lui e la Terra è necessario che si sposti ancora per oltre due giorni. Ne risulta che la lunazione, o intervallo tra due Lune nuove, è di 29 giorni 12 ore 44 minuti 3 secondi. Questo è quello che si chiama il *mese lunare*¹.

Sarebbe superfluo aggiungere per i nostri lettori che la Luna non ha alcuna luce propria, come la Terra, e che è visibile nel cielo solo perché illuminata dal Sole. Le sue fasi derivano dalla sua posizione relativamente a questo astro. Quando essa passa tra noi e lui, non la vediamo, poiché è il suo emisfero non illuminato che è rivolto verso di noi. Quando forma un angolo retto con il sole, vediamo la metà del suo emisfero illuminato; è il primo o l'ultimo quarto. Quando è all'opposto del sole, vediamo tutto il suo emisfero illuminato e la Luna piena brilla a mezzanotte nel nostro cielo. Ognuno può facilmente spiegarsi queste fasi, esaminando la nostra tavola IV, che contiene nello stesso tempo le circostanze principali del moto della Luna.

¹È la velocità della Luna sulla sua orbita, confrontata con la sua distanza dalla Terra, che fece scoprire a Newton l'identità tra il peso e la forza che sostiene i corpi celesti nello spazio. Alla distanza della Luna, l'intensità della gravità terrestre è ridotta a $1^{\text{mill.}} \frac{1}{3}$; è il valore che farebbe cadere una pietra se la si potesse portare a questa altezza; è anche la quantità per cui la Luna cade ogni secondo verso la Terra, al di sotto della tangente che seguirebbe se il nostro globo non l'attirasse più; ed è anche la quantità per la quale tende ad allungarsi se questa forza centrifuga fosse annullata, se si potesse arrestare la Luna nel suo cammino, essa cadrebbe sulla Terra in una caduta uguale alla sua rivoluzione siderale divisa per il numero 5,656856. Questa caduta sarà quindi di 4 giorni 19 ore e 55 minuti.



Ruotando attorno alla Terra, la Luna *ci presenta sempre la stessa faccia*. Non rimane agli abitanti della Terra alcuna speranza di vedere l'altro emisfero, a meno di scoprire il punto di appoggio *fuori dalla Terra* che chiedeva Archimede. Non vedremo mai l'altra faccia della Luna, poiché essa non si è completamente separata dall'attrazione terrestre, come la Terra si è separata dal Sole; non ha acquisito la libertà di ruotare su se stessa con una velocità maggiore di quella della sua rivoluzione, ed essa ruota semplicemente attorno al globo terrestre come faremmo noi stessi se ci mettessimo in rotazione per accompagnare il mondo intero. Così come noi abbiamo sempre i piedi contro la terra, così i suoi piedi, o il suo emisfero inferiore, sono sempre girati verso la Terra. Un pallone che fa il giro del mondo ci dà un'immagine esatta del moto della Luna attorno alla Terra: esso compie lentamente un giro su se stesso durante il suo viaggio, poiché, quando passa agli antipodi, la sua situazione è diametralmente contraria a quella che era nel punto di partenza, così come i nostri antipodi hanno una posizione diametralmente opposta alla nostra. La Luna compie una rotazione su se stessa giusto nel tempo che compie la sua rivoluzione. Altrimenti, se non girasse per nulla su se stessa², vedremmo in successione tutte le sue parti durante una rivoluzione.

Dal fatto che la Luna ci presenta sempre la stessa faccia, si è concluso che essa è allungata come un uovo, nel senso del raggio vettore. Uno degli astronomi che si sono maggiormente occupati della teoria matematica della Luna, Hansen, era giunto a concludere che il centro di gravità deve essere situato alla distanza di 59 km al di là del centro della figura; che l'emisfero che ci guarda è nella condizione di un'alta montagna e che "l'altro emisfero può perfettamente possedere un'atmosfera così come tutti gli elementi della vita vegetale e animale", visto che è posto al di sotto del livello medio. Abbiamo detto che la Luna ci presenta sempre la stessa faccia; ma è solo grosso modo, poiché essa ci lascia vedere a volte un poco del suo lato sinistro, a volte un poco del suo lato destro, a volte un poco al di

²Come numerosi astronomi sostengono, tra gli altri i miei amici Barnout e Tremeschini

là del suo polo superiore, a volte del suo polo inferiore. Deriva dalle sue diverse librazioni che la parte sempre nascosta sta alla parte visibile nel rapporto di 420 a 580. (La valutazione di Arago, 430 a 570, è un poco troppo piccola; noi ne vediamo un poco di più). Proctor ne ha riprodotto il disegno, che riproduciamo nella fig. 55.

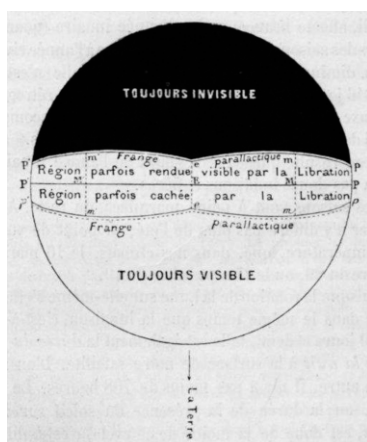


Fig. 55 - Estensione del globo lunare noto

La topografia lunare è la stessa su questi otto centesimi dell'altro emisfero che sull'intera superficie. È quindi probabile che questo altro emisfero non differisca essenzialmente dalla nostra comune geologia.

Mentre la Luna ruota attorno alla Terra, questa ruota attorno al Sole in un anno. La Luna circola quindi come noi attorno al Sole. Quale è la figura precisa della curva che descrive? In generale, la si rappresenta molto erroneamente. Per raffigurarla, bisogna tenere conto esattamente della distanza Terra-Sole, di quella Luna-Terra e del numero di giri che compie la Luna in un anno. Questa curva differisce appena da quella della Terra. Essa si allontana così poco dall'orbita terrestre, la segue quasi così parallelamente che è sempre - nota curiosa - anche nella fase di Luna nuova, *concava verso il Sole* e mai convessa. Noi l'abbiamo rappresentata esattamente (cosa mai fatta in basso nella nostra tavola IV con la scala di 1 mm per 100 000 leghe: l'arco dell'orbita terrestre è tracciato con un'apertura di compasso di 37 cm.

La traslazione annuale della Luna attorno al Sole essendo la stessa di quella della Terra, fa sì che il suo anno debba avere esattamente la stessa durata del nostro, cioè 365 giorni e un quarto. Ma una particolarità che influisce molto poco sull'anno terrestre e lo diminuisce di 20 minuti, quanto al corso reale delle stagioni, sulla durata precisa della rivoluzione attorno al Sole, influisce molto di più sull'anno lunare (quanto al corso delle stagioni, cioè all'anno civile), e lo diminuisce di 19 giorni, di modo che esso è di soli 346 giorni /346^d14^h34^m). Il moto retrogrado dell'asse terrestre richiede 25765 anni; quello dell'asse lunare 18 anni 7 mesi.

Ne risulta che nel corso dell'anno lunare non vi sono dodici lunazioni intere.

Le stagioni sono poco marcate, del resto. L'inverno non differisce molto dall'estate, dal punto di vista della temperatura, che, nei nostri climi, il 16 marzo non differisce dal 26, o il 27 settembre dal 19.

Poiché la rotazione della Luna su se stessa si effettua proprio nello stesso tempo della lunazione, cioè in 29 giorni e mezzo, questa è pure la *durata del giorno e della notte* alla superficie del nostro satellite. Da un mezzogiorno all'altro, vi sono meno di 708 ore. Il giorno effettivo, o la durata della presenza del sole sull'orizzonte, è quindi la metà di questo ciclo, cioè di quasi cinque volte 24 ore e tale è anche la lunghezza della notte. È la rotazione più lenta che si conosca in tutto il sistema solare.

L'anno della Luna si compone quindi di soli *dodici giorni* lunari. Ognuna della sue quattro stagioni dura solo tre giorni.

Per un mondo così vicino a noi, vi è un calendario che differisce fortemente dal nostro. Aggiungiamo che ne differisce ancora di più relativamente alla distribuzione delle temperature. Le

stagioni, come l'anno, sono poco marcate, mentre una differenza estrema separa la temperatura della notte da quella del giorno. Vedremo poi, infatti, che gli inverni effettivi della Luna, sono le sue notti, lunghe, glaciali e che si ripresentano ogni mese e che le sue effettive estati, sono sei giorni, così lunghi e ardenti. Si passa due volte al mese da un calore superiore a quello dell'acqua bollente a un freddo incomparabilmente più ghiacciato di quello dei nostri ghiacci polari.

La distanza, il volume e l'orbita della Luna sono noti e ci resta da calcolare la sua massa, o il suo peso, per completare questa prima presentazione.

Il peso della Luna si determina mediante l'analisi degli effetti dell'attrazione che essa produce sulla Terra. Il primo e il più evidente di questi effetti è offerto dalle maree. L'acqua dei mari si innalza due volte al giorno sotto il richiamo silenzioso del nostro satellite. Studiando con precisione l'altezza delle acque in tal modo innalzate, si trova l'intensità della forza necessaria per sollevarle e, di conseguenza, la potenza, il peso (è identico) della causa che le produce. - Un altro metodo è fondato sull'influenza che la Luna esercita sui moti del globo terrestre: quando essa è davanti alla Terra, attrae il nostro globo e lo fa muovere più velocemente; quando si trova dietro, lo ritarda. È sulla posizione che Sole che questo effetto si lega al primo e all'ultimo quarto: esso appare spostato nel cielo per tre quarti della sua parallasse, o della 200^a parte del suo diametro. Da questo spostamento si calcola allo stesso modo la massa della Luna. Un terzo metodo lo calcola dall'attrazione che la Luna esercita sull'equatore e che produce la nutazione e la precessione. Tutti questi metodi si verificano l'uno per l'altro e si accordano per provare che la massa della Luna è 81 volte più piccola di quella della Terra.

Così *la Luna pesa 81 volte meno del nostro globo*. Il suo peso è circa 78 sestilioni³ di kg. I materiali che la compongono sono meno densi di quelli che formano la Terra, circa i 6 decimi della densità dei nostri.

La *gravità* alla superficie della Luna è la più piccola che conosciamo: se si rappresenta con 1000 quella che fa aderire gli oggetti attorno al globo terrestre, quella della Luna sarà rappresentata da 164. Le cose vi pesano quindi sei volte meno che da noi, vi sono attratti sei volte meno intensamente. Una pietra pesante un chilogrammo, trasportata là, peserà solo 164 grammi. Un uomo pesante 70 *kg* sul nostro pianeta, ne peserà solo 11 e mezzo. Il minore sforzo muscolare basterebbe per saltare ad altezze prodigiose o correre con la velocità di un treno espresso. Vedremo in seguito quale ruolo considerevole questo minore peso ha giocato nell'organizzazione topografica del mondo lunare, permettendo ai vulcani di ammassare giganti montagne su cerchi ciclopici e di lanciare dalla mano di Titano il Pelione sull'Ossa.

Noto anche a questo proposito un fatto assai curioso: se la Luna, avendo la stessa massa, fosse grande come la Terra, al decrescere dell'attrazione in ragione inversa del quadrato della distanza, e siccome il raggio della sfera lunare è quasi quattro volte minore di quello del globo terrestre, l'attrazione sarebbe diminuita di 16 volte e invece di essere ridotta solo a un sesto della gravità terrestre, ne sarebbe più di 90. Un chilogrammo peserebbe solo 11 *g*. Un uomo del peso di 70 *kg* terrestri peserebbe poco più di una libbra e mezzo circa! Lo sforzo muscolare che facciamo per saltare su un sgabello ci farebbe raggiungere l'altezza di una montagna e la minore forza di espulsione vulcanica lancerebbe i materiali assai lontano nel cielo lunare tanto da non poter mai ricadere...

Quale meravigliosa diversità deve esistere per questo solo fatto tra i mondi diversi che popolano l'infinito!

³N.d.T.: [10²¹]

Capitolo 28

Aspetto generale della Luna

La sua luce - Le sue macchie principali - Le pianure grigie o mari - Geografia della Luna o selenografia

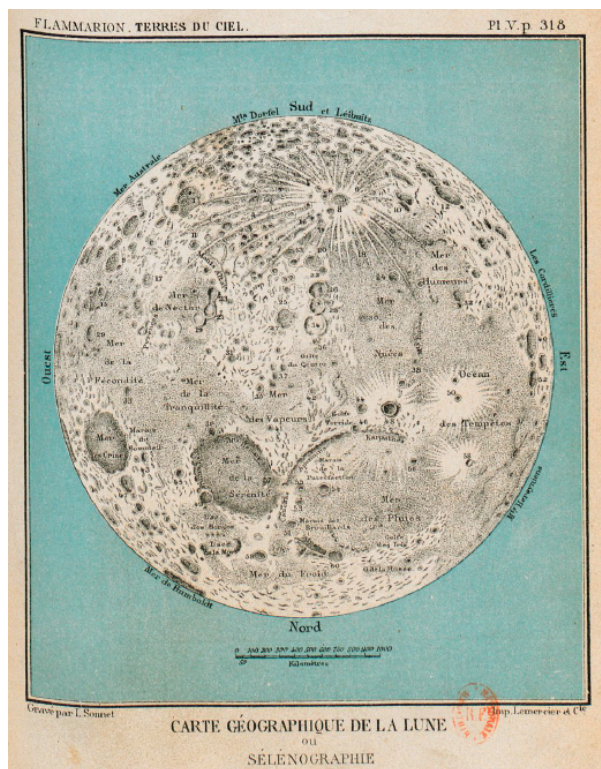
Il primo sguardo umano che si innalzò verso i cieli nell'ora silenziosa in cui l'astro solitario delle notti versa la sua fredda luce, non poté contemplare questo globo sospeso nello spazio senza notare i colori singolari come il rivestimento di un disegno enigmatico. È dall'osservazione della Luna che l'astronomia ha avuto inizio; è da migliaia di anni che gli uomini hanno osservato questa bizzarra figura di Febe che guarda la Terra e hanno constatato che essa rimane costante, non è prodotta dalle nebbie in questo astro, ma è causata dalle condizioni del suolo lunare, pure esso invariabile. La prima carta della Luna fu certamente una rappresentazione grossolana della figura umana, visto che la posizione delle macchie corrisponde sufficientemente a quelle degli occhi, del naso e della bocca per giustificare questa somiglianza. Vediamo dappertutto e in tutti i secoli questa faccia umana riprodotta. Questa somiglianza è dovuta solo alla casualità della configurazione geografica del nostro satellite; essa è d'altra parte molto vaga e scompare analizzando la Luna al telescopio. Altre immaginazioni hanno visto, invece di una testa, un corpo intero, che per alcuni rappresenta Giuda Iscariota e per altri Caino che porta una fascina di spine. I nostri antenati, gli Ariani, vi vedevano un capriolo o una lepre (i nomi in sanscrito della Luna sono le parole *mrigadhara*, che significa portatore di capriolo, e *sa' sabhrit*, che significa portatore di lepre). Ma, evidentemente, delle diverse somiglianze immaginate, è quella del viso umano la più naturale.

Per cogliere ad occhio nudo l'insieme del disco lunare, bisogna scegliere il momento della Luna piena. È importante per prima cosa orientarsi bene. Supponiamo di osservare la Luna in questo periodo, verso mezzanotte, cioè nel momento in cui passa al meridiano e troneggia in pieno sud. I due punti estremi del diametro verticale del disco danno i punti nord e sud della Luna, con il nord in alto e il sud in basso. A sinistra si trova il punto est e a destra quello ovest. Se si osserva con un cannocchiale astronomico, l'immagine è *capovolta*: il sud si trova in alto e il nord in basso; l'ovest a sinistra e l'est a destra. Quest'ultima orientazione è quella di tutte le carte lunari e della nostra in particolare.

La nostra tavola V offre un disegno molto esatto della geografia lunare. Il lettore è pregato di esaminarla con attenzione e di ben comprenderla. Le grandi pianure grigie sono disegnate con il nome di mari, che hanno assunto da oltre due secoli e le principali montagne vi sono segnate con numeri corrispondenti ai nomi che si troveranno in seguito.

Esaminiamo rapidamente questa superficie generale. Notiamo dapprima che le grandi macchie grigie e scure occupano soprattutto la metà boreale del disco, mentre le regioni australi sono bianche e montagnose; tuttavia, da un lato, questo colore luminoso si ritrova sul bordo nord-ovest, così come verso il centro e, d'altra parte, le macchie invadono le regioni australi nella parte orientale, e discendono, ma meno profondamente, nella zona ovest. Seguiamo dapprima

sulla carta la distribuzione delle pianure grigie o mari e delineiamo la geografia lunare, o, per meglio dire, la selenografia (σεληνη, luna)



Iniziamo la nostra descrizione dalla parte occidentale del disco lunare: quella che è illuminata per prima dopo la Luna nuova, quando una sottile falce si delinea nel cielo della sera e si allarga di giorno in giorno, per divenire il primo quarto al settimo giorno della lunazione. Là, non lontano dal bordo, si distingue una piccola macchia, di forma ovale, isolata da ogni parte nel mezzo di un fondo luminoso. Le si è assegnato il nome di *mare delle Crisi*.

Non bisogna attribuire a questo nome del mare alcun senso speciale: è la denominazione comune sotto la quale i primi osservatori hanno designato tutte le grandi macchie grigiastre della Luna: essi prendevano questi spazi per grandi estensioni di acqua. Ma oggi sappiamo che non vi è più acqua là e nelle altre regioni lunari. Queste sono vaste pianure.

La situazione del mare Crisi, sul contorno occidentale della Luna, permette di riconoscere dalle prime fasi della lunazione, e fino alla Luna piena; per la stessa ragione, essa è la prima a scomparire all'inizio dello scenario.

A destra del mare Crisi, un poco a nord, si delinea una macchia più grande e di forma irregolarmente ovale, che si riconosce facilmente anche ad occhio nudo: è il *mare della Serenità*.

Tra queste due pianure grigie, al di sopra, se ne nota un'altra, i cui contorni sono meno regolari, che si chiama il *mare della Tranquillità*. Essa getta verso il centro del disco un golfo che ha ricevuto il nome di *mare dei Vapori*.

Il mare della Tranquillità si separa in due rami che rappresentano le gambe del corpo umano che si immagina qualche volta. Il ramo più vicino al bordo forma il *mare della Fecondità*; il più vicino al centro è il *mare del Nettare*.

Si distingue ancora, al di sotto del mare della Serenità e nelle vicinanze del polo boreale, una macchia stretta, allungata da est a ovest, e nota con il nome di *mare del Freddo*.

Tra i mari della Serenità e del Freddo si estendono il *lago dei Sogni* e il *lago della Morte*. Le *paludi della Putrefazione* e delle *Nebbie* occupano la parte occidentale del mare delle Piogge, la cui riva settentrionale forma un golfo arrotondato designato con il nome di *golfo di Iris*.

Tutta la parte del disco lunare posta a est è uniformemente scura. I bordi dell'immensa macchia scompaiono confondendosi con le parti luminose dell'astro. La parte nord di questa macchia è formata

dal *mare delle Piogge*, il quale dà origine a un golfo che sbocca nell'*oceano delle Tempeste*, dove brillano due grandi crateri, KÉPLER e ARSITARCO. Sono pure disegnate le parti più meridionali di questo oceano mal delimitate, sono designate, verso il centro, dal nome di *mare delle Nubi*, e, verso il bordo, da quello di *mare degli Umori*.

È assai curioso osservare che la maggior parte di queste pianure hanno contorni arrotondati. Es; il mare delle Crisi, il mare della Serenità e anche il vasto mare delle Piogge, limitato a sud dai Carpazi, a sud-ovest dagli Appennini, a ovest dal Caucaso e a nord-ovest dalle Alpi.

Al di fuori di queste macchie, che occupano circa un terzo del disco lunare, l'osservatore distingue ad occhio nudo solo punti luminosi confusi. Tuttavia, nella regione superiore, si può riconoscere ad occhio nudo la principale montagna della Luna: il cratere TYCHO, che brilla di una viva luce bianca e invia raggi a una grande distanza attorno ad esso.

Non dimentichiamo la raccomandazione fatta prima: le carte della Luna sono disegnate al contrario, come si vede l'astro nel cannocchiale; per confrontare la Luna vista ad occhio nudo con la nostra carta, bisogna quindi rigirare questa, mettere il nord in alto e l'ovest a destra.

Sono esattamente misurati tutti questi territori lunari. La superficie dell'emisfero che vediamo nel momento della Luna piena è di 4 730 000 leghe quadrate. La parte montagnosa, che è la più generale, si estende su 3 320 000 leghe quadrate e la regione occupata dalle macchie grigie che vediamo passare in rassegna abbraccia 1 410 000 leghe quadrate. Ecco l'estensione relativa delle grandi pianure qualificate attraverso il nome dei mari:

SELENOGRAFIA

Oceano delle Tempeste	328300	leghe quadrate
Mare delle Nebbie	184800	
Mare degli Umori	44200	
Mare delle Piogge	193000	
Mare del Freddo e della Morte	76000	
Mare di Humboldt	6500	
Mare della Serenità e dei Sogni	86400	
Mare delle Crisi	34600	
Mare della Fecondità	219600	
Mare della Tranquillità	121500	
Mare del Nettare	28800	
Mare dei Vapori e golfo del centro	62000	
Mare Australe	25000	
Totale	1410400	leghe quadrate

I nomi con i quali sono stati battezzate le pianure lunare risentono dell'epoca (XVII secolo) in cui sono stati immaginati; essi riflettono i diversi influssi che l'astrologia attribuiva all'astro delle notti: lago dei Sogni, mare della Fecondità, lago della Morte, mare dei Vapori, palude della Putrefazione, mare delle Crisi, del Nettare, ecc. Quanto alle montagne, a parte qualche nome come le Alpi e gli Appennini, che richiamano quelli della Terra, si è convenuto di dare loro quelli degli astronomi e degli scienziati. Si può dire che la Luna è *il cimitero degli astronomi*. È là che sono seppelliti: quando essi hanno lasciato la Terra, si iscrive il loro nome sulle terre lunari come su altrettanti epitaffi.

Ecco i nomi delle principali montagne lunari, con i rispettivi numeri che corrispondono sulla carta:

1	FABRICIUS	16	WALTER	31	DELAMBRE	46	ERATOSTENE
2	CLAVIUS	17	FRACASTOR	32	GASSANDI	47	CLEOMEDE
3	MAUROLYCUS	18	PILATE	33	TARUNTIUS	48	COPERNIC
4	MAGINUS	19	THEOPHILE	34	PTOLÉMÉE	49	POSIDONIUS
5	FURNERIUS	20	PURBACH	35	AGRIPPA	50	KÉPLER
6	LONGOMONTANUS	21	CYRILLE	36	HERSCHEL	51	CASSINI
7	ALIACENSIS	22	THÉBIT	37	RHETICUS	52	HEVELIUS
8	TYCHO	23	CATHARINA	38	LANDSBERG	53	AUTOLYCUS
9	PETAVIUS	24	BULIALDUS	39	PLINE	54	ARCHIMEDE
10	HAINZEL	25	PARROT	40	GRIMALDI	55	ARISTILLUS
11	PICCOLOMINI	26	ARZACHEL	41	MANILIUS	56	EULER
12	SCHICKARDUS	27	ALBATEGNUS	42	PALLAS	57	LINNÉ
13	VERNER	28	ALPHONSE	43	MACRODE	58	ARISTARQUE
14	LEXELL	29	LANGRENUS	44	STADIUS	59	ARISTOTE
15	VENDELLINUS	30	GUERICKE	45	ROEMER	60	PLATON

Noi ci occuperemo delle montagne nel capitolo seguente. Continuiamo il nostro esame della superficie lunare.

Si è generalmente portati a credere che questa superficie è più bianca, più luminosa di quella della Terra. Questo è un errore di cui è necessario disilludersi.

Non si immagina che la Terra, vista da lontano, possa brillare con altrettanto splendore della Luna piena. Tuttavia nulla è così vero. Il suolo lunare non è più bianco di quelle terrestre. Ho spesso confrontato, di giorno, la Luna a un muro grigio illuminato dal Sole e ho sempre trovato il muro più brillante. Ciò che determina la luminosità del nostro satellite durante la notte, è, da una parte, la notte stessa, e, dall'altra, la condensazione di tutto l'emisfero lunare in un piccolo disco. Ingrandendo questo disco con il telescopio, questa luminosità scompare.

Quando si confronta la luce della Luna con quella delle nubi, la si trova sempre meno brillante. Da un altro lato, ponendo delle pietre in una camera oscura e facendo arrivare su di esse un raggio solare, oppure guardando attraverso un tubo annerito la campagna illuminata dal Sole, si constata che tutto questo brilla con la stessa intensità della Luna. I principi dell'ottica provano che in questi confronti non si deve tener conto delle differenze nelle distanze.

La Luna non è più bianca, ma di un grigio giallastro. Essa appare bianca durante il giorno, a causa del contrasto del colore blu del cielo. Risulta, da esperienze speciali che ho fatto negli anni 1874 e 1875, che il reale colore della luce della Luna è quello del rame giallo o dell'*ottone*.

Se si indica con 1000 il bianco assoluto di una superficie che riflette la totalità della luce incidente, il valore riflettente della Luna sarà forse solo *un sesto*. Ecco i valori che risultano da esperienze fatte:

Neve pura che sta cadendo	0,783
Carta bianca	0,700
Sabbia bianca	0,237
La Luna	0,174
Marna argillosa	0,156
Terra bagnata	0,079

Come valore totale, secondo le esperienze di Zöllner, che sono le più precise di tutte quelle fatte per questa misura, la Luna piena riflette la 618000^a parte della luce del Sole; cioè, la fiaccola della notte è 618000 volte meno luminosa dell'astro del giorno. Dalle esperienze dello stesso fisico, la luce rinviata dal nostro satellite è molto più forte di quella che sarebbe rinviata da un globo opaco uniforme; essa è uguale a quella che proverrebbe da un globo coperto di asperità, da un'altezza qualunque, ma con una pendenza media di 52 gradi.

La Luna è non solo meno chiara della neve, ma è anche inferiore alla sabbia ed è circa uguale alla sfumatura delle rocce grigie.

Questo è il valore riflettente dell'insieme della superficie lunare. Ma questa superficie è molto diversificata: essa presenta regioni ancora più scure, come il terreno del cerchio di Platone e quello di Grimaldi, che sono molto bruni e dei crateri luminosi come quello di Aristarco, che ha certamente il colore della neve.

La luce solare che la Luna ci rinvia ci permette di fotografarla direttamente, esattamente come si fa per una persona o un monumento. Da trent'anni si sono intrapresi i primi tentativi di fotografare la Luna e si è giunti oggi ad ottenere immagini di una nitidezza notevole, sulle quali i minimi accidenti del suolo e i dettagli dei paesaggi sono visibili per tutti gli occhi e possono anche essere considerevolmente ingrandite. La nostra tavola VI riproduce una delle migliori fotografie della Luna sinora ottenute. Essa è dovuta all'abilità dell'astronomo americano Rutherford ed è stata presa con il grande equatoriale di New York, di cui abbiamo trattato nel primo libro. Essa rappresenta il nostro satellite al primo quarto ed è assolutamente *senza ritocchi*: solo l'astro è in posa e si è impresso da solo.



Sulle fotografie della Luna, le differenze di colore tra i mari e le regioni montagnose sono molto più marcate che alla vista: le regioni montuose sono molto bianche e i mari molto neri. È certo che la superficie di queste pianure non è fotogenica e che essa assorbe fortemente i raggi luminosi. Molto tempo prima dell'invenzione della fotografia, l'astronomo Hooke aveva notato questo assorbimento, analogo a quello che produrrebbe del muschio e l'aveva attribuito alla presenza di vegetali. La maggior parte degli astronomi del secolo scorso, da Cassini fino a William Herschel, sono stati dell'opinione che fossero foreste. Ma, siccome non si è potuto riconoscere né aria né acqua sulla superficie della Luna, si è ora disposti a negare l'esistenza di questi vegetali. Le osservazioni sono lontane dall'essere sufficienti per autorizzare questa negazione, e gli astronomi contemporanei che si sono maggiormente occupati delle fotografie lunari, Warren de la Rue e Secchi, sono al contrario personalmente dell'opinione che le differenze fotografiche debbano provenire da una riflessione *vegetale*: essi pensano che numerose di queste

pianure scure siano ricoperte di foreste. Aggiungiamo che una sfumatura di verde è visibile sul mare delle Crisi, sul mare della Serenità e sul mare degli Umori. Warren de la Rue ha scritto, tra l'altro, che "la Luna deve essere circondata da un'atmosfera poco spessa, ma relativamente densa e che deve esistere della vegetazione nelle pianure designate con il nome di mare." Questa è anche l'opinione che è risultata per me dall'osservazione attenta di queste regioni da quasi venti anni.

Aggiungerò anche, a questo proposito, che ho più di cento volte osservato e disegnato una regione singolare posto sulle rive orientali del mare della Tranquillità, nello stretto che la riunisce al piccolo mare dei Vapori. Vi è lì una lunga valle profonda e tortuosa, che si chiama la scanalatura di Hyginus, che comincia ai piedi dei monti di Agrippa, discende da sud-ovest a nord-est e finisce con un lago ovale. Essa misura 160 *km* di lunghezza e 1500 *m* di larghezza (talvolta solo 1200 e 1000). A nord-ovest di questa scanalatura ho sempre notato un *paesaggio bizzarro* estremamente difficile da disegnare e notevole per il suo colore sfumato. La prima volta che i miei occhi vi si soffermarono, ho avuto l'impressione di una nube di fumo estesa sulla campagna. Ma questo colore, essendo persistente, appartiene al suolo. Esso varia un poco, come quello della pianura di Platone. Questo terreno deve essere rivestito di vegetali. - Ritorneremo in seguito su questa interessante questione.

Non lasciamo l'argomento della luce lunare senza ricordare che la luce cinerea che si mostra sulla parte oscura della Luna, nell'interno della falce, non è altra cosa della luce terrestre che va a colpire la Luna, cioè "il riflesso di un riflesso". La luce che la Terra rinvia alla Luna è d'altra parte 13 volte e mezza più intensa di quella che essa riceve; essa è tale che dopo una seconda riflessione possiamo ancora osservarla. Questa luce cinerea permette di riconoscere, al telescopio, le macchie principali e le montagne più bianche.

Lo stato meteorologico della nostra atmosfera modifica l'intensità della luce terrestre, che compie il doppio percorso dalla Terra alla Luna e dalla Luna al nostro occhio. Sarebbe così possibile, con gli strumenti di cui si dispone, leggere in qualche modo nella Luna lo stato medio di trasparenza della nostra atmosfera. Osservando con cura l'intensità di questa luce cinerea, possiamo risalire a quale è la regione della Terra che la produce: quando è l'Oceano che è ruotato di fianco alla Luna, questa luce è molto debole; quando sono le regioni chiare, come il Sahara, come le nevi invernali, o come le nubi, essa è più viva. Osserviamo anche che Castelli, l'amico di Galileo, aveva previsto l'esistenza dell'Australia dall'osservazione di questo chiarore molto tempo prima che questo continente fosse scoperto geograficamente.

Capitolo 29

Geologia lunare, o selenologia

Topografia del nostro satellite - Montagne - Vulcani - Crateri - Irraggiamenti scanalati - Paesaggi lunari - La nascita della Luna e la sua storia

Abbiamo visto nel capitolo precedente, l'insieme della superficie lunare, e già abbiamo osservato che questa superficie è costellata di numerose montagne. Tutti i lettori attenti, esaminando la nostra piccola carta della Luna, saranno rimasti colpiti dalla *forma* di queste montagne. Infatti, esse non assomigliano a quelle della Terra: le catene montuose rappresentano l'eccezione. Il rilievo di questo globo non è stato scolpito dalla stessa nostra mano; l'ossatura non è la stessa. Il tipo generale delle montagne lunari, è l'*anello*.

Nulla è più curioso delle montagne della Luna viste al telescopio. Verso il periodo del primo quarto soprattutto, il Sole, che le illumina obliquamente, fa risaltare il loro profilo e proietta dietro di esse fantastiche ombre nere. Prima del primo quarto, le frastagliature della falce lunare assomigliano all'argento fluido sospeso nel cielo della sera. Sebbene da molti anni osservo l'astro della notte per meglio conoscerlo, non vedo mai senza emozione e senza gioia queste magiche illuminazioni del nostro satellite, questi crateri argentati, queste ombre scavate, queste pianure grigie, queste rovine e questi crepacci che attraversano il campo del telescopio... Ah! quali serate deliziose le genti del mondo oziose e anche i lavoratori più stanchi passerebbero, se lo *sapessero*.

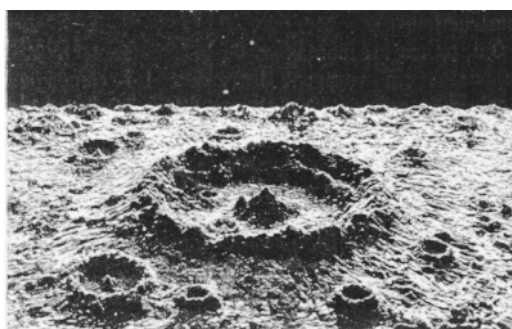


Fig. 56 - Tipi di montagne lunari.

Facciamoci subito un'idea esatta di questa forma così curiosa della topografia lunare esaminando attentamente la figura qui sopra, che è una miniatura di uno scrupoloso disegno lunare fatto da Nasmyth. Si ha un'immagine viva, per così dire, del carattere orografico del nostro satellite.

Anelli, grandi e piccoli, sottili e possenti, enormi o microscopici, sembrano gettati a profusione su tutto il suolo lunare tutti circolari, ma appaiono di forma ellittica quando si trovano verso l'arco del globo che vediamo accorciato. Questa forma anulare è anche così sorprendente, che i

primi astronomi che l'hanno osservata, nel XVII secolo, dopo l'invenzione dei cannocchiali, non potevano credere ai loro occhi, e, rifiutando di attribuirle alla natura, supposero che vi fossero lassù costruzioni artificiali derivate dal clima dovute agli abitanti della Luna. Lo stesso Keplero credeva a questa origine artificiale. Non si rifletteva allora sulle enormi dimensioni di queste costruzioni¹.

Sì, tutte le montagne della Luna sono scavate. Immaginiamo un viaggiatore che attraversa le campagne lunari e che si avvicina ad una di esse. Egli incontra dapprima una serie di scarpate, di bastioni, che si innalzano gli uni sugli altri; egli si inerpica su questi contrafforti, raggiunge a fatica le loro vette elevate, da cui gode di una vista senza uguali; ma se vuole attraversare la sommità della montagna per ridiscendere dal lato opposto a quello del suo arrivo, non lo può fare: la montagna è senza vetta! Invece di essere dominata da un pianoro, essa è scavata e il suo cratere discende *più in basso* del piano circostante. Bisogna quindi, o discendere sul fondo del cratere, attraversarlo (e vi sono spesso più di 100 km di diametro), risalire la gigantesca gola al contrario, poi ridiscenderla; oppure fare il giro dal bastione scosceso e irto di picchi smantellati. Sebbene i muscoli faticino sei volte meno sulla Luna che sulla Terra, tali escursioni devono essere incomparabilmente più difficili di quelle degli eroi più temerari dei nostri club alpini terrestri; lo stesso Joanne rifiuterebbe senza dubbio di redigerne la *Guida*.

Percorriamo con un sguardo d'insieme le più importanti tra queste montagne.

Nel mezzo della regione australe domina la montagna grandiosa di Tycho (8). Essa occupa, con gli anelli che si diramano in tutti i sensi, il centro di questa parte del disco lunare, cioè la regione più accidentata dell'astro. È la più colossale e maestosa di tutte le montagne anulari della Luna. Tycho contiene, al suo centro, una vasta cavità a forma di cerchio che ha un diametro di circa ventitre leghe.

Sul fondo di questa cavità, si innalza un gruppo di montagne molto interessante, la cui principale è alta 1500 metri al di sopra del piano. Si nota al di fuori un gran numero di crateri, quasi tutti circolari, rovine di vulcani spenti. Questa montagna, del resto, sembra essere il grande centro in cui l'azione vulcanica ha avuto maggiore intensità, ed essa ne conserva, pietrificate, gigantesche e fantastiche memorie.

Nel momento della Luna piena, Tycho è circondato da un'aureola luminosa talmente irraggiante, che essa abbaglia gli occhi e impedisce di osservare le curiosità geologiche del cratere.

La montagna lunare più evidente dopo Tycho è certamente quella di Copernico (48). Vista durante la Luna piena, Copernico è, come Tycho, una sorgente molto brillante; ma questa sovrabbondanza di luce scompare prima che il sole non l'illumini più completamente e allora si possono distinguere sia le alte cime centrali che si innalzano dal fondo del suo cratere sia i due versanti della montagna anulare che in forma di recinto. Questo vulcano fa parte della catena dei Carpazi lunari. Il cratere è circondato da un doppio recinto; l'esterno, che è più basso, ha un diametro medio di 87 km; l'interno, che forma i bordi del cratere, ha un diametro medio di 69 km.

L'interno del cratere, assai ripido, presenta un triplo recinto di rocce frastagliate e un gran numero di enormi frammenti ammucchiati ai piedi della scarpata, come se fossero masse staccatesi dall'alto

¹Sfogliano ultimamente un piccolo volume di una lunga collezione intitolata: *Histoire des ouvrages des savants*, ho trovato, alla data del mese di maggio 1695, un curioso riassunto della *Dioptrique* di Hartsoeker, pubblicato nel 1694. Si tratta del grande cratere lunare di Tycho. Secondo l'autore, "è una specie di pozzo rotondo, di una profondità estrema e di una larghezza molto grande. Vi è nel mezzo del suo fondo una elevazione che supera in altezza i suoi bordi e che ci appare della forma di una cupola. Si vedono dopo il bordo di questo pozzo numerosi tratti bianchi e illuminati, la maggior parte dei quali si restringe allontanandosi e si estendono fino ad altri pozzi di simile costruzione, ma le cui larghezze e profondità sono molto minori. Alcuni di questi pozzi appaiono non avere cupole. Si può supporre che *gli abitanti della Luna hanno scavato questi pozzi* per salvaguardarsi dall'ardore del sole durante i loro giorni di mezzo mese ciascuno e che hanno innalzato la cupola all'altezza che vediamo, scavando dentro questi pozzi. Essi avranno scavato in questa cupola e nella circonferenza di questi pozzi delle caverne e dei fori come fanno i conigli, per nascondersi e per salvaguardarsi dal freddo durante le loro lunghe notti: questi pozzi, essendo le loro abitazioni comuni, saranno delle specie di città; e si potrà credere che quei tratti bianchi e illuminati, che vanno dalla città descritta e da altre che sono poste attorno, sono solo grandi strade spianate da questi abitanti e che forse questa città è la capitale di tutte le altre."

della montagna e rotolate in basso. Il terreno intorno è crivellato da migliaia di piccoli crateri grossi come il nostro Vesuvio.

Questi sono due tipi ben curiosi di montagne lunari. Segnaliamo ancora il cerchio di Clavius (2), a sud di Tycho. Il suo diametro è di quasi dodici leghe; è circondata da un recinto di massi enormi aventi uno spessore di parecchi chilometri e che si presentano come una specie di terrazze; una sommità posta a sud-ovest di questa recinzione domina di circa 5400 *m* il punto più basso del cerchio. Clavius è lontano dall'aver le dimensioni di alcuni dei principali cerchi della Luna; quello di Teofilo ha un diametro di quasi 25 leghe e Piccolomini più di 23. Ma ciò che determina l'originalità di Clavius, è numerosi crateri di tutte le dimensioni (più di cento) occupano il suolo tormentato della sua cerchia, così come le montagne sconvolte del suo recinto, La parte orientale di questo recinto, provvisto di terrazze irregolari, si innalza al di sopra del fondo ad un'altezza almeno uguale a quella del Monte Bianco (4810 *m*).

Keplero (50), Aristarco (58), sono due montagne bianche come la neve, che irraggiano come Tycho tutto attorno. Archimede (54), Autolycus (53) e Aristillus (55), si stagliano di profilo nel periodo del primo quarto, così come Tolomeo (34), Alfonso (28) e Arzache (26).

Vi sono nelle Alpi lunari, montagne che le avvicinano in altezza al Caucaso e agli Appennini dello stesso astro, una vallata trasversale notevolmente larga, che taglia la catena nella direzione da sud-est a nord-ovest. Essa è limitata da montagne rocciose colossali, muri ciclopici di tre o quattromila metri di altezza, che la sovrastano a picco. giganti neri e terribili ai cui piedi la povera vallata affonda più sinistra di quella di Pfeiffer o del San Gottardo.

Queste sono le principali montagne lunari; ma ne incontreremo altre ancora nel nostro viaggio.

Le altezze di tutte le montagne della Luna sono misurate con l'approssimazione di qualche metro. (Si potrebbe dire altrettanto per la Terra). Ecco le più alte:

Monti Leibniz	7610 <i>m</i>
Monti Dorfel	7603
Cratere di Newton	7264
Cratere di Clavius	7091
Cratere di Casatus	6956
Cratere di Curtius	6769
Cratere di Calippus	6216
Cratere di Tychi	6151
Monte Huygens	5560

I monti Leibniz e Dorfel si trovano vicino al polo sud del nostro satellite. Queste due catene si vedono talvolta di profilo durante le eclissi di Sole: è quanto ho osservato e disegnato ancora di recente, durante l'eclissi del 10 ottobre 1874². La montagna anulare di Newton è così elevata, che mai il fondo è illuminato, né dal Sole, né dalla Terra, a causa della sua posizione.

I poli della Luna offrono un carattere fisico degno di particolare attenzione. A causa della posizione del globo lunare nello spazio, il Sole scende al di sotto dell'orizzonte dell'uno o dell'altro dei suoi poli solo di 1 grado e mezzo (inclinazione dell'equatore della Luna), cioè scivola proprio sotto l'orizzonte. In ragione della piccolezza del globo lunare, una elevazione di 595 *m* basta per vedere di 1,5° al di sotto dell'orizzonte reale. Vi è, al posto anche del polo nord, montagne di 2800 *m* e proprio a sud dei picchi di 4000 *m*: ne risulta che le vette di queste montagne sono sempre illuminate dal Sole.

La figura seguente rappresenta il piano topografico del dintorni del polo boreale della Luna. Si vede, vicino al polo, una montagna che misura 2874 *m*, e non lontano, a qualche lega le une dalle altre, montagne la cui altezza varia da 2500 a 1000 *m*. Le si può chiamare le *montagne dell'eterna luce*. Là il Sole non tramonta mai, e il riflesso di queste altezze brillanti deve diffondere sempre un intenso chiarore nelle valli e pianure circostanti. Queste vallate esterne

²Si veda. i *Comptes rendus de l'Académie des sciences* del 7 dic. 1874.

non hanno mai conosciuto la notte; ma esse non hanno mai conosciuto il Sole, poiché il fondo dei paesaggi rimane sempre nell'ombra delle montagne e l'astro del giorno non si innalza mai allo zenit del loro cielo. - Le montagne del polo australe sono ancora più alte.

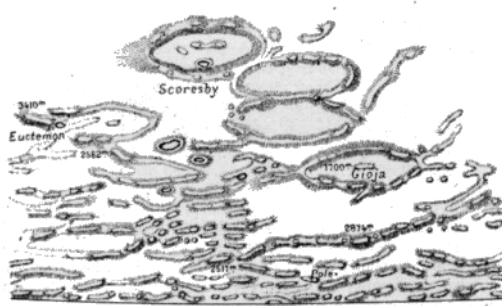


Fig. 57 - Il polo boreale della Luna, e LE MONTAGNE DELL'ETERNA LUCE (piano topografico)

Non si osserva né neve né ghiaccio, né nulla che le distingue specialmente dal resto del mondo lunare. I crateri sono ovali invece di essere circolari; ma è, come sull'intero contorno della Luna, una riduzione dovuta alla prospettiva e della quale ognuno può facilmente rendersene conto supponendo anelli posti su una sfera³.

Quale estensione quella dei crateri lunari! I più vasti vulcani terrestri in attività non raggiungono mille metri di diametro. Se si considerano gli antichi cerchi dovuti alle eruzioni anteriori, si vede che sul Vesuvio, il cerchio esterno della Somma misura 3600 *m* e che sull'Etna, quello della valle del Bove misura 5500 *m*. Alcuni di questi, formati da vulcani spenti, presentano dimensioni maggiori: questi sono, per esempio, il cerchio di Cantal, la cui larghezza è di 10000 *m*; quello dell'Oisans, nel Delfinato, non ne ha meno di 20000 *m*, e, infine, quello dell'isola di Ceylon, il più vasto del globo, ha un diametro valutato in 70 000 *m*.

Ma quali simili estensioni dopo quelle di numerosi cerchi della Luna? Il cerchio di Clavius offre un diametro di 210 000 *m*, quello di Schickard di oltre 200 000 *m*, quello di Sacrobosco di 160 000; quello di Petau supera i 150 000, ecc. Si contano sul nostro satellite una ventina di cerchi il cui diametro è superiore ai 100 000 *m*. E la Luna è 49 volte più piccola della Terra!

Quanto all'altezza delle montagne, le più alte del satellite sono, è vero, di mille metri inferiori a quelle del pianeta; ma questa piccola differenza rende le montagne lunari prodigiose in rapporto alle piccole dimensioni dell'astro che le ospita. Fatte salve le proporzioni, il satellite è molto più montagnoso del pianeta, e i giganti plutoniani sono in maggior numero là che da noi. Vi sono presso noi picchi, come il Gaurisankar, il più alto della catena dell'Himalaya e di tutta la Terra, la cui altezza di 8837 *m* è uguale alla 1440^a parte del diametro del nostro globo, si trovano sulla Luna dei picchi di 7600 *m*, come quelli di Doerfel e di Leibniz, la cui altezza equivale alla 470^a parte del diametro lunare⁴.

³Essendo l'attrazione che la Terra esercita sulla Luna, si potrebbe credere che essa ha giocato nella formazione delle montagne lunari un ruolo analogo a quello delle maree, e che le più alte vette si trovano verso la regione centrale del disco, dove l'attrazione terrestre è più diretta. Ma non è così. È verso il polo australe, tra i due emisferi, che si ergono le cime più elevate.

⁴Vi è, tuttavia, qui una nota importante da fare cioè che nessun trattato di astronomia ha ancora segnalato, sebbene l'idea avesse dovuto presentarsi facilmente agli Herschel e Arago. È consuetudine prendere il livello del mare come base per la misura dell'altezza delle montagne terrestri, e di applicare il confronto all'altezza delle montagne della Luna. Si tratta di una falsa analogia. Le situazioni delle due topografie differiscono fortemente tra loro. Affinché il confronto sia esatto, bisogna sopporre l'acqua dei mari scomparsa e prendere l'altezza del terreno a partire dal fondo di mari: l'altezza delle Alpi al di sopra del fondo del Mediterraneo, o quella dei Pirenei al di sopra dell'Atlantico viene ad essere così notevolmente aumentata. Secondo i sondaggi marittimi, si può stimare che le più alte vette del globo sono da raddoppiare. L'altezza dell'Himalaya al di sopra del fondo del letto dei mari rappresenta quindi, non la 1440^a, ma la 720^a parte del diametro del globo.

Soffermiamoci naturalmente su un aspetto del tutto particolare di alcune montagne lunari, sulle *montagne irraggianti*.

Con la Luna piena, come già detto, i raggi del Sole cadono di fronte all'emisfero lunare; di conseguenza, ogni specie di ombra scompare e non si trova alcun rilievo alle montagne.

Quando si esamina l'astro in questo periodo con un cannocchiale di una certa potenza, l'occhio è inevitabilmente attratto da certe montagne risplendenti, circondate di aureole i cui raggi si estendono in lontananza in tutte le direzioni. Queste montagne irraggianti sembrano riprodurre in piccolo l'immagine del Sole.

Questi raggi appaiono come vaste strisce luminose la cui larghezza raggiunge venti e anche quaranta chilometri e la cui lunghezza è considerevole, poiché supera talvolta mille chilometri. Queste proiezioni luminose non presentano ombra e da allora esse non potranno essere contraforti di montagne. Esse corrono con uguale intensità di luce sulle pianure e sui monti fino ad altezze di 3000 *m* e ciò senza cancellare i contorni delle zone accidentate del suolo sul quale passano.

Le principali montagne irraggianti della Luna sono Tycho, Copernico, Keplero e Aristarco; ma la più importante e ammirevole è *Tycho*, con la quale abbiamo già fatto conoscenza.

Da questa grandiosa montagna si slanciano in tutte le direzioni immensi raggi, nel numero di oltre cento, formanti una specie di aureola e si estendono quasi sulla metà dell'emisfero sud. Uno di essi, diretto principalmente verso ovest, raggiunge il cerchio di Néandre a una distanza di quasi 300 leghe. Al di sotto scorre un raggio di una incredibile lunghezza, che percorre tutta la regione delle montagne, si estende sul mare del Nettare e raggiunge i piedi dei Pirenei, dopo essersi sviluppato su un'estensione di 375 leghe (si veda la nostra carta).

Di quale natura sono queste bande irraggianti? Dopo averle lungamente e attentamente osservate, con l'aiuto di strumenti di ogni potenza, sono giunto a pensare che esse rappresentano degli indebolimenti del globo lunare essendo crollati sotto una forte pressione interna, principalmente attorno alle bocche dei crateri più importanti; non da indebolimenti che si sono riempiti di lava proveniente dall'interno, come suppone Nasmyth, ma solo raggi che sono serviti per il passaggio del calore e dei gas che avrebbero vetrificato, imbiancato, il suolo sul loro percorso. Restano da allora semplici tracce, un semplice disegno del fenomeno. È un'operazione piuttosto chimica che meccanica. Queste fenditure non formano crepacci, poiché non si sono scavate, né sono come burroni perché non sono rilievi.

Se gli irraggiamenti di cui abbiamo parlato formano una delle caratteristiche speciali della selenologia, vi sono ancora altri aspetti del suolo che appartengono proprio alla struttura del nostro satellite: questi sono le *scanalature* o crepacci che tagliano spesso vaste pianure.

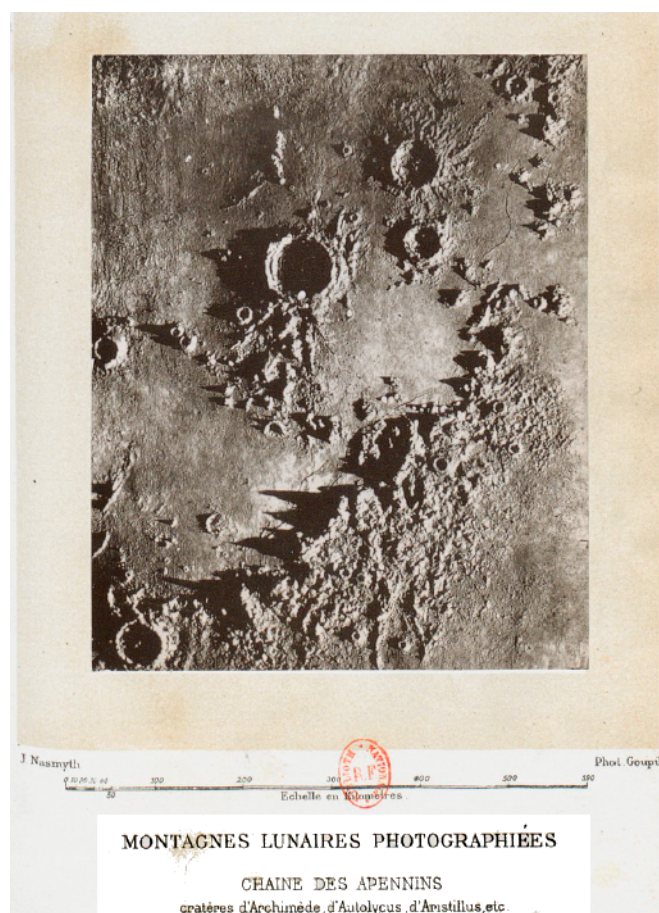
Esse presentano forme che non conosciamo sulla Terra. Sono specie tagliate strette e lunghe che si estendono, sia in linea retta, sia con curvature molto leggere, tra bordi paralleli molto rigidi, solitamente senza bastioni. Nella Luna piena esse si mostrano come leggere linee bianche; durante le fasi appaiono nere, poiché si vede solo l'ombra di uno dei bordi. Esse attraversano spesso crateri o passano immediatamente a fianco di essi; alcune anche terminano presso questi crateri. Numerose altre si estendono nelle pianure e nulla il punto in cui finiscono. La loro larghezza è la stessa, o almeno molto poco variabile, per tutta l'estensione del loro corso. Numerose sono ornate da ogni lato da montagne, ma mai le attraversano. La maggior parte è isolata; un numero molto piccolo si unisce come vene o si incrociano. La loro lunghezza varia da quattro fino a cinquanta leghe; la loro larghezza non supera i 1000 – 1500 *m* e spesso è molto più stretta; la loro profondità raggiunge parecchie centinaia e a volte anche migliaia di metri. Se si fossero sempre rappresentate le loro dimensioni esatte, mai si sarebbe immaginato che queste scanalature possano essere strade, canali o altre produzioni del lavoro degli

Fatta questa correzione nulla impedisce di considerare le montagne relativamente molto più alte ancora delle montagne terrestri. Affinché le nostre montagne siano nello stesso rapporto in altezza, serve che le cime dell'Himalaya si innalzino ad un'altezza perpendicolare di 13 *km*. È quindi assai sorprendente vedere sulla Luna vette superiori ai 7 *km* che equivarrebbero sulla Terra ad un'altezza di tre leghe e oltre.

abitanti della Luna⁵. Esse risalgono all'ultimo periodo della geologia lunare. La formazione delle grandi montagne circolari e quella dei crateri medi, era già terminata quando forze puramente locali li hanno originati.

Malgrado certe analogie, è difficile vedere in questi solchi dei fiumi o dei letti disseccati di fiumi lunari che sarebbero esistiti in tempi primitivi. Non si può certamente negare che dell'acqua abbia potuto scorrere in questi letti ora aridi, poiché la nostra Terra è stata pure essa ricoperta interamente di acqua e ora più di un quarto della sua superficie è composta di terra ferma e la massa delle acque continua a diminuire. Tuttavia un esame più approfondito della natura di queste scanalature porta ad una spiegazione contraria. Molte percorrono paesi di montagna senza raggiungere le pianure; altre nascono e muoiono in una pianura, o si estendono da una montagna ad un'altra attraversando un paese. Esse hanno quasi tutti una larghezza costante, o sono nel mezzo più larghe che alle due estremità. È raro che molte si riuniscano. Un gran numero si estende in linea retta e tutte hanno una profondità notevole. È inverosimile che un'acqua corrente abbia potuto scavare tali canali, tanto più che la gravità è $6\frac{1}{2}$ volte meno intensa sulla Luna che sulla Terra. Se, quindi, in un tempo qualsiasi, vi fu acqua in questi canali, non si deve pensare che ad essa è dovuta la loro presenza. Ho disegnato più di cento volte uno di loro (quello di Hygynus), senza giungere a trovare una spiegazione soddisfacente di queste singolari formazioni.

Sono, come detto, casi geologici particolari del nostro satellite e sono gli ultimi nati della topografia lunare. Si è supposto che questi crepacci annuncino il frazionamento futuro del nostro satellite e l'ultimo stadio dei mondi: questa ipotesi sembra contraria alla legge di attrazione e non è facile da giustificare.



Ci si formerà un'idea esatta della natura dei suoli lunari mediante la pregevole fotografia che riproduciamo nella nostra tavola VII: essa è dovuta al talento e alla lunga perseveranza

⁵Schroeter vi vedeva canali scavati dai Seleniti per i loro traffici commerciali; credeva anche di riconoscere una città a nord del cratere Marius. Gruirhuysen vi vedeva strade nazionali. Schwabe, di Dessau, aveva creduto di riconoscere distese di grandi alberi.

dell'astronomo inglese Nasmyth ed è estratta dalla magnifica opera che ha pubblicato sul nostro satellite⁶. Si potrebbe dire, dall'aspetto di questa fotografia, di essere stati trasportati in pallone a qualche lega soltanto al di sopra del suolo lunare e che da questa posizione cogliere in tutti i suoi dettagli i rilievi così strani? Ogni cerchio, ogni cratere, ogni cresta della catena di montagne, ogni roccia, per così dire, è visibile, non solo di per sé, ma anche per l'ombra che proietta all'opposto della luce solare. L'astro del giorno, innalzato da poco al di sopra dell'orizzonte di sinistra, illumina i rilievi del suolo da questo lato e le ombre si proiettano sulla destra allungandosi sul terreno, come vediamo qui col sole levante e con quello tramontante. La grande catena che si estende sulla regione superiore e su tutto l'angolo sinistra della fotografia è la più elevata e accidentata delle catene montuose lunari: è la catena degli Appennini, che non misura meno di 720 km di lunghezza e le cui più alte cime superano i 6000 m di altezza. Il terreno si innalza insensibilmente, come si vede, a partire da nord-ovest e raggiunge di montagna in montagna queste altezze formidabili che sono a strapiombo sulla pianura nella quale si vedono allungarsi le ombre. È sicuramente una delle scene più grandiose e sublimi della natura lunare.... Quante volte sono rimasto attaccato al telescopio, per ore intere, nelle serate che avvicinavano il primo quarto, in contemplazione e quasi in estasi davanti a questa meraviglia affascinante, che appariva proprio come si vede qui fotografata attirando invincibilmente l'occhio e il pensiero su questo grande spettacolo, visto ancora da troppo lontano.

A nord degli Appennini il grande cratere aperto che domina è Archimede (54° della nostra carta), il cui diametro è di 83 km e l'altezza di 1900 m . A fianco si notano due altri crateri: il primo, a ovest (il superiore), è Aristillus; il secondo, sotto, è Autolycus (confrontare questa regione sulla nostra carta della Luna). Questa stessa fotografia mostra le scanalature bizzarre che si sono aperte attraverso certe pianure lunari. Una inizia al bastione sud di Archimede e si estende per quasi 150 km , prima larga un chilometro e mezzo, poi va rimpicciolendosi; l'altra inizia dall'altro lato dello stesso cratere e discende serpeggiando verso il nord. Queste fessure sono profonde numerosi chilometri e in certi luoghi alcune frane ne hanno ostruito il fondo: la loro caduta è quasi a picco. Due altre scanalature considerevoli si dispongono lungo gli Appennini, al sole e all'ombra delle montagne, ecc. - Supponiamo che un viaggiatore, che arriva da un piccolo gruppo di montagne poste ad ovest di questi due crateri, pensi di attraversare la pianura per arrivare tra essi e continuare il suo cammino verso il nord di Archimede per andare verso il cratere di Eratostene che delimita l'est (destra) della nostra fotografia. Di colpo di deve fermare per un abisso di 1300 m di larghezza! Quale deviazione dovrà fare per continuare! E quale altra deviazione dovrà subire ancora quando arrivando a nord di Archimede, troverà ai suoi piedi un altro precipizio non meno formidabile!

Quale giudizio diamo, del resto, dell'importanza di tutti questi impedimenti del terreno attraverso la scale chilometrica posta in basso della nostra fotografia!

Come si sono formati i vulcani lunari?

Gli astronomi e i geologi che si sono occupati della fotografia della Luna usano dire che essi non presentano esattamente l'aspetto originario della Terra, dopo il periodo plutoniano primitivo, e prima che i periodi secondari, terziario e quaternario modificassero la superficie mediante gli agenti meteorologici e i terreni di sedimenti. Mi sembra che questa opinione non è legittima. Ed ecco le ragioni che mi impediscono di ammetterlo:

1° I vulcani sono l'eccezione sulla Terra e la regola generale sulla Luna. Questa è letteralmente ricoperta di crateri. Ve ne sono dappertutto, di tutte le dimensioni e in alcune regioni essi si impilano uno sopra l'altro. Attorno al monte Copernico ve ne sono alcune migliaia. Sulla Terra, le cose non stanno così. Sull'intera Francia, abbiamo solo l'Auvergne che è di formazione vulcanica; le Alpi, i Pirenei sono catene montuose, non agglomerati di vulcani. Gettiamo lo sguardo su un planisfero terrestre e passeremo in rassegna tutta l'Europa, tutta l'Asia, tutta l'Africa, tutta l'America, senza scoprire, a meno di rare regioni del tutto speciali, questi solle-

⁶The Moon, considerata come un Pianeta, un Mondo e un Satellite, di J. Nasmyth e J. Carpenter. Londra, John Murray, 1874.

vamenti vulcanici che si trovano ad ogni passo sulla Luna. Il globo terrestre fu spogliato del vestito vitale che gli ultimi periodi geologici hanno gettato su di esso, presentando un sistema orografico completamente diverso da quello attuale della Luna.

2° Le forze che hanno agito per formare il suolo lunare non sono del tutto le stesse di quelle che si sono manifestate sulla Terra. Mentre qui una pesante atmosfera piena d'acqua e sovraccarica di acido carbonico pesa sul suolo e agisce di concerto con le eruzioni, le tempeste, le piogge e le burrasche per modellare la superficie, sulla Luna la pressione è sempre stata bassa e i materiali in fusione vomitati dai crateri devono precipitarsi nello spazio con una velocità vertiginosa. D'altra parte, la gravità essendo sei volte minore, fa sì che le esplosioni possano innalzarsi o estendersi senza ostacoli e proiettare i loro materiali alle più grandi distanze.

3° Le sostanze di cui è formata la Luna non sono le stesse di quelle che costituiscono la Terra, e, di conseguenza, le combinazioni chimiche e le conflagrazioni sono state di un'altra natura. Il vapore acqueo, tra gli altri, non ha svolto il ruolo decisivo che ha avuto nelle nostre eruzioni vulcaniche. Indipendentemente dalla differenza di costituzione chimica, vi è anche una differenza di densità: non bisogna dimenticare che quella dei materiali lunari è appena uguale ai due terzi di quella dei minerali terrestri. Tutte queste differenze hanno necessariamente prodotto formazioni geologiche molto lontane da quelle avvenute sulla superficie terrestre.

Anche nel suo scheletro geologico, il nostro satellite è un mondo assai diverso da quello che abitiamo.

Ma, d'altronde, la Luna è figlia della Terra e non è senza interesse per noi conoscere le circostanze che hanno accompagnato la sua formazione.

Milioni di secoli fa, il nostro pianeta, invece di essere solido e sferico, era gassoso, aveva la forma di un'immensa lenticchia e occupava tutto lo spazio racchiuso nell'orbita attuale della Luna. Luminosa e infuocata, sebbene vaporosa, la nebulosa terrestre ruotante su se stessa in 27 giorni 7 ore 43 minuti, quando un anello gassoso, staccatosi dal suo equatore a causa della forza centrifuga se ne fuggì.

Questo anello gassoso, formato da materiale terrestre superiore, di conseguenza più leggero, e continuando a gravitare attorno alla Terra in 27 giorni 7 ore, non rimase allo stato di anello, poiché non era omogeneo, ma si condensò in un globo che è quello lunare e che era allora pure incandescente, liquido e luminoso.

La temperatura dello spazio è di 270 gradi più fredda di quella del ghiaccio fondente. Ogni oggetto posto nello spazio si raffredda quindi più o meno velocemente, secondo il suo calore iniziale, la sua natura e il suo volume. In virtù di questo irraggiamento, la Luna si è raffreddata più velocemente della Terra, dapprima poiché i suoi materiali costitutivi sono meno densi dei nostri, poi a causa della differenza del suo volume. Il globo si raffreddò a partire dalla sua superficie esterna. Il volume della Terra è 49 volte maggiore di quello della Luna, ma la sua superficie è solo tre volte più grande.

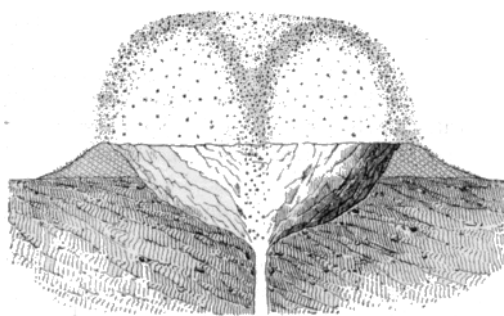


Fig. 58 - Sezione geologica di un vulcano lunare nella sua fase di massimo

La Luna ha quindi di per sé un potere di emissione o di raffreddamento quasi quattro volte maggiore di quello della Terra. La Luna si è così raffreddata più velocemente della Terra: *è una figlia più vecchia di sua madre.*

La Luna ha continuato a ruotare attorno alla Terra alla distanza alla quale si è formata, in 27 giorni 7 ore 43 minuti. Il suo raffreddamento è partito dalla sua superficie, che si è congelata, solidificata prima dell'interno; in un dato periodo iniziale, possiamo confrontare la Luna a un globo di vetro molto sottile, riempito di un liquido incandescente.

L'intensità della gravità è sei volte minore della nostra; la dispersione del suo calore cosmico è stata più rapida di quella della Terra e l'energia vulcanica è stata altrettanto maggiore; infine, i materiali scagliati, non subendo resistenza atmosferica sono stati liberi di proseguire il loro percorso fino a enormi distanze. Ecco la grande differenza con la Terra.

Il punto iniziale di ogni vulcano è un getto liquido che si forma dal basso in alto, attraverso la corteccia esterna e che, uscendo, forma un piccolo cono. Se la forza eruttiva è violenta, essa lancia i materiali che incontra ad una grande altezza e li disperde tutto attorno, formando un cratere circolare. La continuità di questa azione allargherà la cavità iniziale e porterà poco alla volta l'altezza dello scudo più o meno vasto tutto attorno alla bocca vulcanica. Questa è la teoria del tutto razionale esposta da Nasmyth. La nostra figura 58 rappresenta una sezione verticale di un cratere lunare in questa fase del suo sviluppo. Finché ogni eruzione sarà più violenta di quella che l'ha preceduta, lo scavo si ingrandirà e lo scudo anulare si estenderà di più. Ma quando questa violenza sarà cessata ed eruzioni successive più deboli e calme si succederanno alle prime, i materiali scagliati ricadranno sulla bocca vulcanica e formeranno un cono centrale più o meno alto. Questo è il tipo di vulcano di cui la figura 59 rappresenta una sezione verticale.

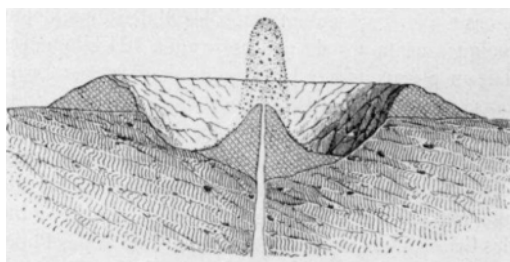


Fig. 59 - Sezione geologica di un vulcano lunare nella sua ultima fase

Supponiamo ora che successivamente a quest'ultimo effetto, la lava vulcanica si apra un cammino, sia attraverso la bocca originaria, sia sui fianchi del cono e inondi il fondo del cratere, quest'ultimo sarà formato da una coltre orizzontale che occuperà tutto l'interno del cratere. Un grande numero di vulcani lunari offre questo aspetto. Smembramenti e frane hanno certamente avuto luogo quando, per esempio, nel corso delle eruzioni vulcaniche, la base del cono centrale si è rivelata troppo debole per sopportare l'accumulo di materiali che si sono sovrapposti, o quando questi materiali perdendo la loro coesione, la gravità ha fatto cadere picchi e mura. Ciò si può osservare su un gran numero di crateri.

Questa è stata la modalità con cui si è formata la superficie lunare. Il fatto che i suoi crateri siano vulcanici, che i loro picchi centrali rimangano ancora visibili ne è la prova incontestabile. Questi crateri presentano tutte le dimensioni, da qualche centinaia di metri fino a 124 *km*. Ma si notano sulla Luna numerose formazioni circolari la cui estensione supera queste e che non hanno picchi al loro centro; per esempio, Tolomeo, Grimaldi, Schickard, Schieller e Clavius, che misurano tutti più di 160 *km* di diametro. Si può andare ancora più avanti e segnalare pianure, come il mare delle Crisi, e anche quelli della Serenità e delle Piogge, la cui formazione è pure circolare. Queste vaste tracce selenologiche devono essere le più antiche di tutti. Le si può spiegare supponendo che nell'interno del globo lunare, a una grande distanza al di sotto del suolo, vi era in origine una notevole forza di espansione. Essendo la crosta lunare allora omogenea, tutta la forza di espansione partita da una data profondità ha dovuto rompere l'inviluppamento lungo linee circolari. Comunque sia stata questa forza di espansione e in qualsiasi modo si sia manifestata, essa è certamente esistita, poiché le formazioni anulari della Luna sono troppo evidenti per non avere una causa generale di produzione.

Ma non vi era in quell'epoca come oggi, né aria, né vento, né nubi, né piogge, né acque sulla superficie della Luna? Alcuni crateri semisepolti sulle rive dei mari sembrano parlare

ancora oggi con eloquenza dal fondo del loro passato e testimoniare che vi devono essere stati livellamenti successivi alla loro formazione, sia tramite alluvioni, sia tramite sedimenti, in una certa fase più meteorologica che geologica.

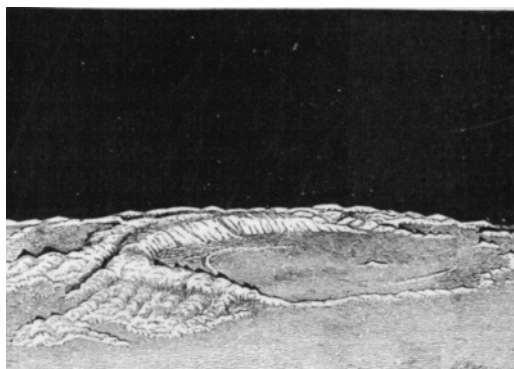


Fig. 60 - Circolo lunare semisepolto sulle rive dell'oceano delle Tempeste.

Considerate, per esempio, la nostra figura 60, tratta da un disegno inviato a M. Guillemin dal nostro rimpianto Chacornac, mio vecchio collega dell'Osservatorio di Parigi: non sembra che le rovine di questo cratere siano state inondate alla sua base e che la sua area come i suoi dintorni siano stati sepolti sotto un diluvio di fango o sotto un'invasione di sabbia spinta dal vento?

Ci rimane ora da chiederci se queste opere selenologiche sono terminate, se non vi sono più movimenti eruttivi in alcuni terreni e se i vulcani lunari sono tutti spenti.

Il cratere che si presenta per primo per rispondere a tale domanda è quello di Aristarco. A volte sembra così luminoso, quand'anche la luce del Sole non è giunta fino a lui, come si nota a prima vista. Esso brilla spesso nella parte oscura della Luna come una stella di sesta grandezza, un poco annebbiata. Io trovo, tra l'altro, sui miei registri di osservazione, che il 6 e 7 maggio 1867, vi era, in questo luogo del disco lunare, sul lato sinistro di Aristarco, un punto luminoso molto brillante, che mostrava le caratteristiche di un vulcano. L'ho osservato per parecchie ore quelle due sere; poi la luce del Sole lo raggiunse. Sebbene poco disposto ad ammettere l'esistenza di vulcani attualmente attivi nella Luna, tuttavia ho sempre tratto da questa osservazione l'impressione di aver assistito ad un'eruzione vulcanica lunare, forse non con fiamme, ma almeno di materia fosforescente.

Questo punto è, del resto, così notevole, che dal XVIII secolo numerosi astronomi, in particolare Hevelius e Herschel, l'hanno considerato come un vero vulcano in attività. Tale era la convinzione di Herschel sulla sua realtà, che scrisse il 20 aprile 1787: "Il vulcano arde con una grande violenza." Il diametro reale della luce vulcanica era di circa 5000 *m*. La sua intensità appariva assai superiore a quella del nucleo di una cometa che era allora sull'orizzonte. L'illustre astronomo aggiungeva: "Gli oggetti posti vicino al cratere sono debolmente illuminati. Questa eruzione sembra molto a quella di cui fui testimone il 4 maggio 1783."

Come Herschel, come Lalande, come Maskelyne, Laplace credeva all'esistenza di questi vulcani.

Il primo gennaio 1865, si è osservato un punto luminoso nelle Alpi lunari proprio nel luogo in cui Schroeter ha segnalato un vulcano nel 1788.

Tuttavia, malgrado alcune osservazioni isolate che sembravano testimoniare a favore di queste eruzioni vulcaniche, siamo d'accordo oggi nell'avanzare qualche dubbio. La Luna è da mezzo secolo costantemente osservata da occhi esercitati e infaticabili e nessun astronomo è giunto a constatare con certezza una sola volta un'eruzione incontestabile.

Bisogna notare pertanto che se non si è certi di aver visto bene, questa non è una ragione sufficiente per affermare che non vi siano. Ma vi è di più: si può appena dubitare che degli eventi geologici avvengono ancora oggi sulla superficie del nostro satellite.

Beer e Mädler, questi operosi selenografi la cui magnifica carta fa ancora oggi da riferimento, erano poco disposti, nel 1840, a considerare come probabili effettive trasformazioni del suolo della Luna. “Noi abbiamo, dicevano, che una simile ipotesi è assai poco probabile. Se le osservazioni fatte finora non lo escludono in via assoluta, non confluiscono nell’ipotesi contraria. Il globo lunare appare, come la Terra, effettivamente *spento*; è difficile credere che trasformazioni violente avvengano ancora adesso.”

Attualmente, gli osservatori sono divisi su questa interessante questione. In Inghilterra, mentre M. Nasmyth pensa che l’azione vulcanica deve essere cessata sulla Luna da migliaia di secoli, MM. Webb e Birt segnalano numerosi fatti che sembrano testimoniare la continuità di queste azioni.

Per esempio, esaminando il cratere Marius e i suoi dintorni, posto nel mezzo dell’oceano delle Tempeste, questi due osservatori hanno scoperto due piccoli crateri che Beer e Mädler non avevano notato. Ancora, confrontando i disegni di Cichus, dovuti a Schroeter, a loro sembra evidente che le differenze che presentano le dimensioni di un cratere più piccolo posto sui bastioni di Ciches sono dovuti a *reali cambiamenti* avvenuti dopo il 1792, periodo di osservazione di Schroeter.

D’altro canto, M. Webb ha studiato il mare della Fecondità, vicino all’equatore, due crateri (quelli di Messier). Questi crateri, molto vicini tra loro, erano, al tempo in cui Beer e Mädler hanno costruito la loro carta, notevoli per la loro regolarità nella forma e per la parità delle loro dimensioni. L’astronomo inglese, osservandoli di nuovo, trovò che il cratere orientale sembrava più grande dell’altro. Cinque mesi dopo, si accorse, non solo della differenza di grandezza dei due crateri, ma della deformazione del cratere occidentale, rimasto più piccolo. Infatti, invece di assumere una forma ovale da nord a sud, è da est a ovest che il suo diametro appare maggiore. Beer e Mädler li hanno esaminati più di trecento volte dal 1829 al 1837, senza constatare alcun cambiamento; la molteplicità di queste osservazioni non permette di dubitare della piena esattezza del loro disegno. È, quindi, probabile che le modifiche constatate si siano *realmente prodotte* dopo il 1837. Nel 1866, numerosi astronomi si sono convinti che un piccolo cratere, posto nel mare della Serenità, aveva mutato in modo evidente il proprio aspetto. Questo piccolo cratere di Linneo differiva in effetti allora dai disegni fatti in precedenza. Jules Schmidt, direttore dell’Osservatorio di Atene e uno degli astronomi che si sono maggiormente occupati della Luna, annunciò il fatto al mondo accademico. Dopo aver attentamente osservato questo punto, riassunsi la mia impressione in una lettura all’Accademia delle Scienze (20 maggio 1867), in cui concludevo che il cratere disegnato da Beer e Mädler era sostituito da un cono bianco poco elevato e di pendenza dolce, non producente ombra, anche al levar del Sole. Questa opinione fu pure quella di Chacornac, a cui avevo scritto, di Quètelet, direttore dell’Osservatorio di Bruxelles, del P. Secchi e in generale di tutti coloro che lo osservarono. È estremamente probabile che il cratere si è più o meno *riempito* o *disgregato* dopo il 1830. Sembra ora un tumulo.

Ho riprodotto qui (fig. 61), una riduzione del disegno molto dettagliato che pubblicai su questa regione. Questo disegno dà un’idea molto esatta della topografia lunare, del suolo sabbioso del mare della Serenità, del rilievo dei crateri grandi e piccoli, e dei numerosi dettagli che, costellando questa pianura, testimoniano a prima vista che il suolo è lontano dall’essere liscio e uniforme. Si vede sulle rive, a est, la cupola bianca formata dal Linneo; si notano più cavità al centro, come in tutti gli altri crateri.



Fig. 61 - Topografia lunare: il mare della Serenità e il tumulo di Linneo.

Un altro punto in discussione, è il fondo del largo circolo piatto di Platone. Questo fondo, sempre molto in ombra, si oscura ancora al crescere del Sole sopra di esso. Il fatto è provato dalle osservazioni di M. Birt, selenografo laborioso. Siccome lo splendore delle regioni bianche che lo circondano aumenta con l'innalzamento del Sole, è possibile che il contrasto entri per una parte negli effetti osservati. Tuttavia, questa spiegazione non sembra sufficiente e numerosi astronomi, ammettendo che le variazioni sono reali, le attribuiscono alla presenza di vegetazione che si rinnova ad ogni lunazione sotto l'influsso del Sole.

Sebbene ognuno dei fatti precedenti non sia matematicamente provato, tuttavia l'insieme di queste osservazioni porta alla conclusione che *la Luna non è un astro morto*, anche dal punto di vista geologico e che è fortemente probabile che cambiamenti avvengano ancora adesso alla sua superficie; e questa conclusione deve ancora essere migliorata, se noi riflettiamo che i nostri strumenti migliori non ci mostrano ancora i piccoli dettagli della superficie della Luna, ma solo delle estensioni considerevoli e che la scomparsa delle piramidi d'Egitto passerebbe certamente inosservata. D'altra parte, se noi considerassimo le condizioni della superficie lunare, arriveremo a concludere che essa deve necessariamente cambiare, così come la superficie terrestre. Sul nostro pianeta, è vero, abbiamo ancora violenti eruzioni vulcaniche e disastrosi terremoti; abbiamo le onde dell'Oceano, che, corrodendo le rive sotto le scogliere e penetrando nelle foci dei fiumi, modificano incessantemente i contorni dei continenti (come ho constatato con i miei occhi per meno di quindici anni lungo le coste francesi); noi abbiamo i movimenti del suolo, che si alza e si abbassa al di sotto del livello del mare, come ognuno può vedere a Pozzuoli in Italia e sulle dighe dei Paesi Bassi: abbiamo il sole, il gelo, i venti, le piogge, i fiumi, le piante, gli animali e gli uomini, che modificano senza posa la superficie della Terra. Tuttavia, sulla Luna vi sono due agenti in grado di operare modifiche ancora più rapide: è il calore e il freddo. Ad ogni lunazione, la superficie del nostro satellite subisce contrasti di temperatura che sono sufficienti a disgregare vaste regioni e, nello stesso tempo, a far crollare le più alte montagne. Durante tutta la notte lunare, sotto l'azione di un freddo più che glaciale, tutte le sostanze che compongono il suolo devono contrarsi più o meno, secondo la loro natura. Poi arriva un calore che, dalle esperienze termometriche eseguite finora, deve raggiungere circa $300^{\circ 7}$, e tutti i minerali che, quindici giorni prima, erano ridotti alla loro minima dimensione,

⁷La Luna ci rinvia un poco di questo calore; la luce lunare non è assolutamente fredda. Dalle esperienze fatte da Marie-Davy nel 1869, all'Osservatorio di Parigi, con una pila termoelettrica, il calore che riceviamo dalla Luna piena è uguale a quello che sarebbe ricevuto da un disco di ferro della sua dimensione apparente scaldato a 100° e posto a 35 m. In cima al picco di Tenerife, Piazza Smyth aveva trovato questo calore uguale al terzo di quella di una candela posta a 4,75 m.

devono dilatarsi secondo proporzioni diverse. Se consideriamo gli effetti che l'inverno e l'estate producono sulla Terra, possiamo immaginare quelli che si producono centuplicati sulla Luna per questo sbalzo di 300 gradi e oltre, con questa successione di contrazione e dilatazione nei materiali che sono meno coesi, meno massivi di quelli della Terra. E se aggiungiamo che questi contrasti sono ripetuti, non di anno in anno, ma di mese in mese, e che tutte le circostanze che li accompagnano devono ulteriormente accrescerli, non ci apparirà certamente sorprendente che *variazioni topografiche si producano effettivamente* sulla superficie della Luna e che, lungi dal disperare di riconoscerle, possiamo al contrario attenderci di constatarle.

D'altra parte, non possiamo affermare che indipendentemente dalle variazioni riguardanti il regno minerale, che ve ne siano anche dovute al regno vegetale, o anche al regno animale, o - chi lo sa? - a formazioni viventi qualsiasi, che non siano né vegetali né animali.

Capitolo 30

L'atmosfera della Luna

Nessun argomento è stato più vivamente e diversamente controverso di quello dell'esistenza di un'atmosfera attorno alla Luna. La sua soluzione deve, senza equivoci, farci sapere se il nostro satellite può essere abitato da esseri animati dotati di una organizzazione analoga alla nostra.

Possiamo affermare che, se esiste un'atmosfera attorno alla Luna, questa non produce mai nubi, come quella nella quale viviamo, poiché queste nubi ci nasconderebbero alcune parti della superficie e determinerebbero variazioni di aspetto, la presenza di macchie bianche più o meno estese e dotate di diversi movimenti. Ma questo disco si presenta sempre con lo stesso aspetto e nulla si oppone mai ai dettagli che vediamo costantemente.

Noi sappiamo già che l'atmosfera della Luna, se esiste, rimane sempre totalmente trasparente. Ma possiamo andare oltre. Ogni atmosfera produce crepuscoli. Una metà della Luna riceve direttamente la luce del Sole, e i raggi solari che illuminerebbero ancora le parti alte di questa atmosfera al di sopra delle regioni nella notte diffonderebbero lungo il bordo oscuro una certa luminosità che aumenterebbe gradualmente fino all'emisfero illuminato. La Luna, vista dalla Terra, dovrebbe quindi presentare un gradiente impercettibile di luce lungo il cerchio terminatore. Non è così: la parte illuminata e la parte oscura della Luna sono separate l'una dall'altra da una linea nettamente tracciata. Questa linea è più o meno sinuosa e irregolare, a causa delle montagne; ma essa non presenta alcuna traccia di questo gradiente di luce. Si vede, quindi, che se la Luna ha un'atmosfera, essa deve essere molto debole, poiché il crepuscolo che dovrebbe produrre è del tutto impercettibile.

Ma si possiede un altro modo più preciso per valutare l'esistenza di questa atmosfera. Quando la Luna, in virtù del suo moto proprio sulla sfera celeste, passa davanti a una stella, si può valutare l'istante preciso della scomparsa della stella e anche l'istante preciso della sua ricomparsa e si può ricavare la durata dell'occultazione della stella. D'altro canto, si può perfettamente determinare con il calcolo quale percorso la stella segue dietro al disco lunare durante la sua occultazione e dedurre il tempo impiegato dalla Luna ad avanzare nel cielo di una quantità pari a questo percorso. Se i raggi di luce fossero molto poco deviati dal loro cammino per la rifrazione di un'atmosfera, invece di scomparire nell'istante preciso in cui la Luna la tocca, la stella rimarrebbe visibile ancora per qualche tempo dopo, poiché i raggi sarebbero deflessi dall'atmosfera lunare; per lo stesso motivo, la stella inizierà a ricomparire dal lato opposto del disco lunare qualche tempo prima che questa interposizione della Luna sia completamente cessata; la durata dell'occultazione sarà quindi necessariamente ridotta da questa causa. Ma in genere si trova una completa uguaglianza tra il calcolo e l'osservazione. Si è potuto riconoscere da ciò che l'atmosfera della Luna, se ne esiste una, è meno densa al bordo visibile dell'emisfero lunare dell'aria che rimane nel recipiente delle nostre migliori macchine pneumatiche, quando si fa il vuoto.

D'altra parte ancora, quando la Luna passa davanti al Sole e l'eclissa, il suo contorno si presenta sempre assolutamente netto e senza penombra.

L'analisi spettrale è stata applicata con cura del tutto particolare alla ricerca delle tracce dell'atmosfera lunare. Se questa atmosfera esiste, è evidente che i raggi solari la attraversano una prima volta prima di raggiungere il suolo lunare e una seconda volta quando si riflette verso la Terra. Lo spettro formato dalla luce della Luna dovrebbe pertanto presentare i raggi di assorbimento aggiunti allo spettro solare da questa atmosfera. Tutte le osservazioni fatte provano che la Luna rinvia semplicemente la luce solare come uno specchio, senza che la minima atmosfera la modifichi in qualsiasi modo.

Un altro modo per scoprire l'esistenza di una atmosfera qualsiasi di vapore, nebbie, ecc., sul bordo della Luna, è quello di esaminare lo spettro di una stella nel momento della sua occultazione. Il minimo gas modificherebbe il colore di questo spettro, così come certe righe e non scomparirebbe istantaneamente senza aver subito la più piccola modifica. Una osservazione di questo tipo si è presentata il 4 gennaio 1865: la Luna passava davanti alla stella ϵ dei Pesci. M. Huggins ha esaminato lo spettro con la più minuziosa attenzione nel momento dell'entrata della stella dietro il disco lunare. Lo spettro scomparve, non istantaneamente, ma come se uno schermo opaco uguale in lunghezza fosse passato rapidamente davanti a lui nella direzione della sua larghezza: nessuna variazione, né nel blu, né nel rosso, nemmeno nelle righe si è prodotta. È una nuova prova che se l'atmosfera lunare esiste, essa non è percepibile al bordo della Luna.

Questi sono i fatti che depongono a sfavore dell'esistenza di un'atmosfera lunare. Dopo averli esposti, è necessario ora dichiarare che essi non sono sufficienti a *provare l'assenza totale di aria* alla superficie del nostro satellite e far conoscere alcune osservazioni che tendono al contrario a mostrare che potrebbe esistere qualche forma di atmosfera, debole e bassa, ma reale. Ci si crede in genere in diritto di insegnare che non si può avere la stessa ombra di una atmosfera e che non è possibile che si produca alcuna manifestazione vitale analoga alle nostre. Questa affermazione è troppo generale.

Dalla fine dell'ultimo secolo, Schroeter ha osservato che le cime delle montagne lunari che si presentano sul bordo non illuminato come punti staccati, sono tanto meno luminosi quanto si trovano a una maggiore distanza dalla linea di separazione tra ombra e luce, o, analogamente, secondo che i raggi illuminanti rasentano il suolo lunare su una estensione più grande.

Mentre li osservavo, una sera, la sottile falce della Luna, due giorni e mezzo dopo la Luna nuova, decisi di ricercare se il contorno oscuro di questo astro, quello che poteva ricevere solo la luce cinerea, si mostrava tutto in una volta, o solo per parti, davanti all'indebolimento del nostro crepuscolo: il lembo oscuro si mostrò dapprima nel prolungamento di ognuno dei due corni della falce, su una lunghezza di $1'20''$ e una larghezza di circa $2''$, con un colore grigiastro molto debole, che perdeva gradualmente in intensità e in larghezza avanzando verso est. Nello stesso momento, le altre parti del lembo oscuro erano completamente invisibili e, tuttavia, siccome più lontane dalla parte abbagliante della falce, si sarebbero dovute vedere per prime. Un bagliore rigettato dall'atmosfera della Luna sulla parte di questo astro che i raggi solari non raggiungono ancora direttamente, un effettivo bagliore crepuscolare, sembra solo poter spiegare un tale fenomeno.

Schroeter trovò, con il calcolo, che l'arco crepuscolare della Luna, misurato nella direzione dei raggi solari tangenti, sarebbe di $2^{\circ}34'$ e che gli strati atmosferici che illuminano l'estremità di questo arco dovrebbero trovarsi ad un'altezza di $452 m$.

Un'osservazione dello stesso tipo è stata fatta recentemente, nel 1876, all'Osservatorio di Parigi, da MM. Paul e Prosper Henry. Essi hanno constatato che una luce crepuscolare continua i corni della falce illuminati e rimane visibile al di fuori del disco oscuro, luce molto tenue in verità, ma della quale essi hanno constatato la presenza certa nelle condizioni particolari di trasparenza atmosferica.

D'altro canto, discutendo attentamente 295 occultazioni accuratamente osservate, l'astronomo Airy ne ha concluso che il semidiametro lunare è diminuito di $2''$ nella scomparsa delle stelle dietro il lato oscuro della Luna, e di $2'',40$ nella loro ricomparsa al lembo oscuro. Le

osservazioni relative alle occultazioni vicino al bordo luminoso danno valori maggiori a causa dell'estrema delicatezza di queste constatazioni sull'irraggiamento del bordo lunare, che estingue la luce della stella prima del contatto. Airy ha concluso che non si commetterà un errore significativo ammettendo che il semidiametro raggiunto nelle occultazioni è inferiore di 2" al semi diametro telescopico.

Questo scarto del diametro telescopico è in genere attribuito all'irraggiamento, che lo ingrandisce alla vista. "Tuttavia nulla non prova che l'atmosfera lunare non intervenga in qualche modo nella differenza, dice, con ragione, M. Neison; e se si confronta il diametro così sicuramente determinato da Hansen con quello che ricavato dalle occultazioni osservate dal 1861 al 1870, si trova una correzione di $-1''$, 70. che non sembra dover essere ragionevolmente attribuito all'irraggiamento. Sarà più soddisfacente ammettere che la rifrazione orizzontale di un'atmosfera lunare interviene in questo effetto per $1''$. I semi diametri lunari, calcolati nelle eclissi totali del Sole, dove l'irraggiamento della Luna è nullo, e al contrario dove la luce solare diminuisce la larghezza della Luna nera, sono in accordo con questa ipotesi mostrando che l'effetto dell'irraggiamento non è superiore a un mezzo secondo." Questa è anche l'opinione del direttore dell'Osservatorio reale d'Inghilterra.

D'altro canto, l'assenza di rifrazione che avevamo esposto poco fa non è assoluta. È un fatto incontestabile che nelle occultazioni si siano viste stelle proiettarsi sul disco della Luna e la migliore spiegazione è quella che attribuisce il fatto a un'atmosfera esistente soprattutto sull'emisfero che non vediamo e che sarà portato di volta in volta verso il bordo della Luna dalla librazione: in questo caso e solo in questo, la proiezione delle stelle occultate si manifesterà. Eccone numerosi esempi:

Nel momento dell'occultazione della stella ζ del Toro, il 28 marzo 1868, l'astronomo Plummer attese il fenomeno specialmente per questo scopo e si meravigliò della sua osservazione. Il lato oscuro della Luna, disse, era visibile per il chiarore della Terra; la stella arrivò a contatto con il bordo, entrò sul disco e vi rimase almeno 5 secondi, a una distanza straordinaria dal bordo. La librazione era, quel giorno, di $8^\circ 16'$.

Il 14 ottobre 1870, la stessa stella fu occultata dal bordo luminoso della Luna e essa si proiettò ugualmente nell'interno del disco lunare. Osservatore: M. Christie, a Greenwich. La librazione era di $5^\circ 33'$.

Il 4 aprile 1854, Castore fu pure occultata dal bordo brillante, si proiettò nella Luna e vi rimase 4 secondi. Osservatore: M. Dunkin, a Greenwich. Librazione = $4^\circ 6'$.

Il 19 marzo 1966, la stella 31 di Béliér fu occultata dal bordo scuro. M. Talmage la osservò proiettata nel disco. La librazione era di $3^\circ 27'$.

All'occultazione di Regolo, arrivata il 16 maggio 1858, due osservatori videro questa brillante stella proiettata per 5 secondi all'interno del disco lunare. La librazione era di $7^\circ 10'$.

Il 24 maggio 1860, Giove fu occultato dalla Luna. Il capitano Nobile, che l'osservò attentamente in Inghilterra, notò, alla ricomparsa del pianeta, che per parecchi secondi un'ombra scura orlava esternamente il bordo lunare nel luogo in cui usciva. Giove era già emerso per i due terzi. Lo stesso astronomo aveva notato un fatto analogo in un'occultazione di Marte, il 13 ottobre 1857. Era in pieno sole, alle cinque della sera. Si distinguevano le bande di Giove. I satelliti erano invisibili.

La stessa osservazione fu fatta indipendentemente da M. Thomas Gaunt; egli vide la linea scura di larghezza doppia delle bande di Giove durante gli ultimi due terzi del tempo di emersione. All'entrata, Giove apparve illuminare il bordo oscuro della Luna da dietro, poiché si distingueva questo bordo fino a circa 3 diametri di Giove.

Il 12 maggio 1874, con la Luna totalmente eclissata, una stella di ottava grandezza, che fu da essa occultata, si proiettò leggermente nel bordo prima di sparire. È più naturale supporre che questi fatti siano causati da una atmosfera piuttosto che immaginare che vi siano delle valli lunari scavate al bordo del disco nei punti in cui si hanno queste proiezioni.

Tra le eccezioni alle scomparse istantanee delle stelle dietro il bordo della Luna, nelle occultazioni, si possono ancora segnalare le seguenti, che rilevo dalle osservazioni fatte da M. John Tebbut a Windsor (Nuovo Galles del Sud):

9 maggio 1867	Scomparsa del tutto improvvisa
2 marzo 1868	Scomparsa graduale
27 aprile 1868	Graduale
28 aprile 1868	Graduale
1 giugno 1868	Quasi graduale
26 settembre 1868	Graduale
22 ottobre 1868	Del tutto istantanea
27 ottobre 1868	Del tutto istantanea
6 dicembre 1868	Graduale
10 dicembre 1868	Non istantanea
4 luglio 1870	Graduale

Quale sarà l'estensione di un'atmosfera lunare in grado di produrre una rifrazione orizzontale di 1"? Il nostro satellite è in una condizione singolare di densità, di gravità e di temperatura. La sua superficie passa di volta in volta da un calore torrido a un freddo glaciale, come abbiamo visto. La temperatura massima del bordo occidentale arriva verso l'ottavo giorno della lunazione e la sua temperatura minima circa due giorni dopo la Luna piena; mentre la temperatura massima del bordo orientale arriva all'indomani dell'ultimo quarto e la sua temperatura minima due giorni dopo la Luna piena.

L'altezza dell'atmosfera lunare potrebbe essere di circa 32 *km*, secondo i calcoli di M. Neison; la sua densità, alla superficie, a 0 gradi di temperatura e alla pressione ordinaria, sarà di $\frac{23}{10000}$ paragonata alla densità dell'atmosfera terrestre al livello del mare e a zero. Questa atmosfera darebbe al bordo lunare le seguenti rifrazioni:

Temperatura della superficie	Rifrazione orizzontale	
-30° C	1,27	Temperatura del bordo non illuminato
0	1,03	
+25	0,88	
+100	0,59	Temperatura del bordo illuminato
+200	0,39	

Un tale stato di cose sarà in accordo con le differenti osservazioni fatte nelle occultazioni e alcuni fatti non contraddicono questa ipotesi. L'estensione di questa atmosfera sarà meglio compresa se osserviamo che il suo peso, su una superficie di un miglio quadrato (1609 *m* di lato), sarà di circa 400 milioni di kg. Essa sarà, in proporzione della massa della Luna, un ottavo di ciò che è l'atmosfera terrestre in proporzione della Terra.

Una tale atmosfera non è insignificante e può *esistere*.

Aggiungiamo infine che la Luna potrebbe possedere una specie di atmosfera del tutto diversa dalla nostra.

La nostra aria è una miscela di ossigeno e azoto, non una combinazione chimica di questi gas, e non vi è alcuna necessità affinché la proporzione della miscela sia come in effetti è. Questa proporzione potrebbe essere del tutto diversa nell'atmosfera di un corpo celeste. Si può immaginare un'atmosfera composta da altri gas. L'acido carbonico, per esempio, che è presente solo in piccola quantità nella nostra atmosfera, potrebbe costituire la maggior parte della composizione di un'altra. Non sarebbe pure sorprendente che questo gas, che si libera nella maggior parte della chimica minerale, e in particolare dei vulcani, esista alla superficie del nostro satellite e scorra verso i bassi livelli, come arriva qui nelle regioni vulcaniche, come la grotta del Cane, presso Napoli. Questo gas permane per lungo tempo dopo le eruzioni, come abbiamo visto in Auvergne. Il colore scuro e variabile di certi circoli e di certe vallate, attribuito

molto razionalmente a vegetali, si spiegherebbe perfettamente così. Si potrebbe anche supporre la presenza di gas del tutto sconosciuti.

Ma bisogna sottolineare che la densità dell'aria su un pianeta qualsiasi dipende dall'attrazione del pianeta. Ogni peso sulla Terra sarebbe doppio se l'attrazione terrestre fosse raddoppiata, e diminuirebbe della metà se questa attrazione fosse diminuita della metà e così via; questo fatto si applica anche all'atmosfera con tutt'altre sostanze. Se la gravità terrestre fosse ridotta a quella della Luna, la pressione atmosferica e la densità dell'aria, sarebbero ridotte alla sesta parte del loro valore attuale; una quantità data di aria, al livello del mare, occuperebbe più spazio e l'intera atmosfera si dilaterrebbe in una proporzione corrispondente: essa si eleverebbe sei volte più in alto. Se, quindi, vi fosse sulla Luna un'atmosfera costituita come la nostra, essa sarebbe sei volte più alta della nostra: al livello medio delle pianure lunari, la pressione sarebbe uguale a un sesto di quello della nostra aria al livello del mare. Anche quando i Seleniti avessero altrettanta aria per metro quadro di noi, avrebbero tuttavia un'atmosfera molto più rarefatta: sarebbe un'atmosfera per noi irrespirabile. Se supponiamo ora che essa sia diversamente costituita e con una densità sei volte maggiore della nostra, essa non avrebbe, a causa della piccola gravità lunare, la densità di quella che respiriamo e si innalzerebbe molto di più della nostra.

Ho numerose volte osservato, in particolare sulla regione così sconvolta che si estende a nord della scanalatura di Hyginus, di cui ho parlato in precedenza, un colore grigio variabile che, se non è un semplice effetto ottico, potrebbe essere prodotto sia da nebbie, sia da vegetali. D'altra parte, mi è spesso parso di aver l'impressione di un effetto crepuscolare osservando la vasta pianura orientale del mare della Serenità il sesto giorno della lunazione. A nord, il circolo ovale irregolare del Caucaso e, a sud, la catena di Menelao, spiccare come due punti luminosi visibili con un semplice binocolo. Il bordo illuminato della pianura non finisce bruscamente con una linea improvvisa separante nettamente la luce dall'ombra, ma degrada dolcemente, *come se il livello si abbassasse*. È una effettiva penombra. Il calcolo mostra che il disco solare deve produrre per la sua lunghezza una penombra di 32' di un arco di grande cerchio sulla Luna, determinando una larghezza di 16 km. Ma io ho spesso osservato là una penombra molto più larga.

Riassumendo, può (e deve) esistere sulla Luna un'atmosfera, di debole densità e probabilmente di composizione molto diversa dalla nostra. Forse esistono anche alcuni liquidi, come l'acqua, ma in minima quantità. Se non vi fosse completamente aria, atteso che è solo la pressione atmosferica che mantiene l'acqua allo stato liquido e che senza di essa, tutta l'acqua evaporerebbe immediatamente. È possibile, infine, che l'emisfero lunare che non vediamo mai sia più ricco di questo in fluidi. Ma si vede, in tutti i casi, che sarebbe contrario all'interpretazione sincera dei fatti affermare, come si fa troppo spesso, che non vi è assolutamente alcuna atmosfera né alcun liquido o fluido alla superficie della Luna.

Capitolo 31

La vita sul mondo lunare

Gli abitanti della Luna - I seleniti apocrifi - Differenze essenziali tra questo mondo e il nostro - Il problema delle abitazioni - Una residenza sul nostro satellite; il cielo e la terra visti dalla Luna

Colui che consacra la sua vita allo studio dei cieli, non solo in astronomia, ma anche e soprattutto in filosofia, e che, già da numerosi anni, non ha lasciato passare alcuna circostanza per rivelare e mettere in evidenza tutte le testimonianze che la scienza contemporanea apporta a favore della dottrina della vita ultraterrestre; colui la cui sola ambizione sarà di convincere tutte le persone intelligenti delle verità sublimi che l'astronomia ci rivela; costui, dico, sarà ben felice di poter qui presentare su questo astro vicino documenti incontestabili dimostranti agli occhi di tutti che la vita esiste su questa terra celeste come sulla nostra. Sfortunatamente questa felicità che è negata. Pertanto ci avviciniamo all'astro della notte così vicino a noi! ne distinguiamo così mirabilmente tutti i dettagli! ne conosciamo esattamente oggi tutta la topografia! Perché deve essere proprio questo globo ad essere il più diverso dal nostro, in tutto il sistema solare? Su tutti i pianeti noi constatiamo la presenza di una atmosfera; su quasi tutti, all'esistenza dell'aria lo spettroscopio ha aggiunto le testimonianze di quella dell'acqua; su quasi tutti prevediamo le stagioni e un regime meteorologico più o meno analogo ai nostri; ma sulla Luna tutto è così diverso da qui, che le deduzioni per analogia ci fanno del tutto difetto.

Perché non è pure il pianeta Marte che si trova così vicino ai nostri occhi? La perfezione degli strumenti di ottica ci permetterebbe di riconoscere, non solo i poli ricoperti di neve, i continenti, i mari, la configurazione geografica delle nazioni, le nubi e le correnti atmosferiche; ma anche potremmo distinguervi i grandi fiumi, le montagne le vallate, le pianure, le foreste, le piantagioni, le campagne con presenze vegetali variate e multicolori. Ma Marte rimane lontano e la Luna si lascia per così dire toccare col dito!

Abbiamo visto che il globo lunare non offre alcuna variazione osservabile alla sua superficie, che non si forma alcuna nube, che nessun fiume solca le sue pianure aride, che nessun soffio d'aria accarezza le sue campagne invariabili. Se qualche atmosfera vi estende il suo strato, è uno strato estremamente leggero. Ne risulta che le basi dell'*analogia* ci mancano qui, e che non possiamo immaginarci in alcun modo come e da quale tipo di essere la Luna può essere abitata.

Ciò non vuole dire che dobbiamo *negare* che lo sia poiché non abbiamo alcun diritto di imporre dei limiti alla potenza della Natura. Ma non abbiamo più a favore di questa ipotesi le ragioni di verosimiglianza che ci ispirano nelle nostre deduzioni relative agli altri pianeti.

Degli esseri qualunque possono vivere senza mangiare e respirare? Tessuti organici qualsiasi possono formarsi senza liquidi e senza gas, oppure certi organismi possono essere costruiti in modo da trasformare solidi in liquidi e in gas? Processi chimici sconosciuti sul nostro pianeta possono essere impiegati sulla Luna per rendere vivente ciò che ci appare morto, sensibile ciò che ci appare inerte, mobile ciò che ci appare sepolto nell'immobilità minerale? Per risolvere

questa questione, bisognerebbe aver scoperto tutti i segreti della Natura. Non siamo a questo punto. Ma non porlo e *affermare* che la Luna sia un astro morto, poiché essa non può essere abitata da esseri organizzati come noi, sarebbe la conclusione di un'intelligenza ristretta, che si immagina di conoscere tutto e osa pretendere che la scienza ha detto la sua ultima parola.

Il progresso delle scienze infligge ogni giorno a questi sapienti troppo presuntuosi delle smentite e delle lezioni che dovrebbero correggerli e illuminarli. Per citare solo un esempio, che ci ha già colpito in precedenza, i naturalisti erano unanimi nell'affermare, da solo qualche anno, che la vita animale si fermava ad un piccolo limite al di sotto del livello del mare e che le profondità dell'Oceano erano prive di ogni forma di vita. Essi ne davano ragioni molto plausibili, le cui principali sono l'*oscurità* assoluta che regna a queste profondità e si oppone alla fissazione dell'acido carbonico e alla formazione di ogni pianta, e la pressione spaventosa che pesa in queste regioni e sarebbe in grado di stritolare gli elefanti più imponenti e robusti. Quali animali potrebbero quindi vivere in questa notte eterna, non avendo nulla da mangiare, neppure vedendo ciò che toccherebbe i loro corpi e non potendo spostare sotto i milioni di chilogrammi che peserebbero su di loro? Ebbene, le ricerche perseveranti e coraggiose che intendono sondare le profondità dell'Oceano, dall'Europa fino all'America, e dall'equatore fino ai cerchi polari, hanno provato che la vita animale esiste in questi terrificanti abissi oltre che sulle rive. Questi esseri sono organizzati per nutrirsi anche dell'acqua del mare, assorbendo e assimilando i principi organici che la tengono in soluzione, creano essi stessi la luce per dirigersi, trovare la loro preda e riconoscersi, sono fosforescenti, possiedono occhi sottomarini e lunghi dall'essere frantumati dalla pressione enorme che sopportano, sono incantevoli per delicatezza e colori, leggeri, diafani e così sensibili, rompendosi quando i prendono tra due dita! Non sentono le 60 atmosfere che pesano su di essi, poiché questa pressione si equilibra perfettamente dentro i loro esili tessuti fluttuanti... Certo, ci risulterebbe tanto difficile vivere in queste regioni, organizzati come siamo, quanto abitare sulla Luna.

Ogni mente abituata alle grandi contemplazioni del pensiero è invincibilmente convinta che l'esistenza delle cose abbia uno scopo e che il destino generale degli astri è di essere abitati, - non simultaneamente, poiché essi hanno diverse età e si distribuiscono lungo l'Eternità, ma successivamente, all'epoca della pienezza della loro vitalità. Nonostante gli svariati servizi che può rendere alla Terra, la creazione della Luna, come quella di tutti gli altri mondi, ha avuto uno scopo che è l'esistenza della vita¹.

Questa vita lunare non si è forse formata sullo stesso piano sulla vita terrestre, poiché liquidi, gas, densità, peso, temperatura, sono sempre stati molto diversi da quelli che si hanno qui. Tutto ciò di cui possiamo essere sicuri su questa questione, così antica e tanto dibattuta, degli abitanti della Luna, è che il nostro satellite *non può essere abitato da esseri organizzati sul tipo degli esseri terrestri*. Se è abitato, è da esseri assolutamente diversi da noi come organizzazione e come sensi e certamente molto più differenti da noi per la loro origine di quanto lo sono gli abitanti di Venere o Marte, per quanto abbiamo immaginato i numerosi viaggi apocriefi che abbiamo esaminato in un'opera precedente.

Le forze della Natura agiscono costantemente e necessariamente, secondo lo scopo della creazione universale, ma a noi sconosciuta. Siccome esse hanno staccato la Terra dall'equatore gassoso del Sole, hanno staccato la prima pianta, la prima alga, dal fondo del mare primitivo. Lentamente il regno vegetale si è formato, lentamente gli zoofiti, le *piante animate* si sono prodotte, lentamente il regno animale si è sviluppato, secondo sempre le condizioni dell'ambiente, di temperatura, di umidità, di peso, di densità. Queste condizioni, assolutamente diverse sulla

¹Noi non possiamo quindi, in alcun modo, supporre con alcuni astronomi, con Proctor per esempio, che lo scopo principale dell'esistenza della Luna sia "di produrre maree per l'utilità dei porti di mare, del varo delle navi, della loro entrata e uscita dai porti, o di mescolare le acque dell'Oceano, o di illuminare, durante la Luna dei raccolti, i coltivatori occupati ai lavori dei campi, oppure ancora di fornire ai marinai un mezzo per calcolare la longitudine in mare". [*The Expanse of Heaven*, p. 27]

Luna, impediscono agli esseri di prodursi in forme e con organizzazioni assolutamente differenti da quelle che conosciamo sulla Terra.

Il suolo lunare non è sempre stato secco, arido, invariato, nudo come appare oggi. Innumerevoli ed enormi crateri si sono formati con conflagrazioni spaventose. Poi altri crateri, successivi ai precedenti, sono venuti, in un'altra epoca selenologica, a rompere i primi e a unirsi al di sopra delle rovine. Poi altri sconvolgimenti hanno sepolto interi crateri e immensi circoli in rovine sotto i flutti di un livellamento generale. Tempi felici per l'osservatore terrestre! Quale meraviglioso spettacolo sarebbe stato per noi assistere a queste evoluzioni lunari e osservare da qui le lotte titaniche degli elementi in furia su questo mondo che dovevano lasciare morto e desolate per il nostro secolo troppo tardivo!

Durante queste epoche secolari, la vita ha potuto formarsi sulla superficie della Luna, come si è formata su quella della Terra. Dai tempi dell'ittiosauro e del plesiosauro, dai tempi dell'iguanodonte e del pterodattilo, il nostro pianeta subì pure questi dolori della vita nascente e tremò senza sosta, sotto l'azione di spaventose convulsioni. I flutti ribollenti ululavano nella tempesta, i vulcani vomitavano le loro nude lave, le rive riecheggiavano del fracasso del tuono e la Terra si agitava fin nelle sue viscere. E nel mezzo di queste rivoluzioni, le forme della vita si moltiplicavano, variando con le modifiche della stessa superficie terrestre.

Vi è più probabilità a favore dell'esistenza antica della vita lunare che a favore della sua esistenza attuale, ragionando secondo le nozioni terrestri che abbiamo acquisito sulla vita. Forse questi territori lunari, che osserviamo da qui con molta ansietà, per sorprendervi segni di movimento vitale, racchiusi nel suo interno, come i nostri strati geologici, gli scheletri e i cadaveri pietrificati degli esseri che hanno vissuto un tempo su questo mondo. Forse anche la vita, organizzata in un modo del tutto differente dal nostro, si è modificata lentamente con le variazioni secolari della superficie e dell'atmosfera e vi persiste ancora oggi nelle forme di animali e uomini assolutamente diverse da noi. Strutturati per vivere in un'aria assai rarefatta e obbligati senza dubbio a lavorare non solo per nutrirsi, come qui, ma anche per respirare a sufficienza, la nostra atmosfera terrestre sarebbe un vero liquido per loro, e i Seleniti che, da una circostanza qualunque, potrebbero alzarsi al di sopra del suolo lunare, raggiungere la sfera di attrazione della Terra e discendere sul nostro pianeta, annegherebbero prima di arrivare anche in queste regioni atmosferiche inospitali per noi, o miei sfortunati confratelli Sivel e Crocé-Spinelli hanno trovato la morte e dove il mio sapiente e simpatico amico Tissandier è giunto solo dopo un miracolo della natura.

È molto curioso pensare che, sebbene la Luna sia molto più piccola della Terra, gli abitanti di questo mondo, se esistono, devono essere di una taglia più grande della nostra, e i loro edifici, se ve ne sono di costruiti, di dimensioni maggiori dei nostri. Esseri della nostra taglia e forza, trasportati sulla Luna, peserebbero sei volte meno, essendo sei volte più forti di noi; sarebbero di una leggerezza e agilità prodigiosa, porterebbero dieci volte il loro peso e sposterebbero masse pesanti 1000 kg sulla Terra. È naturale supporre che, non essendo inchiodati al suolo come noi dalla palla del peso, essi si sono elevati a dimensioni che danno loro nello stesso tempo più peso e solidità e senza dubbio che se la Luna fosse circondata da un'atmosfera assai densa, i Seleniti volerebbero come uccelli; ma è certo che la loro atmosfera è insufficiente per questo fatto organico. Inoltre, non solo sarebbe possibile ad una razza Selenita uguale alle razze terrestri per forza muscolare costruire monumenti molto più alti dei nostri, ma ancora il loro sarebbe necessario dare a queste costruzioni proporzioni gigantesche e consolidarli su basi considerevoli e massivi, per assicurare la loro solidità e durata.

Ora sebbene abili osservatori, come William Herschel, Schroeter, Gruithuisen, Littrow, abbiano creduto di distinguere con i loro occhi penetranti tracce di costruzioni "fatte a mano dagli uomini", un esame più attento, con l'aiuto di strumenti più potenti, ha provato che queste costruzioni (bastioni, trincee, canali e strade) non sono artificiali, ma di formazione del tutto naturale. Il telescopio non ci mostra, in realtà, alcuna traccia di abitazione. Certamente una città sarebbe facilmente riconoscibile.

Osserviamo tuttavia che sarebbe riconoscibile se *assomigliasse alle nostre*. Ma nulla prova che né gli esseri né le cose lunari assomiglino a quelle terrestri; al contrario, tutto ci porta a pensare che vi

è una estrema diversità tra i due pianeti. Sarebbe possibile che noi avessimo sotto gli occhi villaggi e abitazioni lunari, costruzioni fatte con le loro mani - se hanno delle mani - attraverso le campagne, senza che l'idea ci possa venire senza in alcun modo supporre che questi oggetti o questi lavori fossero il risultato dei progetti dei Seleniti.

Non serve d'altronde assegnare più valore alla visione telescopica applicata ai paesaggi lunari. Abbiamo detto che il massimo ingrandimento che possa sopportare il più potente strumento di ottica costruito finora è di 2000 e che questo ingrandimento avvicina la Luna a 48 leghe. Ma in pratica, la Luna, vista con questi enormi potenti strumenti, perde una gran parte della luce e della nitidezza che si hanno invece con ingrandimenti minori e i suoi dettagli non sono meglio visibili che con un ingrandimento inferiore della metà o di 1000 circa. Nei più potenti strumenti, non si distinguono meglio i dettagli del suolo lunare con il primo che con il secondo. Possiamo quindi affermare dalla pratica che i più grandi avvicinamenti con i quali si vede nettamente il suolo lunare è di cento leghe, arrotondato. Quando, quindi, si dichiara che la Luna è disabitata poiché non si vede nessun movimento, ci si illude singolarmente sul valore della testimonianza telescopica. A 5 o 6 chilometri di altezza, in pallone, con un cielo puro e soleggiato, si distinguono ad occhio nudo le città, i boschi, i campi, i prati, i fiumi, le strade; ma non si scorge alcun movimento e l'impressione direttamente provata è quella del silenzio, della solitudine e dell'assenza di vita. Nessun essere vivente è già più visibile; e se noi non sappiamo che vi siano mietitori in queste campagne, delle mandrie in questi prati, uccelli in questi boschi, pesci in queste acque, nella ci potrebbe farla intuire. Se, quindi, la Terra è un mondo morto, visto soltanto a 5 o 6 chilometri di distanza, è illusorio affermare che la Luna è veramente un mondo morto, poiché è vista da oltre cento leghe! Si può cogliere la vita ad una simile distanza? No di certo; poiché foreste, piante, città, tutto scompare.

Cosa dobbiamo pensare, in definitiva, del mondo della Luna, ora che abbiamo tra le mani tutti i documenti che la riguardano?

È un mondo finito? È un mondo attualmente vivente? È un mondo che sta nascendo? È passato, presente o futuro?

Il suo aspetto così caratteristico ci risponde in modo affermativo che molto certamente le evoluzioni di questo mondo non sono da venire. Porta in maniera troppo evidente le stimmate dei vulcani che l'hanno crivellata di crateri, e quelle dei terreni di diverse composizioni chimiche che si sono sovrapposti, perché possiamo un solo istante ammettere che questo sia un astro nuovo, che non sia ancora stato sede della vita, ma che debba essere abitato in avvenire.

Il suo regno non è futuro. Questa terra vicina ha subito nei secoli fasi di attività consecutive. Oggi essa si riposa. Domani, forse, sarà morta. Che la vita sia esistita altre volte alla sua superficie, noi lo crediamo sinceramente e ammettiamo senza alcuna reticenza. Questi sconvolgimenti geologici, queste evoluzioni fisiche, queste trasformazioni chimiche, queste attività multiple di cui riconosciamo attualmente le tracce sui suoi diversi terreni, non si sono prodotti senza che forme vitali qualsiasi si siano manifestate sotto l'azione combinata del Sole e degli agenti della fecondità naturale, forme in rapporto con lo stato della temperatura, della climatologia, della densità, del peso, della costituzione chimica particolare del mondo lunare.

La vita lunare si è sviluppata fino a un grado sufficiente di progresso fisiologico purché il pensiero sia nato, come avvenuto sulla Terra, nella razza animale superiore e purché un'umanità, di una forma certamente differente dalla nostra, ma avente come la nostra coscienza della propria esistenza, progressiva, intellettuale, dotata di facoltà più o meno analoghe a quelle delle razze umane terrestri, abbia potuto svilupparsi e regnare sul mondo lunare come noi regniamo su quello terrestre? Sono esistiti su questo astro vicini uomini, pensanti, parlanti, studiosi della Natura, che abbiano visto la nostra Terra nel loro cielo e che abbiano coltivato là le scienze che coltiviamo qui: l'astronomia, la geologia, la fisiologia, la fisica, la chimica, la storia, le arti, ecc., ecc.?

Quale spirito timido o glaciale potrebbe dubitarne? Per quale eccezione inspiegabile alle leggi della Natura questo mondo sarebbe stato condannato ad essere solo un blocco inerte dopo la fase della sua ardente genesi fino ai nostri giorni? Per sostenere che la Luna non ha

mai potuto essere abitata, bisognerebbe immaginare che essa è (perdonateci l'espressione) un mondo mancato, ghiacciato bloccato nel suo sviluppo, atrofizzato e messo da parte dalla madre universale. Questo sarebbe un romanzo immaginario e del tutto gratuito, che non può essere fondato su alcuna osservazione. La Luna ci presenta al contrario tutte le testimonianze di un mondo che è molto ben giunto a termine. Il suo destino si è dunque compiuto, così come si compie ora il destino della Terra e il fine dell'esistenza dei mondi, la sede del pensiero, è stato raggiunto sul nostro satellite come lo è qui, ma in altre condizioni.

L'apogeo della vita lunare è dovuto giungere nel periodo in cui la Terra era un piccolo Sole. La luce e il calore dell'astro Terra avranno svolto un grande ruolo negli elementi della vita lunare e forse è a causa di questa coincidenza che questi elementi ci appaiono oggi ridotti alla loro ultima espressione.

Ma *gli abitanti della Luna esistono ancora oggi?* Nessuna osservazione prova il contrario. Ciò che ci colpisce di più, è vero, nell'esame attento della Luna, è l'assenza di nubi, da una parte e dall'altra, l'assenza di variazione del colore nei suoi terreni. Se ne conclude che non vi è acqua, né vegetazione; ma queste conclusioni negative sono assolutamente premature e non si deve disperare di poter un giorno scoprire questi vicini problematici con l'aiuto di telescopi perfezionati. Abbiamo visto che può esistere là un'atmosfera non insignificante, che certi terreni hanno sfumature spesso scure e che la loro fotografia ha portato numerosi osservatori contemporanei ad ammettere l'esistenza probabile di una vegetazione. Abbiamo visto infine che allo stato attuale dell'ottica, ci è impossibile constatare direttamente l'esistenza di esseri viventi sulla Luna. Bisogna, pertanto, mantenersi riservati nelle nostri negazioni².

Vi è tuttavia un'alta probabilità che la vita lunare sia più avanzata di quella della Terra e sia attualmente in decadenza. L'attività non è più quella che è stata un tempo. Questo mondo è certamente in una condizione di calma e di riposo che non è presente in nessun altro mondo del nostro sistema. Questo è un fatto incontestabile. Ma questa calma che circonda il mondo lunare e del quale si ha un'immagine così intima quando si osservano al telescopio i suoi paesaggi immobili illuminati nella notte, se è una testimonianza del riposo relativo di questa terra un tempo così agitata, non è ancora una testimonianza della sua morte. Senza dubbio, la vita lunare è al suo declino; ma essa non è ancora probabilmente scomparsa, e forse le ultime famiglie dell'umanità lunare sono ancora là, nel fondo delle vallate, nelle pianure vellutate di Platone o nella valle ondulata di Hyginus, oppure sulle rive del mare della Serenità, contemplandoci dal loro posto e chiedendosi come un pianeta così agitato come il nostro e anche saturo di nebbie possa essere abitato da esseri premurosi e intelligenti.

Così come è oggi, questo mondo è assai interessante da contemplare al telescopio ed è sorprendente che così pochi uomini lo conoscano. Si distingue così bene da qui tutta la sua geografia e tutta la sua geologia! Io vi prego, voi tutti che leggete queste righe, non rimanete senza dirigere, qualche bella sera, verso questo astro vicino, uno strumento astronomico che vi consenta di osservarlo, soprattutto nel periodo del primo quarto. Qualche minuto solo di osservazione vi entusiasmerà. Avrete, senza esagerare, un'anticipazione degli spettacoli celesti che la vostra immaginazione potrà sognare e la vostra serata sarà meglio occupata ancora e più preziosa di quelle che passate ad ascoltare i più bei capolavori di una lingua o un'altra, le più emozionanti scene di teatro o anche i più melodiosi accenti della musica. Avrete sotto gli occhi un mondo, morto in apparenza, ma bello; silenzioso, ma eloquente; freddo, ma luminoso.

²I vulcani della Luna non sono in attività, è vero; ma i vulcani della Terra sono quasi tutti spenti e un mondo non ha bisogno di vulcani in attività per essere abitato. Non è la potenza, calorifica o altra, interna a un globo che mantiene la vita; poiché il calore interno del globo terrestre non ha alcuna azione sui fenomeni vitali della superficie. La Terra potrebbe essere priva di calore fino al suo centro, senza la vita cessi di esistere. Così è pure sulla Luna.

Se, quindi, la Luna non è più attualmente abitata, questo non sarà dovuto all'assenza del suo calore interno, ma poiché non vi sono più in superficie i fluidi necessari per sostenere la vita. Un'atmosfera può esistere e i suoi territori non devono essere secchi, neppure aridi come si suppone generalmente.

Questi vulcani, questi crateri, questi laghi, questi mari essiccati, queste colline, queste vallate, voi le vedete, esse vi parlano di un'altra età, di un tempo in cui le fiamme che solcano queste campagne, dove i vulcano vomitavano le loro lave, dove i crateri eruttano le loro viscere, dove l'aria, l'acqua, il fuoco, il fango, la polvere, la tempesta spazzano queste terre sepolte oggi tra mille detriti ancora visibili... Ed esse vi mostrano il destino futuro del nostro mondo.

Qualunque sia il destino della Luna, è interessante rappresentarci questo luogo dal punto di vista del piacere intellettuale che può offrire e delle contempezioni che potrebbero derivarne. Il solo modo di viaggio verso la Luna che sia praticabili, è d'altra parte il viaggio mentale, mentre il telescopio e il calcolo ci hanno indicato il vero cammino. Questo viaggio, facciamolo terminando.

Quali spettacoli si rivelano ai nostri sguardi stupiti, quando ci trasportiamo con la mente alla superficie della Luna? È il mondo più vicino a noi ed è il più diverso che ci possa offrire l'intero sistema planetario. Proviamo a rappresentarci le scene e i paesaggi che ci circonderebbero se abitassimo sulla Luna, non scene immaginarie come quelle che si sono spesso inventate nei viaggi fantastici, ma i quadri reali che il telescopio ci mostra e che sappiamo esistere su questo globo straniero. Questi quadri. l'occhio dell'uomo li ha già visti e la mente umana si è già inoltrata nel mezzo di queste campagne, poiché quando, nel silenzio delle notti e nell'assenza di ogni agitazione terrestre, dirigiamo i nostri telescopi verso questo astro solitario, il nostro pensiero attraversa facilmente la debole distanza che ci separa e si suppone, senza un grande sforzo di immaginazione che si sviluppano nel campo del telescopico.

Alcune regioni della Terra non ci possono dare un'idea della condizione del suolo lunare; mai terreno fu più tormentato; mai globo fu più profondamente straziato fino alle sue viscere. Le montagne presentano dei cumuli di rocce enormi caduti gli uni sugli altri e attorno dei crateri spaventosi che si aggrovigliano gli uni negli altri, si vedono solo bastioni smantellati o colonne rocce appuntite che sembrano da lontano guglie di cattedrali uscenti dal caos.

Supponiamo di arrivare nel mezzo di queste steppe selvagge verso l'inizio del giorno: il giorno lunare è molto lungo, poiché si devono contare non meno di 304 ore dall'alba fino al tramonto del sole. Se arriviamo prima del levare del sole, l'aurora non è presente per annunciarlo, poiché in assenza dell'atmosfera non vi è nessun crepuscolo; solo la luce zodiacale, che si distingue così raramente sulla Terra, ma che è costantemente visibile dalla Luna, è il precursore dell'arrivo del Sole. Di colpo, dall'orizzonte nero, si slanciano le frecce rapide della luce solare, che colpiscono le vette dei monti, mentre le pianure e le valli rimangono nella notte. La luce aumenta lentamente, poiché mentre sulla Terra alle latitudini centrali, il Sole impiega solo due minuti e un quarto per sorgere, sulla Luna impiega più di un'ora e, di conseguenza, la luce che invia è molto debole per parecchi minuti e aumenta con estrema lentezza. È una specie di aurora, ma di breve durata, poiché quando dopo mezzora il disco solare è già alto per la metà, la luce sembra quasi molto intensa all'occhio che quando è completamente al di sopra dell'orizzonte. Queste albe del Sole lunare sono lontane dall'eguagliare le nostre in splendore. L'illuminazione così dolce e tenue dell'alta atmosfera, la colorazione degli sciami dorati e scarlatti, i ventagli della luce che proiettano i loro raggi attraverso i paesaggi e, soprattutto, queste rugiate luminose che ricoprono le valli di una luce così morbida all'inizio del giorno, sono fenomeni sconosciuti al nostro satellite. Ma, d'altra parte, l'astro radioso si mostra con le sue protuberanze e la sua ardente atmosfera. Si innalza lentamente come un dio luminoso dal fondo del cielo sempre nero, cielo profondo e senza forma, nel quale *le stelle continuano a brillare durante il giorno* come durante la notte, poiché esse non sono nascoste da un velo atmosferico come quella che a noi le sottrae durante il giorno.

La prospettiva aerea non esiste nei paesaggi lunari. Anche gli oggetti più lontani sono nettamente visibili come i più vicini e si può quasi dire che un tale paesaggio ha un solo piano. Più di questi colori vaporosi che sulla Terra ingrandiscono le distanze e le sfumano di una luce decrescente; più di queste vaghe e incantevoli luminosità che aleggiano sulle valli bagnate

dal sole; più di questo azzurro celeste che va increspandosi dallo zenit all'orizzonte e getta un velo blu trasparente sulle montagne lontane: una luce secca³, omogenea, splendente illumina fortemente le rocce dei crateri, mentre l'aria assente non si illumina; tutto ciò che non è esposto direttamente ai raggi del Sole rimane nella notte. Lo stesso Rembrandt non ha mai immaginato contrasti così netti (ma la Luna è forse oggi il suo atelier prediletto).



Fig. 62. - Paesaggio lunare nelle montagne

Quando dall'alto dei bastioni di un cratere contempliamo, al levar del Sole, come dall'alto del Righi, le cime delle montagne che si illuminano lentamente, esse fanno l'effetto di punti luminosi grandemente isolati nello spazio. Tutto è nero attorno a questi punti, il piede delle montagne così come lo spazio celeste e lentamente, con l'alzarsi del Sole al di sopra dell'orizzonte dietro di noi, vediamo le rocce luminose crescere dalla base, finché arrivano a toccare il suolo, quando il sole è molto alto per mostrarci che questo suolo esiste. Il bianco e il nero non sono pertanto i soli contrasti esistenti, poiché i prodotti vulcanici devono offrire diversi colori, come si vede quando, dall'alto del Vesuvio, si guarda all'interno del cratere: lo zolfo, il feldspato, la trachite, l'ossidiana, le lave, le pozzolane, formano un assortimento di colori molto curioso, dal topazio fino allo smeraldo e anche al rubino: non vi è minore curiosità di quella che aspetta il turista in cima a questa montagna. Deve essere così anche sui crateri lunari e lo spettacolo, sebbene del tutto opposto alle meravigliose e splendide immagini del golfo di Napoli, non deve essere inferiore, nella sua ruvidezza e selvaticità, assai notevole per lo sguardo e la mente.

Il Sole tramonta lentamente verso l'orizzonte e le ombre nere delle montagne si allungano in silenzio come giganti. Nessuna colorazione del cielo, nessuna gloria accompagna questa uscita di scena. La luce zodiacale discende lentamente a sua volta, lasciando l'impero della notte all'esercito delle stelle, alla Via Lattea e, soprattutto, alla Terra, il cui splendore illumina dall'alto dei cieli il paesaggio addormentato.

Le costellazioni hanno le stesse configurazioni che vediamo da qui, ma i loro movimenti sono lenti, non ruotando la Luna con la stessa velocità della Terra; il suo polo celeste è situato nella costellazione del Dragone vicino al nostro polo dell'eclittica. Le stelle sono incomparabilmente più numerose e brillanti che viste da noi; ma esse scintillano appena. I pianeti e le stelle più brillanti sono visibili, anche quando sono vicini al Sole. Mercurio, tra gli altri, così difficile da vedere da noi, è uno dei primi che si scoprirà, poiché è costantemente in vista bilanciandosi da una parte all'altra del Sole.

³Per dare un'idea esatta di questa assenza di prospettiva aerea nei paesaggi lunari, la cosa migliore da fare è riprodurre (fig. 62) un disegno specialmente composto a questo scopo e pubblicato nella nostra opera L'ATMOSFERA. Il lettore lo confronti con i bei paesaggi terrestri cromolitografici che illustrano questa stessa opera e apprezzerà la radicale differenza delle due nature, terrestre e lunare.

Ma non sarà solo la nostra vista a cogliere la rarefazione dell'atmosfera; questa singolare natura agirà ancora sui nostri altri sensi. Le vibrazioni del suono, essendo di debolezza estrema, o forse non esistenti del tutto, la Luna deve essere un mondo muto e silenzioso, dove mai il minimo rumore si fa sentire. Il silenzio di tomba regna sovrano sulla sua superficie. Invano le nostre labbra si muoveranno e le nostre lingue tenteranno di parlare: noi saremo forzatamente muti di nascita e incapaci di turbare il silenzio fatale ed eterno del mondo lunare. Gli abitanti della Luna saranno stati sordo-muti parlanti mediante segni.

Si ammira dalla Luna un astro maestoso, che non si vede dalla Terra e che offre la particolarità di essere immobile nel cielo, mentre tutti gli altri passano dietro di lui e di essere di una dimensione apparente considerevole. Questo astro, è la nostra Terra, che offre alla Luna fasi corrispondenti a quella che la ella ci presenta, ma in senso inverso. Nel momento della Luna nuova, il Sole illumina in pieno l'emisfero terrestre rivolto verso il nostro satellite e si ha la *Terra piena*; nel periodo della Luna piena, al contrario, è l'emisfero non illuminato della Terra che è rivolto verso il nostro satellite e si ha la *Terra nuova*; quando la Luna ci offre un primo quarto, la Terra presenta il suo ultimo quarto e così di seguito⁴.

Un spettatore che si trovasse verso il centro dell'emisfero lunare che ci guarda, cioè a nord delle montagne di Tolomeo e di Ipparco, avrà la Terra al suo zenit; quello che sarà posto a qualche distanza dal centro avrà la Terra già un poco più in basso e la sua altezza diminuirà con l'avvicinarsi dello spettatore alla circonferenza del disco lunare. Per i paesi situati lungo questa circonferenza, la Terra è costantemente al loro orizzonte; una leggera oscillazione la fa salire e scendere al di sopra delle montagne. Ma se andiamo più lontano e consideriamo le regioni appartenenti all'emisfero lunare che non vediamo mai, è evidente che reciprocamente a questi paesi, non si è mai visto il nostro mondo né ricevuto la bella luce notturna del chiarore della Terra.

Nel suo corso di ogni giorno, il Sole passa a nord o a sud della Terra stazionaria. Talvolta scivola fin dietro di essa e allora lo spettatore lunare può gioire del sublime spettacolo di una eclissi totale del Sole, a causa di un concorso di circostanze che rendono il fenomeno molto più imponente di quanto lo sia sulla Terra. Qui, infatti, la nostra Luna non eclissa mai il Sole se non per un periodo molto breve mai superiore ai sette minuti. Ma la Terra è per il nostro satellite una Luna il cui diametro è quattro volte più grande di quello del Sole e l'astro del giorno, affondando lentamente dietro di essa, produce una eclissi totale della durata di parecchie ore. Il passaggio del Sole dietro la Terra produce una curiosa successione di fenomeni ottici, per il gioco delle rifrazioni e delle dispersioni prodotte nell'atmosfera terrestre. Il nostro globo si circonda un poco alla volta di una falce dorata, brillante come un'aureola luminosa. All'avanzare dell'eclissi e all'avvicinarsi della totalità, questa aureola si estende attorno al disco terrestre tutto nero, producendo uno splendore molto intenso in grado di illuminare di una leggera luce arancione tutto il paesaggio lunare coperta dall'ombra della Terra. Questo anello è particolarmente luminoso soprattutto ai bordi del nostro globo, dove assume un colore scarlatto. Quale strano spettacolo!... Questo è quanto si è potuto vedere della Luna il 10 marzo e il 3 settembre 1876.

⁴In media, la Terra presenta una falce durante il giorno, un primo quarto al tramontare del Sole, la Terra piena a mezzanotte, il suo ultimo quarto al levare del Sole e la sua ultima falce la mattina. Le sue fasi sono pure meglio adatte all'illuminazione della Luna di quelle della Luna; tanto più che la Terra invia tredici volte più luce alla Luna di quella che riceve da lei e che le notti lunari sono sempre magnificamente illuminate, senza che mai il cielo si ricopra di nuvole a ridurre il chiarore della Terra.

Il nostro pianeta non è assolutamente fisso nel cielo lunare, ma ruota lentamente su una piccola ellissi che misura 15° 8' di longitudine e 13° 6' di latitudine.



Fig. 63. - La Terra vista dalla Luna

Quale curiosa raffigurazione offre la Terra durante questa lunga notte di quattordici volte ventiquattro ore? Indipendentemente dalle sue fasi, che la portano dal primo quarto alla Terra piena nel mezzo della notte e da Terra piena all'ultimo quarto per il sorgere del Sole, quale interesse non proveremmo nel vederla così stazionaria nel cielo e ruotante su se stessa in ventiquattro ore? In questo momento, per esempio, riconosceremmo sul suo disco, nel mezzo dell'immenso oceano verdastro che si estende da una parte all'altra, le due V sovrapposte che formano l'America; poi vedremmo questo quadro geografico spostarsi lentamente verso est; l'oceano Pacifico arrivare successivamente; l'Asia e l'Australia appariranno, presto seguiti dal lungo continente dell'Asia e dall'Oceano Indiano. La Terra, continuando a ruotare, ci presenterà poi l'Europa e l'Africa, e forse la nostra vista esercitata potrebbe distinguere verso la parte ovest dell'Europa le regioni che ci sono più care. Il nostro pianeta è così *l'orologio celeste perpetuo degli abitanti della Luna*. È un mondo splendente, visto da questa distanza e che versa tanta luce sulle notti lunari, che da qui noi ne riceviamo ancora il riflesso e questo mondo appare fisso nello spazio sui cardini invisibili dell'asse attorno al quale ruota. Lentamente le stelle e i pianeti passano dietro di lei, ma l'atmosfera terrestre li ferma al passaggio; essa agisce come farebbe un'immensa lente convergente nella quale tutti i raggi delle stelle che passano dietro la Terra e si illuminano di un bianco brillante, in conseguenza di questa luce diffusa. Così, lentamente, le stelle arrivano, passano dietro di lei, le prestano la loro luce e continuano il loro cammino.

Quanto siamo magnifici visti da là! Noi occupiamo il trono del cielo stellato e il nostro pianeta ha dovuto essere adorato e temuto come l'inesorabile e serena divinità della notte e del destino. È proprio da questa posizione che possiamo essere meglio apprezzati. Quale differenza con il nostro aspetto visto da Mercurio e da Venere!

Questi sono i panorami lunari che un artista potrebbe contemplare; questi sono gli spettacoli celesti di cui un astronomo potrebbe gioire, nel mezzo di steppe silenziose o dall'alto delle Alpi gigantesche del nostro satellite. Questo è l'osservatorio più degno di invidia; poiché sulla costituzione fisica del Sole, dei pianeti e delle stelle, sullo stato delle nebulose, sulla profondità

della Via Lattea, sul numero e la varietà delle stelle doppie, si apprenderà più in un anno di osservazioni fatte sulla Luna che in cento anni di osservazioni fatte sulla Terra. Ma come sede di abitazione, questo mondo vicino è uno dei più poveri e deserti che esistano. È alquanto inferiore al nostro, che è assai lontano dall'essere perfetto, come abbiamo visto. Dante vi aveva posto uno dei cerchi di espiazione del suo *Purgatorio*: questa ipotesi immaginaria sarebbe più appropriata alla sua natura piuttosto che vedere in lei un paradiso.

Come abbiamo fatto per Mercurio e Venere, terminiamo questo viaggio sulla Luna con riassumendo la sua condizione siderale confrontandola a quella della Terra. Essa è veramente strana.

CONDIZIONE PARTICOLARE DEL MONDO LUNARE

Durata dell'anno e delle quattro stagioni	346 giorni 14 ore 34 minuti
Durata del giorno e della notte	29 giorni 12 ore 14 minuti
Numero di giorni lunari nel suo anno	12
Stagioni	Impercettibili. La maggiore differenza di temperatura è tra il giorno e la notte ed è estrema
Clima	Circa lo stesso sull'intera superficie
Atmosfera	Estremamente debole. Né nubi né acqua
Geografia e orografia	Pianure e montagne; queste sono quasi tutte di antichi crateri e si innalzano fino a 7600 metri
Densità dei materiali	Inferiore che qui = 0,602
Peso	Assai debole: 6 volte minore che da noi = 0,164
Vita	Completamente diversa dalla vita terrestre. Probabilmente oggi quasi estinta
Giro del mondo lunare	2731 leghe
Dimensioni del pianeta	Circa un quarto del diametro della Terra = 870 leghe
Diametro del Sole	Lo stesso che da noi
Diametro massimo della Terra	Circa quattro volte più grande in diametro della Luna piena come appare a noi (= 114'); rimane all'incirca fisso nel cielo variando di fase; illumina questo mondo a mezzanotte come farebbero quattordici Lune piene.

Parte VI

Il pianeta Marte ♂

Capitolo 32

Aspetto di Marte ad occhio nudo

Viaggio dal globo terrestre al globo di Marte - Traversata interplanetaria - Moto di Marte attorno al Sole - Sua distanza e conoscenze degli antichi al suo riguardo

La nostra traversata celeste ci porta in questo momento all'orbita del pianeta Marte, che è il quarto del sistema solare e che viene immediatamente dopo la Terra nell'ordine delle distanze dal Sole. Mercurio, Venere e la Terra sono passati in successione sotto i nostri occhi e, mentre il nostro pianeta era l'oggetto della nostra descrizione astronomica, ci siamo fermati per qualche tempo sulla Luna, astro vicino, satellite del nostro pianeta, che ci accompagna senza sosta nel nostro cammino siderale e che fa per così dire parte di noi stessi, come il frutto fa parte dell'albero che lo ha prodotto. Noi abbandoniamo ora del tutto la Terra e le regioni nelle quali essa si muove. L'orbita di Marte è la prima *esterna* all'orbita terrestre (si veda la tavola I). Si sviluppano poi nell'immensità le orbite di Giove, di Saturno, di Urano, di Nettuno, che si abbracciano l'una nell'altra e si succedono di distanza in distanza. Abbandoniamo ormai le località eteree dentro le quali vaga la nostra nave celeste; non rivedremo più questo mondo, nostra patria in questo XIX secolo dell'era cristiana; il Sole, Mercurio, Venere e la Terra fuggono dietro il nostro volo e noi abbordiamo la prima delle province lontane dalla capitale dell'impero solare, lontane per noi, che siamo così vicini all'astro splendente, ma in realtà meno eccentrici di quanto essi appaiono, poiché è piuttosto il mondo colossale di Giove che merita il titolo di capitale del sistema planetario; il sole non è una città abitabile per la vita organica ed è la distanza tra un pianeta e Giove che si potrebbe giudicare della sua posizione relativa nell'economia generale dell'organizzazione planetaria. A questo riguardo, arrivando su Marte, ci avviciniamo alla capitale e, infatti, i due mondi che sono interni all'orbita terrestre sono assai poveri rispetto ai cinque mondi che ci sono esterni. In realtà, la Terra è tra i minori. Quale onore per noi, se abitiamo Giove o Saturno!... Chi lo sa? disdegnamo le altre province e considerandole come sobborghi insignificanti, avremo forse, come le persone più fortunate, idee meno vaste di quelle che riceviamo dal Cielo nella nostra condizione modesta e il nostro pensiero non si eleverebbe forse verso le contemplazioni che ci occupano e ci interessano nel presente studio.

La Terra fugge lontano, assai lontano dietro a noi. Prendendo il volo, la nostra mente, supportata dalle ali brillanti e palpitanti dell'immaginazione, si dirige in linea retta verso Marte, con la rapidità delle frecce luminose. Otto minuti e 13 secondi basteranno ad attraversare l'abisso di 37 milioni di leghe che separa la Terra dal Sole; ma l'orbita della Terra è separata da quella di Marte di sole 14 milioni di leghe, nella regione dove i due astri si avvicinano maggiormente, e per attraversare questa distanza con la velocità della luce, bastano 3 minuti.

Raggiungendo questo nuovo mondo, la prima impressione non è estranea a quella che gli spettacoli della Natura terrestre ci impone. Ci troviamo trasportati su un mondo singolarmente

te analogo al nostro. Le rive del mare accolgono come qui il gemito eterno delle onde che si infrangono e si spengono sulla riva; là, come qui, il soffio dei venti increspa la superficie dell'acqua e produce onde che si susseguono e ricadono. Se il cielo è puro e l'atmosfera calma, lo specchio delle acque riflette come qui il Sole abbagliante e il cielo luminoso; e senza la colorazione speciale e la forma strana delle piante, potremo immaginare facilmente di ritrovarci sulle rive del Mediterraneo o davanti a un lago della dolce Svizzera. Le Alpi coronate di nevi perpetue non falliscono l'analogia del quadro, né le montagne, né le valli, né le cascate argentee, né il rumore lontano del vento nelle campagne, né il tiepido calore del Sole primaverile, né la successione lenta delle ore del giorno, né la felicità di sentirsi vivere nel mezzo di una natura calma e benevola. L'abitante dei villaggi europei che, scagliato dai flussi dell'emigrazione sulle rive dell'Australia, si risveglia un bel giorno nel mezzo di un paese sconosciuto, dove il suolo, gli alberi, gli animali, sono di un aspetto del tutto diverso da quanto finora visto nel suo paese natale, non è meno sorpreso né meno spaesato di quando noi arriviamo sul pianeta Marte: la differenza tra questo mondo e il nostro è appena più considerevole di quella che distingue il continente australiano da quello europeo. Traspostarsi dalla Terra su Marte è semplicemente un cambio di latitudine.

I progressi compiuti da quindici anni nella conoscenza di questo pianeta vicino hanno giustificato le speranze della dottrina della pluralità dei mondi abitati e confermato le congetture che la logica aveva fondato su un primo esame. Oggi, non conosciamo solo questo globo dal punto di vista astronomico, ma lo studiamo ormai per i suoi aspetti fisici, geografici, climatologici, meteorologici e anche nella sua chimica organica! È il nostro stesso pianeta che crediamo di vedere da lontano e ci sorprendiamo talvolta a supplire alla visione telescopica per distinguerlo con la mente gli abitanti che nessuna potenza ottica può ancora portare alla nostra vista ansiosa.

Se non vediamo ancora gli abitanti di questo mondo, possiamo dire che siamo, relativamente a Marte, nella situazione di un uomo che vede passare da lontano un convoglio ferroviario. Vede i vagoni, distingue anche le vetture delle diverse classi e senza cogliere il macchinista sulla locomotiva, vede con la mente gli eroi pieni di fumo che lanciano nel braciere l'alimento del cavallo di fuoco e vigilano sulla vita di mille passeggeri; non riconosce dapprima i viaggiatori, ma li immagina. Così noi vediamo il pianeta Marte percorrere la sua orbita con una velocità ben più rapida di quella di un treno espresso; distinguiamo il suo movimento di rotazione diurna, che determina il giorno e la notte; cogliamo i suoi ghiacciai, i suoi continenti, i suoi mari, le sue nubi, la sua atmosfera, i suoi golfi, in una parola, tutto l'insieme della circolazione vitale; e sebbene i nostri telescopi non siano sufficientemente potenti da mostrarci i viaggiatori del convoglio celeste, suppliamo con la logica ai nostri telescopi, esattamente come nel caso del treno terrestre sospinto dai cavalli-vapore, o come nel caso di una città di cui vediamo da lontano gli edifici senza distinguerne gli abitanti.

Prima di entrare nei dettagli della struttura fisica del pianeta, è naturale formarci dapprima idee esatte sull'insieme. Occupiamoci prima di tutto del suo aspetto e del suo movimento.

Ad occhio nudo, il pianeta Marte brilla nel cielo come una stella di prima grandezza. Esso si distingue particolarmente per la sua luce rossa e in tutte le epoche è stato notato per questa colorazione¹. Il nome che aveva presso gli Ebrei significa *infiammato*. Presso i Greci, Marte, che si chiamava anche Ἄρης e Ercole, aveva per epiteto abituale πυρόεις, o *incandescente*. Presso gli Indiani, era chiamato Angaraka (*carbone ardente*) e si chiamava anche Lohitanga (*il corpo rosso*). Ha sempre avuto la personalità del dio della guerra nelle mitologie antiche e il simbolo

¹Quando i Greci e i Romani volevano parlare di una stella rossastra, pensavano sempre a Marte come elemento di confronto. Oggi ancora questo astro è il più rosso di tutti quelli che si vedono ad occhio nudo. (Vi sono stelle telescopiche che sono di un rosso sangue). Da parecchie migliaia di anni quindi, il carattere particolare della luce che ci riflette non si è modificato.

♂ con il quale continuiamo a rappresentarlo deve essere un retaggio dell'unione della lancia e dello scudo.

Si trovano tracce della conoscenza del pianeta Marte nei più antichi annali dell'astronomia. Possiamo supporre che è stato la terza stella fissa riconosciuta dai primi osservatori. Venere e Giove sono stati i due osservati per primi a causa del loro splendore senza rivali.

La più antica *osservazione* certa di Marte che ci sia pervenuta risale al 52° anno che segue la morte di Alessandro il Conquistatore (486 dell'era Nabonassar), o dell'anno 272 prima della nostra era. Il 17 gennaio (21 athir) di questo anno, il pianeta passò molto vicino alla stella β della Scorpione. Questa osservazione ci è stata conservata nell'*Almagesto* di Tolomeo. Ma il percorso di Marte era noto da lungo tempo in quell'epoca. Si sono trovate, nelle rovine di Ninive, le tavolette, scritte in lingua cuneiforme, di un'opera intitolata: *le Osservazioni di Bel*. Quest'opera, divisa in LX libri, era rimasta nelle rovine del palazzo di Sardanapalo e apparteneva anticamente alla biblioteca pubblica di questa capitale, in un'epoca che non può essere posteriore al XVII secolo prima della nostra era, poiché era dedicato al re Sargon, d'Aganè, in Babilonia. Ora, uno dei libri di quest'opera è consacrato al pianeta Marte, un altro a Venere, un'altra alla stella polare (che era allora la stella α del Dragone), ecc. I cinque pianeti Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno erano noti in quest'epoca e la settimana di sette giorni consacrata ai sette astri (5 pianeti più il Sole e la Luna) era già in uso all'inizio delle osservazioni assire e accadiche, cioè verso l'anno 2540 prima della nostra era. - Il martedì porta da quest'epoca il nome di Marte: *Martis dies*. - Non solo l'astronomia è la prima e la più antica delle scienze, non solo essa è oggi la più importante tra tutte e più indispensabile da conoscere per tutte le istruzioni che devono essere serie; ma ancora è servita di base a tutti gli antichi religiosi: la struttura del Cielo fisico è stato necessario per tutte le costruzioni metafisiche e i pianeti in particolare sono stati scoperti, implorati, adorati prima delle più antiche mitologie, poiché questi sono coloro che formano i personaggi principali.

Il pianeta Marte ruota attorno al Sole lungo un'orbita tracciata alla distanza media di 56 milioni di leghe dal centro solare; siccome l'orbita della Terra è alla distanza media di 37 milioni di leghe dallo stesso astro, si vede che l'orbita di Marte circonda quella della Terra distando da essa 19 milioni di leghe. Essa è, inoltre, molto ellittica, di modo che, da una parte, essa si avvicina molto di più all'orbita terrestre rispetto al lato opposto.

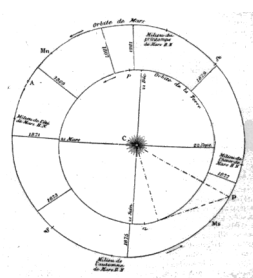


Fig. 64. Relazione tra l'orbita di Marte e quella della Terra.

Si valuterà facilmente la posizione relativa delle due orbite dalla figura sopra. Questa figura è tracciata con la scala di 7 mm ogni 10 milioni di leghe. L'orbita interna è quella della Terra; l'esterna è quella di Marte. Il Sole brilla nel fuoco delle due ellissi. Il centro dell'orbita terrestre è molto vicina al Sole, mentre quella dell'orbita di Marte ne è più lontana: è indicata dalla lettera C.

Si vede su questa figura la posizione della Terra agli equinozi e ai solstizi e la posizione di Marte nel mezzo delle stagioni del suo emisfero nord. La Terra è al suo perielio (p) sull'orbita terrestre verso il 1° gennaio e al suo afelio (a) verso il 1° luglio. Il perielio di Marte arriva nel punto indicato con P sulla sua orbita e il suo afelio nel punto indicato con A, all'opposto. La distanza tra le due orbite al perielio di Marte è ridotta a 14 milioni di leghe, mentre all'afelio di questo pianeta aumenta a 24².

²La conoscenza del moto di Marte è dovuta all'infaticabile perseveranza dell'immortale Keplero ed è alla sua analisi del moto di questo pianeta che dobbiamo la scoperta delle leggi che reggono il

Marte ruota lungo la sua orbita e impiega 687 giorni per compiere la sua rivoluzione attorno al Sole. Il suo anno è quindi più lungo del nostro di 322 giorni: è pari a due dei nostri anni meno 43 giorni. Ecco le sue distanze estreme e medie dal Sole:

Distanza perielio	1,3816	51 130 00 leghe
Distanza media	1,5237	56 350 000
Distanza afelio	1,6658	61 570 000

La variazione in distanza è considerevole e raggiunge quasi un quinto della distanza media (l'eccentricità è di 0,09326). Marte è di 10 milioni di leghe più vicino al Sole al perielio che all'afelio; questo deve causare nella temperatura di questo pianeta una variazione assai significativa, indipendente da quella delle stagioni dovute all'inclinazione dell'asse.

Lo sviluppo totale dell'orbita misura 350 milioni di leghe ed essendo percorsa in 687 giorni, questo mondo percorre più di 500 000 leghe al giorno, o 23950 metri al secondo: cammina quindi un poco meno veloce della Terra.

La traslazione di Marte attorno al Sole non avviene completamente nello stesso piano della Terra, ma su un piano leggermente inclinato di $1^{\circ} 51'$.

Se si combina il moto della Terra con quello di Marte, si trova che i due globi ruotano nello stesso verso attorno al Sole, come la lancetta di un quadrante; solo che qui la piccola lancetta ruota più velocemente. In quale momento le due lancette (i due pianeti) si incontrano in prospettiva? in quale periodo Marte e la Terra si trovano su una stessa linea rispetto al Sole? - Ogni 779 giorni o ogni 2 anni e 49 giorni.

Le ultime opposizioni di Marte hanno avuto luogo:

Nel 1867	nel mese di gennaio
1869	febbraio
1871	marzo
1873	aprile
1875	giugno

Si può vedere, sulla figura precedente, che in ognuna di queste due opposizioni i due pianeti sono stati sempre vicini. La più importante sarà la prossima, del 1877, che avverrà nel periodo del perielio di Marte dove la distanza tra i due pianeti sarà ridotta al suo minimo. Questo fortunato periodo di osservazione si ripresenta ogni 15 anni ed è ogni volta atteso con impazienza dagli astronomi.

sistema del mondo. Se l'orbita di Marte fosse quasi circolare come quella di Venere, invece di essere un'ellissi molto marcato, non conosceremmo forse ancora le leggi dell'astronomia. Tycho-Brahe aveva compiuto una lunga serie di osservazioni di Marte estremamente precise. Keplero gli chiese di poterle studiare e Tycho gli le affidò, "con la condizione di non servirsene per provare il sistema di Copernico". Fortunatamente per la scienza, Keplero non mantenne la sua promessa. Per quindici anni consecutivi, tornò e ritornò su queste osservazioni per conciliarle con l'antica dottrina, che insegnava che tutto si muove su cerchi perfetti nell'universo. Concluse che era assolutamente impossibile far concordare questa figura e che certamente i pianeti non descrivono cerchi, ma ellissi. È a questa scoperta che si deve l'effettiva fondazione della meccanica celeste, compresa la scoperta newtoniana dell'attrazione. Ricordando le difficoltà di questo lavoro, Keplero racconta che Rethicus aveva voluto prima di lui riformare l'astronomia, ma che sconcertato dal moto di Marte, aveva evocato il suo genio familiare, il quale arrivò, lo prese per i capelli, lo innalzò fino al limite massimo e lo lasciò ricadere dicendo: "Ecco il moto di Marte". (Si veda l'interessante *Histoire dell'Astronomie*, del dottor Hofer.)

Capitolo 33

Il globo di Marte: volume, peso e rotazione

Diametro - Superficie - Dimensioni - Massa - Densità - Fasi - Macchie - Moto diurno - Durata del giorno e della notte.

Le notevoli variazioni delle distanze del pianeta Marte dalla Terra dovute ai moti dei due pianeti sulle loro rispettive orbite producono variazioni corrispondenti nella grandezza apparente di questo globo. Questa grandezza varia nella proporzione di 1 a 8. Il diametro di Marte si riduce fino a $3''{,}3$ alla sua massima distanza; cresce fino a $26''$ alla sua minima distanza: è come se dicessimo che questa grandezza apparente varia da un cerchio di 3 mm di diametro fino a uno di 26 mm .

Combinando questa grandezza apparente con la distanza, si trova che essa corrisponde a un diametro di 6850 km , cioè 1700 leghe in cifra tonda. Il giro del mondo di Marte è quindi di 5375 leghe.

Si vede che questo pianeta è più piccolo della Terra. Il suo diametro è quasi la metà del nostro (0,54). La sua superficie è di soli 29 centesimi della superficie del globo terrestre e il suo volume è solo i 16 centesimi del nostro.

Avendo un volume sei volte e mezzo più piccolo della Terra, Marte è sette volte e mezzo più grande della Luna e tre volte più grosso di Mercurio.

La sua massa è stata calcolata attraverso le perturbazioni che questo globo fa subire al moto della Terra, così come a quelle dei piccoli pianeti che ruotano tra la sua orbita e quella di Giove. Risulta dai confronti fatti che pesa nove volte meno del nostro globo. Se si indica con 1000 il peso della Terra, quello di Marte sarà rappresentato da 107. La sua densità, confrontata con la densità media del globo terrestre, è di 0,602, cioè inferiore di quasi la metà.

Le sue fasi sono state annotate dall'anno 1610, allorché si diresse il cannocchiale astronomico verso l'astro della guerra. Galileo scriveva al padre Castelli, il 30 dicembre di quell'anno, che questo astro non gli appariva completamente rotondo. Il 24 agosto 1638, Fontana osservando il cielo di Napoli, disegnò il pianeta evidentemente assottigliato e gibboso. Era una conferma della teoria che questo pianeta, come gli astri, non brilla di luce propria, ma solo per quella che riceve dal Sole e riflette nello spazio.

Non si tardò molto ad osservare le macchie di questo pianeta. L'astronomo italiano Fontana ne segnalò una nel 1636 e quattro anni più tardi il P. Zucchi ne osservò altre. Nel 1644, il P. Bartoli ne disegnò due che si trovavano verso la metà del disco. Nel 1666, Gian Domenico Cassini, astronomo a Bologna prima di essere chiamato alla direzione dell'Osservatorio di Parigi, scoprì, dall'esame del moto e del ritorno delle macchie, il movimento di rotazione del globo di Marte, che valutò in 24 ore 40 minuti. Osservatori romani, sbagliandosi di circa la metà del periodo, pretendevano che questo fosse di 13 ore. Ma Cassini confermò il suo primo risultato

con osservazioni fatte a Parigi nel 1670. Un risultato analogo era stato trovato nel 1659 da Huygens, ma senza essere pubblicato. Mädler trovò nel 1832: $24^h37^m24^s$. Wolf di Zurigo, nel 1866: $24^h37^m23^s$. Infine, recentemente, M. Proctor, confrontando insieme più di due secoli di osservazioni, trovò pure $24^h37^m23^s$. (Questa durata è pure determinato con la precisione di un millesimo di secondo, essendo il valore esatto in secondi 22,735).

La durata del giorno e della notte è quindi circa la stessa di quella della Terra: supera la nostra di poco più di mezzora soltanto. È particolarmente significativo che questa durata sia pressoché analoga per i quattro pianeti, Mercurio, Venere, Terra e Marte. Non conosciamo la ragione di questa similitudine. La distanza dal Sole non sembra svolgere un ruolo, come per la durata dell'anno, né il volume del pianeta. La *densità* sembra entrare per la maggior parte in questa determinazione del tempo di rotazione, come ho mostrato in un lavoro precedente. I quattro pianeti la cui rotazione avviene con un periodo vicino alle 24 ore sono i più densi. I quattro pianeti giganti, Giove, Saturno, Urano e Nettuno, ruotano molto più velocemente: con un periodo vicino alle 10 ore e questo sono anche i mondi di minore densità.

Nell'anno di Marte vi sono 669 rotazioni o giorni siderali ($669\frac{2}{3}$) e, di conseguenza, $668\frac{2}{3}$ giorni solari o civili. Così come il giorno terrestre è di 24 ore, superando di 4 minuti la durata della rotazione, il giorno marziano è pure un poco più lungo della rotazione: dura, tutto compreso, 24 ore 39 minuti 35 secondi. Vi sono ogni tre anni due anni lunghi di 669 giorni e uno corto di 668 giorni.

Il giorno e la notte seguono su questo globo lo stesso corso che sulla Terra. All'equatore, sono di uguale durata, di 12 ore 18 minuti 41 secondi per l'intero anno. Così avviene anche per tutte le regioni del mondo marziano il giorno dell'equinozio. Ma la preponderanza del giorno sulla notte durante l'estate, e della notte sul giorno durante l'inverno, segue la stessa legge che vale da noi e varia secondo le latitudini. Alla latitudine corrispondente a quella di Parigi, la durata del giorno al solstizio d'estate raggiunge 19 ore; al circolo polare, raggiunge 24 ore e 39 minuti; al polo è di metà anno marziano o di undici mesi e mezzo. Il regime climatologico è quasi lo stesso che da noi, ma più lento.

Aggiungiamo che, dalle misure micrometriche fatte da Arago all'Osservatorio di Parigi, il globo di Marte è appiattito come quello della Terra ai suoi poli, ma un poco di più in proporzione: questo appiattimento sarebbe di circa un trentesimo. È molto più di quello che dovrebbe corrispondere alla lentezza del moto di rotazione. Vi è in questo caso, tra l'osservazione e la teoria, un disaccordo da spiegare.

Si vede che tra Marte e la Terra la differenza è poca, per quanto riguarda la rotazione; i fenomeni che ne sono la conseguenza, il succedersi dei giorni e delle notti, il sorgere e il tramontare del Sole e delle stelle, lo scorrere delle ore, rapide o lente secondo le condizioni dell'anima, i lavori, le gioie o le pene; in una parola, il corso quotidiano della vita e il cammino abituale delle cose vi si sviluppano all'incirca nelle stesse condizioni nostre.

Siamo ora portati a penetrare un poco di più nello studio fisico del pianeta e dapprima ad esaminare i suoi climi e le sue stagioni.

Capitolo 34

Climi e stagioni del mondo di Marte

Calendario marziano

La conoscenza così esatta che abbiamo del moto di rotazione del pianeta Marte (è così precisa, in verità, come quella del moto della Terra) ci ha permesso di determinare non meno esattamente l'inclinazione del suo asse di rotazione sul piano dell'orbita. Questa inclinazione è di $61^{\circ}18'$. Il suo equatore forma quindi con la sua eclittica un angolo complementare del precedente, cioè un angolo di $28^{\circ}42'$. Si vede che l'obliquità dell'eclittica è un poco maggiore su Marte che sulla Terra, essendo la nostra di 23° . Ne risulta, come abbiamo spiegato prima nei capitoli riguardanti Venere e la Terra, che le stagioni sono un poco più marcate che da noi; ma questa differenza di 5° non è elevata e sappiamo che le variazioni meteorologiche, visibili da qui su questo pianeta vicino, non essendo dimostrabili de visu, che le sue stagioni non sono molto diverse dalle nostre, quanto alla loro *variazione di intensità* tra l'estate e l'inverno. Un astronomo della Terra non ha bisogno di fare il viaggio su Marte per conoscere i suoi climi.

Questo mondo presenta come il nostro tre zone ben distinte: la zona torrida, la zona temperata e la zona glaciale. La prima si estende, da una parte all'altra, dall'equatore fino a $28^{\circ}42'$; la zona temperata si estende da questa latitudine fino a $61^{\circ}18'$; la zona glaciale circonda ogni polo fino a questa distanza¹.

La durata dei giorni e delle notti, le loro differenze secondo le latitudini, le loro variazioni nel corso dell'anno, le lunghe notti e i lunghi giorni delle regioni polari, in una parola tutto ciò che riguarda la distribuzione del calore, sono altrettanti fenomeni quasi simili a quelli sulla Terra. Tra i due pianeti tuttavia, vi è una notevole differenza, quella che esiste tra la *durata* delle stagioni.

Questa durata è molto più lunga. Infatti, abbiamo visto prima che l'anno marziano è di 687 giorni; ognuna delle quattro stagioni è lunga quindi molto più del doppio delle nostre. Inoltre, essendo l'orbita di Marte molto allungata, la diversità della durata delle stagioni è più marcata che da noi. Per fare un confronto esatto, scegliamo l'emisfero di Marte analogo a quella che abitiamo noi sulla Terra, il suo emisfero boreale e confrontiamo le durate delle stagioni sui due pianeti.

¹Osserviamo, a proposito del calendario di Marte, che, ruotando il pianeta come la Terra nello zodiaco, anche il Sole ruota in apparenza durante il suo anno davanti alle dodici costellazioni zodiacali. Soltanto, al solstizio d'estate dell'emisfero nord, non è nel Cancro che si trova il sole, ma nell'Acquario, e al solstizio d'inverno non è nel Capricorno, ma nel Leone: di modo che dobbiamo chiamare i tropici di Marte, *tropici dell'Acquario e del Leone*.

	Sulla Terra		Su Marte	
Primavera	93	giorni terrestri	191	giorni marziani
Estate	93		181	
Autunno	90		149	
Inverno	89		147	
	<hr/>		<hr/>	
	365		668	

Si vede che le stagioni di Marte sono molto più lente e assai più disuguali delle nostre. Come abbiamo vista prima, il giorno di Marte è di 41 minuti più lungo del nostro e l'anno conta 668 giorni marziani. Questo è, per gli abitanti di Marte, il numero di giorni del loro calendario.

Così la primavera e l'estate dell'emisfero boreale di questo pianeta durano 372 giorni, mentre l'autunno e l'inverno ne durano solo 296. Il calore solare deve quindi accumularsi nell'emisfero boreale in quantità notevolmente maggiore dell'emisfero australe. Ma vi è, come sulla Terra, una compensazione proveniente dal fatto che l'orbita di Marte non è circolare, e quindi il pianeta è molto più vicino al Sole al perielio che all'afelio: la differenza è di 5 milioni di leghe. È al solstizio d'estate del suo emisfero sud che questo pianeta è effettivamente alla sua minima distanza dal Sole e, di conseguenza, riceve da questo astro il massimo calore. Risulta da ciò che le nevi polari australi hanno un'estensione molto più variabile rispetto al polo boreale ed è ciò che mostra l'osservazione. Ognuna delle stagioni dura quasi sei dei nostri mesi.

L'inclinazione dell'asse e la successione delle stagioni è di poco differente da quella della Terra e se ne può avere un'idea sufficiente rivedendo la nostra tavola III e supponendo che essa rappresenta l'orbita di Marte.

Possiamo studiare da qui queste variazioni climatologiche e questo studio è uno dei più interessanti che possiamo fare, poiché trasporta il nostro pensiero nel cuore di una natura fisica che presenta una simpatica analogia con la nostra.

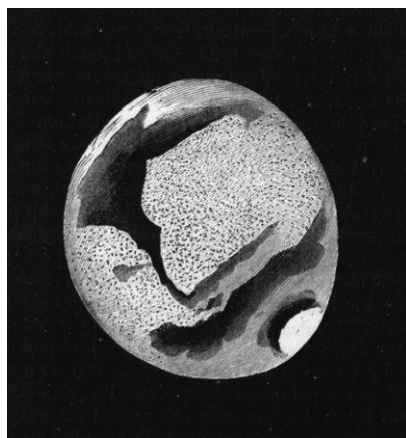


Fig. 65. Aspetto del pianeta Marte (29 giugno 1873)

Marte, essendo inclinato sulla sua orbita, non si presenta a noi con i suoi due poli posti proprio in alto e in basso del suo disco, ma inclinato verso di noi. Siccome la metà dell'estate dell'emisfero australe di Marte coincide con il suo perielio, è questo emisfero, il più facilmente visibile per noi, è quello che possiamo osservare quando il pianeta è alla sua distanza minima; conosciamo quindi molto meglio l'emisfero australe di quello boreale. Passeranno migliaia di anni prima che il polo boreale di Marte sia visibile dalla Terra a meno della metà della distanza della Terra dal Sole, a meno di 18 milioni di leghe.

Per dare un'idea delle osservazioni che possiamo fare al telescopio sui climi e le stagioni di questo pianeta vicino, ricorderò qui quelle che ho fatto nel 1873, epoca molto vantaggiosa per lo studio del suo emisfero settentrionale. Senza ruotare completamente il suo polo nord verso di noi, ne lasciava

allora perfettamente vedere una certa parte. Questo polo era segnato da una macchia bianca ovale, così bianca e luminosa, che sembrava superare il bordo del disco per un effetto di irraggiamento.

Questa calotta nevosa non era molto estesa. “Le nevi polari boreali, dicevo allora in un rapporto all’Istituto, non si estendono attualmente (giugno 1873) al di là di 80° di latitudine. Si sa che essa coprono talvolta una estensione molto maggiore, poiché in certi anni esse hanno superato il 60° grado. Le variazioni delle nevi australi sono ancora maggiori.

“Il pianeta Marte, aggiungevo, è attualmente nella stagione autunnale del suo emisfero nord. La maggior parte delle nevi polari è fusa, mentre esse si accumulano attorno al polo australe, in questo momento invisibile a noi. La regione sud è visibilmente marcata da una striscia bianca vicino ai bordi. È la neve che discenderà fino al 40° grado di latitudine sud? È più probabile che queste siano nubi².”

La figura precedente, che ho disegnato con la massima cura dopo la mia osservazione del 20 giugno (alle dieci di sera), mostra al primo colpo d’occhio questa macchia polare boreale, così come l’aspetto geografico di Marte in quel giorno. Essa è capovolta, cioè il polo nord è in basso. Una fase già visibile diminuisce il disco del pianeta sulla destra.

Le dimensioni delle macchie polari corrispondono alla stagione. Riferendosi alla nostra figura 64 che rappresenta l’orbita di Marte e quella della Terra, si può notare che l’opposizione del 1871 è arrivata nel mese di marzo, cioè durante l’estate boreale del pianeta; così, in questo anno, la macchia nevosa boreale è apparsa costantemente, molto piccola a causa dell’azione dell’estate, ma molto visibile a causa dell’inclinazione dell’estremità nord dell’asse verso di noi. L’opposizione del 1873 si è avuta in maggio, che corrisponde al mese di settembre del calendario di Marte, cioè all’inizio del suo autunno; la neve polare boreale formava solo un piccolo cerchio, Nel 1875, l’opposizione si è avuta nel mese di giugno, dopo la metà autunno: la macchia polare boreale era assai ridotta tanto da distinguerla appena, mentre le nevi del polo australe, che venivano da un intero inverno, erano molto estese.

Da più di due secoli, noi osserviamo dalla Terra i fatti principali della meteorologia marziana; assistiamo da qui alla formazione dei ghiacci polari, alla caduta e allo scioglimento delle nevi, alle intemperie, nubi, piogge e tempeste e al ritorno dei bei giorni, in una parola a tutte le vicissitudini delle stagioni. La successione di questi fatti è oggi così ben stabilita, tanto che gli astronomi possono predire in anticipo la forma, la grandezza e la posizione delle nevi polari, come la condizione probabile, nuvoloso o sereno, della sua atmosfera.

Questo mondo offre, quindi, le analogie più curiose con le nostre: gli abitanti di Venere vedono il nostro pianeta sotto apparenze circa simili a quelle che Marte ci presenta; come i poli di Marte, i nostri sono ricoperti di nevi e di ghiacci: è così il nostro polo australe che è il più occupato e per le stesse ragioni, da questi prodotti del congelamento dell’acqua. Infine i poli del freddo, su Marte come sulla Terra, non coincidono con i poli di rotazione.

² *Comptes rendus de l’Académie des sciences* del 28 luglio 1873.

Capitolo 35

L'atmosfera di Marte

La sua costituzione fisica e chimica - Meteorologia di questo pianeta

Il globo di Marte è circondato da una atmosfera analoga a quella della Terra. La conoscenza che abbiamo oggi di questa atmosfera e che abbiamo di recente completato, non è stata ottenuta, come quella di Venere, dall'osservazione di una penombra limitante le fasi, o da una luce che prolunga la parte illuminata del disco. Essa si è rivelata mediante osservazioni completamente diverse.

La prima testimonianza della sua esistenza è stata offerta dallo spostamento delle nubi sul disco di questo pianeta. Infatti, quando gli strumenti destinati a questo studio sono stati sufficienti, si sono distinte nettamente nubi mobili, coprenti tanto una latitudine quanto un'altra, che si spostavano esattamente come fanno le nostre. Per supportare delle nubi, serve un'atmosfera. Che dico? per formare le nubi stesse, un'atmosfera è indispensabile. Il solo fatto, ben accertato, dell'esistenza di nubi su Marte ha dimostrato nello stesso tempo l'esistenza della sua atmosfera. D'altro canto, quando le macchie fisse della superficie sono al centro dell'emisfero marziano girato verso la Terra, le si distingue nettamente. Ma quando, trascinate dalla rotazione, esse arrivano verso i bordi del disco, non solo si presentano accorciate secondo la prospettiva geometrica della loro posizione sulla sfera ruotante, ma anche perdono la loro nitidezza, divengono pallide e cessano di essere riconoscibili prima di raggiungere il bordo. Questo effetto è causato dall'atmosfera, che assorbe i raggi luminosi e interpone un velo sempre più spesso all'avvicinarsi del raggio visuale al bordo. Inoltre, il bordo del pianeta è tutto attorno, nel suo interno, più pallido della regione centrale, a causa dello stesso assorbimento atmosferico. Queste constatazioni hanno, quindi, confermato l'esistenza dell'atmosfera.

I fenomeni meteorologici di cui abbiamo parlato nel capitolo precedente stabiliscono d'altra parte una analogia quasi completa tra questa atmosfera e la nostra. Già, nel 1840, gli astronomi Beer e Mädler, dopo aver osservato Marte per dodici anni consecutivi, scrivevano nei loro *Fragments sur le corps celestes*:

”Le differenze che abbiamo osservato nelle macchie bianche polari variano con le stagioni, e si accordano perfettamente con l'ipotesi che vede in esse un *precipitato* analogo alle nostre nevi; ed è infatti quasi impossibile respingere una ipotesi che si conferma in modo così sorprendente. La nostra Terra, vista dalla distanza di un pianeta, deve presentare fenomeni del tutto simili; solo che il rapporto tra i due emisferi è meno disuguale.

“Le altre macchie de pianeta appaiono appartenere a parti costanti della superficie. Vista la posizione e l'allungamento del globo di Marte, non si potrebbe, in nessuna condizione immaginabile, distinguere *ombre* prodotte da *montagne*, per quanto gigantesche possano essere. I colori osservati sono quindi diversi nella riflessione della luce, che devono provenire dalle stesse cause esistenti sulla Terra. Sebbene queste macchie non appaiano analoghe alle nubi, tuttavia si vedono in esse effetti ottici che ricordano le condensazioni nuvolose; esse si mostrano più precise e intense nel loro estate e più vaghe, pallide e confuse nel loro inverno.

“Se le macchie polari sono realmente di neve, la loro diminuzione all'arrivo dell'estate può avvenire solo per lo scioglimento e l'evaporazione continua; lo spessore di questa neve è, con ogni probabilità, molto considerevole: queste parti della superficie evaporando devono, di conseguenza, essere estremamente umide: un terreno vaporoso e acquitrinoso è certamente quello che è il meno suscettibile di riflessione e che deve, di conseguenza, apparirci più scuro.

“Dall'insieme delle osservazioni, possiamo con buona approssimazione considerare Marte come un corpo che presenta una somiglianza molto grande con il nostro mondo, come una immagine della Terra come ci apparirebbe nel firmamento vista ad una simile distanza”

Se gli astronomi si esprimevano già in simili termini dall'anno 1840 sulle somiglianze climatologiche tra il pianeta Marte e la Terra, cosa diciamo oggi dopo quaranta anni di costanti osservazioni che ci hanno confermato e sviluppato le induzioni formulate dai due eminenti osservatori? Oggi la geografia di Marte, che era allora solo abbozzata, è completata per così dire; la sua meteorologia è conosciuta nei suoi grandi movimenti e la composizione chimica della sua atmosfera è determinata dall'analisi spettrale.

Dirigendo lo spettroscopio su Marte, si constatò dapprima nei raggi luminosi emessi da questo pianeta una perfetta identità con quelli emessi dal Sole. Ma impiegando metodi più accurati, M. Huggins trovò durante le ultime opposizioni del pianeta, che lo spettro di Marte è interrotto nella sua zona arancio da un gruppo di righe nere coincidenti con le righe che appaiono nello spettro solare al tramonto del Sole, quando la luce di questo astro attraversa gli strati più densi della nostra atmosfera. Queste righe rivelatrici sono originate dalla nostra atmosfera? Per saperlo, si diresse lo spettroscopio verso la Luna. Se le righe derivassero dalla nostra atmosfera, essa dovrebbero mostrarsi nello spettro lunare come in quello di Marte e anche con maggiore intensità. Esse non furono visibili. Esse appartengono, quindi, all'atmosfera di Marte. Questa atmosfera aggiunge le sue caratteristiche particolari a quelle dello spettro solare, caratteristiche che stabiliscono l'analogia con la nostra. Ma quale è la sostanza atmosferica che produce queste linee accusatrici! Esaminando la loro posizione, si constata che sono quelle del vapore acqueo. Vi è, pertanto, acqua nell'atmosfera di Marte come nella nostra. Le macchie verdi di questo globo sono appunto mari, estensioni di acqua analoghe alle acque terrestri. Le nubi sono formate da goccioline di acqua analoghe a quello delle nostre nebbie; le nevi sono acqua solidificata dal freddo. Inoltre, quest'acqua rivelata dallo spettroscopio essendo della stessa composizione chimica della nostra, contiene certamente ossigeno e idrogeno.

L'astronomo Vogel ha fatto, lo scorso anno, uno studio speciale dello spettro di Marte.

Nello spettro di Marte, dice, si ritrova un gran numero di righe dello spettro solare. Nelle parti meno rifrangibili dello spettro appaiono alcune bande che non appartengono allo spettro solare, ma che coincidono con quelle dello spettro di assorbimento della nostra atmosfera... Si può concludere con certezza che Marte possiede un'atmosfera che, per la composizione, *non differisce essenzialmente dalla nostra e deve essere ricca*. in particolare, *di vapore acqueo*. La colorazione rossa di Marte sembra risultare da un assorbimento che si esercita generalmente sulle righe blu e violette nel loro insieme; non è stato possibile discernere, in questa parte dello spettro, bande di assorbimento interrotte. Nel rosso, tra B e C, si individuano righe che sarebbero specifiche dello spettro di Marte, ma non è stato possibile fissare la loro posizione, a causa della intensità luminosa troppo debole...”

Non è uno dei risultati meno importanti dell'analisi spettrale quello di aver dimostrato l'analogia e quasi l'identità della composizione chimica di mondi diversi del nostro sistema. Sappiamo già che essi erano fratelli di origine; ma le condizioni diverse nelle quali ognuno di essi si è sviluppato avrebbero potuto modificare profondamente gli stati della materia e mettere tra essi separazioni essenziali. Così non è stata l'opera del tempo e delle forze cosmiche. Una parentela ineliminabile è rimasta tra tutti questi mondi e noi sappiamo oggi che i loro materiali costitutivi, le loro terre, le loro acque, i loro fluidi atmosferici, sono gli stessi degli analoghi elementi terrestri che ci circondano, o almeno ne differiscono solo per le proporzioni. Gli aeroliti

sono d'altra parte venuti nello stesso tempo ad apportarci ferro, acqua, carbonio e anche sala degli altri mondi!

La meteorologia di questa terra vicina non ha più oggi i misteri che la oscuravano ieri. Possiamo chiederci, infatti, se la macchie bianche che circondano i poli di Marte e appaiono essere neve sono veramente neve, la *stessa neve* dei nostri inverni, cioè acqua congelata nell'atmosfera, formata in fiocchi e caduta al suolo; se queste nubi che fluttuano al di sopra dei suoi continenti e dei suoi mari sono veramente *nubi come le nostre*, cioè formate da goccioline di acqua sospese nell'aria; se quest'acqua, l'acqua delle nubi, delle nevi, dei mari, è la stessa che da noi? Non ci domandiamo, è vero, con il padre Kircher "se quest'acqua sarà buona per battezzare e per celebrare la messa", poiché nulla ci può far supporre che si sia inventato il battesimo o la messa su questo pianeta vicino; ma ci possiamo domandare se è la stessa acqua chimica della nostra, composta dalla combinazione di un equivalente ossigeno con un equivalente idrogeno.

Sì, ora lo possiamo affermare: l'atmosfera di Marte è analoga alla nostra; le sue nubi sono mobili come le sue nevi polari sono composte della stessa acqua che circola nella nostra atmosfera e la sua struttura fisica e chimica non appare significativamente diversa.

Per quanto riguarda l'altezza di questa atmosfera e la sua densità, non si è potuto determinarle con misure dirette, come quelle dell'atmosfera di Venere, poiché questo globo non presenta alcuna delle condizioni accessibili all'osservazione delle rifrazioni che la sua atmosfera può produrre. È probabile che essa sia meno densa e meno alta della nostra, poiché la differenza di intensità luminosa tra il bordo del disco e il centro è relativamente piccola e, d'altra parte, il peso è minore che da noi.

Questa è la meteorologia di questo mondo vicino. Essa è, come si vede, così ben conosciuta come quella della Terra. Esaminiamo ora la sua geografia.

Capitolo 36

Geografia di Marte

Continenti, mari, rive, golfi, capi, penisole - Distribuzione generale delle terre e delle acque - Regioni polari, temperate, equatoriali - Carta geografica del pianeta

Affinché l'osservazione di Marte possa dare buoni risultati sono richieste due condizioni, oltre alla sua prossimità relativa durante la sua opposizione. Serve che l'atmosfera della Terra sia pura nel luogo di osservazione e che l'atmosfera di Marte non sia carica. In altre parole, è necessario che ci sia *bel tempo* per gli abitanti di questo pianeta come per il nostro. Infatti, Marte è circondato da una atmosfera aeriforme, che di volta in volta si copre di nubi come la nostra. Queste nubi, diffondendosi al di sopra dei continenti e dei mari, formano un velo bianco che ce li nasconde, totalmente o parzialmente. Lo studio della superficie di Marte è in questo caso difficile o anche impossibile. Sarebbe sterile cercare di distinguere questa superficie quando il cielo di Marte è coperto, come cercare di distinguere i villaggi, fiumi, strade o ferrovie della Francia quando si attraversa in pallone al di sopra di una coltre opaca di nuvole. Si vede da ciò che l'osservazione di questo pianeta non è così facile come si potrebbe supporre a prima vista.

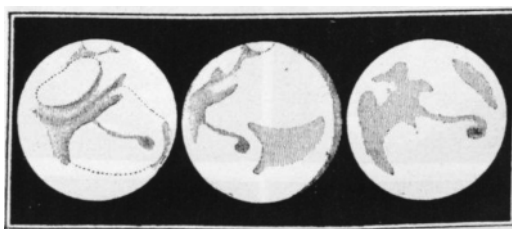


Fig. 66. Aspetto di Marte il 14 settembre e 20 ottobre 1830 e 16 dicembre 1832

Tuttavia, dopo la Luna, è Marte il meglio conosciuto tra tutti gli astri. Nessun pianeta può essergli confrontato sotto questo aspetto. Giove, il più grande, Saturno, il più curioso, entrambi molto più importanti di lui e più facili da osservare nel loro insieme a causa delle loro dimensioni, sono circondati da un'atmosfera costantemente carica di nubi, di modo che non vediamo *mai* la loro superficie. Urano e Nettuno sono solo punti brillanti. Mercurio è quasi sempre eclissato, come i cortigiani, nella luce del Sole. Venere, solo Venere, potrebbe essere confrontata a Marte: anch'esso è grande quanto la Terra e, di conseguenza, due volte più grande di Marte in diametro; esso è più vicino a noi e si può pure avvicinare a meno di 10 milioni di leghe. Ma ha un difetto, quello di gravitare tra il Sole e noi, di modo che quando è più vicino, vediamo solo il suo emisfero oscuro, bordato da una sottile falce (o per meglio dire, non lo vediamo proprio). Ne risulta che la sua superficie è più difficile da osservare di quella di Marte. È Marte che lo trascina, ed è, di tutta la famiglia del Sole, il personaggio con il quale possiamo entrare nella relazione più intima.

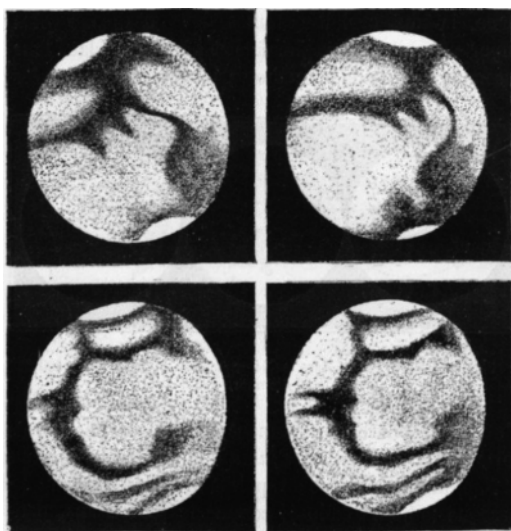


Fig. 67. Aspetto di Marte il 5, 6, 7 e 10 giugno 1860

Osserviamo, a questo proposito, che la Terra è per Marte nelle stesse condizioni di Venere per noi. Conosceremo prima la geografia di Marte come si conoscerà la nostra e mentre noi siamo così poco avanzati su quella di Venere, senza dubbio gli astronomi di Venere conoscono ora perfettamente la geografia del nostro paese celeste.

Tra i numerosi disegni di questo pianeta che sono stati prodotti da un numero di astronomi, segnaliamo dapprima quelli di Beer e Mädler. Nella figura 66 abbiamo riprodotto tre dei loro disegni, fatti in eccellenti condizioni atmosferiche il 14 settembre 1830, il 20 ottobre dello stesso anno e il 16 dicembre 1832. Il punto principale di questi disegni sul quale richiamiamo l'attenzione, è la piccola macchia rotondeggiante che, collegata a una più grande da un nastro tutto attorno, assomiglia un poco a un serpente. Ci occuperemo tra poco di questa macchia.

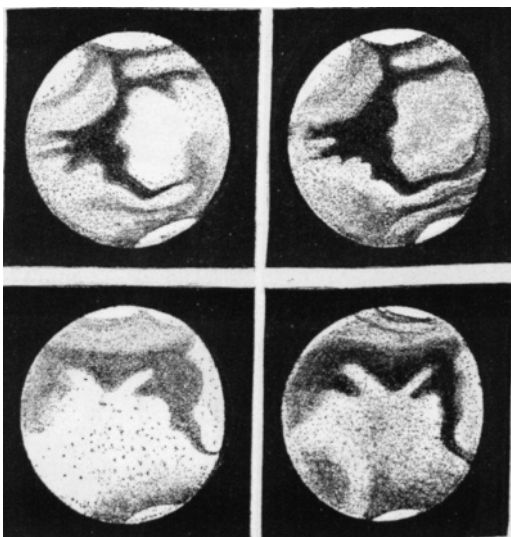


Fig. 68. Aspetto di Marte il 13, 14, 17 e 18 giugno 1860

Durante l'opposizione del 1860, il P. Secchi ha fatto a Roma, in condizioni particolarmente favorevoli, un gran numero di disegni di cui riproduciamo otto fac-simili, nelle nostre figure 67 e 68.

Le quattro della figura 67 sono del 5, 6, 7 e 10 giugno. Le nevi polari sono ben evidenziate; il mare che circonda il polo superiore è nettamente visibile, così come la Manica che ne discende e i continenti che si estendono da est a ovest. I disegni della figura 68 sono del 13, 14, 17 e 18 giugno; essi presentano altri mari e continenti. Notiamo soprattutto, sui due in alto, il mare oscuro che discende

assottigliandosi e finisce in una biforcazione diretta verso est: l'astronomo romano lo chiama *Atlantico*. I continenti appaiono di un rosso ocra punteggiato.

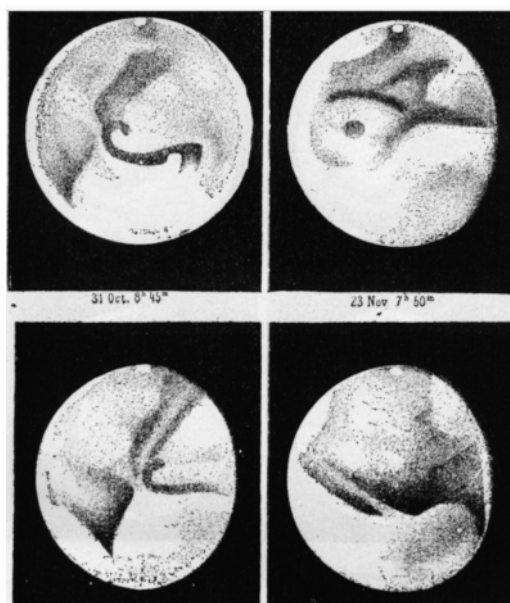


Fig. 69. Aspetto di Marte il 31 ottobre, 23 novembre, 10 e 14 dicembre 1862

Abbiamo pure riprodotto gli importanti disegni fatti nel 1862 e 1864 da Kaiser, direttore dell'Osservatorio di Leyda. La nostra figura 69 rappresenta le sue immagini telescopiche del 31 ottobre, 23 novembre, 10 e 14 dicembre 1862. Sulla prima, notiamo la macchia a forma di serpente (è la stessa di quella di Mädlar); sulla seconda, una macchia a forma di occhio, che nello stesso tempo era attentamente disegnata in Inghilterra da Lockyer; sulla terza, una macchia a forma di V e sulla quarta la macchia che fiancheggia parallelamente il grande mare. Segnaliamo infine i quattro disegni della nostra figura 70, ancora fatte da Kaiser, il 19 e 22 novembre, 18 e 19 dicembre 1864. Discuteremo tra poco questi diversi tracciati.

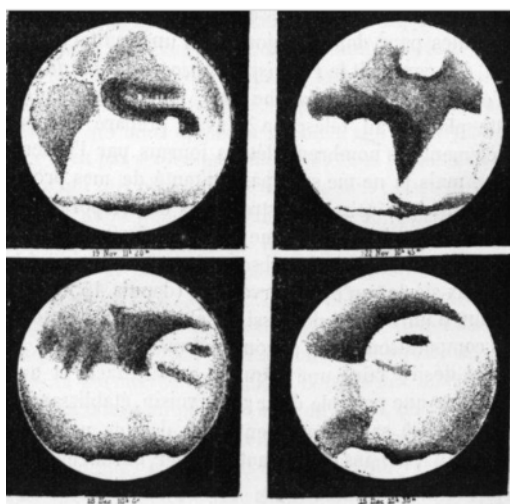


Fig. 70. Aspetto di Marte il 19 e 22 novembre, 18 e 19 dicembre 1864

Il confronto tra tutti i disegni telescopici di Marte prova che vi sono sulla sua superficie macchie permanenti e l'analisi di questi aspetti ci permette di tracciare con una certa approssimazione la geografia generale di questo mondo, o, per meglio dire, l'aerografia, poiché il nome greco di Marte è Αρης .

Essendo le osservazioni molto numerose e assai concordanti per darci oggi un risultato soddisfacente, ho costruito il *Planisfero geografico di Marte* che si vede nella tavola VIII. L'abitudine di studiare questo pianeta al telescopio mi aveva preparato a rendere fedelmente i numerosi dettagli forniti dall'osservazione; ma non mi sono accontentato dei miei disegni, né di quelli degli astronomi contemporanei che si sono occupati dello stesso studio: ho confrontato all'incirca tutto l'insieme delle osservazioni fatte da più di due secoli di osservazioni di Marte (dal 1636): vi sono più di un migliaio di disegni ed è da tutti questi confronti che costruito una carta¹.

Ho desiderato fare una riproduzione la più esatta e completa possibile di questo globo vicino, stabilendo una concordanza soddisfacente tra i disegni precedenti, disegni che qui, bisogna ammetterlo, offrono tra loro sorprendenti differenze. Le tre carte tracciate in precedenza sono così dissimili tra loro, che sarebbe assolutamente impossibile fonderle in una sola. Da una quindicina di anni mi ero interessato a riunire un gran numero di eccellenti disegni telescopici, in particolare quelli di Mädler, del P. Secchi, di Lockyer, di Lassell, di Phillips, di Kaiser, di Joynson, di Nasmyth, di Jules Schmidt, di lord Rosse e a confrontarli di volta in volta, ma senza essere soddisfatto delle somiglianze. Non è solo la distanza che ci impedisce di ben osservare questo pianeta e non è solo l'atmosfera così brumosa della Terra che pone ostacoli alle osservazioni: è forse anche l'atmosfera di Marte che disturba di più. Dopo i suoi lunghi inverni, i suoi ghiacci polari stendono il loro manto nevoso sulle sue latitudini circumpolari e ne modificano l'aspetto; spessi strati di nuvole mascherano talvolta migliaia di leghe quadrate nelle migliori settimane per l'osservazione: su tutta la superficie del pianeta fluttuano nubi che coprono talvolta una regione, talvolta un'altra, di modo che sulle centinaia di eccellenti disegni che possiamo avere sotto gli occhi, ve ne sono pochi che rappresentano esattamente un emisfero geografico del pianeta. Ho già tentato di darne un disegno tipico nella seconda edizione della *Pluralité des mondes habités* (1864) e più tardi di completare questo aspetto con una immagine riprodotte nello stesso tempo la colorazione caratteristica di questo mondo (a partire dalla 17^a edizione della mia opera, 1872). Ma non osai intraprendere la geografia generale. MM. Proctor e Terby appianarono la difficoltà.

Diamo una descrizione succinta del planisfero (il lettore è pregato di seguire questa descrizione sulla nostra carta e di confrontare con i venti disegni di Marte riprodotti in precedenza).

Il livello delle longitudini geografiche è stato posto nel punto scelto da Beer e Mädler. Non vi è motivo di adottare un punto piuttosto che un altro come meridiano, tanto quanto sulla Terra: ma l'obiettivo importante è di intendersi. La causa della scelta dei due osservatori precedenti è stata la grande visibilità di una macchia posta su questa linea. "Una piccola macchia di un nero molto pronunciato, dissero, si distingueva così fortemente dalle altre per la sua nitidezza, dalla prima osservazione (10 settembre 1836) ed era così così vicina all'equatore che credemmo di doverla scegliere come nostra macchia di riferimento nella determinazione della rotazione." Questa macchia era già stata notata nel 1798 da Schroeter, che la vedeva sotto forma di un globulo nero. Essa era stata pure

¹La prima carta di Marte è stata tracciata, già quarant'anni fa, da Mädler e Beer, astronomi di Hannover, basati sulle loro osservazioni, fatte dal 1828 al 1836. Essi hanno disegnato una doppia proiezione polare rappresentante le principali macchie e formanti in qualche modo il primo schema di una geografia di Marte. Dalle opposizioni del 1862 e 1864, Kaiser, direttore dell'Osservatorio di Leyda, tracciò, basandosi sulle sue osservazioni, un'altra carta di Marte, che differisce in parecchi punti dalla precedente, sebbene siano evidenti numerosi analogie. Vi è soprattutto uno studio attento della regione equatoriale, che si estende fino a 55° di latitudine, dove i contorni sono nettamente tracciati. Un nuovo tentativo fu portato a buon fine nel 1869 da M. Proctor, astronomo inglese, dalle osservazioni fatte dal suo celebre compatriota Dawes, nel 1864. La costruzione di questa carta, più completa di quelle precedenti, ha fatto compiere un passo considerevole alla conoscenza geografica del pianeta. Venne in seguito una sintesi laboriosa e paziente fatta da M. Terby, da Lovain, che giunse a collezionare quasi tutti i disegni fatti sul pianeta da quando lo si osserva al telescopio e ha riunito così tutti gli elementi di questa geografia. Sebbene l'astronomo belga non abbia disegnato una carta da questo insieme di osservazioni (tra le quali devono essere contate pure le sue), il suo lavoro merita di essere segnalato come un nuovo tentativo per la geografia marziana più completo di tutti i precedenti. (È stato pubblicato nel 1874. La carta che traccio è quindi in realtà il quinto tentativo).

disegnata nel 1822 da Kunowsky. La si paragonava ad una palla sospesa a un filo avvolto. Durante l'opposizione del 1862, essa è stata spesso disegnata da Kaiser e posta sulla sua carta a 90° , ma non è rotonda come sul disegno di Mädler e la striscia che l'attacca è molto più larga. Dawes, che l'aveva molto osservata nel 1852, senza segnalarne una forma particolare, la trovò a forza nel 1862. La rivide tutte le volte in cui le circostanze sono favorevoli. Questa macchia, scelta come origine delle longitudini marziane, non è prodotta da eventi atmosferici, ma rimane fissa al suolo e ruota con esso.

Kaiser ha preso come origine la macchia rotonda, non meno caratteristica, che si vede vicino ai 270° di longitudine della nostra carta e Phillips l'angolo del continente che taglia la nostra a 45° . Mi è parso tuttavia preferibile conservare l'origine precedente, già adottata da Mädler, Lockyer, Proctor, ecc.

La configurazione più antica nota della geografia di Marte è il mare verticale scuro che si vede discendere al di sotto dell'equatore, verso i 70° di longitudine, assottigliarsi e terminare con un gomito che si dirige verso est a forma di canale. Al di sotto si trova un altro mare che avanza dall'interno delle terre formando un angolo. Quando il globo di Marte è ruotato in modo da presentarci questa regione quasi di faccia, e quando ci si serve di un telescopio ordinario, o quando le condizioni di visibilità non sono eccellenti, questi due mari sembrano riuniti verso il gomito e l'insieme ricorda la forma di una *clessidra*. William Herschel e gli astronomi inglesi la disegnarono con questo nome: *the Hour-glass sea*.

La prima osservazione che abbiamo di questa macchia risale al 28 novembre 1659 ed è dovuta all'astronomo Huygens, lo stesso che scrisse più tardi un'opera sulla pluralità dei mondi, il suo *Cosmotheoros*, e che prefigurava già l'analogia che esiste tra Marte e la Terra, analogia che dimostriamo solo ora, più di due secoli dopo.

Hooke ha disegnato questa stessa macchia nel 1666 e così anche Cassini e Campani. Huygens l'ha rivista di nuovo nel 1672, nel 1683 e nel 1694. Maraldi nel 1749, William Herschel nel 1777, Schroeter dal 1785 al 1800, Beer e Mädler nel 1832 e tutti gli astronomi contemporanei l'hanno rivista numerose volte (è quella che si vece sul mio disegno del 29 giugno 1873): essa offre uno degli aspetti tipici del pianeta.

Questo mare, rappresentato sotto forma di clessidra da tutti gli antichi osservatori, è, coincidenza bizzarra, servito veramente da *clessidra*, o da misura del tempo, per determinare la durata della rotazione del pianeta. È un effetto che dall'esame del suo cammino, della sua fuoriuscita e del suo ritorno, si è conosciuta la rotazione di Marte e stimata la sua durata; esso è inoltre servito ad altro a causa della sua evidenza. Sembra quindi, per tutte queste ragioni storiche, che il termine migliore da attribuire a questo mare deve mantenere il suo già venerabile nome di *mare della Clessidra*. Nessun altro termine è stato mai così legittimo. Il P. Secchi ha proposto il nome di "mare Atlantico" e M. Proctor quello di "mare di Kaise". Da un lato, esso è stretto per meritare il nome di Atlantico e d'altra parte, se esso deve portare un nome astronomico, questo sarà quello di Huygens, che l'ha scoperto. Per tutte queste ragioni, crediamo naturale conservargli definitivamente il nome di MARE DELLA CLESSIDRA.

Esso è in genere più scuro e meglio evidenziato della maggior parte delle altre macchie, soprattutto verso il centro. Del resto, le diverse macchie che costellano il disco del pianeta sono lungi dall'aver una uguale intensità.

Il mare della Clessidra e l'OCEANO NEWTON, di cui è il prolungamento, formano la configurazione geografica nota da più tempo del disco di Marte.

Si può associare loro il MARE DI MARALDI, visto anche da Huygens nel 1659, sotto forma di banda analoga a quelle di Giove. Hooke l'ha disegnato nel 1666 e Maraldi nel 1704. Si legge in particolare nell'*Astronomie* di Cassini: "Tra le diverse macchie che M. Maraldi osservò nel 1704, ve ne era una a forma di banda verso la metà del disco, all'incirca come quelle che si vedono su Giove; essa non circondava tutto il globo, ma era interrotta e occupava soltanto poco più di un emisfero. Questa banda non era dappertutto uniforme, ma a 90° circa della sua estremità occidentale: questa punta, ben evidente, serve a verificare la rotazione." Si vede da questa citazione che il gomito formato dal mare di Maraldi con lo stretto del mare di Huggins, è stato osservato nel 1704. Il mare di Maraldi è stato seguito poi da Herschel nel 1783, da Schroeter nel 1798, Arago nel 1813, Mädler nel 1830, Kaiser nel 1862, così come il mare di Hooke, che li separa e il mare di Huygens. Il P. Secchi aveva dato il

nome di “Marco Polo” al mare di Maraldi; ma è evidente che quest’ultimo nome si adatta ad ogni titolo.

Il GOLFO DI KAISER, la cui estremità orientale forma la baia biforcuta (longitudine 0° est, come il mare della Clessidra e i mari di Maraldi, Hooke e Huygens, una delle configurazioni geografiche di Mari più anticamente riprodotte. Se ne trova una vestigia in un disegno di Huygens del 1659 e in un altro disegno dello stesso astronomo del 1683. William Herschel ha disegnato lo stesso golfo nel 1777 e nel 1783, in particolare il ferro di cavallo formato dal golfo di Arago con quello di Kaiser ed è anche il primo che sia stato disegnato con questi dettagli. La nostra carta presenta qui una modifica assai importante. Infatti, invece di tre *stretti* che riuniscono l’oceano di Newton all’oceano di Keplero e di due isole, io non ho trovato come certi e autentici solo tre golfi e due penisole, e nessuna comunicazione evidente tra i due oceani. William Herschel, Schroeter, Beer e Mädler, Jules Schmidt, Kaiser, Lockyer, lord Rosse, sono in accordo nel lasciare questi golfi isolati dell’oceano di Keplero (si vedano le figure 66, 69 e 70). Questa baia biforcuta sembra essere la *foce di un grande fiume*.

Ad est del golfo di Kaiser, si incontra: 1° una baia emergente a nord dell’oceano Keplero, 2° una *Manica* che conduce da questo oceano al mare di Mädler. Questa Manica, come questo mare, sono pure ben conosciuti da lungo tempo. La Manica è disegnata secondo le osservazioni degli astronomi di Hannover nel 1841, in quelle del P. Secchi nel 1860 (si veda la figura 67), dove essa è indicata come “istmo di Franklin”, in quelle di Dawes nel 1864, di lord Rosse nel 1869, di Knobel nel 1873. Il mare di Mädler è visibile sulle figure di Schroeter nel 1792, Kunowsky nel 1822, Mädler nel 1837, 1839 e 1841, Jacob nel 1854, Secchi nel 1858, Schmidt, Browning, Joynson nel 1867, Gledhill nel 1871, Terby nel 1873. Il confronto tra questi diversi disegni e soprattutto con quelli di M. Terby, non consente di conservare la traccia inglese per tutta questa regione.

I bracci di mare che si estendono dall’oceano di Kepler al mare di Mädler, che è così caratteristico, e per il quale il nome di MANICA è certamente la denominazione più conveniente, sono soprattutto conosciuti tramite i disegni di P. Secchi. Il MARE DI MAEDLER sembra prolungarsi verso nord e divenire dapprima più chiaro, poi più scuro e gettare un braccio a est verso un altro mare più orientale: è almeno ciò che risulta dalle osservazioni più moderne, tra le altre quelle di Jacob nel 1854, Secchi nel 1858, Schmidt nel 1867, Terby nel 1871, 1873 e 1875. La geografia di Marte non può essere sicuramente tracciata a partire dai 60° gradi di latitudine boreale. È vero che come consolazione possiamo dire altrettanto della Terra.

L’OCEANO KEPLERO è noto per un gran numero di osservazioni, le più antiche delle quali risalgono a William Herschel e Schroeter, alla fine dell’ultimo secolo. È stato principalmente disegnato dopo da Beer e Mädler, Jules Schmidt, Secchi, Dawes, Lockyer, lord Rosse. Si nota a est una macchia rotonda scura, che ha ricevuto il nome di MARE DI LOCKYER. Questo piccolo mare è molto curioso: lo si vede disegnato per la prima volta da Beer e Mädler nel 1830 e si trova già nella loro mappa sui 270° di longitudine e i 30° di latitudine, ma isolata dall’oceano di Keplero, il cui limite orientale non supera i 274° . La si ritrova nel 1860 nei disegni di Schmidt, d’Athènes, ancora isolata. Nel 1862, il P. Secchi l’ha presa per un ciclone, a causa della forma circolare della sua cornice. Lo stesso anno, lo stesso giorno (18 ottobre), essa era disegnata in Inghilterra da M. Lockyer, e la chiamò “mare Baltico”. La si vede nello stesso tempo nei disegni di Lasseil, che la trovò a forma di occhio. Un aspetto del tutto simile si vede sui disegni.

Si è vista nel mezzo dell’oceano di Keplero una macchia bianca brillante che potrebbe essere prodotta da un’isola montagnosa ricoperta di neve.

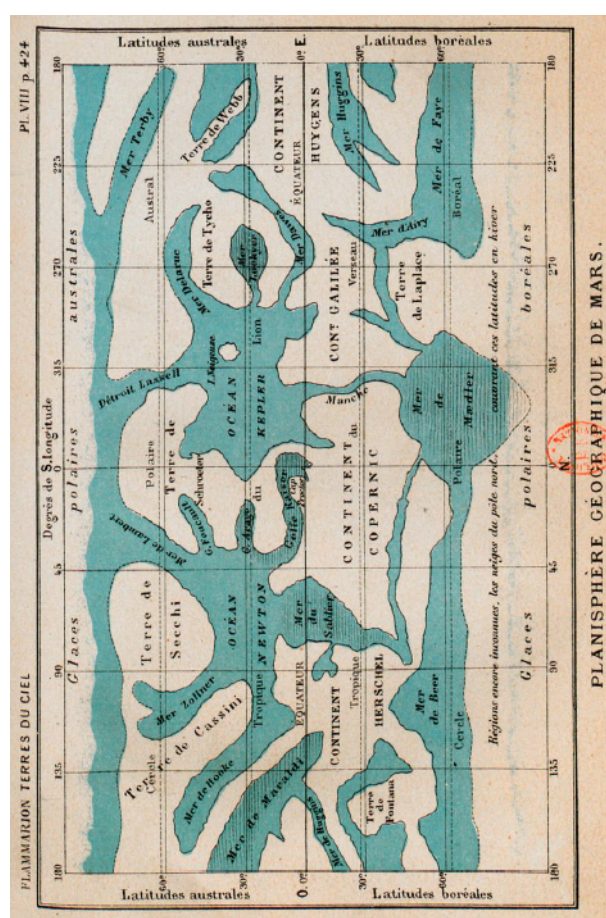
Il confronto tra le tre mappe segnalate prima e i numerosi disegni che ho sotto gli occhi mi ha portato al tracciato dello stretto sud-est dell’oceano Newton e a quello dello stretto sud dell’oceano di Keplero. Equivarrebbe forse ad abusare della pazienza del lettore entrare in tutti i dettagli della costruzione di questa mappa. I principali sono delineati. Mi accontenterò di aggiungere che ho portato la stessa cura in tutti i contorni, che nessuno è immaginario e che ogni tracciato risulta da un minuzioso confronto delle osservazioni fatte al telescopio. Quelle che non sono sicure sono tratteggiate.

Sicuramente rimangono ancora punti dubbi, soprattutto a partire dai 60° di latitudine e principalmente a nord; ma così come è, la mappa rappresenta esattamente lo stato attuale delle nostre conoscenze sulla geografia di questo mondo vicino.

L’esame di questo planisfero ci mostra subito che la geografia di Marte non assomiglia a

quella della Terra. Mentre i tre quarti del nostro globo sono ricoperti di acqua, la distribuzione dei mari e delle terre è all'incirca uguale su Marte e vi è anche *un poco più di terra che di acqua*. Invece di essere isole emerse nel mezzo dell'elemento liquido, i continenti sembrano piuttosto ridurre gli oceani a semplici mari interni, a degli effettivi Mediterranei. Non vi è un Atlantico, né un Pacifico e il giro del mondo può quasi farsi a piedi. I mari sono frastagliati da golfi diversi che si prolungano in un gran numero di bracci che si insinuano come il nostro mar Rosso attraverso la terra ferma. Questa è la prima caratteristica dell'*aerografia*.

Il secondo, che basterebbe da solo a far riconoscere Marte da molto lontano, è che, tra i due principali oceani e i mari del nord, vi sono due comunicazioni dirette da sud a nord (il mare della Clessidra e la Manica) molto particolari. È raro che si osservi questo globo al telescopio senza notare l'uno o l'altro, essendo la loro posizione equatoriale la più favorevole per l'osservazione.



Ho ritenuto conveniente dare i nomi di illustri fondatori dell'astronomia moderna ai continenti e agli oceani principali e ho subito inserito i nomi immortali di Copernico, Galileo, Tycho, Keplero, Newton, Laplace. Si sono offerti naturalmente i nomi degli astronomi che sono maggiormente occupati dello studio di Marte: Huygens, Fontana, Cassini, Hooke, Maraldi, Schroeter, Herschel, Mädler, Beer, per citare i più antichi: poi quelli della nostra epoca: Arago, Dawes, Secchi, Kaiser, Schmidt, Webb, Lockyer, Proctor, Terby.

I due grandi oceani che occupano la regione centrale hanno ricevuto i nomi delle due menti immortali alle quali si deve la teoria del sistema del mondo: *Keplero*, *Newton*. I quattro principali continenti hanno avuto i nomi di *Copernico*, *Galileo*, *Huygens* e *Herschel*. Vengono poi le terre di Tycho, Lapla-

ce, Schroeter, Cassini, Secchi, Beer e Mädler sono rimasti associati come durante la loro vita ai mari che portano i loro nomi, ecc².

Si è concordi nel considerare come *mari* le macchie scure e come *terre* il fondo chiaro. Che vi sia acqua su questo mondo, è quanto è evidente, atteso che la si veda allo stato di ghiacci polari, di nevi variabili e anche allo stato di nubi fluttuanti nell'atmosfera, e che, inoltre, se ne constati la presenza con l'aiuto dello spettroscopio. Ora, i mari visti da lontano, sono più scuri della terra? Sì, poiché abbiamo visto che l'acqua assorbe una gran parte della luce e riflette solo molto poco. Terre coperte di acqua devono quindi apparire scure rispetto a tutte le altre.

Bisogna osservare tuttavia che i mari di Marte non sono ugualmente scuri; parecchi sono particolarmente scuri (il mare della Clessidra, il golfo di Kaiser, il mare di Lockyer, il mare di Maraldi e una parte di quello di Mädler). Si potrebbe pensare che i meno scuri sono cosparsi di isole che non distinguiamo a causa della loro piccolezza e che in certi punti anche l'acqua non è molto profonda, come si ha da noi, per esempio, per lo Suidensee. Avendomi queste differenze sorpreso, ho cercato di spiegarle, ma senza riuscirvi, con variazioni di trasparenza nell'atmosfera di Marte: esse sono reali. Ma non abbiamo un'immagine nelle stesse acqua terrestri? La colorazione delle acque del mare è lontana dall'essere la stessa a tutte le latitudini; la differenza è enorme per i fiumi: la Marna è gialla, la Senna verde, il Reno quasi blu³.

I mari di Marte sono leggermente colorati di verde e i continenti fortemente con sfumature giallo arancio.

Il colore dell'acqua marziana sembra, quindi, essere la stessa di quella dell'acqua terrestre. Quanto alle terre, perché sono rosse? Si era dapprima supposto che questo colore potesse essere dovuto alla sua atmosfera. Per il fatto che la nostra aria è blu, nulla ci prova che quella degli altri pianeti debba avere la stessa colorazione. Sarebbe, pertanto, possibile supporre quella di Marte rossa. I poeti di questi regioni celebreranno questa sfumatura ardente invece di cantare il tenero azzurro dei nostri cieli; invece di diamanti illuminati nella volta azzurra, le stelle sarebbero fuochi d'oro risplendenti nello scarlato; le nubi bianche sospese in questo cielo rosso, gli splendori dei tramonti del sole centuplicati consentirebbero effetti non meno meravigliosi di quelli che ammiriamo sul nostro globo sublunare.

²M. Proctor avendo già proposto nomi per le diverse configurazioni di Marte, il mio desiderio sarebbe stato di conservarli e ho fatto ciò che ho potuto per questo. Ma non ho tardato a sentire imbarazzo per parecchi cambiamenti dalla forza stessa delle cose.: 1° poiché i nomi dei fondatori dell'astronomia vi erano in parte dimenticati; 2° poiché è logico dare a certi tracciati i nomi stessi degli astronomi ai quali si deve la loro conoscenza, mentre i nomi della mappa inglese sembravano distribuiti a caso; 3° poiché il tracciato della mia carta non è lo stesso di quello della precedente; 4° poiché il nome di uno stesso astronomo si trova ripetuto parecchie volte sulla mappa antica (es. Dawes 6 volte: *oceano di Dawes*, - *continente di Dawes*, - *mare di Dawes*, - *stretto di Dawes*, - *isola di Dawes*, - *baia di Dawes*; Beer 2 volte: Lockyer 2 volte, ecc.) la qual cosa è inutile e può dare luogo a confusioni; e 5°, come si è già detto, poiché i due antichi mari della Clessidra e della Manica sono così semplicemente e naturalmente nominati, tanto che il loro nome indica nello stesso tempo la loro forma e anche la loro storia. Non vuole quindi essere un atteggiamento critico contro le denominazioni date da M. Proctor che ho agito; al contrario, ho rispettato le proprie designazioni spesse volte per quanto ho potuto e, inoltre, ho creduto legittimo dare il proprio nome a una delle configurazioni più curiose della geografia marziana, già proposto da M. Terby.

La cosa più semplice sarebbe forse di non dare alcun nome e di indicare semplicemente le configurazioni con lettere dell'alfabeto. Ma non si tarda a cogliere che in questo caso ogni descrizione diviene difficile, faticosa e che vi è per il linguaggio un immenso vantaggio a battezzare ogni oggetto.

³Inoltre, sembra che questi mari non siano invariabili: poiché dal 1820 vi sono alcuni cambiamenti che appaiono inconfutabili, per esempio il golfo di Kaiser, che presentava allora, come alla fine dell'ultimo secolo, l'aspetto di un filo terminato da un disco e che dal 1862 è molto più largo e termina, non con un cerchio nero isolato, ma con una doppia baia. Forse vi sono su questo pianeta spostamenti di acqua e variazioni di colore dell'acqua, che non esistono sul nostro.

Ma non è così. La colorazione di Marte non è dovuta alla sua atmosfera, poiché, sebbene questo velo si estenda su tutto il pianeta, i suoi mari e le sue nevi polari non subiscono tale colorazione. Inoltre, i bordi del pianeta, essendo meno colorati del centro del disco, mostrano che questa colorazione non è dovuta all'atmosfera; in questo caso, i raggi che ci rinvia provenienti dai bordi e che attraversano meno aria di quelli provenienti dal centro, sarebbero al contrario più colorati di quelli.

Questo colore caratteristico di Marte, visibile ad occhio nudo, e che senza dubbio è causa della personificazione guerriera assegnata dagli antichi a questo pianeta, sarà dovuto al colore dell'erba e dei vegetali che devono ricoprire le sue campagne? Vi saranno praterie rosse, foreste rosse, campi rossi? I nostri boschi dalle dolci ombre silenziose sarebbero sostituiti da alberi dal fogliame rubicondo e i nostri papaveri scarlatti sarebbero l'emblema della botanica marziana? Si può osservare infatti che un osservatore posto sulla Luna o anche su Venere vedrebbe i nostri continenti fortemente colorati della sfumatura verde. Ma in autunno, vedrebbe questo sfumatura modificarsi alle latitudini dove gli alberi perdono le loro foglie; vedrebbe i campi variare colore fino al giallo dorato e poi la neve ricoprire le campagne per mesi interi. Su Marte, la colorazione rossa sembra costante, e, a parte le nevi, permane a tutte le latitudini, così durante l'inverno come l'estate; essa varia soltanto in base alla trasparenza della sua atmosfera e della nostra. Ciò non impedisce tuttavia che la vegetazione marziana non debba essere la causa principale di questo colore generale. Altrimenti bisognerebbe supporre che per un costante miracolo di sterilizzazione il terreno è rimasto dappertutto arido e nudo. Siccome noi vediamo la superficie del suolo e non il suo interno, siamo portati a pensare che il rivestimento di questa superficie, qualunque esso sia, ha come colore dominante il rosso, poiché tutte le terre di Marte offrono questo curioso aspetto⁴.

Abbiamo visto che la meteorologia marziana è una riproduzione molto simile di quella del pianeta che abitiamo. Su Marte come sulla Terra, infatti, il Sole è l'agente supremo del movimento e della vita e la sua azione vi determina risultati analoghi a quelli che esistono da noi. Il calore vaporizza l'acqua dei mari e si innalza nelle alte atmosfere; questo vapore acqueo assume una forma visibile con lo stesso processo che origina le nubi, cioè attraverso differenze di temperatura e di saturazione. I venti si originano dalle stesse differenze di temperatura. Si possono seguire le nuvole trasportate dalle correnti d'aria, sui mari e i continenti e molte

⁴Qualche tempo dopo la presentazione all'Accademia delle scienze delle nostre osservazioni su Marte nel 1873, il nostro amico scienziato il dottor Hoefler, obiettò, alla spiegazione che precede sul colore di Marte, che questo non può essere dei vegetali, poiché non varia con le stagioni e che è molto più probabile che sia semplicemente quella del suolo.

Quella del suolo? Ma allora questo suolo sarà assolutamente nudo? Il sole, la pioggia, l'aria, l'avrebbero lasciato sterile attraverso i secoli?... Il dottor Hoefler, che è un sostenitore fervente della dottrina della pluralità dei mondi, non può ammettere questa sterilità contraria a tutti gli effetti noti delle forze della natura. Bisogna che vi sia qualcosa sopra questi terreni.

L'obiezione della invariabilità del colore durante l'anno marziano non è fondamentale e basta vedere le cose un poco largamente per riconoscerne l'insufficienza. Perché costringere la Natura ad avere costruito su Marte vegetali della nostra stessa specie? Le condizioni ambientali, di temperatura, di densità e di gravità vi si oppongono; pertanto, la differenza che esiste forzatamente tra la vegetazione marziana e quella terrestre può perfettamente estendersi fino alla variazione nel colore. Ma vi è di più: sulla Terra stessa la Natura risponde a questa obiezione mostrandoci specie vegetali che non cambiano mai. Nel Mezzogiorno, i boschi di ulivi, di limoni, di aranci sono verdi sia in inverno che in estate. Al Nord, l'abete, il tasso, il cipresso, il bosso, l'agrifoglio, l'edera, il rododendro, ecc. conservano il loro verde anche con il freddo. Alle nostre latitudini, l'erba dei prati e mille specie vegetali non variano. Come quindi respingere una spiegazione così semplice, quando anche qui abbiamo tali esempi e quando le differenze di condizioni non possono aver sviluppato su questo pianeta la stessa nostra vegetazione?

D'altra parte questa vegetazione sconosciuta è piuttosto giallastra che rossastra. Mediante confronti speciali fatti durante l'estate dell'anno 1875, ho constatato che il colore dominante di questo pianeta non è così rosso come ce lo si immagina comunemente: esso è solo la sfumatura del gas dell'illuminazione, cioè giallo-arancio. È appena più intenso della sfumatura del nostro grano e dei nostri cereali.

osservazioni hanno per così dire già fotografato queste osservazioni meteorologiche⁵.

Se non si vede ancora precisamente la pioggia cadere sulle campagne di Marte, la si può almeno prevedere, poiché le nubi si dissolvono e si rinnovano. Se non si vede più la neve cadere, la si immagina, poiché, come da noi, il solstizio d'inverno è circondato da brine. Vi è là, come da noi, una circolazione atmosferica e la goccia d'acqua che il sole sottrae al mare vi ritorna dopo essere caduta dalla nube. Vi è di più: sebbene dobbiamo attenerci particolarmente in guardia contro ogni tendenza a creare mondi immaginari ad immagine del nostro, tuttavia questo ci presenta, come in uno specchio, una tale similitudine organica, che è difficile non andare ancora un poco oltre nella nostra descrizione.

Infatti, l'esistenza dei continenti e dei mari ci mostra che questo pianeta è stato come il nostro sede di movimento geologici interni che hanno prodotto sollevamenti di terre e depressioni. Vi sono stati terremoti ed eruzioni che hanno modificato la crosta originariamente unita del globo. Di conseguenza, vi sono montagne e valli, altopiani e bacini, burroni e scogliere. Come le acque pluviali ritornano al mare? Dalle sorgenti, dai ruscelli, dai corsi d'acqua, dai fiumi. La goccia d'acqua caduta dalle nubi attraversa come qui i terreni permeabili, scivola sui terreni impermeabili, torna alla luce nella sorgente limpida, gorgheggia nei ruscelli, scorre nei fiumi fino alla sua foce. Così è difficile non vedere su Marte scene analoghe a quelle che costituiscono i nostri paesaggi terrestri: ruscelli che scorrono nel loro letto sassi dorati dal sole; fiumi che attraversano le pianure o cadono in cateratte al fondo delle valli; fiumi che discendono lentamente al mare attraverso le vaste campagne, Le rive marine ricevono, come qui, il tributo di canali acquatici e il mare è talvolta calmo come uno specchio, talvolta agitato dalla tempesta; solo non è mai cullato dal moto periodico del flusso e riflusso, poiché non ha una luna che lo produce. Le maree causate dall'attrazione del Sole sono poco significative.

Ecco quindi nello spazio, a qualche milione di leghe da noi, una terra quasi simile alla nostra, dove tutti gli elementi della vita sono riuniti: acqua, aria, calore, luce, venti, nubi, piogge, ruscelli, fonti, vallate, montagne. Per completare la somiglianza, ricordiamoci che le stagioni hanno circa la stessa intensità della Terra e che la durata del giorno è solo un poco più lunga della nostra. Certamente si tratta di una dimora poco diversa da quella che abitiamo. È tempo di trarre da tutti questi documenti le conclusioni definite relative allo stato probabile della vita su questo mondi vicino.

⁵Ho da parte mia seguito spesso le nubi di Marte trasportate dal vento al di sopra di questi continenti e dei mari. Citiamo anche una osservazione di Lockyer, che, il 3 ottobre 1862, osservò, verso le dieci di sera, che una parte del continente, che avrebbe dovuto essere visibile, era nascosto da un lungo velo bianco, che si estendeva sull'oceano vicino. La stessa sera, dopo mezzanotte, anche Dawes osservò questo strascico nuvoloso che occupava un posto più lontano verso sud. Durante l'opposizione del 1873, ho spesso osservato che dal giorno all'indomani, alla stessa ora marziana e nelle stesse condizioni ottiche, l'aspetto del pianeta era singolarmente cambiato. Anche il 22 giugno, alle nove di sera, una vasta scia nuvolosa, tesa verso l'equatore, gli dava un certo tipo di somiglianza con Giove.

Capitolo 37

Gli abitanti di Marte

Condizioni della vita su questo globo - Gravità - Legge della natura e forme degli esseri - un soggiorno su questo pianeta - Il cielo e la Terra visti da Marte

Gli esseri viventi, vegetali e animali, essendo composti di materiali costitutivi del pianeta e organizzati secondo l'intensità delle forze in azione nel mezzo che essi abitano, la conoscenza degli elementi e delle forze che si manifestano su Marte potrebbe forse chiarirci l'inizio della soluzione del grande problema della abitabilità.

Gli studi di fisiologia positiva e della statica moderna dimostrano scientificamente che il corpo umano è il prodotto del pianeta terrestre: il suo peso, la sua dimensione, la densità dei suoi tessuti, il peso e il volume del suo scheletro, la durata della vita, i periodi di lavoro e di sonno, la quantità di aria che respira e i nutrimenti che assimila, tutte le sue funzioni organiche, anche quelle che appaiono più arbitrarie e fino ai periodi massimi delle nascite, dei matrimoni e dei decessi, in una parola, *tutti gli elementi della macchina umana sono organizzati dal pianeta*. La capacità dei nostri polmoni e la forma del nostro petto, la natura della nostra alimentazione e la lunghezza del tubo digerente, il movimento e la forza delle gambe, la vista e la costruzione dell'occhio, il pensiero e lo sviluppo del cervello, ecc., ecc., tutti i dettagli del nostro organismo, tutte le funzioni del nostro essere sono in correlazione stretta, assoluta, permanente, con il mondo nel quale viviamo. La struttura anatomica del nostro corpo è la stessa di quella degli animali che ci precedono nella scala della creazione. Siamo fatti come siamo, perché i quadrupedi mammiferi sono strutturati come sono; e così tutte le specie animali si susseguono come gli anelli di una stessa catena e, risalendo di anello in anello, si ritrovano i primi organismi rudimentali, che sono più chiaramente ancora, ma ancora di più, il prodotto delle forze che hanno dato loro origine.

Ricordata questa verità, vediamo che la forma umana terrestre non ha nulla di arbitrario, che essa è il risultato della condizione del pianeta e che, di conseguenza, differisce su ogni mondo, secondo le condizioni organiche così diverse tra un pianeta e l'altro.

Applichiamo questa analisi allo studio della vita di Marte. Già abbiamo detto, che questo pianeta è, tra tutti i mondi solari, quello che più assomiglia al nostro; le manifestazioni della vita sulla sua superficie devono essere assolutamente diverse dalle nostre; l'analogia così evidente che collega questo mondo al nostro deve aver determinato in lui evoluzioni organiche divise come qui tra due ordini generali: la vegetazione e l'animalità. Vediamo che i vegetali traggono le loro sostanze dall'aria principalmente, hanno una densità inferiore a quella dell'acqua e gli animali, essendo composti di sostanze nelle quali l'acqua entra per la maggior parte, hanno una densità media un poco superiore a quella dell'acqua: su Marte, tutto ciò è più leggero che da noi.

La densità media dei materiali che compongono questo pianeta è inferiore a quella dei materiali del nostro globo; essa è del 71%. Risulta, d'altra parte, dal volume e dalla massa di

Marte, che il peso dei corpi è estremamente leggero alla sua superficie. Indicata l'intensità della gravità alla superficie della Terra pari a 100, quella alla superficie di Marte è solo pari a 37: è *la più bassa* che si possa trovare su tutti i *pianeti* del sistema. Ne deriva che un chilogrammo terrestre trasportato là peserebbe solo 374 g. Un uomo del peso di 70 kg, trasportato su Marte, ne peserebbe solo 26. Non sarà più faticoso percorrere 50 km che percorrerne 20 sulla Terra e lo sforzo muscolare il cui esercizio fa inventare il gioco del "salto del montone" agli scolari durante la ricreazione, sarebbe in grado di farli saltare, non solo sulla schiena dei loro compagni, ma sui tetti e sulla cima degli alberi.

Gli animali e i vegetali devono essere più alti che da noi, sebbene il pianeta sia più piccolo. Non è il volume del globo che regola le dimensioni degli esseri viventi alla sua superficie, ma l'intensità della gravità relativamente alle condizioni dell'ambiente e della vitalità. Uomini due volte più alti avrebbero una certa difficoltà a camminare da noi, e si romperebbero inevitabilmente le gambe a causa dell'intensità dell'attrazione terrestre. Servirebbero loro quattro gambe per una maggiore stabilità. I quadrupedi, infatti, possono superare queste proporzioni. I soli animali che possono camminare su due gambe, le scimmie antropomorfe, sono di una taglia inferiore alla nostra ed è probabile che l'uomo abbia raggiunto la sua taglia naturale solo dopo secoli di esercizio e di sviluppo. (Questa taglia decresce oggi nei paesi molto civilizzati, a causa della vita cittadina e dell'accrescimento del sistema nervoso a detrimento del sistema muscolare). Nell'acqua, gli animali possono raggiungere le dimensioni più notevoli, a causa della leggerezza specifica che essi guadagnano. Il regno vegetale ci mostra alcune specie di alberi che si innalzano ad altezze gigantesche a causa della loro immobilità. La dimensione degli esseri è intimamente e necessariamente determinata dall'intensità della gravità.

È quindi probabile che le cose sono stabilite su una scala più grande sulla superficie di Marte e che le piante e gli animali sono molto più alti che da noi. Non si deve, tuttavia, dire che gli umani abbiano la nostra forma e siano giganti. Risalendo alla formazione della serie zoologica, si può presagire che il peso avrà esercitato un'influenza di un altro ordine sulla successione delle specie. Mentre da noi la grande maggioranza delle razze animali è rimasta inchiodata sulla superficie del suolo dall'attrazione terrestre e che un numero piccolo ha ricevuto il privilegio delle ali e del volo, è assai probabile che in virtù della disposizione tutta particolare delle cose, la serie zoologica marziana si sia sviluppata di preferenza con la successione delle specie alate. La conclusione naturale è che le specie animali superiori sono munite di ali. Sulla nostra sfera sublunare, l'avvoltoio e il condor sono i re del mondo aereo; in basso le grandi razze vertebrate e la razza umana stessa, che è la risultante e l'ultima espressione, hanno conquistato il privilegio molto invidiabile di godere della locomozione aerea. Il fatto è tanto più probabile quando la piccolezza del peso si aggiunge all'esistenza di un'atmosfera analoga alla nostra.

Sulla Terra, un corpo che cadde dall'alto di una torre o da una finestra percorra 4,90 m nel primo secondo di caduta. Su Marte, lo stesso corpo, attirato meno fortemente, cade solo con una velocità quasi tre volte minore e percorre solo 1,87 m nella stessa unità di tempo. I tentativi fatti per innalzarsi nell'aria con l'aiuto di ali costruite appositamente non sono riusciti sul nostro pianeta e non possono riuscire, poiché il peso ci fa cadere di 4,90 m in un secondo e il moto delle ali che si appoggiano sull'aria non può innalzarci della stessa quantità nello stesso tempo. Ma una tale condizione è naturale su Marte¹.

¹La caduta dei corpi avviene con un moto uniformemente accelerato. Nel primo quarto di secondo, è di soli 327 mm; è di 654 nel secondo quarto, di 1308 nel terzo e di 2016 nel quarto: totale, 4,90 m. Se si potessero sbattere quattro volte le ali al secondo, basterebbe alzarsi di 33 cm per battuta per poter restare sospesi e planare. La forza di un cavallo che può solo sollevare il peso di un uomo di 75 kg di 1 m in un secondo e la forza dell'uomo essendo al massimo un quinto di quella di un cavallo alzerebbe il proprio peso in un secondo di un quinto di metro, o di 20 cm; in un quarto di secondo, solo di 5 cm. L'uomo, pertanto, non può volare sul nostro pianeta con la sola forza muscolare.

Su Marte, dove l'intensità della gravità è quasi tre volte minore, invece di 33 cm, basterebbe sollevarsi di 12 cm per sbattuta di ali di un quarto di secondo, per potersi sostenere nell'aria e planare. Lo stesso sforzo

Queste ipotesi, che possono apparire congetturali a certe menti timide, sono basate su una argomentazione giudiziosamente fondata. La piccola intensità dell'attrazione di Marte permette ai vegetali di innalzarsi molto più in alto che sulla Terra. Così è anche per gli animali che camminano sul suolo. Questa stessa causa ha dovuto determinare una predilezione per le forme aeree e le razze animali più importanti si sono sviluppate, succedendosi per stabilirsi definitivamente della vita atmosferica. La selezione naturale ha potuto favorire l'affermazione vitale di questo regno aereo.

Tutto quanto è stato esposto deve solo intendersi dal punto di vista dell'organismo vitale considerato in sé e non dal punto di vista delle forme esteriori. Non suppongo che su Marte vi sono pioppi, abeti, querce; né cani, né gatti o elefanti; né uomini formati fa una testa simile alla nostra, sostenuta da un busto che si appoggia su due gambe, ecc., il tutto accompagnato da una coppia di ali come gli angeli di Michelangelo o diavoli di Callot. Ciò vorrebbe dire sbagliare sugli studi di anatomia comparata che ci spingono a supporre un antropomorfismo fin là. No, della forma non possiamo dire né pensare nulla. Essa dipende dalla direzione primordiale che è stata presa dalle prime cellule organiche nel momento della comparsa della vita sulla superficie del pianeta ed è probabile che le forme della vita differiscano essenzialmente su ogni mondo. Parlo qui solo dell'insieme e espongo ciò che l'enorme differenza di peso ha dovuto determinare nella manifestazione di quella vita, qualunque essa sia.

Comunque sia, dobbiamo sapere che la nostra organizzazione umana terrestre è stata costruita, strutturata, determinata dal pianeta che abitiamo. Siamo la risultante matematica delle forze in azione alla superficie di questo globo. Questa è la nuova verità dell'analogia scientifica moderna che ci autorizza a sperimentare ricerche come le precedenti, le quali erano state puramente romanzesche in un'altra epoca. Riassumendo, il problema si pone in questi termini: l'uomo è la risultante delle forze planetarie; assegnate queste forze, scrivere l'equazione e calcolare questa risultante, incognita finora per tutti i mondi diversi dal nostro.

Ciò che qui ci interessa, non sono più le analogie ma piuttosto le differenze che distinguono Marte dalla Terra dal punto di vista delle condizioni e delle forme di vita su questi due mondi. Tutti gli esseri terrestri, dal più piccolo fino al più grande, sono in un rapporto stretto con le condizioni organiche del pianeta e questo rapporto è così assoluto che la differenza che esiste tra Marte e la Terra basta a farci comprendere che i vegetali e gli animali del nostro pianeta non potranno essere naturalizzati su questo mondo vicino.

La quantità di calore e di luce che Marte riceve dal Sole non è, in verità, molto diversa da quella che riceve la Terra e forse anche l'assorbimento dell'atmosfera rende la temperatura media di Marte identica a quella del nostro globo: non vi è, quindi, là una differenza sostanziale da segnalare tra i due mondi. La lunghezza dell'anno marziano ce ne offre una più reale. È una circostanza degna di attenzione che la costituzione organica del maggior numero dei nostri vegetali è specialmente adeguato alla lunghezza del nostro anno: se questo anno fosse allungato di colpo, anche di un solo mese, il mondo vegetale sarebbe quasi disorganizzato, le funzioni delle piante sarebbero interamente scombuscolate e l'intero regno vegetale subirebbe una influenza mortale. Il calendario della Flora di Linneo, che riassume il percorso annuale del regno vegetale, sarebbe capovolto. Ogni pianta richiede una quantità data di calore e luce per arrivare alla sua fioritura e alla sua fruttificazione e un tale cambiamento sarebbe fatale alla vita delle nostre specie vegetali, che si sono formate dalla e per la Terra. La conclusione è, quindi, che, quali che siano le forme vegetali del pianeta Marte, esse sono certamente diverse dalle nostre.

muscolare che ci innalzerebbe di 5 *cm* ci porterebbe là a 13 *cm*, sufficiente per vincere la gravità. Ma, d'altra parte, un peso di 75 *kg*, ne pesa solo 28 *kg* alla superficie di Marte. Se, quindi, assegniamo ai marziani una forza muscolare pari alla nostra e un peso ridotto proporzionalmente all'intensità della gravità, ne concluderemo che per loro sarà più facile volare che per noi camminare e che esso possa sostenersi in aria con l'aiuto di una struttura anatomica poco diversa da quella dei grandi volatili della nostra atmosfera.

Ma evidentemente la differenza che esercita l'azione più importante sulla vita, in questi due mondi, è la differenza della gravità.

Supponiamo che la gravità terrestre sia diminuita al valore sulla superficie di Marte: questa metamorfosi teorica sarà immediatamente osservata nella pratica dalla leggerezza inattesa di tutto ciò che ci circonda e di noi stessi. Invece di restare fissi nel posto in cui li poniamo, gli oggetti sarebbero così leggeri, che potrebbero spostarsi come fiocchi di piume al minimo movimento. Sia per stare in piedi, sia per camminare, saremo in una sorta di equilibrio instabile, all'incirca come su una nave mossa dal rollio e dal beccheggio e saremo oppressi, sotto l'atmosfera rarefatta, come il viaggiatore sulle più alte montagne o come l'aeronauta nelle regioni aeree superiori. La nostra condizione sulla Terra dipende, non solo dalla superficie, ma anche da tutta la massa interna del globo, che ci attrae e ci fissa su un terreno stabile e solido.

Si trova un esempio significativo dell'importanza della forza di gravità nella stretta corrispondenza che esiste tra l'espansione della linfa delle piante e la gravità che vi si oppone. Un cambiamento considerevole nell'intensità della gravità sarebbe inadeguato per la vita delle nostre specie vegetali: un alleggerimento del peso accelererebbe e svilupperebbe a dismisura l'esuberanza della linfa, mentre un accrescimento ne ridurrebbe l'attività². Quanto alla forma delle piante, sarà naturalmente cambiata in modo considerevole dalla stessa causa, atteso che l'attrazione della Terra da una parte e la luce solare dall'altra, esercitano un'azione opposta sulla dimensione dei vegetali e che la forza di questi dà talvolta alle piante una posizione inclinata, talvolta una posizione verticale, talvolta distesa orizzontalmente sulle acque e che la forma siccome la posizione delle piante è in corrispondenza con il loro modo di riprodursi.

È la grande verità che ci esprimeva già il navigatore Maury nella sua *Geographie physique*: "Più noi avanziamo nello studio del globo, diceva, meglio comprendiamo la correlazione che esiste tra tutte le cose. Se vi fossero dei cambiamenti nell'orientazione dei venti, - nella posizione geografica dei deserti, degli altopiani e delle catene montuose, - nella proporzione delle acque e delle terre o nella distribuzione dei mari, dei continenti e delle isole; - in breve, se la superficie del globo fosse stata diversa da quella che è, vi sarebbero modifiche corrispondenti nella vegetazione e nel regno animale.

"Prendiamo, per esempio, aggiungeva, il bucaneeve, quando, alla fine dell'inverno, appare sulle aiuole dei nostri giardini. Esaminiamo questo fiore silenzioso e vediamo ciò che ci insegna. Osserviamo che esso piega dapprima il suo gambo per fiorire e che, poi, dopo un intervallo di qualche giorno, lo risolleva di nuovo. Se interroghiamo un botanico sul motivo di questo cambiamento, ci mostrerà che la struttura del bucaneeve esige un rovesciamento della corolla per facilitare la fecondazione del fiore e che bisogna che esso si raddrizzi per concludere la formazione del seme. Un geometra, a sua volta, ci insegnerà che Dio crea secondo le leggi della geometria e che una diminuzione o un aumento delle forze della gravità avrebbe impedito il movimento del fiore e la produzione del suo seme. Così, nel momento in cui questa modesta pianta è stata formata, il globo terrestre era misurato da un polo all'altro, dal centro alla superficie, di modo che una dimensione appropriata è stata data alla fibra di questo fragile gambo e che l'energia vitale del piccolo bucaneeve è stata messa nel giusto rapporto con le potenti forze della gravità."

²Non si ammira assai l'energia e la potenza di questa linfa vegetale. Da parte mia, non sono mai privo di ammirazione, nella primavera di ogni anno, quando vedo i grandi ippocastani posti sotto il mio balcone trasformarsi nel mese di marzo con una attività sorprendente e scheletri nudi, scuri e immobili, divenire veri boschetti, alle foglie moltiplicate, ai fiori enormi, che trasformano radicalmente il loro aspetto. Da dove escono questi boschetti, queste foglie, questi fiori? La linfa ardente si innalza con entusiasmo vero la luce, attraversa dieci e quindici metri di rami, in apparenza inerti, e si espande nell'aria in foglie immense e fitte che i raggi del sole di luglio non oltrepassano più. L'albero ha raddoppiato la propria superficie ed è effettivamente un essere nuovo. Non ci pensiamo poiché vi siamo abituati; ma in verità è una trasformazione sorprendente alla quale stenteremmo a credere, se abitassimo un mondo dove non ci fosse. La forza che proietta questa linfa in altezza è così potente che, per esempio, un ramo di vigna è stato misurato, lanciare la sua linfa ad un'altezza di venti piedi in un tubo di vetro attaccato al tratto di questo ramo tagliato.

Le stesse armonie esistono necessariamente su Marte tra il suo stato planetario e la forma, la natura, le facoltà degli esseri che lo abitano. Quanto allo spettacolo dell'Universo esterno, all'aspetto del Cielo, è poco diverso, vista da questo pianeta o dal nostro.

Da questo posto vicino, il cielo stellato è lo stesso di quello che scintilla sopra le nostre teste: le stesse stelle attirano lo sguardo e la mente, le stesse costellazioni vi disegnano le loro misteriose figure. Ma se le stelle sono le stesse, i pianeti differiscono.

Giove è magnifico per loro: a loro appare una volta e mezza più grande di quanto appaia a noi e i suoi satelliti devono essere facilmente visibili ad occhio nudo. Saturno è pure molto brillante; Urano è ben visibile ed essi hanno scoperto Nettuno prima di noi. Devono aver distinto ad occhio nudo un gran numero di piccoli pianeti che gravitano tra la loro orbita e quella di Giove. Mercurio, vicino al Sole e perso nei suoi raggi, è molto difficile da distinguere. Venere appare loro come Mercurio appare a noi.

Quanto a noi, come ci vedono?

Essendo l'orbita terrestre interna a quella di Marte, la Terra non può più essere per Marte una stella della notte, come per Mercurio e Venere, ma essa diviene ormai, e a maggior ragione per tutti i pianeti seguenti, una stella del mattino e della sera.

La più grande elongazione della Terra per gli abitanti di Marte arriva quando essa forma un angolo retto con il Sole, nelle vicinanze del suo afelio, essendo Marte al suo perielio (si riveda la figura 64). L'angolo formato da questa posizione è di 48° . Siamo allora per questo pianeta una stella brillante, offrendo un aspetto del tutto analogo a quello che Venere offre a noi stessi, precedendo l'aurora e seguendo il crepuscolo; in una parola, la *stella del pastore*.

La nostra naturale vanità può quindi legittimamente cullare l'idea che gli abitanti di Marte ci contemplano la sera nel loro cielo incorporato dagli ultimi raggi solari, che ci ammirano da lontano, che hanno scoperto le nostre fasi e quelle della Luna come noi abbiamo scoperto quelle di Venere e di Mercurio e che senza dubbio essi suppongono qui un celeste soggiorno di pace e benessere... Forse anche ci innalzano sugli altari.

Sarebbero singolarmente delusi, se potessero studiarci un poco più da vicino!

La figura seguente rappresenta il nostro pianeta visto da Marte. Mentre per Mercurio e Venere abbiamo dovuto scegliere l'ora della mezzanotte e il periodo dell'opposizione della Terra, qui non è nel mezzo della notte che lo si vede come una stella, ma la sera, dopo il tramonto del Sole, o il mattino all'aurora, prima del suo sorgere.

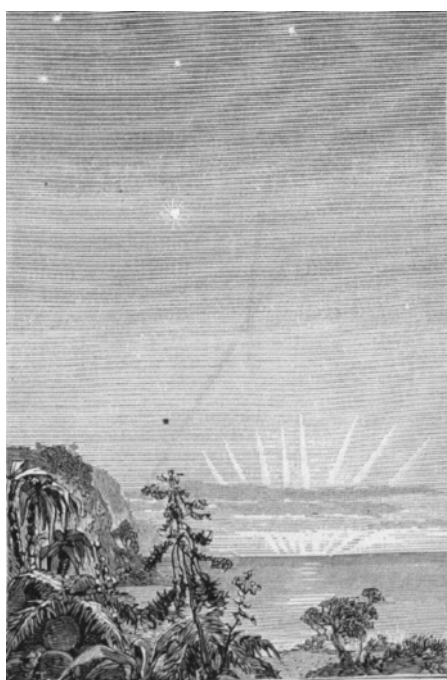


Fig. 71. La Terra, stella della sera, vista da Marte

Molto bianco e brillante, il nostro pianeta buca per primo le ombre della sera e si illumina per primo nel cielo silenzioso. Le lingue di Marte l'avrebbero battezzata con nomi etimologicamente analoghi a quello di cui abbiamo gratificato Venere; poiché il nostro pianeta è il confidente dei loro amori, delle loro felicità e dei loro dispiaceri tanto più che il loro cielo non offre una Luna in grado come la nostra di condividere questo ruolo con lui.

Vista da Marte nel momento della sua massima fase di illuminamento, la Terra appare quasi brillante come a noi appare Venere; gli sguardi provano a cercare di distinguere il nostro satellite piccolo punto pallido situato nell'irraggiamento della stella-Terra: ma serve che la notte sia giunta.

Ecco, quindi, in definitiva, la tabella riassuntiva delle conoscenze che abbiamo acquisito su questo mondo:

CONDIZIONE PARTICOLARE DEL MONDO DI MARTE

Durata dell'anno	Un anno e e 322 giorni
Durata del giorno	24 ore 39 minuti 35 secondi
Numero di giorni di Marte nel suo anno	668
Stagioni	Un poco più marcate delle nostre e due volte più lunghe
Clima	Tre zone geografiche come da noi
Atmosfera	Analogha alla nostra
Temperatura media	Poco diversa dalla nostra
Densità dei materiali	Minore che qui = 0,692
Peso	Quasi tre volte minore che da noi = 0,374
Dimensioni del pianeta	Più piccolo della Terra. Diametro = 0,540 = 6850 km
Giro del mondo di Marte	5375 leghe
Geografia	Continenti interrotti da Mediterranei. Più terre che mari
Vita	Probabilmente poco diversa dalla nostra. Abitanti senza dubbio più leggeri, più agili e che vivono più a lungo
Meteorologia	Analogha a quella dell'atmosfera terrestre
Diametro del Sole	Un poco più piccolo che da noi = 21'
Diametro massimo della Terra	Stella brillante della sera, ci appare un poco più piccola di Venere. Disco di 58"

Questa è la fisiologia generale di questo pianeta vicino. L'atmosfera che lo circonda, le acque che lo bagnano e lo fertilizzano, i raggi del sole che lo riscaldano e illuminano, i venti che lo percorrono da un polo all'altro, le stagioni che lo trasformano, sono altrettanti elementi per determinare un ordine di vita analogo a quello nostro. La bassa gravità alla superficie ha dovuto modificare particolarmente questo ordine di vita generando la sua condizione speciale. Ormai, il globo di Marte non deve più presentarsi solo come un blocco di pietra ruotante nello spazio sotto l'azione dell'attrazione solare, come una massa inerte, sterile e inanimata; ma noi dobbiamo vedere in lui un mondo vivente, popolato di esseri senza numero volteggianti nella

sua atmosfera, ornato di paesaggi analoghi a quelli che ci affascinano nella natura terrestre...; nuovo mondo che nessun Colombo raggiungerà, ma sul quale tuttavia un'intera razza umana vi abita naturalmente, lavora, pensa e medita come noi, senza dubbio, sui grandi e misteriosi problemi della Natura.

Comunque essi siano, questi esseri non sono anime senza corpi o corpi senza anime, esseri soprannaturali o extra-naturali, senza rapporto con gli organismi che conosciamo sulla Terra. Dobbiamo vedere là dei viventi più o meno diversi da noi nella forma, ma esseri comunque agenti, pensanti, ragionanti come noi. Essi vivono in società, sono raggruppati in famiglie, associati in nazioni, hanno costruito delle città e conquistato le arti; senza dubbio i sensi della vista e dell'udito non presentano differenze essenziali: e se arrivassimo un giorno non lontano a passare dalle loro dimore, forse ci fermeremmo sorpresi della loro architettura, o affascinati dall'eco di melodiosi accordi che ci ricordano le ispirazioni musicali dei nostri grandi maestri. In mezzo a varietà insite nelle diversità planetarie e alle trasformazioni secolari dei mondi, dobbiamo vedere la stessa fiaccola vitale accesa su tutte le terre.

La contemplazione di questi altri mondi produce in noi un'impressione che presenta alcuni rapporti con quella che deriva dalla contemplazione delle città del passato. Questi mondi sono lontani da noi *nello spazio* come queste città sono lontane da noi *nel tempo*, e sebbene gli uni come le altre ci possano apparire estranee, sebbene Marte o Venere siano isolati da noi come Tebe, Memfi o Ninive, tuttavia ci sentiamo associati a questi popoli lontani da una segreta e dolce simpatia....

Un giorno d'autunno, da uno di questi tiepidi pomeriggi che sembrano essere l'ultimo sorriso della bella stagione prima di spegnersi, io contemplavo Roma, dalla sommità delle rovine del Colosseo, i monumenti della città cristiana situati sui colli e le rovine dell'antica capitale del mondo sparse nella campagna. È sempre uno spettacolo emozionante vedere questo gigantesco Colosseo, questo foro, questi archi di trionfo, queste colonne, questi palazzi, queste terme, questi circhi, questi anfiteatri, inondati dal flusso e reflusso di una popolazione agitata, rumorosa, frettolosa, oggi deserti, rovinati, silenziosi, consumati dall'edera, isolati in mezzo a terre abbandonate che sono divenute campi, pascoli o incolte. Questo strano panorama, voluttuosamente illuminato dal dolce cielo d'Italia, lo contemplavo sognando il passato e rievocavo la Roma dei Cesari in quegli anni di prosperità e di lusso dove le minime fantasie erano gli oracoli del mondo: gli oratori patrocinarono in questo foro, la folla si precipitava attraverso queste vie, le armature, gli scudi e gli elmi risplendevano al sole, i carri circolavano acclamati sotto questi archi di trionfo, e tra questi boschetti disseminati oggi di frammenti di marmo rosa, si vedevano correre, leggere, le leggiadre regine della moda e del piacere.

O splendore svanito di una gloria che si credeva immortale! Ora, di tutte queste passate grandezze resta solo la polvere e già sono scomparsi i nomi e i ricordi. Lo stesso sole illumina queste colline, queste valli, questo Tevere, questo foro come li illuminava altre volte; ma, invece di palpitarne in fari scintillanti sul movimento e sulla vita, i suoi raggi scivolano oggi come sguardi malinconici attraverso le rovine, i cespugli e il silenzio della morte.

Seduto al mio fianco, con il gomito appoggiato su uno dei gradini della terrazza superiore del colossale anfiteatro, la mia bella e graziosa compagna lasciava errare i suoi occhi brillanti lontano sulla campagna romana, in un atteggiamento di contemplazione che la domina quando si libra con me nella navicella dell'aerostato celeste. Spesso i nostri sguardi si incontrano; non abbiamo bisogno di alcuna parola per sentire che le nostre impressioni e i nostri pensieri, davanti a queste rovine del vecchio mondo, vibrano all'unisono, come i battiti dei nostri cuori.

“Sì, mi disse, rompendo l'iniziale silenzio, ecco ciò che resta della gloria più luminosa che abbia mai brillato sulla Terra! ecco ciò che si osa ancora chiamare la Città eterna! *Città eterna!* il viaggiatore errante qui a sua volta nel quindicesimo o ventesimo secolo cercherà le rovine di San Pietro e del Vaticano, come noi cerchiamo in questo momento quelle degli antichi dei dell'Olimpo; e nei secoli futuri si cercherà il posto in cui Roma avrà regnato, come si cerca

oggi quello di Troia o di Babilonia.

“Nazioni, patrie! risposi; credenze, religioni, templi, palazzi, tutto passa! e la stessa Terra e i cieli... Ma la vita, la gioventù, l'amore non passano...

“La vita, la gioventù, l'amore continui, brillano sopra tutti i mondi ed espandono i loro fiori nell'intero Universo. Mentre i troni vacillano, gli altari crollano, i vulcani vomitano le loro viscere, i continenti collassano e i pianeti interi cadono nella notte infinita, il fuoco di una gioventù eterna circola sempre attraverso la Natura! Fin quando durerà l'umanità terrestre, la femmina di trent'anni terrà il mondo sotto il fascino della sua completa bellezza, senza mai invecchiare di un anno; finché vi saranno astri nell'infinito, l'amore brillerà su ognuno di essi, più abbaglianti e più ardenti che essi stessi. Ecco ciò che vivrà sempre, sempre!

“Questo fuoco divino brilla su Marte, brilla su Venere, brilla su Saturno; la Natura stessa ne è l'immortale vestale ed è la sola fiamma che non deve mai spegnersi. Vita universale, vita immensa, vita prodigiosa: i suoi effluvi abbracciano tutte le sfere. Lo spettacolo di Roma sembra disporre le nostre anime alla malinconia mostrandoci le rovine invadere lentamente ogni cosa; ci sembra anche, estendendo le litanie di questa processione di monaci che si inginocchiano davanti a queste stazioni del calvario disseminate nelle rovine, che le loro preghiere, innalzandosi al cielo, ci scoprono falangi trapassate: re, papi, pontefici, vergini, religiosi, martiri, confessori, ordinati in alto immobili per l'eternità... Ma, con un altro percorso di ragionamento, dovuto alla contemplazione di questo stesso spettacolo, arriviamo al contrario a riconoscere in queste regioni dell'eternità: *la vita invece della morte*, - l'attività invece della catalessi, - i segni diversi dell'esistenza umana, invece dei reami paradisiaci o infernali di spiriti pietrificati nei loro sudari.

“Sì, tutto quanto vive qui, vive anche in altre parti, sotto mille forme diverse, nelle inesauribili manifestazioni dell'organismo universale...

“Su questi mondi, come sul nostro, vi sono città assise a tutti gli stadi della gloria e della potenza; là, come qui, vi sono Rome, Parigi, Londra, altari e troni, templi e palazzi, ricchezze e miserie, splendori e rovine. E forse dall'altro delle vestigia secolari di un'antica capitale, vi è in questo momento sul pianeta Marte una coppia amorosa che contempla le testimonianze della grandezza e della decadenza degli imperi, e sentono che attraverso tutte le trasformazioni del tempo e dello spazio, la VITA eternamente giovane domina nell'universo, regnando su tutti i mondi e versante una gioventù senza fine con i raggi d'oro di tutti i soli dell'infinito!”

Capitolo 38

I piccoli pianeti

Che gravitano tra Marte e Giove

Dobbiamo fare ancora una sosta di qualche istante prima di arrivare al mondo gigantesco di Giove, trattenuti qui dalla repubblica molto interessante dei piccoli pianeti.

Queste piccole contee celesti sono nel numero di parecchie centinaia e si trovano tutti compresi tra l'orbita di Marte e quella di Giove. La zona nella quale essi si muovono è molto grande, poiché non è inferiore ai 70 milioni di leghe tra il perielio del piccolo pianeta che si avvicina di più al Sole (Flore) e l'afelio di quello che se ne allontana di più (Sylvie). Si vede che è un'immensa estensione, che uguaglia quasi il doppio della distanza tra la Terra e il Sole. Ci faremo un'idea esatta della posizione delle loro orbite considerando la piccola tabella seguente:

	DISTANZE DAL SOLE			
	essendo la Terra = 1	in leghe	durata della sua rivoluzione	
La Terra	1,000	37 000 000	365 giorni	o 1 anno
Marte	1,524	56 350 000	687	1 anno 11mesi
Flore	2,201	81 400 000	1193	3 anni 3 mesi
Zona centrale	2,841	105 100 000	1783	4 anni 11mesi
Sylvie	3,482	128 800 000	2373	6 anni 6 mesi
Giove	5,203	192 500 000	4332	11 anni 10 mesi

In questa zona immensa, si sono già scoperti 169 piccoli pianeti e non passa anno senza che gli astronomi sempre vigili al confino dell'Oceano dei cieli, non ne segnalino di nuovi, sia cercandoli espressamente, sia, più spesso, non cercandoli ma costruendo carte stellari vicine all'eclittica. Mentre si puntano le stelle fisse che devono formare la mappa, si nota un astro che non era presente nella precedente: si esamina allora attentamente la sua posizione e si constata che non è fisso. Si sa così che questo astro non è una stella, ma un pianeta. L'aspetto non è diverso, poiché tutti questi piccoli pianeti sono telescopici, invisibili ad occhio nudo e presentano in media lo splendore di una stella di decima grandezza. Quando si sono potute fare buone osservazioni del nuovo astro, si possiedono le basi necessarie per calcolare la sua distanza e la posizione della sua orbita nello spazio. Il risultato è sempre stato di collocare l'astro tra Marte e Giove.

Questo è il momento di rimarcare che vi era una lacuna in questa regione prima della scoperta degli asteroidi: Keplero l'aveva segnalata nelle sue ricerche sulle *Armonie del mondo*. e più tardi Titius e Bode. Si sentirà immediatamente questo iato dal confronto seguente. Scriviamo la serie:

0 3 6 12 24 48 96

nella quale, a partire da 3, ogni numero è il doppio del precedente. Aggiungiamo 4 a ciascuno di essi, ne risulta:

4 7 10 16 28 52 100

Ognuno di questi numeri rappresenta all'incirca le distanze medie degli antichi pianeti dal Sole, poiché queste distanze stanno a quella della Terra, rappresentata da 10 nei rapporti seguenti:

Mercurio	Venere	Terra	Marte	Giove	Saturno
3,9	7,2	10	15	52	95

Il numero 28 non era rappresentato da alcun pianeta.

Quando nel 1781 William Herschel scoprì il pianeta Urano, questo pianeta si collocò vicino a Saturno, a una distanza rappresentata dal numero 196, che continua precisamente la serie precedente. Questa conferma inattesa della legge di Titius richiamò nuovamente l'attenzione sull'assenza del pianeta corrispondente al numero 28 e il barone de Zach, uno degli astronomi più attivi del suo tempo, convinto più di tutti gli altri della sua esistenza, ne calcolò dapprima gli elementi e organizzò un'associazione di astronomi per cercarlo. La scoperta non si fece attendere, ma è in un altro modo che avvenne. Il primo giorno di questo secolo, il 1° gennaio 1801, l'astronomo Piazzi, osservando a Palermo, scoprì *per caso* il primo dei piccoli pianeti posti tra Marte e Giove, *Cérès*, il quale giustamente si trovò alla distanza 28.

Dopo, si sono trovati, come detto, 169 piccoli pianeti, occupanti una zona ampia 70 milioni di leghe. Ma un'altra scoperta, quella di un pianeta dopo Urano (Nettuno), è giunta nel 1846 a rompere l'uniformità di questa serie, poiché se questa legge di Titius fosse un'effettiva legge di natura, la distanza di Nettuno dal Sole dovrebbe essere di $384 + 4$, o 388: essa risulta però solo 300. cioè 30 volte la distanza della Terra. Sebbene la serie precedente sia curiosa, deve rappresentare per noi solo una formula puramente empirica.

La scoperta di Cerere fu rapidamente seguita da quelle di Pallade, Giunone e Vesta. Per 38 anni non si scoprì un solo asteroide e la scoperta del quinto, giunta solo nel 1845, fu ancora dovuta al caso. I primi quattro piccoli pianeti scoperti superano in grandezza e in luminosità la media degli altri asteroidi. Vesta, il più brillante tra tutti, raggiunge anche la sesta grandezza nella sua massima vicinanza alla Terra e diviene visibile ad occhio nudo. Il suo diametro è di 105 leghe. Pallade, Giunone e Cerere hanno circa lo stesso volume. Questi sono i quattro più grossi ma sono molto più piccoli della Luna. Si troverà al capitolo riguardante i satelliti di Giove una figura di grandezza confrontabile con i diversi mondi del nostro sistema, dove Vesta ha potuto trovare un modesto posto.

Ecco l'elenco di tutti i piccoli pianeti scoperti tra Marte e Giove fino alla data della stampa di questo volume, posti in ordine cronologico di scoperta, che non bisogna confondere con quello delle loro distanze dal Sole. Queste distanze sono inserite nella terza colonna. Si si vuole trasformarle in leghe, bisogna moltiplicare questi valori per 37 milioni. Così, la distanza di Cerere è di $37\,000\,000 \times 2,77$, o 102 milioni di leghe.

Tabella dei piccoli Pianeti posti tra Marte e Giove

N°	NOMI	Distanza dal Sole	Scopritore	Data	N°	NOMI	Distanza dal Sole	Scopritore	Data
1	Cerere	2,77	Piazzi	1801	46	Hestia	2,53	Pogson	1857
2	Pallade	2,77	Olbers	1802	47	Aglae	2,88	Luther	1857
3	Giunone	2,67	Harding	1804	48	Doris	3,11	Goldschmidt	1857
4	Vesta	2,36	Olbers	1807	49	Pales	3,08	Goldschmidt	1857
5	Astrea	2,58	Hencke	1845	50	Virginia	2,64	Ferguson	1857
6	Ebe	2,42	Hencke	1847	51	Nemausa	3,36	Laurent	1858
7	Iris	2,39	Hind	1847	52	Europa	3,10	Goldschmidt	1858
8	Flora	2,20	Hind	1847	53	Calipso	2,62	Luther	1858
9	Metis	2,39	Graham	1848	54	Alessandra	2,71	Goldschmidt	1858
10	Hygia	3,14	De Gasparis	1849	55	Pandora	2,76	Searle	1858
11	Partenope	2,45	De Gasparis	1850	56	Melete	2,60	Goldschmidt	1858
12	Vittoria	2,33	Hind	1850	57	Mnemosina	3,15	Luther	1859
13	Egerie	2,58	De Gasparis	1850	58	Concordia	2,70	Luther	1860
14	Irene	2,59	Hind	1851	59	Olimpia	2,71	Chacornac	1860
15	Eumomia	2,64	De Gasparis	1851	60	Echo	2,39	Ferguson	1860
16	Psiche	2,92	De Gasparis	1852	61	Danae	2,98	Goldschmidt	1860
17	Teti	2,47	Luther	1852	62	Erato	3,13	Förster	1860
18	Melpomene	2,30	Hind	1852	63	Ausonia	2,40	De Gasparis	1861
19	Fortuna	2,44	Hind	1852	64	Angelina	2,68	Tempel	1861
20	Massalia	2,41	De Gasparis	1852	65	Massimiliana	3,43	Tempel	1861
21	Lutezia	2,43	Goldschmidt	1852	66	Maria	2,65	Tuttle	1861
22	Calliope	2,91	Hind	1852	67	Asia	2,42	Pogson	1861
23	Talia	2,63	Hind	1852	68	Leto	2,78	Luther	1861
24	Themis	3,13	De Gasparis	1853	69	Esperia	2,98	Schiaparelli	1861
25	Focea	2,40	Chacornac	1853	70	Panopea	2,61	Goldschmidt	1861
26	Proserpina	2,66	Luther	1853	71	Niobe	2,76	Luther	1861
27	Euterpe	2,35	Hind	1853	72	Feronia	2,67	Peters	1861
28	Bellone	2,78	Luther	1854	73	Clito	2,66	Tuttle	1862
29	Amfitrite	2,55	Marth	1854	74	Galatea	2,78	Tempel	1862
30	Urania	2,37	Hind	1854	75	Euridice	2,67	Peters	1862
31	Eufrosia	3,14	Ferguson	1854	76	Freia	3,41	D'Arrest	1862
32	Pomone	2,59	Goldschmidt	1854	77	Frigga	2,67	Peters	1862
33	Polymnie	2,86	Chacornac	1854	78	Diana	2,62	Luther	1863
34	Circe	2,69	Chacornac	1855	79	Eurinome	2,44	Watson	1863
35	Leucotea	2,99	Luther	1855	80	Saffo	2,30	Pogson	1864
36	Atalanta	2,74	Goldschmidt	1855	81	Tersicore	2,85	Tempel	1864
37	Fides	2,64	Luther	1855	82	Alcmene	2,76	Luther	1864
38	Leda	2,74	Chacornac	1856	83	Beatrice	2,43	De gasparis	1865
39	Letizia	2,77	Chacornac	1856	84	Clio	2,36	Luther	1865
40	Armonia	2,27	Goldschmidt	1856	85	Io	2,65	Peters	1865
41	Dafne	2,76	Goldschmidt	1856	86	Semele	3,11	Tietjen	1866
42	Isis	2,44	Pogson	1856	87	Silvia	3,48	Pogson	1866
43	Ariadne	2,20	Pogson	1857	88	Tisba	2,77	Peters	1866
44	Nisa	2,42	Goldschmidt	1857	89	Giulia	2,55	Stéphan	1866
45	Eugenia	2,72	Goldschmidt	1857	90	Antiope	3,14	Luther	1866

N°	NOMI	Distanza dal Sole	Scopritore	Data	N°	NOMI	Distanza dal Sole	Scopritore	Data
91	Egina	2,59	Borrelly	1866	136	Austria	2,30	Palisa	1874
92	Ondina	3,18	Peters	1867	137	Melibea	3,05	Palisa	1874
93	Minerva	2,75	Watson	1867	138	Tolosa	2,43	Perrotin	1874
94	Aurora	3,16	Watson	1867	139		2,81	Watson	1874
95	Aretusa	3,08	Luther	1867	140	Siva	2,71	Watson	1874
96	Egle	3,05	Coggia	1868	141	Lumen*	3,36	Paul Henry	1875
97	Cloto	2,67	Tempel	1868	142	Polana	2,39	Palisa	1875
98	Lante	2,69	Peters	1868	143	Adria	2,75	Palisa	1875
99	Dike	2,80	Borrelly	1868	144	Vibilia	2,65	Peters	1875
100	Ecate	3,09	Watson	1868	145	Adeona	2,69	Peters	1875
101	Elena	2,58	Watson	1868	146	Lucine	2,71	Borrelly	1875
102	Miriam	2,66	Peters	1868	147	Protogenia	3,12	Schulhof	1875
103	Era	2,70	Watson	1868	148	Gallia	2,78	Paul Henry	1875
104	Climene	3,15	Watson	1868	149	Medusa		Perrotin	1875
105	Artemisia	2,37	Watson	1868	150		2,98	Watson	1875
106	Dione	3,16	Watson	1868	151	Abbondanza	2,58	Palisa	1875
107	Camilla	2,56	Pogson	1868	152	Atala	3,13	Paul Henry	1875
108	Ecuba	3,21	Luther	1869	153	Ilda	3,95	Palisa	1875
109	Felicità	2,69	Peters	1869	154	Berthe	3,22	Pr. Henry	1875
110	Lidia	2,72	Borrelly	1870	155			Palisa	1875
111	Ate	2,59	Peters	1870	156	Nantippe	3,04	Palisa	1875
112	Ifigenia	2,43	Peters	1870	157	Deianira	2,59	Borrelly	1875
113	Amaltea	2,38	Luther	1871	158	Coronis	2,99	Knorre	1876
114	Cassandra	2,67	Peters	1871	159	Emilia	3,13	Paul Henry	1876
115	Tira	2,38	Watson	1871	160	Una	2,73	Peters	1876
116	Sirona	2,77	Peters	1871	161		2,38	Watson	1876
117	Lomia	2,99	Borrelly	1871	162	Laurenzia	3,02	Pr. Henry	1876
118	Peitho	2,43	LutLuther	1872	163	Erigone	2,35	Perrotin	1876
119	Altea	2,58	Watson	1872	164	Eve		Paul Henry	1876
120	Lachesi	3,12	Borrelly	1872	165	Loreley		Peters	1876
121	Ermione	3,46	Watson	1872	166	Rodope		Peters	1876
122	Gerda	3,22	Peters	1872	167	Urda		Peters	1876
123	Brunilde	2,69	Peters	1872	168			Palisa	1876
124	Alceste	2,63	Peters	1872	169	Zelia	2,35	Pr. Henry	1876
125	Liberatrice	3,03	Pr. Henry	1872					
126	Velleda	2,44	Paul Henry	1872					
127	Giovanna	3,32	Pr. Henry	1872					
128	Nemesi	2,75	Watson	1872					
129	Antigone	2,87	Peters	1873					
130	Elettra	3,13	Peters	1873					
131	Vala	2,42	Peters	1873					
132	Etra	2,60	Watson	1873					
133	Cirene	3,06	Watson	1873					
134	Sofrosine	2,57	Luther	1854					
135	Erta	2,43	Peters	1857					

* Questo pianeta scoperto all'Osservatorio di Parigi il 13 gennaio 1875, ha ricevuto il suo nome in ricordo della nostra opera *Lumen: Récits de l'Infini*. Per noi è un piacere ringraziare qui di questa graziosa attenzione

l'astronomo che l'ha scoperto. Già ci aveva fatto l'onore di invitarci a battezzare il pianeta 87 e di nominare in nostra intenzione il pianeta 167; e dopo si è ben voluto pregarci di nominare anche i pianeti 154 e 169.

Nel momento della stampa di questo foglio (1° dicembre). rimangono parecchi pianeti che non hanno ancora ricevuto un nome, o non sono stati ancora calcolati.

Così è questa singolare repubblica. Se la si giudica dalle dimensioni degli Stati, senza dubbio, noi altri abitanti della Terra, sembriamo avere qualche diritto di disprezzare questi mondi microscopici che arrivano appena alle nostre caviglie. Ma è il volume dei mondi che gioca il ruolo principale nella distribuzione delle esistenze planetarie? Come la Grecia, piccola in territorio, grande per il suo genio, brilla al di sopra dell'intera antichità di uno splendore così luminoso, che attraverso una nebbia di venticinque secoli ci illumina ancora, mentre gli stati più o meno pretenziosi che la circondavano stanno per noi nella stessa oscurità come se non fossero mai esistiti, così forse un pianeta così piccolo come Vesta, e più piccolo ancora, può conservare il fuoco sacro dell'intelligenza e brillare nella repubblica planetaria di uno splendore più vivo dei mondi giganteschi ma selvaggi. Quale figura faceva nella grandezza delle nazioni terrestri l'immenso continente americano, qualche secolo fa, rispetto alla Francia, anche a fianco della sola repubblica di Venezia? Quale principe non preferirebbe regnare su una superficie di 6 gradi soltanto di latitudine su altrettanti di longitudine in un raggio comprendente Parigi, Nimes o Firenze come centro, piuttosto che su una superficie duecento volte più vasta che si estende da San Pietroburgo fino allo stretto di Bering? Non basta quindi crederci in diritto di depennare dal grande libro della vita questi piccoli luoghi celesti, queste isole planetarie, queste Inghilterre, queste Irlande, queste Grecie, queste Svizzere, queste Sicilie, queste Crimee, queste Sardegne, queste Corsiche, queste Maiorche e queste Minorche del cielo, poiché esse stanno alla Terra come gli stati precedenti stano alla superficie continentale del nostro pianeta. Altrimenti, corriamo il rischio di essere messi anche noi al di fuori della causa degli abitanti di Giove, atteso che il volume della Terra intera non è che la 1390° parte di quella di Giove ed è più piccola nei confronti di questo mondo colossale che i quattro pianeti misurati in precedenza non lo sono in confronto alla Terra, - Cerere, il più piccolo dei quattro, avente un volume superiore alla 1300° parte del globo terrestre.

Senza preoccuparci oltre misura dell'esiguità relativa di queste provincie, e nell'ignoranza del destino degli astri e dello scopo finale dell'esistenza delle cose, possiamo chiederci quali sono le condizioni vitali appartenenti a questi piccoli mondi, quali analogie li avvicinino alla Terra, quali differenze li allontanino.

Il primo punto che ci colpisce in questo esame, è la piccolezza della massa o del peso di questi piccoli corpi, l'esiguità della densità e della gravità alla loro superficie.

Tutti i piccoli pianeti riuniti formano solo una massa molto piccola e producono solo una piccola perturbazione nel moto di Marte. La loro massa totale è al massimo uguale a un terzo della massa della Terra. Ne risulta che il peso di ognuno di essi è per così dire insignificante. La loro attrazione non ha alcuna energia: gli oggetti non pesano quasi nulla alla loro superficie. "Un uomo posto su uno di questi pianeti, scriveva sir John Herschel nei suoi *Outlines of Astronomy*, salterebbe facilmente all'altezza di sessanta piedi e non ricadrebbe con un maggior urto di un salto all'altezza di due piedi sulla Terra. Possono esistere giganti su simili mondi. Gli animali enormi che non esistono qui nelle acque dell'Oceano, dove essi perdono una parte del loro peso, potrebbero facilmente vivere e correre sul suolo di questi piccoli pianeti." Vi è di più. L'attrazione che conserva questi piccoli mondi allo stato di unità individuali è così piccola, che un vulcano del pianeta Giunone potrebbe lanciare materiali sul pianeta Cloto, poiché potrebbe imprimere loro una velocità tale, che non sarebbero più richiamati dalla debole attrazione della loro sfera e potrebbero dirigersi verso l'orbita di Cloto, che si avvicina a 260 leghe soltanto da quella di Giunone.

Il primo fatto che ci colpisce nell'esame di questi mondi, è l'estrema piccolezza della gravità alla loro superficie. Quali siano i prodotti naturali del loro suolo, la dimensione delle cose che vi crescono, come quella degli essere che vi si muovono, deve essere più considerevole di quella dei pianeti e degli animali terrestri. Questi esseri e queste cose non sono trattenute dal peso di una forte attrazione che li mantiene a terra, ma tutte le espansioni delle forze della Natura, tutto il vigore, tutte le forze vitali vi si sviluppano con minori ostacoli. Se sapessimo che le forze organiche fossero le stesse che da noi, potremmo concludere con certezza l'esistenza di esseri più grandi di quelli della Terra per dimensione e nello stesso tempo più leggeri e agili. Ma siccome è certo che l'energia organica, la forza vitale

considerata in se stessa, varia da un pianeta all'altro in ragione della temperatura, della composizione chimica dell'atmosfera e dei corpi viventi, della pressione atmosferica, della densità delle sostanze che entrano nella composizione dei corpi, ecc., noi non possiamo affermare questa predominanza della dimensione, ma soltanto considerarla come possibile e anche come probabile, in questi tentativi di "anatomia comparata interplanetaria".

L'esame telescopico di questi piccoli mondi ha mostrato, d'altra parte, che numerosi non sono sferici, ma irregolari, poliedrici, forma che deve diversificare il loro suolo di strane montagne e di fantastiche vallate, nel fondo delle quali le cadute sarebbero terribili se la gravità non fosse piccola. Parecchi di questi piccoli corpi, in particolare Pallade, Cerere, Vesta, Giunone, Iris, Pales, Vittoria, hanno presentato variazioni notevoli di splendore provando questa forma poliedrica e portando anche ad ammettere forti variazioni meteorologiche nelle loro atmosfere. Queste atmosfere non sono estese come si era supposto all'inizio di questo secolo, sulla fede di osservazioni imperfette; ma si è verificata la loro esistenza su numerosi tra di loro, in particolare, su Vesta, dall'analisi spettrale. La formazione di questi innumerevoli piccoli mondi sembra dovuta al disordine che l'attrazione potente di Giove ha prodotto nella creazione di questa zona del sistema solare, impedendo il formarsi di un anello nebuloso considerevole e frammentandolo. Forse anche un certo numero di questi astri provengono dalla rottura di un pianeta, operata sotto l'azione sia interna, sia esterna, - avvenimento che non ha nulla di impossibile e potrebbe forse capitare qualche giorno anche a noi.

Questo è lo stato astronomico di questi piccoli mondi. Quali forme inimmaginabili la vita avrà determinato in questi luoghi singolari! Nel caso della dislocazione di uno o più pianeti, se dei semi hanno potuto sopravvivere, saranno stati il punto di partenza di nuove flore e nuove faune singolarmente diverse dalle prime, soprattutto a causa della diminuzione dell'intensità della gravità. Le forze della Natura di saranno sviluppate in proporzioni del tutto diverse e sotto forme del tutto nuove. Le specie, modificandosi secondo le variazioni dell'ambiente, si saranno trasformate su quelle di questi piccoli mondi che non avranno opposto con la loro sterilità un ostacolo invincibile alle manifestazioni organiche. E quali esseri sono cresciuti là? L'immaginazione dei poeti terrestri non arriverebbe nemmeno all'ombra di queste forme strane. Gli dei dell'India favolosa, con le loro braccia multiple e le loro teste allargate, le sfingi e le divinità simboliche dell'antico Egitto, le metamorfosi della mitologia greca, sono solo pallide creazioni di una timida fantasia a fianco degli esseri bizzarri, prodigiosi e strani che la disarticolazione e la trasposizione delle forze della Natura avranno prodotto su queste piccole terre gettate al di fuori dello zodiaco dalla mano colossale di un Titano sconosciuto.

Ci appare incerto che *tutti* i piccoli pianeti siano abitati (da esseri qualsiasi, umani, animali, vegetali o altri); ma ci sembra certo che *numerosi lo sono ad un livello completo*, così come il pianeta dove viviamo in questo momento.

Comunque sia, vi sono là curiose regioni, la cui esiguità e umiltà formano uno strano contrasto con lo splendore e l'importanza dei mondi ai quali siamo ora giunti.

Parte VII

Il mondo di Giove 24

Capitolo 39

Aspetto di Giove ad occhio nudo

Conoscenze degli antichi su questo pianeta - la sua orbita attorno al Sole - sua distanza e volume

Arriviamo qui al mondo gigantesco di Giove, che regna alla distanza di 192 500 00 leghe dal Sole, cioè a una distanza cinque volte maggiore di quella della Terra.

Questo globo colossale gravita attorno al Sole lungo un'orbita naturalmente *esterna* alla nostra e cinque volte più grande, in una lenta rivoluzione che richiede quasi dodici anni. Quando la Terra si trova dallo stesso lato del Sole, vediamo Giove brillare nel nostro cielo a mezzanotte; è in opposizione con noi e emana allora uno splendore superiore a quello delle stelle di prima grandezza. Non si può non vederlo ad occhio nudo, aggiungendo alle costellazioni un astro che appartiene loro. Se si ha cura di osservarlo per parecchi mesi, si constata facilmente che si sposta tra le stelle fisse, come abbiamo verificato ancora più facilmente per la Luna, Venere, Mercurio e Marte, ma con un movimento più lento. Gli antichi gli avevano, pertanto, dalle origini dell'astronomia, dato il nome di astro mobile, *πλανήτης*; noi possiamo pensare che nell'ordine delle scoperte antiche, è il secondo pianeta ad essere stato osservato, essendo Venere il primo a causa del suo moto più rapido e del suo splendore più vivo, impossibile da ignorare per l'occhio meno attento.

Giove è rappresentato dal simbolo ♃, nel quale gli uni hanno creduto di vedere la prima lettera barrata del nome greco di questo pianeta (*Ζεύς*), e gli altri un'immagine della saetta del fulmine. Il nome che gli Egiziani gli diedero corrisponde alla parola *luminoso*: essi lo chiamavano anche Osiride. I Greci richiamando il suo splendore lo indicavano talvolta con il nome di *Φαίθων*. La denominazione indiana di questo pianeta era *Wrihaspati*, Signore della crescita. Nell'opera scoperta recentemente a Ninive, di cui abbiamo già parlato, Giove è chiamato in lingua accadica (anteriore alla lingua assira) con un nome che significa *il pianeta dell'eclittica*: si era quindi già osservato che la sua orbita coincide quasi con l'eclittica. In queste epoche lontane, il giovedì (*Jovis dies*) era consacrato a Giove. La più antica osservazione precisa che è stata conservata risale al 18 Epiphi, o 3 settembre, dell'anno 240 a.C., giorno in cui Giove eclissò la stella δ del Cancro.

La luminosità più costante, il cammino più lento, il corso più regolare di questo pianeta lungo l'eclittica, ne hanno fatto sin dall'antichità il simbolo del padrone del Cielo. In un'epoca in cui l'umanità credeva che tutto era regolato dagli astri, egli ha ricevuto i primi omaggi, ha occupato il primo posto e insieme a Saturno, Marte, Venere e Mercurio, ha fondato la mitologia primitiva, di cui la mitologia classica contiene resti ancora riconoscibili.

L'astro di Giove ha conservato il suo rango superiore attraverso tutti i secoli; e anche dopo l'invenzione del telescopio e dopo la trasformazione delle idee umane sul sistema dell'universo, è rimasto il primo e più importante dei mondi dell'impero solare, poiché si è trovato che le misure dell'astronomia moderna hanno provato che realmente esso supera tutti i pianeti per volume e massa.

Infatti, questa stella che brilla come un punto luminoso nello zodiaco e che occhi inesperti guardano come molto più piccolo della Luna, questa stella è un mondo immenso, molto più vasto della Terra e che la supera talmente in grandezza che il nostro piccolo globo è al suo fianco solo “un pisello accanto ad un’arancia”. Mille duecento trenta globi simili alla Terra servono per formare quello di Giove. La sua massa supera quella della Terra nella stessa proporzione: ma servirebbero ancora trecento Terre riunite su una bilancia per formare un peso uguale a quello del solo Giove. Inoltre, si muove accompagnato da quattro mondi, più grossi della Luna e uno supera pure Mercurio.

La luminosità di questo pianeta può talvolta essere confrontata a quella di Venere al suo massimo e, come la bianca stella della sera, la sua luce produce ombra. Ho riportato in precedenza l’esperienza da me fatta per Venere; essa è stata ripetuta parecchie volte e ancora recentemente, nel mese di giugno 1876. Una volta sola ho potuto constatare l’ombra prodotta da Giove: era nel mese di ottobre 1868; essa era meno accentuata di quella di Venere, che ho misurato dopo. Tuttavia allora Giove si trovava al suo perielio e alla sua minore distanza dalla Terra e il suo diametro superava i 50”. Io mi trovavo in Svizzera e camminavo in un corridoio esterno davanti a un muro bianco.

Il globo di Giove non brilla come gli altri pianeti se non per la luce che riceve dal Sole e riflette nello spazio. Essendo la sua orbita esterna a quella della Terra e lontana cinque volte la sua distanza, si deduce che il suo emisfero illuminato differisce molto poco nella posizione del suo emisfero rivolto verso la Terra. Tuttavia è visibile una piccola fase alla quadratura.

Ma esaminiamo i suoi elementi astronomici precisi.

Rappresentando con 1,000 la distanza della Terra dal Sole, quella di Giove è rappresentata da 5,203. È quindi 5 volte e 2 decimi più lontana dal Sole rispetto a noi. La sua orbita non è circolare, ma ellittica; la sua distanza al perielio è = 4,952; la sua distanza all’afelio è = 5,153, cioè

Distanza la perielio	183 250 000 leghe
Distanza media	192 500 000
Distanza all’afelio	201 750 000

La distanza minima che può esistere tra Giove e noi è di circa 145 milioni di leghe.

L’orbita di Giove offre uno sviluppo di oltre un miliardo di leghe, il pianeta si muove attorno al Sole con una velocità di circa 278750 leghe al giorno, o 12900 metri al secondo: è un poco meno della metà della velocità della Terra. La durata precisa della sua rivoluzione attorno al Sole è di 4332 giorni terrestri, o di 11 anni 10 mesi 17 giorni.

Alla distanza media di Giove, il suo diametro arriva a 38”,4. Le variazioni di distanza derivanti dal suo movimento e da quello della Terra lo fanno decrescere fino a 30” nel suo massimo allontanamento e aumentare fino a 46” al suo massimo avvicinamento. Si avrà un’idea di questi tre valori tracciando tre cerchi aventi rispettivamente diametri di 30 *mm*, 38^{*mm*}, 4 e 46 *mm*.

Conoscendo la distanza di Giove e il suo diametro apparente, si determina facilmente il suo diametro reale. Sottolineiamo qui che questo globo non è sferico, ma sferoidale, cioè appiattito ai suoi poli. L’occhio meno addestrato lo riconosce subito quando osserva questo pianeta al telescopio. L’appiattimento è di 1/17. Il diametro supera di più di 11 volte quello della Terra: esso raggiunge 35 500 leghe; il diametro che va da un poco all’altro misura 33 200 leghe. Il giro del mondo di Giove, percorso all’equatore, è di 111 000 leghe. Infine, il volume del pianeta supera di 124 volte quello della Terra. Visto alla distanza in cui ci troviamo dalla Luna, questo immenso globo ci apparirebbe con un diametro di 21° circa, circa 40 volte più largo del nostro satellite: la superficie del suo disco abbraccerebbe sulla volta celeste 1600 volte l’estensione della Luna piena!

Aggiungiamo infine che Giove è circa 310 volte più pesante del nostro pianeta. La sua densità è solo un quarto di quella della Terra ($= 0,243$). Il peso alla superficie è 2,5 volte più intenso che da noi: un uomo del peso di 70 kg , trasportato su Giove, peserebbe 174 kg .

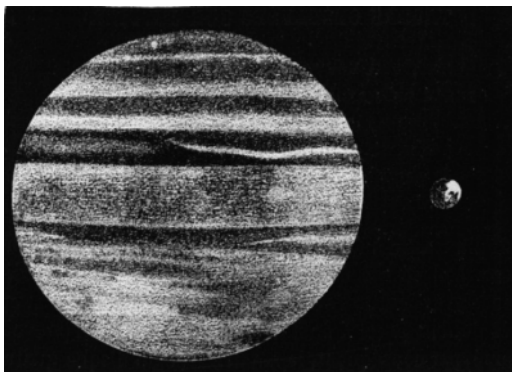


Fig. 72. Confronto tra le dimensioni di Giove e della Terra

Capitolo 40

Macchie osservate su Giove

Il suo moto di rotazione - durata del giorno e della notte su questo mondo - anni, stagioni, mesi e calendario

Giove offre all'osservatore lo spettacolo più grandioso. Malgrado la sua enorme distanza, tale è la sua prodigiosa grandezza che lo si vede sotto un angolo visuale circa doppio di quello di Marte. Un telescopio di un potere adeguato, di conseguenza, lo mostra con un disco quattro volte più grande; anch'esso ha subito l'esame più attento degli osservatori più eminenti ed è stato descritto nei più completi dettagli. Il suo diametro apparente all'opposizione (quando è al meridiano a mezzanotte) uguaglia circa la quarantesima parte di quello della Luna; ne risulta che un cannocchiale che ingrandisce 40 volte soltanto lo presenta con un disco uguale a quella della Luna piena vista ad occhio nudo.

La prima cosa che colpisce ogni osservatore quando contempla Giove al telescopio, è che il globo è solcato da bande più o meno larghe, più o meno intense, che si mostrano principalmente verso la regione equatoriale. Queste bande di Giove possono essere viste come la caratteristica distintiva di questo gigantesco pianeta. Si sono notate sin dalla prima osservazione telescopica che è stata fatta dall'uomo e dopo non si sono osservate solo in circostanze estremamente rare.

Talvolta, indipendentemente, su queste strisce bianche e grigie, che spesso sono tinte di una colorazione gialla e arancio, si notano delle macchie, sia più luminose, sia più oscure del fondo sul quale esse si stagliano, o ancora delle irregolarità, delle lacerazioni molto pronunciate nella forma delle bande. Se si osserva allora con attenzione la loro posizione sul disco, non si tarda a notare che si spostano da est a ovest, o da sinistra verso destra, se si osserva il pianeta in un telescopio che non capovolge gli oggetti. Quando queste macchie sono molto marcate, un'ora di attenta osservazione basta per constatarne lo spostamento. Ecco, per esempio, due disegni telescopici che ho fatto il 30 marzo 1874. la prima alle 20 e 30, la seconda un'ora più tardi.

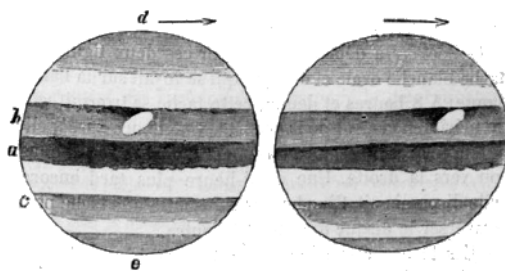


Fig. 73. Giove il 30 marzo 1874, alle 20 e 30 e alle 9 e 30.

Sul primo, si notava dapprima una banda scura di color cioccolato (indicata con *a* sulla figura), che si estendeva al di sotto dell'equatore. Una seconda banda *b*, di colore giallo chiaro, si estendeva al di sopra della prima e gli era contigua; essa era terminata a nord da un bordo

più scuro, Una terza striscia, di una tinta giallo grigio scuro, si mostrava in *c*; essa era pure limitata a nord da una linea più scura. Le calotte polari *d* ed *e* erano colorate di un leggero grigio blu violaceo. Le zone lasciate in bianco sulla figura erano in realtà bianche.

Il lettore ha già notato su queste due figure la macchia bianca ovale e obliqua che si vedeva sulla banda gialla. Alle 20 e 20, questa macchia si trovava verso il meridiano centrale del pianeta. Un'ora più tardi, era, come si vede, fortemente spostata verso ovest o verso la destra. Una mezzora dopo, essa scompariva. Cinque ore bastano a una macchia per attraversare il disco da una parte all'altra.

Queste macchie appartengono all'atmosfera di Giove. Esse non viaggiano attorno al pianeta come suoi satelliti, con una velocità propria indipendente dal moto di rotazione, ma fanno parte dell'immensa coltre nuvolosa che circonda questo vasto mondo. D'altro canto, esse non sono fisse sulla superficie del globo, come sono i continenti o i mari di Marte, ma relativamente mobili come le nostre nubi atmosferiche. Il loro spostamento, la loro scomparsa ad ovest e la loro ricomparsa ad est, il loro ritorno esattamente misurato sul meridiano centrale non danno all'osservatore la durata precisa del moto di rotazione del pianeta attorno al suo asse. Per determinare questo moto, bisogna fare un gran numero di osservazioni e prendere il risultato medio, visto che le nubi spinte da un vento da ovest (visto dal pianeta) si muovono più rapidamente del suolo e quelle che sono spostate da un vento da est vanno meno veloci e ritardano rispetto al moto rotatorio. Si è notato da queste misure che le macchie vicine all'equatore sono più veloci di quelle delle altre regioni, come avviene pure sul Sole. Inoltre, le nubi di Giove sono talvolta animate da un moto proprio considerevole. Se ne sono misurate alcune che volavano con una velocità di 100 *m* al secondo, indipendentemente dal moto di rotazione.

Ecco, del resto, un riassunto delle osservazioni di queste macchie, che avrà il vantaggio di offrirci nello stesso tempo un riassunto delle ricerche fatte per la determinazione della durata del moto di rotazione.

La prima serie di osservazioni fu iniziata da Cassini I, nel mese di luglio 1665. La macchia osservata da questo astronomo era scura e appariva aderente alla banda meridionale; la durata di rotazione fu stimata in 9h 56*m*. Più tardi, nel 1672, analoghe osservazioni fatte su una macchia che questo astronomo credette identica a quella osservata in Italia, fornì un valore di 9h 55*m* 51*s*. Riprendendo questa interessante ricerca nel 1677, arrivò ad una rotazione di 9h 55*m* 50*s*. Ma un accordo così buono svanì nel 1690. Avendo allora osservato una macchia che sembrava aderente alla banda meridionale vicino al centro, trovò 9h 51*m*. Questo risultato, così diverso dai primi, fu confermato nel 1691 dall'osservazione di due macchie brillanti poste sulla banda scura più vicina al centro verso nord e anche da una macchia oscura posta tra le due bande centrali. Nel 1692, delle macchie fornirono anche 9h 50*m*.

Le considerevoli differenze di questi risultati avevano già portato a supporre che le macchie sono nubi che navigano in un'atmosfera molto agitata e che esse hanno un moto tanto più rapido quanto esse occupano una posizione più vicina al centro del pianeta. Così, diceva già Fontenelle, si potrebbero confrontare i moti di queste macchie con quelli delle correnti che soffiano vicino all'equatore terrestre.

Regna, infatti, all'equatore di Giove, un vento perpetuo, una corrente atmosferica che spinge le nubi nel senso della rotazione del globo e facendole avanzare più rapidamente della rotazione media. Questi venti sono, come i nostri alisei, prodotti dalla combinazione della rotazione rapida di Giove con il richiamo del calore solare all'equatore? È possibile. Una nube si forma a una certa latitudine, è trasportata verso l'equatore, subisce un ritardo nella sua rotazione e questo ritardo è tanto più considerevole, quanto la nube proverrà da una latitudine più lontana dall'equatore; in altri termini, le nubi che avranno punti di partenza più vicini all'equatore appariranno muoversi più rapidamente. Tuttavia non bisogna avere fretta di assimilare completamente Giove alla Terra, poiché vediamo che il regime generale delle sue macchie assomiglia singolarmente a quello delle macchie del Sole.

Ma non sconfiniamo sugli eventi e ritorniamo alle antiche osservazioni.

Per quasi cento anni, il risultato di Cassini non fu sottoposto ad alcuna ricerca ulteriore, sebbene Maraldi credette di rivedere la stessa macchia nera fino al 1715.

Jacques de Sylvabelle, a Marsiglia, iniziò il 15 ottobre 1773 una serie di osservazioni che proseguirono per parecchi mesi, partendo da un punto ben determinato: ma non lasciò alcun dettaglio e dice solo che ha trovato per la rotazione una durata di $9h\ 56m$.

Nel 1778, William Herschel si dedicò all'osservazione attenta del moto di una macchia scura che aveva notato su una zona equatoriale e concluse un periodo variante da $9h\ 54m\ 53s$ a $9h\ 55m\ 40s$. Nel 1779, una macchia chiara, pure equatoriale, gli diede talvolta $9h\ 51m\ 45s$ e talvolta $9h\ 50m\ 48s$. Herschel spiega le grandi differenze tra tutte le osservazioni con il moto proprio delle macchie; crede anche all'esistenza nelle regioni equinoziali del pianeta, di venti analoghi ai nostri alisei.

Schroeter, a Lilienthal, ottenne un risultato che si scosta in un modo strano dai precedenti, nelle osservazioni che fece dal mese di ottobre 1785 al mese di febbraio 1786, poiché nel derivò un periodo di $6h\ 56m\ 56s$. Ma la serie delle sue osservazioni lo riportò al periodo di Cassini. Seguì per tre mesi l'estremità di una banda grigia e trovò $9h\ 55m\ 17s$; una macchia più scura, che apparve nello stesso tempo, diede dapprima $9h\ 55m\ 33s$ e poi $9h\ 56m\ 33s$.

Vennero poi le osservazioni di Beer e Mädler, nel 1834. Questi astronomi si sono trovati nello stesso caso di tutti quelli che hanno osservato prima di loro: le macchie che hanno seguito non sono regioni fisse, ma, secondo ogni apparenza, prodotti atmosferici analoghi alle nubi. La loro grandezza proporzionale, la loro intensità e la loro stabilità le distinguevano, è vero, in modo essenziale dalle nubi della Terra; ma l'anno di Giove, più lungo del nostro, la piccola variazione delle stagioni e l'atmosfera più densa di questo pianeta, spiegano perfettamente queste differenze, tanto più che l'enorme peso deve rappresentare un ostacolo considerevole per ogni movimento atmosferico. Tuttavia, sebbene le macchie non siano fisse, esso possono servire ad indicare in modo approssimato il moto di rotazione. Combinando tutti gli elementi osservati, questi due astronomi hanno riconosciuto che il valore medio delle rotazioni determinate è di $9h\ 55m\ 26s$.

Lo stesso anno, Airy, a Greenwich, dedusse un periodo di $9h\ 55m\ 24s$. Besselt fece pure alcune osservazioni sui passaggi di queste macchie dal centro apparente e trovò un tempo di rotazione assai vicino al precedente.

Nel 1866, Schmidt, da Atene, da valori diversi, secondo che esse provenivano dall'osservazione di macchie bianche o di macchie scure, ha trovato come media $9h\ 55m\ 46s$. Nel 1873, dal ritorno da una interruzione nella parte sud della banda equatoriale, lord Rosse ha trovato $9h\ 54m\ 55s$. Durante gli anni 1873, 1874, 1875 e 1876. ho assiduamente osservato lo stesso pianeta in questi quattro periodi successivi di opposizione e ne ho fatto ogni anno una trentina di disegni. Ne ho concluso che è impossibile spiegare i moti delle macchie, se si suppone una rotazione uniforme. Dalle irregolarità delle bande, ho trovato per la rotazione: all'equatore, $9h\ 54m\ 30s$ e verso i 35° di latitudine, $9h\ 55m\ 45s$ e inoltre, un moto proprio di numerose macchie bianche indipendente dal moto di rotazione, talvolta più rapido e talvolta meno; ciò che mostra che queste sono nubi superiori sospinte talvolta da un vento da ovest e altre volte da un vento da est. La rotazione probabile del globo è quindi, in cifre tonde, di $9h\ 55m$.

Da questi confronti, si può concludere con certezza che la durata della rotazione dell'atmosfera di Giove non è la stessa ad ogni latitudine e che essa è più rapida all'equatore che da ogni parte. Così avviene anche sul Sole, la cui durata di rotazione è di 24 giorni 22 ore 11 minuti all'equatore e di 25 giorni 17 ore 8 minuti a 20° di latitudine boreale e di 27 giorni 10 ore 41 minuti a 60° .

Questo immenso pianeta è quindi animato di un moto di rotazione due volte più veloce di quello della Terra: invece di essere 24 ore, la durata del giorno e della notte è solo di 10 ore; si contano solo 4 ore e 57 minuti tra il sorgere e il tramontare del sole e in ogni periodo dell'anno la notte è ancora più corta a causa dei crepuscoli. Siccome, d'altra parte, l'anno è quasi uguale a dodici dei nostri, la rapidità dei giorni fa sì che gli abitanti di Gioveentino 10455 giorni in un loro anno.

La velocità di questo moto è tale che un punto posto all'equatore va a 12450 metri al secondo, 26 volte più veloce che un punto all'equatore terrestre. È questa rapidità di rotazione che ha portato all'appiattimento e che produce le bande di Giove.

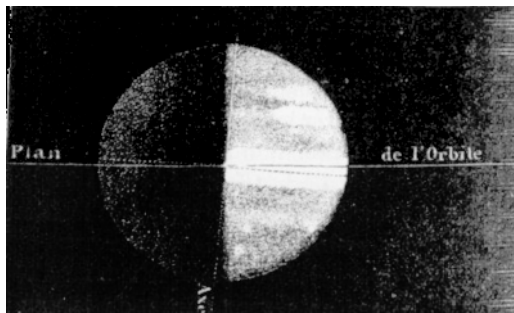


Fig. 74. Posizione di Giove sul piano dell'orbita.

Vi è là, sicuramente, un calendario ben diverso dal nostro. Una nuova differenza si aggiunge: l'assenza di stagioni. Giove ruota, infatti, in modo tale che il suo asse di rotazione è quasi perpendicolare al piano nel quale si muove attorno al Sole. Giove conserva sempre la posizione che la Terra presenta il giorno dell'equinozio, di modo che si può dire che questo mondo immenso fruisce di una primavera perpetua. L'inclinazione dell'equatore è solo di tre gradi, cioè quasi insignificante. Ne deriva che la durata del giorno e della notte rimane la stessa durante l'intero anno sotto tutte le latitudini, che il giorno è costantemente uguale alla notte (un poco più lungo, a causa del crepuscolo), che la temperatura rimane sempre simile a se stessa, che mai subisce i freddi dell'inverno né le calure torride dell'estate e che i climi si succedono dolcemente e armonicamente, secondo un gradiente lento e uniforme, dall'equatore ai due poli. Non vi è su questo felice mondo una zona temperata; la zona torrida è ridotta a una linea di 3 gradi da una parte all'altra dell'equatore e la zona glaciale occupa un cerchio di 3° di raggio attorno ad ogni polo¹.

Alla sua distanza dal sole, questo mondo riceve 27 volte meno calore e luce di quanto ne riceviamo noi. Il Sole vi appare come un disco con un *diametro* un poco più di 5 volte meno largo che da noi, e con una *superficie* 27 volte più piccola. L'intensità del calore e della luce solare è ridotta ai 37 millesimi dell'intensità del calore e della luce ricevuti dalla Terra. Un calore e una luce 27 volte più deboli ci sembrano senza dubbio costituire una condizione che sarebbe meglio qualificata dai termini di freddo e di oscurità che da quelli di calore e di luminosità. Ma serve sottolineare qui: 1° che l'atmosfera di Giove può concentrare il calore meglio che da noi; 2° che la radiazione solare può non essere la sola causa di riscaldamento di questo pianeta e 3° soprattutto che lo stato di Giove non può essere legittimamente giudicato dalle sensazioni della vita terrestre.

Abbiamo visto, studiando Venere, che il clima reale di un pianeta dipende in gran parte dalla natura dell'atmosfera. Si potrebbe immaginare un'atmosfera composta in modo tale che fermi al passaggio tutti i raggi provenienti dal Sole e che essa li imprigioni come in una trappola. Tyndall ha mostrato che uno strato d'aria di due pollici di spessore, saturo di vapori di etere solforico, lascerebbe passare circa tutti i raggi calorifici, ma fermerebbe il trentacinque centesimi dell'irraggiamento planetario. Uno strato più spesso raddoppierebbe questo assorbimento. È

¹Si è preteso che l'assenza di stagioni su Giove, dovuta alla perpendicolarità del suo asse, fosse una sistemazione provvidenziale per compensare la sua grande distanza dal Sole e gli desse una temperatura sensibilmente uniforme. Bisogna cercare di interpretare anche solo ingenuamente gli spettacoli della Natura dal punto di vista delle cause finali umane che attribuiamo al Creatore, poiché rischiamo di sbagliare, come è stato fatto per lungo tempo, ragionando da un punto di vista troppo ristretto. Senza dubbio vi è una certa compensazione del prodotto, ma ringraziamo la Provvidenza nel nome degli abitanti di Giove, poiché l'assenza di inverni sarebbe stata molto più necessaria ai pianeti più lontani, Saturno, Urano, Nettuno e sfortunatamente il loro asse è molto più inclinato di quello della Terra.

evidente che un involucro protettivo di questa natura permetterebbe al calore di penetrare, ma gli impedirebbe di uscire dando ai pianeti lontani una temperatura più elevata di quanto saremmo portati a credere.

Ma, dopo tutto, un'atmosfera non può che conservare la quantità di calore ricevuta, non accrescerla e noi sappiamo, inoltre, che non sono i *gas* dell'atmosfera terrestre che giocano il ruolo maggiore nella conservazione del calore, ma bensì il vapore acqueo. Ci si può chiedere se l'azione del calore solare su Giove sarebbe in grado di produrre vapore acqueo in grande quantità. Sulla Terra, questo calore solare riempie l'aria di vapore talvolta invisibile, talvolta visibile e, sia invisibile, sia visibile, è quello che, soprattutto di notte, si oppone alla perdita di calore nello spazio. Ma il debole sole del cielo gioviano può avere la stessa azione su questo mondo lontano? Non è probabile. L'osservazione telescopica e l'analisi spettrale dimostrano che questa atmosfera è precisamente satura di vapore. D'altro canto, nell'estate di questo pianeta, questo vapore si forma nelle stesse nostre condizioni? ha la stessa struttura molecolare? è dotato delle stesse proprietà? richiede lo stesso grado termometrico per divenire visibile o invisibile, per formare un cielo nuvoloso o un cielo trasparente?

Queste sono le tante domande, capitali dal punto di vista della condizione di abitabilità di Giove, che cerchiamo di chiarire nei capitoli seguenti.

Capitolo 41

Cambiamenti osservati su Giove

Osserviamo dapprima che questo mondo immenso subisce singolari trasformazioni. Le bande così caratteristiche che lo attraversano non presentano, come si è creduto per lungo tempo, la stessa forma, la stessa luminosità, la stessa sfumatura, la stessa larghezza, la stessa estensione, ma al contrario subiscono variazioni rapide e considerevoli. *In generale*, l'equatore è segnato da una zona bianca. Da una parte all'altra di questa zona bianca, vi è una banda scura, con una sfumatura rosso scura. Al di là di queste due bande scure australe e boreale, si notano solitamente dei solchi paralleli alternativamente bianchi e grigi. La sfumatura generale diviene più omogenea e più grigia avvicinandosi ai poli e le regioni polari sono solitamente bluastre. Questo tipo generale è circa quello che si è visto nella nostra figura 72, che rappresenta le dimensioni comparate di Giove e della Terra.

Questo aspetto tipico varia così profondamente, che è talvolta impossibile ritrovarne alcun resto. Invece di queste zone bianche, l'equatore si mostra talvolta occupato da una banda scura e si vedono una o più linee chiare su latitudini più o meno lontane. Qualche volta le bande sono larghe e spaziate; qualche volta, al contrario, esse sono sottili e ravvicinate. Talora i loro bordi sono frastagliati come nubi sconvolte e lacerate: talvolta si presentano sotto la forma di una perfetta linea retta. Si sono viste macchie bianche luminose fluttuare al di sopra delle sue bande atmosferiche e qualche volta punti luminosi rotondi analoghi a satelliti: si sono viste anche strisce scure incrociare obliquamente le bande e persistere per lungo tempo. Infine, la variabilità di questo mondo è tale che offre all'osservatore e al pensiero uno dei più nuovi e interessanti problemi dell'astronomia planetaria.

Queste perturbazioni atmosferiche possono talvolta avvenire nell'immenso inviluppo aereo di Giove senza che la superficie del pianeta sia per questo in uno stato di instabilità corrispondente. Questa superficie, non la vediamo mai, o raramente, attraverso le schiarite che ci appaiono scure.

Dall'anno 1868, e soprattutto dopo il 1872, ho seguito con grande assiduità le variazioni di aspetto di questo mondo immenso e ho constatato che tra tutti gli astri del nostro sistema, è quello che presenta al telescopio i cambiamenti più considerevoli e più straordinari, non solo nel disegno ma anche nella colorazione del suo disco. Ecco un riassunto del suo stato in questi ultimi tempi: sugli eventi e ritorniamo alle antiche osservazioni.

Nel mese di novembre 1869, per esempio, la zona tropicale, da lungo tempo bianca e incolore, divenne più scura delle due bande bianche poste a nord e a sud e si colorò di un giallo verdastro. Questo colore si scurì dapprima all'inizio dell'anno 1870 e raggiunse una tinta giallo ocra. Il 5 gennaio, si vedeva sotto il bordo australe della banda equatoriale un lungo ellisse rossastro che produceva l'effetto di una linea di vapore liberata non lontano dall'equatore.

Nel 1871, l'equatore si è mostrato occupato da una larga zona il cui colore era di un bruno arancio; le bande scure, poste da una parte e dall'altra nei due emisferi, avevano un colore improprio; tra una di esse e la banda equatoriale, vi era una larga zona la cui luce era di un verde olivastro; infine, le regioni vicine ai poli erano di un grigio bluastro, soprattutto ai poli stessi. Questa colorazione particolare del disco di Giove nel 1870 e 1871 ha attirato l'attenzione di tutti gli osservatori. Gli studi

fatti dal dicembre 1872 ad aprile 1873 hanno mostrato l'equatore occupata da una larga banda giallo pelle; la regione centrale, o del tutto equatoriale, era meno colorata e meno scura che nel 1870 e 1871; macchie bianche la costellavano molto spesso. Si notava solitamente da ogni lato una banda bianca al di là della quale se ne distingueva una gialla più scura, poi un'altra bianca; infine, i poli si mostravano: il sud grigio-giallo, il nord grigio-blu.

Nel 1874, i colori sono stati diversi da quelli del 1873. La zona equatoriale, tra le altre, era divenuta più bruna, più bronzea. La calotta polare sud appariva giallastra, come la zona equatoriale, mentre la boreale era di un grigio bluastrò. Ho rappresentato con cura questo disco nelle notti più belle, indicando sempre con la lettera *a* la banda più scura. Questa banda, colorata in marrone, è sempre stata quella che sottolinea l'equatore, cioè la banda sud tropicale. La regione più brillante è sempre stata la zona bianca boreale che si trova al di sopra delle bande equatoriali. Macchie bianche ellittiche si sono mostrate numerose volte: queste macchie erano seguite da *ombre*, non così nitide, ma vaghe e terminanti con una striscia angolosa, come se questa ombra cadesse, non su un terreno solido, ma *attraverso un'atmosfera disposta a grappoli*.

Al di sopra della banda di color marrone si estendeva una banda giallo chiara, che rimase quasi contigua alla prima fino al 19 aprile, poiché la separazione fu raramente vista. Ma, a quest'ultima data, il pianeta ha subito una rivoluzione atmosferica importante: l'equatore presentò strisce nuvolose irregolari e poi rimase segnato da una sottile linea bianca. Ho riprodotto (fig. 75) sei tra i numerosi disegni telescopici che ho fatto durante questo periodo. Essi danno un'immagine esatta dei cambiamenti che si producono su questo vasto pianeta. Ho delineato questo vedute al telescopio l'8 marzo, il 17, 19, 21 e 22 aprile e il 19 maggio 1874. Su quest'ultima si vede l'ombra del quarto satellite passante sul polo nord del pianeta. Sul secondo disegno si vede una delle macchie seguita da ombre di cui ho parlato.

CAMBIAMENTI OSSERVATI SU GIOVE

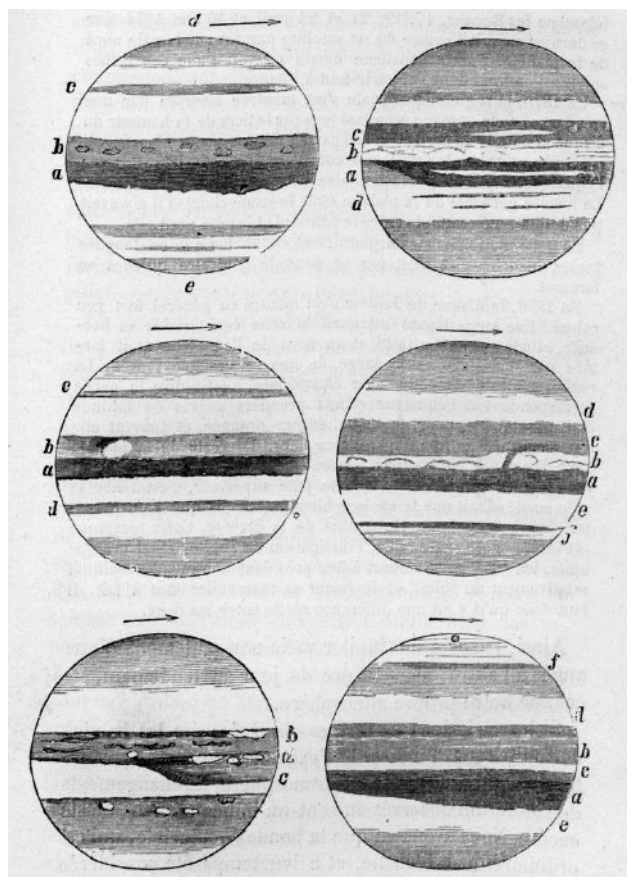


Fig. 75. Riproduzioni telescopiche di Giove prese nel 1874.

Nel 1875, la regione equatoriale ha presentato una banda molto larga arancione occupante quasi un terzo dell'altezza del disco e limitata a nord e a sud da sottili zone bianche. Non si sono viste bande

così scure come nel 1874. Numerose volte, sull'equatore, vi erano macchie bianche seguite da ombre grige. La sfumatura generale del pianeta era giallo chiaro e non vi erano differenze notevoli tra il polo sud e nord.

In generale, le bande scomparivano dividendosi in lunghe macchie bianche e questo è un processo contrario alla loro formazione.

Nel 1876, il disco di Giove si è mostrato in generale molto poco colorato. Una larga banda segnava la zona equatoriale; il suo bordo, posto a 20° a sud e a nord dell'equatore era formato da una linea assai larga, di colore arancio scuro. La regione centrale di questa zona equatoriale, cioè la parte corrispondente all'equatore e ai primi gradi di latitudine era più chiara, ma, tuttavia, ancora arancio e spesso è apparsa formata da sottili linee parallele. Il resto del pianeta era di colore giallo limone generalmente omogeneo. Tuttavia, ho costantemente notato che il polo superiore, cioè il polo nord, presentava un colore grigio bluastrò, mentre l'altro restava giallastro, come l'insieme del pianeta. Questa osservazione è interessante, perché, essendo l'inclinazione di Giove quasi nulla, i due poli restano circa nella stessa condizione rispetto al Sole e si assomigliano del tutto. Bisogna quindi che vi sia una differenza reale tra i due.

L'aspetto di Giove varia non solo da un anno all'altro, ma anche da un giorno all'altro, - come la nostra atmosfera.

Se le variazioni di forma osservate sulle bande di Giove sono indice dell'esistenza di forze perturbatrici intense in questa atmosfera, i cambiamenti di colore osservati ne sono un indicatore più evidente ancora. Abbiamo visto che la banda equatoriale, che è solitamente bianca, e per lungo tempo è stata considerata come indicante uno degli aspetti tipici del pianeta, è divenuta durante l'autunno dell'anno 1869 di colore giallo verdastro, che si scuriva ancora di più all'inizio dell'anno 1870 e offriva un colore giallo oca. Questo è un cambiamento considerevole, poiché allora, lungi dall'essere la più bianca delle zone, essa era al contrario la più colorata, mentre le zone situate da una parte e dall'altra erano più bianche. Siccome questa banda equatoriale possiede una superficie uguale a un quinto della superficie totale del pianeta, una tale variazione nell'aspetto denota una perturbazione meteorologica notevole che si è manifestata su Giove.

Un cambiamento di colore così esteso e profondo non può provenire che da una causa interna molto importante, visto che il calore solare non è in grado di produrlo. Se attribuiamo il colore bianco ordinario della banda equatoriale alla riflessione della luce solare su masse nuvolose, la scomparsa di questa colorazione notificherà la scomparsa di queste nubi. Ma allora vediamo la superficie di Giove? È poco probabile, poiché servirebbe supporre che questa superficie subisca variazioni di colore singolarmente rapide. Sembra che questo stato di cose sia piuttosto dovuto a vapori intensi occupanti il fondo dell'atmosfera. Ma da dove vengono questi vapori? Giove è così caldo per produrli? In questo caso potrebbe egli stesso subire variazioni che ci mettono in imbarazzo.

Vi sono alcuni stati molecolari nei quali deboli variazioni nelle cause producono grandi cambiamenti apparenti negli effetti. Questa è la condizione nella quale si trova il vapore acqueo disperso in condizioni invisibili nella nostra atmosfera, quando essa si trasforma in nubi visibili. Prima della formazione di nubi, il cielo è puro, trasparente, di un azzurro profondo; un istante dopo è coperto: un raffreddamento dell'aria ha compiuto la trasformazione. Tuttavia non vi è più vapore acqueo dopo la formazione della nube come prima; le condizioni di temperatura da sole hanno prodotto il cambiamento. Nei miei viaggi aeronautici, ho spesso trovato meno vapor acqueo nelle nubi che al di sotto. L'atmosfera di Giove potrebbe essere in questa condizione di equilibrio instabile.

L'azione del Sole, così debole alla distanza di Giove, non basta per produrre le enormi quantità di vapore che vi si trovano e le perturbazioni violente che osserviamo, è quindi dall'interno di questo globo immenso che devono provenire le cause delle sue variazioni superficiali. Deve essere più caldo alla sua superficie di quanto il Sole possa fare. Forse possiede vulcani e sorgenti di vapori; forse è sede di rivoluzioni capaci di produrre i fenomeni che osserviamo nella sua

atmosfera; forse l'elettricità concorre a queste variazioni e forse anche l'atmosfera di questo pianeta si infiamma talvolta di immense aurore boreali¹.

Aggiungiamo qui una nota curiosa: queste variazioni dell'aspetto di Giove appaiono in relazione con quelle della macchie del Sole e avere con loro un massimo ogni undici anni.

¹Giove rinvia più luce del suolo della Luna, della Terra e di Marte: ne riflette più dei tre quinti; Saturno più della metà, Marte un quarto, la Luna un quinto. È più fotogenico della Luna: 6 secondi di posa bastano per fotografarlo e ne servono 60 per Saturno. Tuttavia non si può dire che emette una luce propria, poiché l'ombra dei satelliti che passano tra il Sole e lui è generalmente nera e questi satelliti scompaiono a loro volta quando Giove li nasconde alla luce solare. Nel 1870, ho avuto la visione di aurore boreali nell'atmosfera di questo maestoso pianeta.

Capitolo 42

Costituzione fisica e chimica dell'atmosfera di Giove

Le osservazioni esposte nel capitolo precedente hanno già portato a concepire l'atmosfera di Giove come molto diversa dalla nostra. Penetriamo ora più intimamente, se possibile, nell'esame di questo mondo e iniziamo dalla sua analisi chimica.

Nelle sue prime ricerche sullo spettro di questo pianeta, Huggins aveva già notato nel 1866 che vi sono in esso "righe che provano l'esistenza di un'atmosfera assorbente. Una banda scura, aggiungeva, corrisponde a qualche riga atmosferica terrestre e indica probabilmente la presenza di vapori simili a quelli della nostra atmosfera. Un'altra banda non ha una sua corrispondente tra le righe di assorbimento della nostra atmosfera e essa rivela la presenza di qualche gas o vapore che non esiste nell'atmosfera terrestre".

Un esame più minuzioso è stato fatto a tale riguardo da Vogel. Le sue ultime ricerche provano che la maggior parte delle righe dello spettro di Giove (e sono numerose) coincidono con quelle dello spettro solare. Una differenza degna di attenzione, tuttavia, si fa notare per la presenza di certe bande scure nella porzione meno riflettente, soprattutto nel rosso. Le altre righe estranee allo spettro solare coincidono con righe telluriche.

"Mentre si producono bande nelle parti meno rifrangibili. dice questo astronomo, le radiazioni più rifrangibili (blu e violette) subiscono un assorbimento uniforme. L'inviluppo gassoso che circonda Giove esercita quindi, sui raggi solari che lo attraversano, un'azione analoga a quella che produce la nostra atmosfera; da ciò ci è permesso concludere della presenza del vapore acqueo in quella di Giove. Questo spettro offre nel rosso una banda scura la cui lunghezza d'onda è di 618 milionesimi di millimetro. Non si può decidere se questa banda risulta dalla presenza di un corpo speciale che non si trova nella nostra atmosfera, o se i gas saranno mescolati in proporzioni diverse rispetto all'aria. È possibile che la composizione delle due atmosfere sia la stessa, ma che la loro azione sui raggi solari differisca in seguito alle condizioni di temperatura e pressione.

"Lo spettro delle bande scure si caratterizza soprattutto per un assorbimento uniforme molto marcato che subiscono i raggi blu e violetti. Non si vedono apparire in questi posti nuove bande di assorbimento, ma i raggi sono più marcati e larghi che altrove, ciò che prova nettamente che le *parti scure* della superficie di Giove *sono più profonde delle parti circostanti*. La luce solare penetra più profondamente in questi spazi nell'atmosfera del pianeta e vi subisce una alterazione maggiore.

"La colorazione giallastra del pianeta e in particolare il colore più pronunciato delle parti scure, si spiega con l'assorbimento uniforme che questa atmosfera esercita sui raggi blu e violetti.

Le bande bianche di Giove e le sue macchie bianche rappresentano certamente per noi le nubi più alte della sua atmosfera. Le regioni scure, generalmente di colore bruno marrone e qualche volta rosso, rappresentano, o il suolo del pianeta oppure gli strati inferiori dell'atmosfera. La differenza di livello è certamente considerevole tra le due: pertanto non sono mai riuscito a constatare, e nessun astronomo non lo ha mai osservato, che questa differenza di livello sia netta quando una macchia bianca arriva al bordo del disco.

Cosa sono le piccole macchie bianche rotonde che si vedono talvolta sulle bande scure? Sono dei cirri analoghi a quelli che si formano nelle alte regioni della nostra atmosfera? oppure indicano l'azione di vulcani posti sullo strato scuro e che lanciano verticalmente enormi getti di vapore? Li si è rivisti spesso negli stessi punti.

Il cono d'ombra che si estende dietro Giove, all'opposto del Sole, deve essere circondato da una penombra variabile, proveniente dall'atmosfera del pianeta, poiché talvolta i satelliti sono eclissati istantaneamente nel momento in cui penetrano in questo cono e divengono immediatamente invisibili, poi riprendono istantaneamente tutto il loro splendore quando ne escono; e talvolta al contrario, riappaiono solo lentamente e riprendono solo gradualmente la loro luminosità. Così, precisamente, mentre scrivo queste righe (1 giugno 1876, alle 9^h30^m di sera), il terzo satellite esce da un'eclissi e ha impiegato quasi tre minuti per riprendere la sua luminosità abituale: la progressione è stata molto evidente e singolarmente lenta. Io mi ricordo anche che il 30 gennaio 1874, il quarto ha impiegato 3^m30^s per eclissarsi e 10 minuti interi per riprendere il suo splendore.

Un gran numero di fatti provano questa penombra,

Il tempo che il satellite impiega a entrare nell'ombra e a uscirne dipende dalla velocità del suo moto e dalla direzione, così come dal diametro apparente del Sole; ma le differenze enormi osservate indicano inoltre l'esistenza di una penombra.

Lo spessore dell'atmosfera si constata d'altra parte con le ombre dei satelliti che cadono attraverso questa atmosfera. Ho notato che queste ombre sono allungate, quando non vediamo Giove di fronte, ma obliquamente, come se esse lasciassero il segno su una serie di nubi disposte su vari livelli su un grande spessore. Le osservazioni di M. Burton, a Dublino, confermano lo stesso fatto e hanno portato questo astronomo a calcolare lo spessore atmosferico che corrisponde a questo allungamento: egli ha trovato che l'atmosfera gioviana deve essere profonda circa 10 000 miglia, cioè 16 000 chilometri o 4000 leghe. Questo sarebbe più del decimo del diametro del pianeta, poiché questo è largo 35 000 leghe ed è sicuramente esagerato.

L'atmosfera di Giove deve essere nondimeno molto profonda e densa. Tutti gli osservatori hanno constatato che le bande scure o brillanti si indeboliscono notevolmente verso il bordo del disco. Beer e Mädler dicono, a proposito delle macchie che servirono loro nel 1834 e 1835 a misurare la durata della rotazione:

Le macchie di cui parliamo non poterono mai essere rincorse fino ai bordi, esse svanirono sempre 1^h27^m dopo il loro passaggio dal centro. Questo intervallo corrisponde a 52° o 55° di longitudine giovianica a partire dal centro. In una regione del globo dove l'indebolimento causato dall'atmosfera non raggiunge ancora il doppio del minimo, queste macchie erano già invisibili, e ciò si può spiegare solo ammettendo un'atmosfera molto densa attorno al pianeta.”

Questa atmosfera, tuttavia, non supera sensibilmente la superficie a noi visibile (la superficie nuvolosa); poiché, quando i satelliti passano dietro a Giove, essi sono occultati senza che si produca alcun fenomeno di rifrazione e passano settimane senza che si osservino queste occultazioni durante tutti i periodi di visibilità di Giove.

Le masse nuvolose che si vedono sul suo disco hanno una profondità paragonabile alla loro lunghezza e larghezza? Lo spessore delle nubi terrestri sarà assolutamente piccolo, vista la distanza di Giove. La larghezza del suo disco rappresenta 142 000 *km* e i suoi satelliti, che sono solo punti nei comuni strumenti, hanno al massimo un diametro di 3400 *km*. Si è stimato che le bande nuvolose di questo colossale pianeta devono avere più della ventesima parte del diametro del più piccolo satellite. Quale sarà la profondità di una tale atmosfera, nella quale fluttueranno nubi spesse 160 *km*!

Poiché confrontiamo Giove alla Terra, supponiamo, come base di ragionamento, che nella regione superiore degli strati nuvolosi che osserviamo, la pressione atmosferica sia uguale a quella della nostra atmosfera all'altezza di 10 *km* al di sopra del livello del mare, o circa un quarto della pressione al livello del mare. Sulla Terra, la pressione atmosferica diviene doppia quando si scende di 5600 *m*; ma la

gravità, su Giove, supera di due volte e mezza quella terrestre e, di conseguenza, una discesa di 2200 *m* attraverso l'atmosfera di Giove deve raddoppiare la pressione atmosferica. Ora 160 *km* contengono 71 volte il valore precedente: bisognerebbe quindi raddoppiare 71 volte la pressione atmosferica della regione superiore per ottenere quelle che, per uno spessore di 160 *km*, esisterebbe sulla superficie del globo. Il calcolo dà un valore favoloso composto di ventuno cifre e indica una pressione così enorme che l'aria dovrebbe essere liquida. La nostra aria atmosferica, la cui densità è uguale alla 900^a parte di quella dell'acqua, diverrebbe uguale alla densità dell'acqua e probabilmente liquida, se fosse compressa 900 volte e diverrebbe uguale alla densità del platino se fosse condensata 18 000 volte: in questo caso, non si avrebbe solo *aria liquida*, ma anche aria solida e anche dura come il metallo più denso. Ma siamo ancora lontani dal valore dato prima per la pressione atmosferica sulla superficie di Giove, poiché la densità dell'aria dovrebbe superare quella del platino di oltre 10 000 milioni di milioni di volte¹.

Una simile ipotesi è semplicemente assurda e ha solo lo scopo quello di indicare quali difficoltà si incontrano quando vogliamo stabilire una somiglianza tra lo stato di Giove e quello della Terra. Tuttavia, le basi del ragionamento non erano esagerate, poiché si supponeva: 1° che l'aria di Giove ha la stessa nostra composizione; 2° che la pressione atmosferica, nella regione superiore dei suoi strati nuvolosi, non è minore di quella che esiste alla massima altezza nostra; e 3° che la profondità della sua regione nuvolosa è di circa 160 *km*. Bisogna quindi ridurre enormemente queste condizioni. E pertanto, supponendo anche che lo spessore di questo involuppo sia la 6000^a parte del diametro del pianeta, cioè circa 22 *km*, avremo ancora una pressione da 200 a 300 atmosfere e certamente un'atmosfera come la nostra non resisterebbe e non rimarrebbe gassosa, a meno di supporre una temperatura estremamente elevata.

I ragionamenti esposti sulla possibilità dell'esistenza di un'atmosfera gassosa con alte pressioni presuppongono temperature ordinarie. Inoltre, alte temperature permetterebbero pressioni più considerevoli e, di conseguenza, una densità molto maggiore, senza liquefazione o solidificazione. E considerando gli effetti della pressione sui materiali di un globo solido, non basta supporre che la resistenza di questi materiali potrebbe proteggerli contro gli effetti di una tale compressione. Per esempio, una colonna di ferro di 30 *m* di altezza si auto sostiene senza che il suo peso produca alcun effetto molecolare osservabile alla sua base. Ma se noi immaginiamo una montagna cubica di ferro alta 30 *km*, la pressione che essa eserciterebbe sulla sua base sarà tale che questa base cesserà di essere solida per fondere e colare come l'acqua e la montagna si ridurrà finché il suo peso non si ridurrà al limite della pressione che il ferro può sopportare. Su Giove, una montagna diverrà plastica alla sua base ad un'altezza molto minore a causa della maggiore gravità.

Tuttavia, tra tutte queste condizioni, il globo di Giove è molto meno denso del globo terrestre, poiché la sua densità è solo un quarto di quella della Terra.

Tutte queste considerazioni provano che, mentre Marte, Venere e Mercurio, assomigliano più o meno al nostro pianeta, così non è per Giove. Là, i materiali costitutivi, lo stato molecolare fisico e chimico, le forze locali, l'elettricità, il calore, si trovano in condizioni diverse dai quattro mondi precedenti.

Si è creduto finora che la temperatura della superficie di Giove fosse inferiore a quella della nostra atmosfera, a causa della sua maggiore distanza dal Sole. L'esistenza del vapore acqueo che satura l'atmosfera gioviana e i movimenti formidabili che vediamo compiersi da qui, portano al contrario a pensare che Giove è più caldo della Terra².

¹Proctor: *Our place among Infinities*.

²È molto difficile rappresentarci le nuvole di Giove, poiché non devono necessariamente assomigliare alle nostre, né per la loro forma, né per la loro costituzione, né per la loro origine. Le zone bianche ci appaiono certamente essere strati nuvolosi riflettenti la luce solare e le macchie scure delle aperture attraverso questi strati di nubi. Noi possiamo ben immaginare che una vasta zona nuvolosa esista tutto attorno alla Terra, lungo uno stesso cerchio di latitudine, sebbene questo non sia mai successo e possiamo immaginare anche che una schiarita vi sia in questa zona nuvolosa in un certo punto e che vi rimanga per parecchie settimane. Ma ci apparirebbe del tutto inverosimile ammettere che questa schiarita possa viaggiare senza essere distrutta da una regione all'altra e dare regolarmente bel tempo, mentre le nubi persistono sulle regioni vicine. Ebbene, un tale fatto non è raro su Giove e si è verificato nel 1860, dove una schiarita di 16 000 *km* di lunghezza è rimasta immobile per cento giorni gioviani, poi si è allontanata con una velocità di 240 *km/h* proprio nella regione equatoriale, restando la

Le variazioni dovute all'azione del Sole non possono essere che estremamente lente. Non è più straordinario vedere una regione del mondo di Giove avere lo stesso aspetto nuvoloso per un anno intero che vedere sulla Terra lo stesso cielo coperto rimanere sulle nostre teste per un mese, come succede quasi ogni anno, in inverno, nei paesi del Nord. Ma non solo l'azione del Sole può produrre solo variazioni lente, ma che esse non possono che essere molto deboli, poiché Giove non ha stagioni e che, in tutta la lunghezza del suo anno, la sua variazione relativa di temperatura proveniente dal Sole non supera quella che riceviamo qui durante i quindici giorni che avvicinano all'equinozio di primavera e di autunno. Come questa azione così lenta e debole potrebbe produrre le prodigiose variazioni atmosferiche osservate su questo pianeta?

Ma se si suppone che questo globo emette ancora una certa quantità di calore, se questo calore è sufficiente a mantenere una resistenza effettiva contro la forza formidabile della gravità, i cambiamenti osservati ricevono una spiegazione facile. Enormi quantità di vapore si devono formare continuamente negli strati inferiori e condensarsi nelle regioni superiori, sia innalzandosi direttamente al di sopra della zona nella quale essi si originano, sia dirigendosi da nord a sud, seguendo i movimenti generali dell'atmosfera. Sebbene non possiamo indovinare perché la zona equatoriale o qualche altra regione varia di splendore e di colore, apparendo talvolta nuvoloso, talvolta trasparente e profonda, talvolta bianca, talvolta grigia, ci troviamo qui in un caso corrispondente a quello dell'interpretazione delle macchie solari. Non sappiamo perché queste macchie aumentano e diminuiscono durante un periodo di undici anni; ma ciò non ci impedisce di adottare taluna o tal'altra opinione sulla condizione dell'atmosfera solare in accordo con il modo di essere delle macchie.

Riassumendo, il regime meteorologico di Giove, come lo osserviamo dalla Terra, porta a concludere che l'atmosfera di questo pianeta subisce variazioni più considerevoli di quelle prodotte dalla sola azione del Sole; che questa atmosfera è molto spessa; che la sua pressione è enorme; e che la superficie del globo non appare giunta allo stato di fissità e di stabilità al quale la Terra è pervenuta oggi. È probabile che, sebbene nato prima della Terra, questo globo abbia conservato il suo calore originario molto più a lungo, in virtù del suo volume e della sua massa. Questo calore che Giove sembra possedere ancora è così elevato da impedire ogni manifestazione vitale e la sua condizione attuale di sole non luminoso, ma di sole oscuro e ardente, completamente liquido o appena ricoperto da una prima crosta raffreddata, come la Terra lo è stata prima dell'inizio della comparsa della vita alla sua superficie? Oppure questo colossale pianeta si trova nello stato di temperatura per la quale il nostro mondo è passato durante il *periodo primario delle sue epoche geologiche*, dove la vita iniziava a manifestarsi in forme strane, in esseri vegetali e animali di una sorprendente vitalità, tra convulsioni e tempeste di un mondo nascente? Quest'ultima conclusione è la più razionale che possiamo trarre dalla discussione precedente, tratta senza alcuna idea preconcepita, dalle osservazioni più recenti e più precise alle quali dobbiamo la conoscenza dello stato attuale di questo vasto mondo.

Capitolo 43

Gli abitanti di Giove

Le epoche della Natura - Abitabilità successiva dei mondi - Il mondo eterno - Un soggiorno su Giove - Il cielo e la Terra visti da questo mondo

Abbiamo esposto e discusso con sincerità tutti i dati che l'astronomia di osservazione ci fornisce attualmente sul mondo di Giove, senza preoccuparci di far concordare questi fatti con la nostra convinzione dell'esistenza della vita sui mondi diversi dal nostro e, soprattutto, senza nulla modificare, senza nulla dissimulare, anche nel caso in cui le osservazioni appaiono piuttosto contrarie che favorevoli alla nostra dottrina. Abbiamo agito così per due ragioni: la prima per rispetto *ai fatti*, che bisogna sempre stabilire e riconoscere prima di tutto, poiché questi sono testimonianze della realtà e non per nascondere o truffare, come è stato fatto troppo spesso nella storia delle religioni e anche nella storia delle scienze; la seconda ragione che ci ha sempre comandato la sincerità, indipendentemente dal sentimento naturale che l'ispira, è la fiducia assoluta che la dottrina della vita universale ed eterna non ha assolutamente nulla da temere da tutti i fatti di dettaglio, nemmeno anche da tutte le contraddizioni apparenti. Queste contraddizioni servono al contrario ad ampliare questa dottrina e a sviluppare le nostre idee fino alle proporzioni extra-terrestri, che non immagineremmo se i pianeti fossero tutti identici a quello che abitiamo.

È con piacere che durante le nostre notti trasparenti e silenziose osservo da lontano questo globo gigantesco di Giove, cercando di cogliere ogni testimonianza di movimento e di attività che avviene nella sua immensa atmosfera. Quando anche questa atmosfera si mostra sovraccarica di nubi i cui strati si succedono impietosamente e circondano tutto il pianeta con un velo impenetrabile; quando le sue variazioni di aspetto e di colore mi invitano a considerare questo astro come ancora forse dotato di un calore troppo elevato per permettere l'esistenza di organismi analoghi a quelli che conosciamo; ebbene, sempre i miei occhi si attaccano con interesse ai dettagli che il telescopio rivela e sempre il mio animo prende il volo in quel raggio di luce e posa le proprie ali su questo globo, come se potesse già abitarlo e viverci, cullato e incantato tra curiosità accattivanti di un mondo nuovo, potente e magnifico.

Ci sarà un tempo nel quale l'umanità arriverà su Giove? Il quadrante dei cieli è eterno e l'ago inesorabile e che lentamente segna i destini ruoterà sempre. Noi diciamo *oggi o domani*; per la Natura, è sempre *oggi*. Deboli mortali come siamo, riferiamo tutto alla nostra misera misura. Così, per esempio, sono nato su questo pianeta nel 1842 e lo lascerò probabilmente prima della fine del secolo: le cose che si sono succedute in Europa durante la Rivoluzione francese, oppure ai tempi di Luigi XIV, di Enrico IV, di Filippo-Augusto, di Carlomagno, dei Merovingi, dei Romani, di Vespasiano o di Giulio Cesare, mi appaiono sprofondati nella notte del passato; e quando la mia anima vibra per i sentimenti dei grandi progressi che si sono compiuti nelle scienze e vede camminare insieme in una stessa ascensione verso la luce: il telegrafo, il vapore,

l'aerostazione, la fotografia del Sole e delle stelle, l'analisi chimica degli astri, la misura del cielo, la conquista dell'infinito! io rimpiango talvolta di essere nato troppo presto e vorrei avere solo vent'anni..., che dico anni..., o anche non essere e nato e venire al mondo solo nel prossimo secolo, che sarà così meraviglioso. Ma la Terra gira, noi invecchiamo tutti, le generazioni si susseguono, crescono, si invertono, la marea sale, sale sempre, poi ricade; nasce un bambino al secondo sulla superficie del nostro piccolo globo ruotante e anche a ogni secondo un'anima lascia il suo corpo terrestre e rientra nella vita celeste e per ognuno di noi domani non è mai arrivato. Ma, alla fine della vita, gli anni passati non appaiono poi così lunghi e come gli alberi di un viale che prospettiva restringe, essi si uniscono e si confondono tra loro. Ma per la Natura il passato non è diverso dall'avvenire; gli avvenimenti hanno sempre lo stesso valore relativo e una giornata terrestre si compie dai tempi di Romolo o di Erode con la stessa durata del giorno presente. Questa giornata dura sempre, grazie alla trasmissione successiva della luce e non la vede sempre di una certa sfera dello spazio. Noi non vediamo alcuna stella nel suo stato attuale, poiché la luce che ci arriva non è istantanea, ma impiega un certo tempo per attraversare lo spazio che ci separa. La luce impiegando otto minuti per venire dal Sole alla Terra, quando una conflagrazione istantanea si produce in un punto della superficie solare, non la vediamo nel momento in cui avviene, ma otto minuti dopo, poiché l'onda luminosa ha impiegato tutto questo tempo per giungere fino a noi; così come un suono ci arriva dopo un tempo che è stato prodotto in base alla lontananza dalla sua causa. Il pianeta Nettuno essendo trenta volte più lontano di noi dal Sole, quando lo osserviamo, non lo vediamo come è in quel momento, ma così come era nel momento in cui è partita l'immagine luminosa che ci perviene, cioè quattro ore prima: se gli succede qualcosa in questo momento, noi la vedremo solo dopo quattro ore. La distanza che ci separa dalle stelle è così grande, che il raggio luminoso impiega anni interi ad percorrerla. Vediamo ora quella stella nella condizione in cui era dieci anni fa, o un'altra cinquant'anni fa; o cento anni o mille anni fa. Pertanto, allontanandosi dalla Terra alla distanza alla quale la luce riflessa dal nostro pianeta nello spazio impiega un'ora per arrivare, si ricevono gli avvenimenti terrestri con un ritardo di un'ora; se ci si colloca alla distanza dove questa luce arriva dopo un giorno, il ritardo è di ventiquattro ore; più lontano, è di un anno; più lontano, di dieci anni, di cinquant'anni, di cento anni, di mille anni, ecc.¹.

Noi non vediamo l'Universo come esso è, né come è mai stato simultaneamente in un'epoca qualsiasi; ma lo vediamo *nello stesso tempo* come le sue diverse parti sono *state in epoche diverse*. Vediamo il nostro sistema planetario come è quest'anno, il sistema di Sirio come era 22 anni fa, la stella polare come era 50 anni fa, Capella come era 72 anni fa, Rigel come era parecchie migliaia di anni fa, una nebulosa come era 100 000 anni fa, un'altra come era un milione di anni fa: le differenze nelle distanze che ci separano dagli astri fanno sì che i raggi luminosi che riceviamo nello stesso tempo sono partiti in epoche diverse e ci mostrano non una situazione simultanea delle diverse regioni della creazione, ma condizioni successive che vediamo simultaneamente per caso. In altri punti dello spazio, si vedono altre epoche. Nell'infinito dello spazio, tutto ciò che passa è ancora presente e gli astri morti brillano sempre.

¹Basta supporre una vista, spirituale o corporale, capace di vedere a simili distanze la superficie della Terra, perché si possa seguire questo fatto strano e reale che una giornata del tempo di Erode potrebbe ancora essere vista, allontanandosi assai lontano nello spazio; che i raggi di luce riflessi incessantemente dalla Terra portano con loro l'immagine successiva di tutti gli istanti del nostro pianeta; e che questi raggi, sebbene si indeboliscano con il quadrato della distanza, non sono mai distrutti: di modo che per l'etere infinito attraversato dalle onde luminose, o per Dio, che riempie l'infinito, milioni di schiavi sono sempre visibili in Egitto, che costruiscono le piramidi; Semiramide si sposta sempre su un carro nei giardini pensili di Babilonia; le truppe umane di Serse e di Alessandro attraversano sempre i deserti dell'Asia; Numa Pompilio passeggia sempre tra i boschi della ninfa Egeria; Gesù spira sempre sulla croce sul Golgota; Carlo Martello scaccia sempre i Saraceni; Copernico contempla sempre il cielo dal giardino del suo presbiterio a Thorn; i roghi dell'Inquisizione sono sempre accesi in Spagna; Napoleone è sempre a Waterloo; la primavera dell'anno 1876, in cui scrivo queste righe, è iscritta con caratteri indelebili nei raggi della luce. (Vedere la nostra opera, *Récits de l'Infini: Lumen*, storia di un'anima).

Non parliamo più quindi di ieri né di domani. Per i nostri successori sulla scena del mondo terrestre, il nostro XIX secolo, attuale per noi, sprofonderà, come il XVIII, come il XVII, come il XVI. come il medio evo, come l'antichità, nella notte del passato: la nostra intera vita attuale è solo una piccola increspatura sulla fronte di un'onda, persa nei flutti dell'oceano degli anni. Verrà il tempo in cui il pastore errante sulle rive della Senna cercherà il posto in cui Parigi ha brillato e affascinato il mondo con il suo splendore. Cercate il posto di Babilonia, di Tebe, di Menfi, di Ninive e di tante altre capitali sepolte al giorno d'oggi nell'oblio e perse sotto la polvere dei secoli trascorsi!

Che Giove sia attualmente abitato, che lo sia stato ieri, che lo sarà domani, poco importa alla grande, all'eterna filosofia della Natura! La vita è lo scopo della sua formazione, come lo è stato per la Terra. Tutto è là. Il momento, l'ora non contano.

Senza dubbio, questo bel pianeta potrebbe essere ora abitato da esseri diversi da noi, viventi forse allo stato aereo, nelle alte regioni della sua atmosfera, al di sopra delle nebbie e dei vapori degli strati inferiori, si nutrono di fluidi gassosi, si riposano sul vento come l'aquila nella tempesta e risiedono sempre nelle alte zone del cielo gioviano. Questo non sarebbe un luogo sgradevole, sebbene sia antiterrestre (questo sarebbe il luogo dell'antico Giove Olimpo e della sua graziosa corte). Ma se non vogliamo nella nostra concezione della vita allontanarci troppo dai margini della culla terrestre, nulla ci impedisce di attendere che il pianeta si raffreddi, come il nostro e goda di un'atmosfera epurata che possa essere assimilata alla Terra. E quale mondo sarebbe meglio preparato per essere la sede di una vita superiore? È il globo preponderante di tutta la famiglia solare, con la superficie più grande, la massa più importante, il meglio favorito per la posizione del suo asse, il più armonioso nel suo cammino, ricco di quattro satelliti e regnate come un capo tra le orbite planetarie. Quali meravigliose condizioni sono preparate in questo luogo per lo sviluppo della vita, dell'intelligenza e del benessere! Ah, quanto una tale umanità sarà superiore alla nostra!... Felici località di Giove! Voi non conoscete questi tormenti e questi dolori sotto i quali tremano ancora le sfortunate regioni della nostra Terra! voi non sarete arrossati dal sangue dei martiri versato tante volte nel nome di tanti dei contraddittori! voi non porterete tumultuosi eserciti di fratelli che si sgozzano periodicamente agli ordini di qualche infame potentato! voi non sarete insozzati dai crimini della fame, dell'ambizione o dell'orgoglio commessi ogni giorno da noi! Ma voi preparate nel cielo gli Stati Uniti di una repubblica immensa benedetta dal Creatore, fluttuante pacificamente nell'etere luminoso, bagnata nelle tiepida temperatura di un'eterna primavera, senza inverni ed estati e che cresce lentamente in pace e in armonia verso uno stato di perfezione che non avvicinerà mai il nostro imperfetto e miserabile pianeta.

Noi dobbiamo considerare gli abitanti di Giove senza preoccuparci della loro epoca; che siano prima di noi, nostri contemporanei, o che nascano dopo la nostra morte, è una questione di interesse secondario. Esaminiamo quindi il mondo di Giove come luogo per abitare, senza preoccuparci della data nella quale si applicheranno le nostre considerazioni e parliamo al presente, poiché per la Natura esiste solo il presente.

Notiamo dapprima che questi esseri sono più pesanti di noi; poiché l'attrazione di questo globo è più di due volte quella del nostro: la caduta dei corpi è di 12 *m* nel primo secondo (invece di 4^{*m*}, 90); 1 *kg* ne pesa 2,5 e un uomo del peso di 70 *kg* ne pesa 174 su questo mondo. Tuttavia gli organismi sono composti di sostanze di bassa densità e, d'altra parte, l'atmosfera è e rimarrà molto densa. Da ciò risulta che le specie viventi della zoologia gioviana sono necessariamente senza analogie con le nostre.

L'anno di Giove si compone di 10455 giorni di 9^{*h*} 55^{*m*} ciascuno. Vi è un calendario assai diverso da quello cristiano. Non si conosce né i nostri giorni, né le nostre settimane, né i nostri mesi, né i nostri anni. Il tempo è diviso in modo del tutto diverso. La giornata, in particolare, è due volte e mezza più corta della nostra, mentre l'anno è quasi dodici volte più lungo. Invece di un satellite che consente la divisione del tempo per mesi di trenta giorni, Giove ne ha quattro

che gli offrono quattro misure differenti, ma tutte molto rapide. Poiché la rivoluzione del primo satellite dura solo un giorno terrestre e 18 ore, cioè quattro giorni gioviani soltanto, durante i quali si manifestano tutte le sue fasi: un quarto per giorno; la rivoluzione del secondo satellite dura 8 giorni e mezzo di Giove; è un secondo tipo di mese e di fasi; il terzo percorre la sua orbita in 17 giorni gioviani, producendo così una terza specie di mese e di fasi; infine, il quarto compie la sua rivoluzione in 40 giorni gioviani: quarta specie di mese. Ecco sicuramente una singolare cronologia!

Noi continuiamo ad associare la Terra agli spettacoli interessanti del cielo, come abbiamo fatto per l'immagine dell'Universo presa dalla Luna, da Marte, da Venere e da Mercurio, sebbene già, alla distanza di Giove, il nostro pianeta comincia a perdere molto del suo interesse relativo: malgrado noi, ci resta sempre qualche simpatia patriottica per questo mondo in cui siamo nati e amiamo sapere quale effetto esso produce vista da altre navi celesti.

CAMBIAMENTI OSSERVATI SU GIOVE

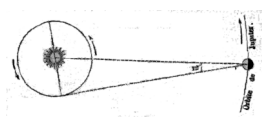


Fig. 76. Relazione tra l'orbita di Giove e quella della Terra.

La Terra, vista da Giove è un punto luminoso oscillante nelle vicinanze del Sole, dal quale non si allontana più di 12° , cioè a più di 24 volte il diametro sotto il quale noi vediamo questo astro. Essa può quindi essere osservata solo la sera o al mattino, come Mercurio per noi, e meno ancora, molto difficilmente visibile ad occhio nudo, ma che offre con gli strumenti ottici l'aspetto della Luna in quadratura.

Si scorgerà esattamente la relazione che esiste tra la posizione di Giove e l'orbita terrestre esaminando la figura 76, costruita geometricamente con la scala si 3 mm per 10 milioni di leghe. La Terra si scosta dal Sole solo di 12° . Venere che se ne allontana di 8° , deve essere invisibile e Mercurio, la cui massima elongazione è di $4^\circ 16'$ vi è completamente sconosciuto. Marte, al contrario, se ne allontana fino a 17° ed è meglio visibile della Terra. L'arco dell'orbita di Giove disegnata su questa piccola figura rappresenta il cammino percorso da questo mondo durante un anno terrestre.

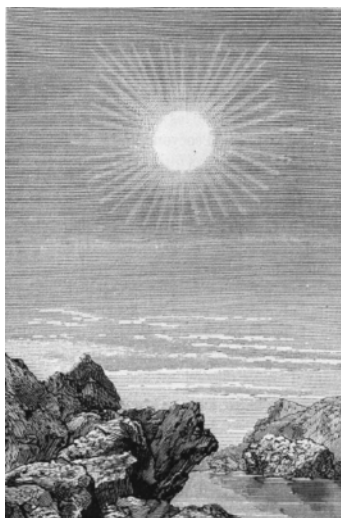


Fig. 77. La Terra vista da Giove.

Se gli astronomi gioviani osservano il sole con attenzione, è nei passaggi davanti ad esso del nostro piccolo globo che per loro sarà più facile scoprire la nostra presenza, come potremmo

fare noi con un pianeta intra-mercuriale. È quanto rappresenta la nostra figura 77, sulla quale la Terra è solo un *piccolo punto nero davanti al Sole*. Così saremmo visti da là.

Di notte, lo spettacolo del cielo visto da Giove è lo stesso di quello che vediamo dalla Terra, quanto alle costellazioni. La brillano, come qui, Orione, la grande Orsa, Pegaso, Andromeda, i Gemelli e tutte le altre costellazioni, così come i diamanti del nostro cielo: Sirio, Vega, Capella, Procione, Rigel e i loro rivali. Le 195 milioni di leghe che ci separano da Giove non cambiano nulla della prospettiva celeste.

Ma la velocità di rotazione produce un differenza ben maggiore che qui tra il moto delle stelle vicine all'equatore e quello delle stelle che circondano il polo: le prime e lo zodiaco si muovono con una rapidità facile da seguire ad occhio nudo. Il polo nord di Giove arriva nel cuore del Dragone: è là che si trova la stella polare di questo mondo; il polo sud punta verso la grande nube di Magellano.

Di giorno, l'aspetto del cielo è assolutamente diverso dal nostro, non solo perché l'atmosfera non ha lo stesso colore né la stessa composizione di quella terrestre, ma anche perché il Sole ha un diametro 5 volte più piccolo che visto da qui, e 27 volte più piccolo nella sua superficie e poiché si sposta molto più velocemente nel suo cammino diurno apparente. Questo movimento è facile da seguire e si vede pure spostarsi ad occhio nudo l'ombra di un quadrante solare. Infatti, il Sole impiega solo cinque ore tra l'alba e il tramonto, cioè percorre circa 6° in dieci minuti. È uno spazio uguale al diametro del nostro Sole percorso in 50 secondi; questo astro si sposta del suo stesso diametro in 10 secondi. Quale rapidità!

Ma la caratteristica più curiosa del cielo di Giove, è senza dubbio lo spettacolo della sue quattro lune, che offrono ciascuna un movimento diverso. La più vicina corre nel firmamento gioviano con una velocità di 8° per ora; quella della nostra luna sarebbe simile se si muovesse in uno spazio uguale al suo diametro apparente in meno di quattro minuti: essa potrebbe allora essere la lancetta di un gigantesco orologio celeste.

La posizione di queste quattro lune nel piano dell'equatore fa sì che esse producono quasi tutti i giorni eclissi totali del sole per gli abitanti delle regioni equatoriali. Il cono d'ombra che Giove proietta dietro di sé misura in lunghezza 13780 volte il diametro della Terra. Le tre lune interne non passano mai dietro il pianeta senza attraversare quest'ombra immensa: esse sono, di conseguenza, eclissate a ogni rivoluzione, proprio ai tempi in cui esse si mostrano nella loro interezza. La quarta soltanto mostra la fase piena.

Questa circostanze, unita alla rapida rivoluzione delle lune, devono procurare ai popoli di Giove un insieme di fenomeni celesti molto vari e complicare estremamente la loro cronologia. Un'eclissi totale della prima luna si ha ogni 12 ore terrestri o ogni 4 giorni gioviani e per un tempo considerevole, sia prima, sia dopo gli equinozi, un'eclissi totale o parziale di sole si alterna con esso a intervalli di 21 ore terrestri, o 2 giorni gioviani. Lo stesso fatto avviene per il secondo satellite, a intervalli di 8 giorni gioviani e mezzo; per il terzo, in periodi di 17 giorni; e per il quarto, ogni 40 giorni. Ci si può immaginare senza difficoltà tutti gli interessanti fenomeni notturni che si manifestano agli abitanti di Giove, quando le diverse dimensioni di queste quattro lune si uniscono alla rapida successione delle loro fasi.

I movimenti dei primi tre satelliti sono ordinati in modo tale che mai essi possono a loro volta trovarsi dalla stessa parte del pianeta; quando uno manca nel firmamento gioviano, uno almeno degli altri deve brillare. Le notti, di conseguenza, hanno sempre un chiaro di luna e sono spesso illuminate a loro volta da tre lune di grandezze e fasi diverse.

Tuttavia questi astri non danno a Giove tutta la luce che si attribuisce loro generalmente nei trattati di astronomia.

Potremmo credere, infatti, come si è scritto così spesso, che queste quattro lune illuminino le sue notti quattro volte meglio della nostra luna e che esse suppliscano in qualche modo alla poca luce ricevuta dal Sole. Ma le loro distanze sono tali che le tre più lontane appaiono molto più piccole di quanto ci appare la nostra Luna: il satellite presenta un diametro un poco più grande della Luna quando è all'orizzonte e di un quinto più largo quando è allo zenit: il diametro della quarta è solo il quarto e una superficie di circa un quattordicesimo. Quando i quattro satelliti sono visibili, essi

coprono, è vero, una estensione del cielo molto più grande della nostra luna; ma essi riflettono la luce di un sole 27 volte più piccolo del nostro: in definitiva, la luce totale riflessa è uguale solo a un sesto di quella della nostra luna piena, supponendo ancora il suolo di questi satelliti chiaro, cosa che non sembra vera, soprattutto per il quarto. Così, in definitiva, le quattro lune di Giove non restituiscono ai loro abitanti tutto il servizio che si potrebbe immaginare.

Ma si deve aggiungere un'ultima osservazione: il nervo ottico di questi esseri sconosciuti essendosi formato e sviluppato in una luce con una intensità 27 volte più debole che da noi, deve essere più sensibile del nostro nella stessa proporzione ed è naturale pensare che gli abitanti di Giove devono vedere "assai chiaro". La nostra organizzazione terrestre non deve essere considerata come tipica, poiché essa è semplicemente relativa al nostro pianeta. Ogni pianeta ha la propria organizzazione nelle sue condizioni speciali. Se gli occhi degli abitanti di Giove sono 27 volte più sensibili dei nostri, il loro sole è pure abbagliante, così luminoso per essi come il nostro per noi e non bisogna diminuire di 27 volte la luminosità dei satelliti per valutare il loro effetto sud di essi. In realtà, quindi, l'insieme delle lune dà loro un massimo di luce contata integralmente dall'estensione della loro superficie riflettente e che, di conseguenza, supera della metà quella che la luna piena ci invia.

Questo è il mondo di Giove dal doppio punto di vista della sua organizzazione vitale e dello spettacolo della natura vista da questo immenso osservatorio. Ma ci dobbiamo rivolgere la stessa domanda per i quattro globi che formano il suo magnifico sistema?

Capitolo 44

I satelliti di Giove

La vita alla loro superficie

Abbiamo già visto nei capitoli precedenti che il globo colossale di Giove è accompagnato da un bel sistema di quattro satelliti di guardia attorno ad esso. La prima volta che la curiosità scientifica diresse il cannocchiale di Galileo verso il brillante pianeta, il fortunato osservatore dei misteri celesti ebbe la gioia di scoprire questi quattro piccoli mondi, che egli prese dapprima per stelle, ma che riconobbe velocemente come appartenenti allo stesso Giove. Egli li vide alternativamente avvicinarsi, poi allontanarsi dal pianeta, passare dietro, poi davanti ad esso, oscillare alla sua destra e alla sua sinistra, a distanze limitate e sempre le stesse. Galileo non tardò a concludere che questi erano corpi che ruotavano attorno a Giove su quattro orbite diverse, formando in qualche modo una miniatura del sistema solare. Questi corpi appartengono a Giove come la Luna appartiene alla Terra: è un sistema di quattro lune che lo accompagna nel suo cammino attorno al Sole.

Il satellite più vicino al pianeta ruota alla distanza di 430 000 *km* o 107 500 leghe, il secondo alla distanza di 170 500 leghe, il terzo alla distanza di 270 000 e il quarto seguendo un'orbita tracciata a 478 500 leghe dallo stesso centro.

Visti con un comune cannocchiale, essi appaiono come piccole stelle disposte secondo una linea condotta dal centro del pianeta, quasi parallela alle bande e nel prolungamento dell'equatore.



Fig. 78. Giove e i suoi quattro satelliti.

L'intero sistema è compreso entro una superficie visuale di circa i due terzi del diametro apparente della Luna terrestre. Se, quindi, si sovrapponesse il disco della Luna a quello di Giove, non solo tutti i satelliti gioviani risulterebbero coperti, ma quello tra di essi che è più lontano dal pianeta non avvicinerebbe il bordo della Luna per più di un sesto del suo diametro apparente.

Le configurazioni diverse e sempre cambianti di questi quattro globi nel cielo di Giove devono offrire un curioso spettacolo. Già noi rivediamo simpaticamente nel cuore del profondo silenzio della notte, quando il nostro pallido Febo versa dall'alto dell'immensità la sua dolce e fredda luce e nella nostra anima discende lentamente l'influsso poetico della sua celeste luminosità! Cosa succederebbe se in questo stesso cielo numerose lune unissero le loro luminosità, scivolando in

silenzio nelle lande eteree, eclissando di volta in volta le costellazioni lontane che si perdono sullo sfondo della notte infinita?

Questi quattro satelliti ruotano attorno a Giove secondo le orbite rappresentate dalla nostra figura 79 alle distanze che si vedono nella piccola tabella seguente. Importa solo che il lettore sappia che il piano di queste orbite non è perpendicolare al nostro raggio visuale, cioè non li vediamo ruotare di fronte; al contrario, questo piano, come l'equatore di Giove, è steso sull'eclittica (piano nel quale siamo), di modo che per noi essi non fanno che oscillare alla destra e alla sinistra di Giove: non li vediamo mai al di sopra o al di sotto. È come se, per guardare la figura precedente, ponessimo questa pagina non di fronte, ma disposta secondo il nostro raggio visuale e vista di taglio.

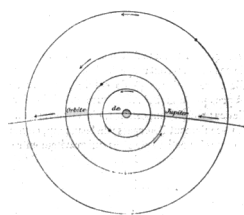


Fig. 79. Il sistema di Giove.

Ecco gli elementi astronomici e le relazioni che questi quattro satelliti offrono con il loro mondo centrale:

		DISTANZA DAL CENTRO DI ♃		DURATA DELLE RIVOLUZIONI		DIAMETRO		
		in raggi di ♃	in km.	in giorni terrestri	in giorni gioviani	apparente	♁	in
I.	Io	6049	430000	$1^d 18^h 27^m 33^s$	4,2	1,02	0,32	3
II.	Europa	9623	682000	3 13 14 36	8,6	0,91	0,27	3
III.	Ganimede	15350	1808000	7 3 42 33	17,3	1,49	0,47	5
IV.	Callisto	29998	1914000	16 16 31 50	40,4	1,27	0,33	4

Si vede che vi è lassù una bella famiglia. Le dimensioni di questi mondi sono rispettabili. Il III (Ganimede) ha un diametro uguale ai $\frac{47}{100}$ di quello della Terra, cioè quasi la metà: misura 5800 km o 1450 leghe: come importanza, è un vero pianeta. Non solo supera di molto, come i suoi fratelli, tutti i piccoli pianeti che gravitano tra Marte e Giove, ma anche *supera quasi del doppio il volume di Mercurio* ed eguaglia i due terzi di quello di Marte. È cinque volte più grosso della nostra Luna. Regnare su un tale mondo non sarebbe un'ambizione da disdegnare per un Cesare o Napoleone.

Per la prima volta, abbiamo fatto posto a questi satelliti su una tabella che rappresenta le dimensioni dei diversi mondi del nostro sistema (fig. 80). Vi si noterà Ganimede e Titano (del sistema di Saturno): essi meritano bene questo onore e si vede che essi non fanno una mediocre figura a fianco dei piccoli dischi di Vesta, della Luna, di Mercurio e di Marte.

Esaminando la piccola tabella precedente, non si è colpiti da un fatto alquanto significativo: che la velocità con la quale questi mondi ruotano attorno a Giove? Io compie la sua rivoluzione in $42^h 27^m$ e la sua orbita, avendo un raggio di $430\,000\text{ km}$, è lunga $2\,702\,000\text{ km}$. La sua velocità è pertanto di 1060 km/min o 17670 m/s !

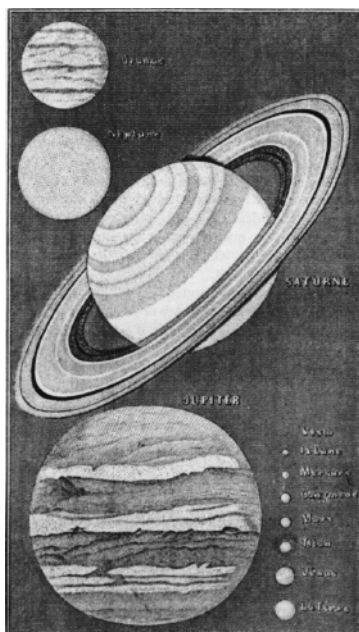


Fig. 80. Confronto tra le grandezze dei diversi mondi del sistema solare

Questi mondi sono abitati?

Abbiamo avuto finora l'abitudine di assimilarli alla Luna, che non *sembra* abitata; ci si è accertati che, come essa, anch'essi sono altrettanti globi inerti, deserti, invariabili, privi di aria e di acqua, fluttuanti nello spazio come spettri scaricati addormentati nell'ultimo sonno. Tuttavia, non abbiamo alcun motivo per ammettere che questi quattro mondi assomiglino in qualche modo al nostro satellite e ancora meno per privare della vita tutti i satelliti.

Per una decina di anni ho voluto controllare queste idee con l'osservazione diretta e mi sono dato, - non la pena, - ma il piacere di esaminare attentamente questi astri il più spesso possibile. Mi sono servito per questo di un telescopio di 20 *cm* di diametro e di ingrandimento variabile da 100 fino a 400 volte, secondo le condizioni dell'atmosfera. Il risultato di queste numerose osservazioni è stato che questi quattro mondi sono molto lontani dall'essere invariabili, come la nostra Luna, ma subiscono, al contrario, variazioni talvolta considerevoli, e portano alla conclusione che essi sono circondati da atmosfere e spesso ricoperti di nuvole.

L'allontanamento enorme da Giove fa sì che questi astri sono eccessivamente piccoli, anche visti con forti ingrandimenti e, per prendere un confronto familiare, sono paragonabili per la loro esiguità a delle capocchie di spillo. Si distingue la loro superficie solo quando passano davanti al pianeta; quando sono di lato, appaiono semplici punti luminosi sullo sfondo nero del cielo.

Per sapere se essi variano in luminosità e in quali proporzioni, ho esaminato ogni sera osservazioni della loro luminosità relativa, soprattutto durante gli anni 1873, 1874, 1875 e 1876. Siccome le differenze sono spesso piccole e senza essere influenzati da idee preconcepite, le ho annotate senza sapere a quale satellite si riferissero e senza preoccuparmi di identificarli, perché lo scopo era solo la loro osservazione¹.

Numerosi fatti interessanti compaiono dal confronto di queste osservazioni. La prima è che la natura intrinseca di questi quattro mondi non è la stessa e che la superficie riflettente è molto diversa per ognuno di essi. Ponendole le *dimensioni* in ordine decrescente si ha: II, IV, I, II. Talvolta il primo è apparso più piccolo del secondo.

Per quanto riguarda la *luce intrinseca*, a superficie uguale, abbiamo I, II, III, IV. Qualche volta il secondo è apparso un poco più luminoso del primo.

Per la *variabilità*, l'ordine decrescente è IV, I, II, III.

¹Si troveranno i dettagli di queste osservazioni nei *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, e nel libro VII dei mie *Etudes sur l'Astronomie*, 1876.

Queste osservazioni provano che i quattro satelliti di Giove variano in luminosità da un giorno all'altro. Il IV è quello le cui variazioni sono più forti: esso oscilla dalla 6^a fino alla 10^a grandezza. Siccome le sue fasi non sono osservabili viste da Terra, ne concludiamo che la sua costituzione fisica è assolutamente diversa da quella della Luna. Vi è una probabilità a favore dell'ipotesi che egli ruoti, come la Luna, presentando sempre la stessa faccia al pianeta. Ma questa ipotesi non rende conto di tutte le variazioni osservate e questo piccolo mondo sembra subire diverse rivoluzioni atmosferiche.

Un'osservazione rara mi ha confermato nelle conclusioni precedenti sull'esistenza di un'atmosfera attorno a questi globi.

Il 25 marzo 1874, vidi due satelliti (il II e il III) passare davanti al pianeta: il II era bianco e il III era grigio scuro; l'ombra del II era grigia e quella del III nera. A cosa erano dovute queste differenze che ho osservato e disegnato per due ore? La migliore spiegazione è ammettere che questi globi sono circondati da atmosfere variabili. I loro dischi varierebbero in luminosità secondo la quantità di nuvole che occupano queste atmosfere; quando l'emisfero ruotato dal nostro lato sarà puro, apparirà più scuro di quando sarà ricoperto da nubi bianche. Queste stessa atmosfera produrrà talvolta penombre che rendono grigia l'ombra dei satelliti.

Il IV satellite è particolarmente degno di attenzione. Non solo subisce enormi fluttuazioni in luminosità, non solo appare qualche volta assolutamente nero durante i suoi passaggi davanti al pianeta, ma a volte cessa anche di apparire rotondo per offrire una figura poliedrica.

Così, per esempio, il 30 dicembre 1871, l'astronomo inglese Burton, che l'aveva osservato una volta o due come singolarmente scuro e bordato a sud da una falce brillante, lo trovò del tutto rotondo. L'8 aprile 1872, lo trovò, al contrario, allungato nel senso delle bande di Giove e più aguzzo dal lato est che da quello ovest: era quasi interamente *nero*. M. Erck fece la stessa osservazioni. Il 4 febbraio 1872, apparve ancora allungato nella direzione delle bande e grigio scuro, mentre la sua ombra era rotonda e nera. Il 26 marzo 1873, era molto scuro, ma più chiaro dell'ombra e offriva una forma poliedrica.

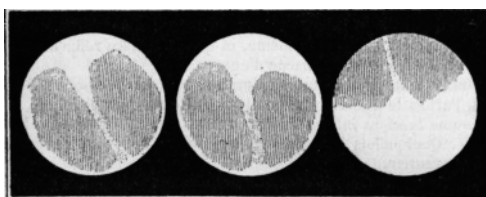


Fig. 81. Vedute osservate sul III satellite di Giove

Lo stesso giorno, alla stessa ora, un altro astronomo M. W. Roberts, osservò e fu colpito dall'oscurità di questo satellite e della sua forma. Lo disegnò pure. Non è esattamente la forma vista dall'osservatore precedente, ma essa concorda tuttavia per questo fatto decisivo che il lato orientale del satellite era più aguzzo di quello occidentale. Due osservatori hanno fatto nello stesso tempo un disegno, ognuno del loro lato e questi due disegni erano in perfetto accordo.

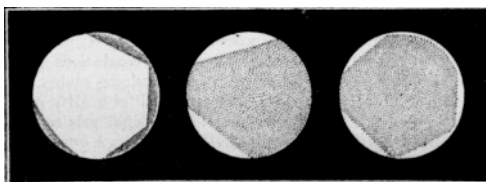


Fig. 82. Vedute osservate sul IV satellite di Giove.

Le nostre figure 81 e 82 rappresentano questi differenti aspetti osservati sul III e IV satellite di Giove. La prima offre tre disegni telescopici fatti da Dawes l'11 febbraio 1849, 31 gennaio 1860 e agosto 1867 (vi sono oceani?). La seconda riproduce i tre disegni del IV satellite, di cui abbiamo parlato: 8 aprile, 4 febbraio e 26 marzo 1873.

Così sono questi quattro mondi. si vede che il loro studio è lontano dall'essere insignificante come si potrebbe superficialmente supporre.

Ci è impossibile immaginare che l'esistenza degli astri possa avere un altro scopo se non quello di ricevere o dare la vita. La *vita*, questo è il grande scopo che vediamo brillare nei destini della creazione. Il contrario dell'assenza della vita è sinonimo per noi di morte o di nulla. La nostra logica si rifiuta di credere che i milioni di soli che brillano nell'infinito non servano a nulla, non illuminano, non riscaldano e non governano nulla; e se servono a qualcosa, questo "qualcosa", per noi, è la vita, quale essa sia, dal filo d'erba più semplice fino alla mente più superiore, più istruita e più potente.

Questa affermazione che la nostra logica ci impone, è anche quella della Natura, la cui fecondità infinita ha seminato la vita attorno a noi su tutti i punti in grado di riceverla, la cui previsione singolare da anche un doppio e un multiplo scopo all'esistenza delle cose e degli esseri, produce numerosi effetti da una stessa causa e accumula la vita alle spese degli esseri stesi viventi.

Se il mondo gigantesco di Giove si trova attualmente nelle condizioni di temperatura delle epoche primitive della Terra, non possiamo considerarlo attualmente come luogo della vita intellettuale. È la terra dell'ittiosauro, ma non quella dell'uomo, il mondo calmo e tranquillo necessario alle manifestazioni di un sistema nervoso delicato e del pensiero contemplativo. Solo più tardi, nei secoli futuri, Giove sarà abitato da una razza razionale e - chi lo sa? - forse da noi stessi. La sua situazione sarà allora incomparabilmente superiore a quella della Terra: un impero immenso, una primavera perpetua, anni lunghi e una dolce temperatura sempre simile a se stessa, formeranno un luogo di pace e di felicità veramente invidiabile.

D'altro canto, se consideriamo il sistema di Giove, che il pianeta sia attualmente abitato o no, ci sembra più utile ai suoi quattro satelliti.

In quale condizione si trovano questi quattro mondi? Non sono essi stessi e da lungo tempo, sedi della vita organica e anche di quella intellettuale? Il globo di Giove dà loro un supplemento di calore e non è per loro un sole appena estinto? La sua superiorità di volume e di massa riproduce tra di essi un'immagine del Sole tra i suoi quattro pianeti più vicini, Mercurio, Venere, la Terra e Marte; poiché le distanze e i volumi relativi dei quattro satelliti di Giove formano un sistema singolarmente analogo a quello dei quattro primi pianeti del grande sistema solare.

Ognuno dei quattro mondi del sistema gioviano possiede infatti i suoi anni speciali, i suoi giorni e senza dubbio anche le sue stagioni e gli abitanti di ognuno di essi hanno le stesse ragioni per credersi al centro dell'intero Universo, come gli abitanti della nostra piccola Terra, che per tanti secoli hanno fatto lo stesso sogno. Il globo di Giove offre loro l'aspetto di una luna gigantesca, capace di compensare efficacemente la debole quantità di luce che ricevono dal Sole: per il primo dei satelliti, questo globo immenso misura 19°49' e appare 1400 volte più grande della nostra Luna piena. Quale colosso! Anche per il satellite esterno, la superficie apparente di Giove supera ancora di 75 volte quella che la Luna ci presenta.

Le quantità di luce riflesse da Giove non sono paragonabili a questa superiorità nella superficie a causa dell'indebolimento della luce solare; ma siccome il suo potere riflettente è quasi tre volte maggiore di quello della Luna, noi determineremo all'incirca questa luminosità moltiplicando i valori precedenti per 3 e dividendoli per 27. Questo piccolo calcolo ci dà valori 155 a 8 (essendo la Luna rappresentata da 1) per esprimere la quantità di luce inviata da Giove al suo primo e ultimo satellite.

L'effetto di questa luce deve essere notevole per gli occhi degli abitanti dei satelliti, ai quali dobbiamo applicare la stessa riflessione di quelli del mondo di Giove; questi occhi devono essere molto più sensibili dei nostri e sono luminosità senza dubbio 27 volte più elevate di quelle che esistono relativamente ad essi.

Quali magnifici spettacoli contemplan questi osservatori! Il colossale Giove è l'oggetto più meraviglioso del loro cielo; è per essi il sovrano dell'Universo, il vero Giove, e non lo ammirano di meno di quanto noi facciamo con il Sole. Poiché per essi il Sole è solo un piccolo disco brillante, mentre visto dal primo satellite, il globo immenso di Giove lo supera di almeno

35 000 volte. Aggiungiamo i colori magici che decorano questo disco ardente, dall'arancio e il rosso fino al violetto e al porpora; aggiungiamo ancora le sue variazioni rapido di aspetto prodotte dal suo moto di rotazione e le sue fasi immense corrispondenti alla posizione dei satelliti che girano attorno e noi avremo un'idea abbastanza plausibile della magnificenza delle tavole della natura su questi quattro mondi trasportati dall'astro gigante in queste lontane profondità dell'immensità!

Possiamo, quindi, terminando, riassumere come segue le nostre conoscenze acquisite sul mondo di Giove. La sua situazione uranografica differisce molto da quella dei luoghi finora visitati.

CONDIZIONE PARTICOLARE DEL MONDO DI GIOVE

Durata dell'anno	11 anni 10 mesi 17 giorni
Durata del giorno	9h 55m
Numero di giorni di Venere nel suo anno	10 455
Satelliti	Quattro lune e quattro tipi di mese
Dimensioni	1234 volte più grande della Terra
Giro del mondo di Venere	111 100 leghe
Densità dei materiali	Un quarto della densità media della Terra
Peso alla superficie	Due volte e mezzo maggiore che da noi
Atmosfera	Alta, densa, tormentata e satura di vapori
Temperatura	Probabilmente più elevata che sulla Terra
Stagioni	Nulle. Primavera perpetua.
Condizioni probabili delle vita	Al suo inizio, come sulla Terra prima della comparsa dell'uomo
Satelliti	Senza dubbio attualmente abitati
Diametro del Sole	Cinque volte più piccolo di come visto da noi = 6'
Aspetto della Terra	Debole stella del mattino e della sera e piccolo punto nero passante tutti gli anni davanti al Sole

Parte VIII

Il sistema di Saturno η

Capitolo 45

Il pianeta Saturno

Dalla Terra all'orbita di Marte abbiamo percorso 19 milioni di leghe; dall'orbita di Marte a quella di Giove ne abbiamo attraversate 136; per raggiungere Saturno bisogna ora superare di colpo un nuovo abisso di 163 milioni di leghe, poiché questo pianeta gravita alla distanza di 355 milioni di leghe dal Sole, distanza quasi dieci volte superiore a quella della Terra.

Là si arrestavano, fino a meno di un secolo fa, le frontiere della repubblica solare, poiché Saturno è l'ultimo pianeta visibile ad occhio nudo, l'ultimo conosciuto dagli antichi e dall'antichità la sua lenta rivoluzione, trenta volte più lunga del nostro anno, era considerata formare il limite del sistema planetario. Questo pianeta presenta l'aspetto di una pallida stella di prima grandezza; si trascina lentamente sulla sua strada lontana; simboleggia il Destino e il Tempo e durante i secoli in cui regnò l'astrologia sulle anime fu ritenuto una divinità fatale, come un astro di sventura esercitante un'influenza funesta sui destini. Quale mortale poté allora dubitare della verità? Quale profeta, quale santo, quale dio terrestre poté immaginare che questa lontana stella è un mondo incomparabilmente più grande e più magnifico del nostro? e non solo un mondo, ma un gruppo di mondi, composto, come il sistema solare, da un astro centrale e da otto globi principali, coronato di un diadema straordinario, forse unico nell'intero cielo, un vero universo, infine, i cui mondi sono degni di essere innalzati al rango di pianeti, poiché uno tra loro è superiore a Mercurio e a Marte! Chi poté supporre che a questa prodigiosa distanza il Sole e così lontano al di là della portata della nostra vista, il telescopio doveva rivelare l'esistenza di un tale universo? Ah, la scoperta del sistema saturniano è stata fatta per convincerci che il Cielo non è stato creato per noi e che la nostra situazione nello spazio non comporta nulla per l'organizzazione generale dei mondi e delle umanità siderali.

Osservato sin dalla più antica umanità, come i pianeti studiati, Saturno aveva ricevuto denominazioni corrispondenti ai suoi aspetti. Il suo nome in sanscrito era "*Sanaistschara*" (che si muove lentamente); quello che portava presso gli Egizi significava *apparente*: presso i Greci, fu *Kronos* e *Nemesi*, con l'epiteto di *φάινων* (risplendente): divenne, presso gli Ebrei, la stella del Sabato e, dall'origine stessa della misura del tempo, il suo nome è stato dato al sabato: *Saturnidies*. Il simbolo ♄, con il quale lo si rappresenta dal medio evo, richiama la falce del dio del tempo. Le più antiche osservazioni scritte che ci sono state conservate sono un'occultazione della Luna, osservata ad Atene il 21 febbraio dell'anno 503 a.C., da un certo Thius e una congiunzione con la stella γ della Vergine, constatata dagli astronomi caldei a Babilonia, il 14 *Tybi* dell'anno 519 di Nabonassar, che corrisponde al primo marzo dell'anno 228 prima della nostra era.

La rivoluzione di Saturno attorno al Sole richiede 10759 giorni, cioè 29 anni e 167 giorni. Siccome lo sviluppo della sua orbita misura 2 miliardi 215 milioni di leghe, il moto di questo pianeta nello spazio è di 9500 *m* al secondo, di conseguenza tre volte meno rapido di quello della Terra. Questa orbita è ellittica e Saturno si trova, al suo perielio, 40 milioni di leghe più vicino al Sole che al suo afelio. La grandezza apparente del globo saturniano varia da 15" a 20".

Combinando questa grandezza apparente con la distanza, si trova che il suo diametro equatoriale è quasi dieci volte superiore a quello della Terra (si veda la fig. 83) e supera 30 000 leghe, di modo che abbiamo i valori seguenti per le dimensioni di questo importante pianeta confrontato alla Terra:

Diametro polare	8,92
Diametro equatoriale	9,94
Superficie	90
Volume	864
Massa	92

Questo mondo ha una circonferenza di quasi 100 000 leghe: la sua superficie è 90 volte più vasta di quella del nostro piccolo pianeta e il suo volume è 864 volte maggiore. Pesa, pertanto, 92 volte più della Terra, e ciò prova che è composto di materiale meno pesante e che la sua densità media è solo i 130 millesimi di quella del nostro globo: è la leggerezza del legno d'acero.

Il globo di Saturno è ancora più appiattito ai suoi poli di quello di Giove, poiché il suo appiattimento è di $\frac{1}{10}$; di modo che mentre il suo diametro equatoriale misura 30 500 leghe, il suo diametro polare ne misura solo 27450.

Questo considerevole appiattimento proverebbe senza altra osservazione la rapidità del movimento di rotazione del pianeta, poiché bisogna che esso ruoti su se stesso con un'enorme velocità perché la forza centrifuga sviluppata al suo equatore abbia così deformato il globo. Le osservazioni sono in accordo con questa conclusione teorica. Verso la fine dell'ultimo secolo, William Herschel trovò con lo spostamento delle macchie che il globo di Saturno ruota su se stesso in $10^h 16^m$, risultato ottenuto dopo aver seguito cento rotazioni durante l'anno 1793... Questa data famosa ci ricorda che mentre delle menti superiori erano impegnate tranquillamente a scrutare i grandi problemi della Natura e a conquistare reali progressi, altre sembravano aver assunto il compito di oscurare sotto una nebbia di sangue il sorgere del sole della Rivoluzione francese.

I risultati ottenuti da William Herschel per la durata della rotazione di Saturno sono stati confermati dalle misure più recenti.

Il giorno saturniano è, come quello gioviano, più di due volte più corto del nostro, mentre l'anno di questo mondo è quasi trenta volte superiore al nostro. Ne risulta che il calendario di questi abitanti conta il valore, favoloso per noi, di 25 069 giorni per anno!

L'asse di rotazione di Saturno è inclinato di $64^\circ 18'$ sul piano dell'orbita; l'obliquità dell'eclittica è quindi su questo mondo di $25^\circ 42'$. È un'inclinazione poco diversa dalla nostra; da ciò possiamo concludere che le stagioni di questo mondo lontano, che durano ciascuna più di sette anni, sono tuttavia poco diverse dalle nostre quanto al contrasto tra l'estate e l'inverno. Anche i climi si suddividono, come quelli della Terra, in zone torride, temperate e glaciali.

Quanto alla quantità di calore e di luce che questo pianeta riceve dal Sole, siccome è quasi dieci volte più lontano di noi dal Sole, esso lo vede con un diametro quasi 10 volte più piccolo, 90 volte meno esteso in superficie e riceve 90 volte meno calore e luce. Queste sono evidentemente condizioni di esistenza del tutto diverse da quelle della Terra.

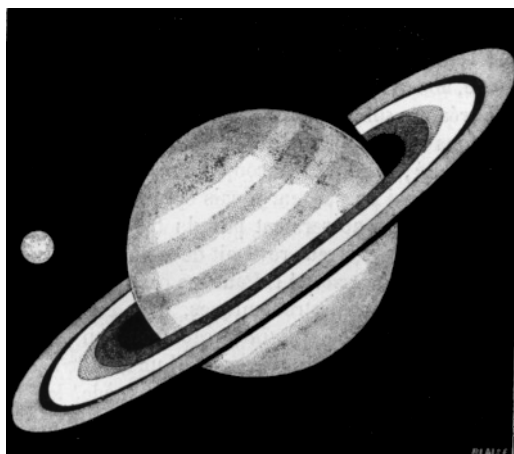


Fig. 83. Confronto tra le dimensioni di Saturno e della Terra.

Ma non abbiamo ancora parlato della caratteristica più straordinaria del mondo di Saturno.

Quando per la prima volta si vede arrivare questo pianeta nel campo di un cannocchiale astronomico, si è veramente meravigliati e si può appena credere ai propri occhi. Infatti, noi abbiamo belle vedute di Saturno disegnate nelle opere di astronomia e ci rimane sempre qualche dubbio sull'autenticità di queste figure e siamo spesso portati a supporre che gli astronomi esagerino... così come si poteva esagerare la scienza dell'infinito! Ma quando, con l'occhio al cannocchiale, vediamo tranquillamente arrivare davanti a noi questa creatura sublime circondata dalla sua corte, bisogna ben prendere atto della realtà e sentirla (se abbiamo questa facoltà; poiché vi sono molti esseri che non hanno mai sentito nulla, che non possono mai provare la minima emozione e che non sarebbero del tutto sorpresi, per esempio, se un viaggiatore ritornasse dalla Luna e ne riferisse qualche curiosità!). Da parte mia, dalle mie prime osservazioni astronomiche, ve ne sono tre che hanno lasciato nel mio animo un *indimenticabile* ricordo: queste sono quelle dell'anello di Saturno, della Luna e della stella tripla (arancio, verde e blu) di Andromeda, la prima volta che mi è stato dato di contemplarle al telescopio.

Infatti, Saturno presenta un fenomeno unico nel sistema solare: il globo che forma il pianeta propriamente detto è circondato, ad una distanza considerevole, da un anello quasi piatto e molto largo, che vediamo obliquamente, e che, invece di apparirci circolare, ci sembra ellittico e di una dimensione trasversale variabile; il più piccolo diametro apparente non è mai superiore alla metà del più grande.

Vista dalla Terra, una porzione dell'anello sembra passare sul pianeta, mentre la parte opposta passa dietro. Vicino alla regione dove l'anello si proietta sul pianeta, si vede, alla sua superficie, un'ombra che evidenzia la porzione dove, a causa dell'interposizione dell'anello, la luce del sole non penetra. Il pianeta non è luminoso: come i suoi fratelli, è semplicemente illuminato dal Sole.

Questa conclusione può essere estesa all'anello, poiché nella parte diametralmente opposta a quella che ci ha offerto un'ombra sul pianeta, questa proietta al contrario sull'anello, un'ombra nera molto facile da distinguere e da riconoscere per il suo parallelismo ai bordi del pianeta che la produce.

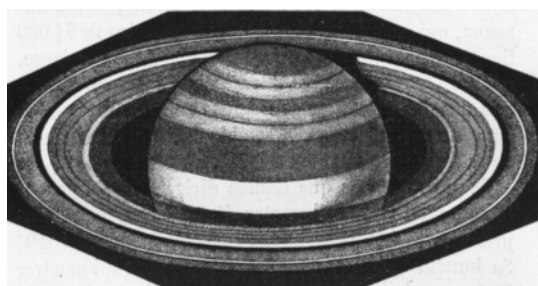


Fig. 84. Saturno e i suoi anelli.

L'anello non è continuo, è nettamente diviso in due; la separazione è più vicina al bordo esterno che a quello interno. Forse anche questo sistema anulare è diviso in un gran numero di anelli concentrici, poiché potenti strumenti hanno talvolta mostrato tracce di un più grande numero di suddivisioni.

Ecco le misure dei due anelli principali:

Diametro esterno dell'anello esterno	40,00	o 71 000 leghe
Diametro interno dell'anello esterno	35,29	62640
Diametro esterno dell'anello interno	34,47	61200
Diametro interno dell'anello interno	26,67	47340
Larghezza dell'anello esterno	2,40	4260
Larghezza della divisione tra gli anelli	0,41	720
Larghezza dell'anello interno	3,90	6930
Distanza tra l'anello e il pianeta	4,34	9314

Quale sorprendente sistema! È il solo esempio che conosciamo di una superficie di livello e questi anelli, che, come si vede, non hanno un diametro inferiore a 71 000 leghe e larghi 11 800 leghe, ha uno spessore di non più di 60 – 70 *km*! È piatto ai due lati e ci presenta di volta in volta ognuna delle sue facce per la combinazione del moto di Saturno con quello della Terra.

La prima volta che Galileo diresse su Saturno il cannocchiale che aveva inventato, fu stranamente sorpreso dalla sua vista. Fu durante l'estate dell'anno 1610. Il suo cannocchiale non era così potente da mostrargli la forma reale dell'anello e distinse solo due appendici luminose da ogni lato del pianeta. Erano, disse, “come due servitori che aiutavano il vecchio Saturno a fare il suo cammino restando sempre al suo fianco”. Lo chiamo Saturno: *Tricorporeo*.

A causa della combinazione dei movimenti di Saturno e della Terra, gli anelli ci si presentano di taglio ogni quindici anni e allora divengono invisibili. L'anno 1612 era uno di questi periodi di scomparsa e Galileo, dopo aver visto diminuire le sue due piccole stelle, cessò di osservarle. Come spiegare una tale scomparsa? L'illustre astronomo cercò invano la causa, giunse a pensare di essersi sbagliato nelle osservazioni precedenti e ne ebbe un tale scoraggiamento che a partire da quel periodo cessò di occuparsi di questo sorprendente pianeta. “Saturno ha divorato i suoi piccoli!” disse sorridendo tristemente. Tuttavia visse ancora trent'anni e avrebbe potuto cogliere la realtà delle sue prime scoperte. Ma lo sfortunato filosofo doveva provare presto altri dolori più crudeli di questa delusione.

La reale forma dell'appendice di Saturno fu scoperta da Huygens durante le osservazioni che fece dal 1656 al 1659 con un telescopio di 7 metri, costruite con le sue proprie mani.

La divisione principale che separa gli anelli in due è stata scoperta indipendentemente dall'astronomo inglese Ball, nel 1665 e da D. Cassini a Parigi, nel 1675. L'anello interno a questa divisione è molto più bianco, più chiaro dell'esterno.

Un terzo anello, interno ai due precedenti, è stato segnalato nel 1850 dall'astronomo americano Bond, usando il grande cannocchiale del Collegio di Harvard (Stati Uniti) e dagli astronomi inglesi Dawes e Lassell. Questo anello è scuro e trasparente, poiché si distingue il globo di Saturno attraverso di esso¹. Esso era già stato scoperto nel 1838 da Galle a Berlino; ma questa osservazione aveva suscitato poca attenzione presso gli astronomi.

¹M. Trouvelot ha eseguito dal 1871 al 1875 osservazioni precise dalle quali risulterebbe che l'anello trasparente interno ha cambiato aspetto dopo la sua scoperta nel 1850. Invece di essere interamente trasparente, come lo rappresenta la figura precedente, che è un fac-simile di quella dello stesso Bond, lo è solo nella sua metà interna: il globo saturniano resta visibile al suo ingresso sotto questo velo, ma sbiadisce e non è più percepibile arrivando verso il bordo esterno. Vi è là un cambiamento reale, oppure questa osservazione è dovuta all'attenzione scrupolosa delle sue osservazioni? È difficile pronunciarsi sui dettagli di una tale sottigliezza. Tuttavia, è probabile che se Bond, Dawes, Lassell, Warren, Delarue, ecc., non avessero seguito il tracciato del globo sotto l'anello grigio, fino all'anello brillante, non avrebbero disegnato così nettamente. Risulterebbe d'altra parte, da

L'anello centrale è sempre più brillante del pianeta ed è sul suo bordo esterno che la sua luminosità è più viva; questa luminosità diminuisce gradualmente fino al bordo interno, dove è apparso a volte così debole da essere difficilmente distinguibile dall'anello scuro interno.

Numerosi astronomi armati di potenti strumenti, Vico a Roma, Bond negli Stati Uniti, Struve in Russia, Dawes e Lassell in Inghilterra e recentemente M. Trouvelot al Collegio di Harvard, hanno osservato diverse righe nere sui tre anelli. Sono suddivisioni reali? Non lo si può ancora decidere.

Ma qual è la natura di questi anelli?

Sono solidi, liquidi o gassosi?

Che siano nel numero di tre, o più suddivisi, essi non possono essere solidi e assomigliare, per esempio, a cerchi piatti o meno larghi. Le variazioni costanti dell'attrazione centrale del pianeta, combinate con quella degli otto satelliti, li avrebbero non solo distribuiti e spezzati, se avessero potuto formarsi, ma ancora avrebbero prima impedito tale formazione. Sarebbe più facile ammettere che sono liquidi, poiché, in questo caso, la loro elasticità potrebbe per così dire prestarsi a tutte le fantasie dell'attrazione; ma, come ha dimostrato M. Hirn, vi sarebbe, in questo caso, una trasformazione del moto in calore, diminuzione del movimento e caduta definita sul pianeta. Sono quindi gassosi? La trasparenza dell'ultimo potrebbe lasciarlo credere, ma non è così. Cosa dobbiamo, in definitiva, pensare della loro natura? È un problema di cui ho introdotto la discussione matematica nel 1867, discussione che mi ha portato ad ammettere che "il solo sistema di anelli che possa esistere, è un sistema composto di un numero infinito di *particelle distinte ruotanti attorno al pianeta con velocità diverse, secondo le loro rispettive distanze*. Queste particelle, aggiunti, possono disporsi in serie di anelli stretti o possono muoversi irregolarmente. Non essendo osservata alcuna rifrazione sul bordo del pianeta, visto attraverso l'anello interno, ne deriva che questo anello non è gassoso e che i raggi non passano attraverso un gas. I due altri anelli possono essere della stessa natura, ma formati da particelle assai moltiplicate per non poter essere trasparenti. In tutti i casi, il loro moto di rotazione si compie nello stesso tempo indicato qui sotto.²"

	Distanza in raggi di η	Periodi
Anello interno trasparente	1,36 a 1,57	5^h50^m a 7^h11^m
Largo anello centrale	1,57 a 2,09	7 11 a 11 9
Anello esterno	2,14 a 2,40	11 36 12 5
Primo satellite	3,36	22 37

Dai miei calcoli, le particelle formanti l'anello trasparente devono ruotare attorno al pianeta in tempi compresi da 5^h50^m a 7^h11^m , secondo la loro distanza da Saturno, ruotando la zona più vicina più rapidamente; quelle che compongono il grande anello luminoso devono ruotare in periodi compresi tra 7^h11^m e 11^h9^m , pure secondo le loro distanze; infine, il limite esterno di questo singolare sistema deve compiere la sua rivoluzione in 12^h5^m . Ma gli otto satelliti che gravitano al di fuori degli anelli devono apportare perturbazioni considerevoli in questi moti, perturbazioni tali che, forse, è all'equilibrio instabile che essi perpetuano che si deve la conservazione dell'appendice saturniana, poiché sembra che senza il loro sostegno esterno, attriti e urti inevitabili dovrebbero mettere in ogni istante in pericolo la stabilità di questa corona esterna.

un'analisi speciale fatta nel 1852 da M. O. Struve, che il sistema saturniano avrebbe subito dall'epoca della sua scoperta cambiamenti sorprendenti, tanto che il bordo interno degli anelli sembra avvicinarsi poco a poco al pianeta e che la loro larghezza totale aumenti nel tempo; l'anello centrale sembra aumentare più velocemente di quello esterno. Andremo, qualche giorno, ad assistere al grandioso e formidabile spettacolo della dislocazione degli anelli di Saturno e della loro caduta sul pianeta?

²*Cosmos* del 6 e 13 febbraio 1867, p. 150 e 175; *Études sur l'astronomie*, t. III, p- 30. Cinque anni dopo la pubblicazione di questi articoli e sei mesi prima di quella di questo volume, M. Hirn ha pubblicato un lavoro che porta alle stesse conclusioni. Nel 1859, M. Clark Maxwell, senza dare i valori della piccola tabella qui sotto, era arrivato a risultati analoghi, per quanto riguarda la divisione degli anelli in asteroidi.

Supponendo l'anello solido, Laplace aveva concluso una durata di 10 ore e mezza, e William Herschel aveva creduto di osservare precisamente uno spostamento di questa durata. Ma questo periodo può appartenere solo ad una zona posta nel quarto superiore del largo anello centrale, e non al resto del sistema³. Infatti, esso non è stato verificato dalle moderne osservazioni. L'anello non potrebbe ruotare interamente a meno che essendo la sua massa enorme, le sue parti obbediscano piuttosto a questa massa che all'attrazione del pianeta. Forse aumentando di spessore fin verso la metà dell'anello.

Ho calcolato, d'altra parte, che il limite matematico di tutta l'atmosfera è la distanza alla quale graviterebbe un satellite nel tempo preciso della rotazione del pianeta e che questa distanza è (in semi diametri) 6,64 per la Terra, 2,31 per Giove, e 1,98 per Saturno. Così, Saturno potrebbe essere circondata da un'atmosfera che si estende fino al grande anello centrale; in questo caso, gli anelli interni, facenti parte dell'atmosfera saturniana, ruoterebbero con il pianeta e nello stesso tempo. Si vede che pur essendo tutto studiato da diverse parti, il problema non è ancora risolto.

L'anello non può sfuggire alla distruzione che risulterebbe dall'attrazione del pianeta se non per un moto di rotazione; ma se questo sistema fosse perfettamente circolare e avesse come centro quello di Saturno, l'equilibrio sarebbe instabile; è quindi solo per una ragione di eccentricità e di movimento che l'anello può conservarsi. Questa eccentricità è stata constatata dalle osservazioni. Essa è stata comunicata dall'anno 1684 da Gallet d'Avignon. "Nella quadratura, dice questo astronomo, il centro del pianeta sembra più vicino al bordo orientale dell'anello".

Schwabe, senza conoscere l'osservazione precedente dell'astronomo francese, fece la stessa segnalazione nel 1827; ma lo spazio scuro compreso tra l'anello e il pianeta gli parve più largo a est che a ovest. Harding, al quale questo fatto fu comunicato, lo trovò esatto; ne fece parte a William Struve, che cercò di determinare la differenza dei due spazi scuri servendosi del grande cannocchiale di Dorpat. Trovò che lo spazio orientale era più grande di quello occidentale di $0''$, 21⁴.

³Mentre il globo di Saturno ruota su se stessi in $10h$ e $16m$, i materiali che costituiscono i suoi anelli ruotano con la velocità necessaria a sviluppare una forza centrifuga uguale al loro peso verso il pianeta: è la sola condizione possibile per il loro equilibrio e perciò serve che gli asteroidi più vicini ruotino più velocemente di Saturno. Non sarebbe così sulla Terra se avessimo un satellite, o una serie di satelliti, poco lontani dalla superficie, poco elevati al di sopra delle nostre teste. Perché una palla, per esempio, lanciata orizzontalmente dall'altezza delle nostre più alte montagne, possa circolare attorno alla Terra senza cadere è necessario correre 17 volte più veloce dell'Equatore terrestre e effettuare un giro del mondo in un'ora e 24 minuti.

⁴Questi anelli sono fuoriusciti dall'equatore saturniano, come la Terra lo è dal Sole e la Luna dalla Terra, e restano come il solo e ultimo esempio della creazione dei mondi nel nostro sistema. Ma perché si trovano in questa condizione invece di condensarsi in satelliti, come gli altri otto del sistema di Saturno? Sono questi stessi otto satelliti che glielo impediscono. Per le loro rivoluzioni essi cambiano essi cambiano in ogni istante l'equilibrio e vietano la continuità di ogni processo di aggregazione. La stessa lacuna che separa i due anelli principali è dovuta all'influenza dei satelliti, poiché un satellite che circolasse in questo vuoto effettuerebbe la sua rivoluzione in un periodo sotto multiplo di quelli di Dione, Encelado, Mimas e Teti, dove l'attrazione ritornerebbe periodicamente a disturbarli. I satelliti di Saturno mantengono gli anelli e l'intervallo che li separa, come l'attrazione di Giove ha impedito la formazione di un grande pianeta tra lui e Marte e mantiene vuoti tra le diverse zone dei piccoli pianeti.

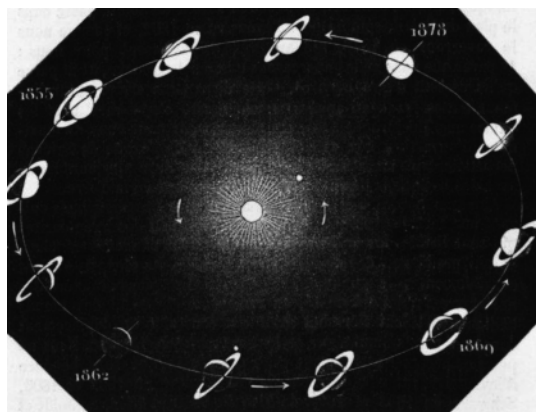


Fig. 85. Variazioni di prospettiva nell'aspetto degli anelli di Saturno visti dalla Terra.

Abbiamo detto che, di volta in volta, l'anello scompare ai nostri occhi a causa della combinazione del moto della Terra con quella di Saturno. Questo è facile da spiegare. Osserviamo dapprima che se noi ci trovassimo nel prolungamento dell'asse di rotazione di Saturno, cioè al di sopra dell'uno o dell'altro dei suoi poli, vedremmo gli anelli di fronte, e allora ci apparirebbero completamente *circolari*, come sono in realtà. Al contrario, se ci supponiamo posti nel piano dell'equatore di Saturno, sul prolungamento di questi anelli equatoriali, li vedremmo solo di taglio, come una linea attraversante il pianeta è passante da ogni lato. Tra queste due posizioni estreme, gli anelli ci si presenteranno più o meno ovali, secondo che li vedremo più o meno obliquamente. Basta considerare con qualche attenzione la figura precedente per comprendere che quando Saturno, come l'abbiamo visto nel 1862, e come lo rivedremo nel 1878, i suoi anelli scompariranno: 1° perché li vedremo di taglio e 2° perché essi cessano di essere illuminati. Questa scomparsa arriva naturalmente ogni metà anno saturniano, cioè ogni quindici anni. Viceversa, questi anelli hanno per noi un massimo di apertura alle estremità dell'asse dell'orbita di Saturno perpendicolare al precedente. La scomparsa dura parecchi mesi, con variazioni dipendenti dal moto della Terra.

Aggiungiamo ancora che questi anelli non sono distribuiti secondo una superficie assolutamente piana, ma presentano irregolarità che sono visibili quando ci si presentano di taglio e che producono ombre sul pianeta. Inoltre, variano sensibilmente in lunghezza e in spessore. Quando la luce degli anelli è ridotta a un filo, si notano su questo filo dei nodi brillanti. William Herschel aveva creduto di constatare uno spostamento in questi punti luminosi e la loro rotazione in 10^h32^m . Possiamo accettare ora questa conclusione solo con beneficio di inventario, visto che Schroeter e Harding nel 1802 e 1803, Schwabe nel 1833 e 1848, de Vico nel 1840 e 1842, Schmidt e Bond nel 1848, Secchi nel 1862, Trouvelot nel 1874, hanno sempre trovato questi punti immobili. Schroeter li aveva presi per montagne e Olbers vi aveva visto effetti di prospettiva di certe parti dell'anello mostrandoci una maggiore estensione di luce. Bond credeva che fossero prodotti dalla riflessione della luce proveniente dai bordi interni, visti obliquamente attraverso le aperture degli anelli, non essendo tutto il sistema nello stesso piano.

Capitolo 46

I satelliti di Saturno

Il meraviglioso sistema anulare da noi ammirato non basta all'ambizione di Saturno. Vi è di più, ricevuta dal Cielo la più ricca corte di satelliti che esiste in tutto il sistema solare: otto mondi lo accompagnano nel suo destino.

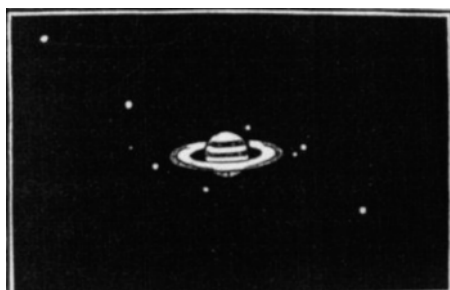


Fig. 86. La corte di Saturno.

Questi otto mondi formano un impero di due milioni di leghe di larghezza. Tuttavia, Saturno è così lontano da noi che questa larghezza è ridotta per noi a uno spazio nel quale la Luna si nasconderebbe interamente! Se il centro della Luna fosse applicato sul centro di Saturno, il satellite più lontano, lungi dal traboccare il disco lunare, non avvicinerebbe questi bordi; ne servirebbe ancora un terzo del semidiametro della Luna.

Ecco i nomi degli otto compagni di Saturno, con le loro distanze dal centro del pianeta valutate in leghe e le durate delle loro rivoluzioni valutate in giorni solari terrestri. (568)

		Distanza dal centro di Saturno		Durata
		in raggi di η	in leghe	delle rivoluzioni
I.	Mimas	3,36	51750	$0^d22^h37^m23^s$
II.	Encelado	4,31	66400	1 8 53 7
	Teti	5,34	82200	1 21 18 26
	Dione	6,84	105300	2 17 41 9
	Rea	9,55	147100	4 12 25 11
	Titano	22,14	341000	15 22 41 25
	Iperione	26,78	412500	21 7 7 41
	Giapeto	64,36	991000	79 7 53 40

I primi tre satelliti sono tutti più vicini a Saturno che la Luna alla Terra; lo sarebbero ancora di più, se si misurassero le loro distanze alla superficie del pianeta: Mimas lo è circa in media di 36500 leghe e anche il IV, Dione, si trova a 90000 leghe, cioè a meno della distanza della Luna. Le loro distanze dal bordo dell'anello esterno sono ancora minori e Mimas si avvicina fino a 17450 leghe.

La nostra figura 87 mostra il sistema delle orbite con le loro dimensioni relative proiettate sul piano dell'equatore di Saturno. Queste orbite coincidono circa con il piano dell'anello e dell'equatore. L'VIII satellite, Giapeto, fa eccezione, e l'inclinazione della sua orbita raggiunge $12^{\circ}14'$. Secondo Laplace, questa differenza si spiega con l'azione preponderante di Saturno, "che, in virtù del suo appiattimento, trattiene le prime sei orbite e i suoi anelli nel piano del suo equatore; mentre l'azione del Sole, che tende ad allontanarlo, è evidente solo per il satellite più lontano".

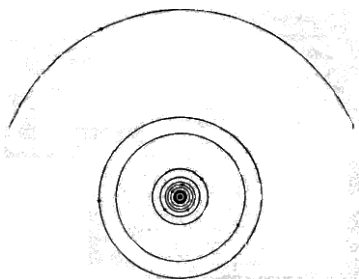


Fig. 87. Il sistema di Saturno.

I satelliti di Saturno sono stati scoperti solo successivamente, secondo il loro grado di luminosità e il progresso degli strumenti ottici. Il primo osservato (il più grosso, Titano) fu scoperto da Huygens nel 1665, essendo stati gli strumenti di questo astronomo sufficienti per permettere di scoprirne altri, se fossero stati cercati attentamente; ma si era allora convinti che non poteva avere più satelliti che pianeti! e non li cercò più. La storia delle scienze mostra che in ogni istante i pregiudizi classici hanno ritardato il progresso: ogni epoca ha i suoi; è difficile distaccarsene e quelli che hanno più indipendenza nel fare non sono generalmente né compresi né apprezzati dai loro contemporanei.

Titano è il VI satellite; il secondo scoperto è Giapeto, il più lontano: lo fu nel 1671, all'Osservatorio di Parigi, da G. D. Cassini. L'anno seguente, lo stesso astronomo ne segnalò uno nuovo: il V, Rea; e dodici anni più tardi, nel 1684, ne scoprì ancora due altri: il III (teti) e il IV (Dione). Luigi XIV fece coniare una medaglia commemorativa, con questa iscrizione: *Saturni satellites primum cogniti*.

I dintorni di Saturno erano stati da loro completamente esplorati, tanto che non si immaginava potessero esistere altri satelliti e fu solo un secolo dopo che William Herschel, con il grande telescopio da lui costruito, ne scoprì due nuovi: il 28 aprile 1789 trovò Encelado e il 17 settembre successivo trovò Mimas. Infine ne scoprì un ottavo, il più debole di tutti, Iperione, nel 1848. Con i loro potenti strumenti, Bond a Cambridge e Lassell a Liverpool, li scoprirono simultaneamente in America e in Inghilterra. I nomi con i quali sono designati questi globi sono stati dati da sir John Herschel.

Si sono osservate su questi satelliti, in particolare su Giapeto, variazioni di luminosità che mostrano che probabilmente essi ruotano attorno al loro pianeta presentandogli sempre la stessa faccia, come la Luna fa con la Terra.

Alla spaventosa distanza che ci separa, è difficile misurare le loro dimensioni. Tuttavia, il principale, Titano, offre la luminosità di una stella di ottava grandezza e gli si riconosce un diametro di mezzo secondo, che corrisponde a 1600 leghe: è quindi più grosso dei due pianeti principali del sistema solare, Mercurio e Marte. Giapeto sottende un angolo di $0^{\circ}30'$, che corrisponde a 1000 leghe, cioè quasi al diametro di Mercurio. Rea sembra avere il diametro della nostra Luna. Gli altri cinque hanno da 200 a 500 leghe di diametro. Si è visto sulla nostra figura 80 Titano ammesso per la sua grandezza al rango dei pianeti.

A quali conclusioni questi documenti ci portano relativamente allo stato probabile della vita, tanto su Saturno che sui suoi otto sudditi?

Capitolo 47

La vita nell'universo di Saturno

Il globo immenso di Saturno è il centro di un vero universo, d'un universo lontano più grande dell'universo intero dell'immaginazione dei nostri padri e di quello dei popoli e individui che vivono nell'ignoranza dell'astronomia. Esiodo credeva di fornire un'idea sufficiente delle dimensioni dell'Universo dicendo che l'incudine di Vulcano aveva impiegato nove giorni e nove notti per cadere dalla Terra agli inferi. Il cammino misurato da questa caduta, sebbene superiore al diametro dell'orbita lunare, non sarebbe uguale a quello del sistema saturniano! Le misure precise dell'astronomia sono incomparabilmente più poetiche della finzione dei poeti più audaci. L'universo saturniano, così lontano da noi, che una testa di spillo tenuta sulla punta del braccio lo nasconde interamente al nostro occhio, è un reale sistema solare in miniatura - in miniatura in confronto, poiché l'orbita dell'ultimo satellite non misura meno di 6 milioni di leghe, e ciò non è di certo la cornice di una miniatura! Siccome, d'altra parte, non è né grande né piccolo in assoluto, questo sistema è assai ricco in verità e del tutto degno di attenzione quanto l'intero sistema planetario; e per gli abitanti dei suoi diversi mondi, è un vero universo.

Quali sono le condizioni di abitabilità di tutta questa repubblica di mondi? Quali analogie e quali differenze vi sono tra questo globo centrale e i suoi compagni e la Terra? Sotto quali forme la vita può apparire sull'astro saturniano e nel suo sistema?

Il primo punto che colpisce la nostra attenzione nello studio attento di questo pianeta lontano è l'esistenza di bande analoghe a quelle di Giove. Ve n'è una soprattutto, che si estende sull'equatore del pianeta e che è permanente, mentre le altre variano; essa è generalmente colorata di un leggero rosso carminio e tutto il globo di Saturno è, del resto, più giallo dell'anello bianco luminoso. Sebbene più difficili da osservare rispetto a quelle di Giove, a causa della lontananza, le bande di Saturno hanno potuto tuttavia essere, da venti anni, assai spesso disegnate per poterne constatare le variazioni rapide e per così dire quotidiane. Esse sono formate da nubi, della natura dei nostri cirri, che si dispongono in lunghi tracciati nelle parti alte dell'atmosfera a causa della rapidità del moto di rotazione. Se la banda equatoriale è la più permanente, ciò deriva certamente dalla causa permanente che la produce, cioè dall'attrazione dell'anello. Bes-sel ha calcolato che la massa dell'anello deve essere $\frac{1}{118}$ di quella del globo di Saturno; siccome l'attrazione agisce in ragione diretta delle masse e in ragione inversa del quadrato delle distanze e l'anello è tutto vicino alla superficie, ne deve risultare una marea diurna di un'altezza prodigiosa, tanto nell'atmosfera quanto nei mari saturniani e la banda atmosferica equatoriale deve essere un cuscinetto, un rigonfiamento nuvoloso di parecchie centinaia di chilometri di spessore. L'azione dei satelliti è molto più debole.

Così Saturno è circondata da un'atmosfera che ricorda quella di Giove quanto alla disposizione generale, ma che presenta questa differenza essenziale di una banda equatoriale permanente dovuta all'attrazione dell'anello. L'analisi spettrale ha confermato questa analogia:

“Lo spettro di Saturno è debole, dice Huggins, ma si sono scoperte alcune righe simili a quelle che distinguono lo spettro di Giove. Queste righe sono meno fortemente evidenti nella luce delle anse degli

anelli e ci mostrano così che il potere assorbente dell'atmosfera attorno agli anelli è minore di quello dell'atmosfera che circonda il globo del pianeta. Le righe di assorbimento di questo spettro sembrano essere quelle del vapore acqueo”

Il P. Secchi ha trovato questa stessa analogia tra gli spettri dei due pianeti. Egli ha segnalato inoltre in quello di Saturno righe che non coincidono con alcuna di quelle della nostra atmosfera terrestre e ne ha concluso che l'atmosfera saturniana contiene gas che non esistono nella nostra. Ecco, d'altra parte, i risultati ottenuti l'anno scorso da Vogel:

Nello spettro di Saturno, si sono potute riconoscere le righe più evidenti dello spettro solare. Qualche banda, soprattutto nel rosso e arancio, non hanno le loro corrispondenti; ma esse coincidono con gruppi di righe dello spettro della nostra atmosfera, *ad eccezione tuttavia di una banda molto intensa* (lunghezza d'onda = 648). Le righe blu e violette subiscono un assorbimento uniforme nel loro passaggio attraverso l'atmosfera di Saturno; questo assorbimento è soprattutto molto evidente nella zona equatoriale scura. Lo spettro di Saturno presenta quindi la maggiore analogia con quella di Giove. Non è così per l'*anello*. La banda caratteristica nel rosso non si ritrova, o almeno è presente solo con una debole traccia. È quindi probabile che l'anello non abbia atmosfera o che ne possieda una molto flebile.

L'atmosfera di Saturno è così spessa e carica di nubi, tanto che non vediamo mai la superficie del suolo, così come per Giove, eccetto forse verso le regioni polari, che sono solitamente più bianche delle zone temperate e tropicali, forse perché sono ricoperte di neve e sono tanto più bianche, alternativamente su ogni polo, quanto l'inverno è più avanzato. Ma non distinguiamo come su Marte il suolo geografico, i continenti, i mari e le configurazioni varia che devono diversificarlo.

L'intensità della gravità alla superficie di Saturno supera di un decimo circa quella nostra; ma la densità delle sostanze è sette volte minore che da noi, e, inoltre, come per Giove, per la Terra, questa densità va aumentando dalla superficie verso il centro, di modo che le sostanze esterne sono di una leggerezza inimmaginabile. D'altro canto, se questa atmosfera è così profonda come appare, deve avere una grande densità alla sua base e un'enorme pressione e più pesante degli oggetti della superficie. È una situazione molto strana. Gli abitanti di Saturno sono quindi esseri aerostatici incapaci di abitare al suolo e fluttuanti nell'atmosfera, come avviano qui immagini artificiali poco rispettose nei palloni gonfiati con idrogeno a forma di animali, che rallegrano le popolazioni in certe feste pubbliche? Saturno è mondo aereo i cui indigeni vivono seduti su troni di nuvole, come ai tempi mitologici era per l'Olimpo, dove regnarono lo stesso Saturno, Giove, Marte, Venere e tutta la corte divina? Sir Humphrey Davy aveva penetrato i segreti del cielo quando diede la curiosa descrizione seguente degli abitanti di questo pianeta:

Questi essere giganteschi, di una forma indescrivibile, diceva, mi apparvero muniti di un sistema di locomozione analogo a quello dei cavalli marini, ma i loro movimenti avvenivano con l'aiuto di sei membrane di cui si servivano come se fossero state ali; i loro colori erano belli e variati, soprattutto azzurro e rosa; la parte anteriore del loro corpo era munita di un gran numero di tubi attorcigliati mobili, la cui forma richiama un poco quella delle proboscidi.... Io provai una paura insolita quando vidi uno di loro prendere il volo e innalzarsi verso le nubi... Questi esseri vivono nell'atmosfera. Il loro grado di sensibilità e il loro benessere supera di molto quello delle terrestri: essi sono dotati di numerosi sensi, hanno assoggettato le forze della natura e grazie alla densità della loro atmosfera e al peso specifico del loro pianeta, hanno potuto determinare con precisione tutti moti del sistema solare: il primo venuto tra loro potrebbe dire dove è la Luna terrestre, senza vederla, e con il solo calcolo; le loro menti sono incessantemente attive e questa attività è una fonte perpetua di godimento. Essi si nutrono di fluidi, vivono sulle loro nuvole, che essi dirigono come corri aerei, ecc. ecc.¹.

Un fatto incontestabile, è che il mondo di Saturno è più aereo del nostro e che la sua atmosfera gioca un ruolo considerevole, mentre la densità dei corpi è estremamente piccola.

¹*Le derniers jours d'un philosophe*, traduzione dell'autore, p. 50.

Questa pressione atmosferica sarebbe anche sorprendente, se questo mondo fosse così freddo come la sua lontananza sembrerebbe indicare; ma essa può essere fortemente ridotta dal calore. Le osservazioni telescopiche ci invitano a credere che in effetti vi è là una quantità di calore più forte di quella che risulterebbe dalla distanza dal Sole; poiché il Sole visto da Saturno ha, come detto, una superficie 90 volte più piccola e il suo calore e la sua luce sono ridotte nella stessa proporzione. L'acqua dovrebbe poter esistere solo allo stato solido di ghiaccio e il vapore acqueo non dovrebbe potersi produrre per formare nubi analoghe alle nostre. Vi si osservano queste variazioni meteoriche analoghe a quelle su Giove, ma meno intense. I fatti si accordano quindi alla teoria per mostrarci che il mondo di Saturno è in una condizione di temperatura almeno elevato quanto la nostra, se non di più.

Da dove viene questo calore? Senza dubbio dallo stesso globo saturniano, che non è ancora raffreddato come il nostro, a causa del suo enorme volume. Chi sa, d'altronde, se la costituzione fisica e chimica della sua atmosfera e le influenze cosmiche risultano dal suo misterioso insieme di anelli e dalla sua corte di otto satelliti, che si uniscono per produrre certi effluvi elettrici e per trasformare certi movimenti in calore? La Natura tiene in riserva mille processi a noi sconosciuti. Ciò che possiamo assicurare, è che i moti osservati su questo mondo lontano vietano ogni pensiero di morte o di inerzia e provano che è attualmente sede di un'attività non meno potente di quella di cui un osservatore potrebbe constatare gli effetti sul nostro pianeta².

Abbiamo visto che l'inclinazione dell'equatore di Saturno è di 28°. Le stagioni avranno quindi variazioni circa simili alle nostre, se ci fosse solo il Sole a regolare la temperatura di Saturno. Ma possiamo concludere che questo mondo beneficia di una sorgente di calore indipendente da quella dei raggi solari. Risulta da tutti questi fatti che le stagioni di questo pianeta sono temperate nei loro freddi estremi e che senza dubbio, malgrado la debole azione solare, gli inverni saturniani sono meno freddi di quelli terrestri. Ognuna di queste stagioni dura più di sette dei nostri anni!

Ma la caratteristica più bizzarra del calendario saturniano sta, senza dubbio, nell'essere complicata non solo dal numero favoloso di 25060 giorni per anno, ma anche da otto specie meno differenti, la cui durata varia da 22 ore fino a 79 giorni, cioè da 2 giorni saturniani circa fino a 167. È come se noi avessimo qui otto lune diverse, la più vicina delle quali percorresse ogni tutte le sei fasi ogni due giorni e le sette altre scaglionassero i loro mesi fino a occupare quasi mezzo anno.

Gli abitanti di un tale mondo devono sicuramente differire molto da noi da tutti i punti di vista. La leggerezza specifica delle sostanze saturniane e la densità dell'atmosfera avranno spinto l'organizzazione vitale in una direzione extra-terrestre e le manifestazioni della vita si saranno prodotte e sviluppate sotto forme inimmaginabili. Supporre che non vi sia nulla di fisso, che il pianeta stesso non abbia scheletro, che la superficie sia liquida, che gli esseri viventi siano gelatinosi, in una parola, che tutto sia instabile, sarebbe senza dubbio superare i limiti dell'induzione puramente scientifica. Ma senza alcun dubbio, tra tutti i mondi del sistema, è quello che si avvicina di più a una tale condizione. Le condizioni di peso sono non solo strane, ma variano anche da una latitudine all'altra³.

²Vi è di più. Sia per un effetto del calore interno, sia per variazioni dipendenti dall'attrazione degli anelli, sia per cause sconosciute, questa atmosfera nuvolosa che disegna per noi il contorno del globo saturniano visto da qui, ha presentato talvolta strani cambiamenti di forma. Così, nel 1805, William Herschel, ha trovato che il più grande diametro del globo saturniano non era il diametro equatoriale, ma un diametro formante con l'equatore un angolo di 45°, di modo che Saturno cessa di essere rotondo per avvicinarsi alla forma rettangolare. E ciò non può essere un'illusione ottica, perché l'eminente astronomo ha ricominciato parecchie volte le sue misure, molto sorpreso, come si può pensare, da una tale figura. Questa deformazione del pianeta non è stata vista solamente da questo astronomo, poiché ho sotto gli occhi delle osservazioni dello stesso ordine fatte dall'inizio del secolo da Schroeter, Kitchener, Airy, Bond, Coolidge e Schiaparelli. Vi sono dunque forze incomparabilmente più potenti di quelle terrestri che agiscono su questo mondo e nella sua atmosfera.

³A causa della velocità del moto di rotazione, la gravità è ridotta di un sesto all'equatore, di modo che mentre nelle regioni polari gli oggetti pesano più che sulla Terra, all'equatore pesano di meno. Un corpo che

Se le sfingi parlassero, se le statue di Memmone si facessero comprendere, le voci della Natura ci insegnerebbero forse che i Saturniani hanno corpi trasparenti attraverso i quali si vede circolare la vita; che essi non sentono mai il peso della materia, che volano senza ali dentro un'atmosfera nutritiva; che non sono obbligati come noi ad una alimentazione grossolana e alle sue ridicole conseguenze; che sono dotati di un sistema nervoso incomparabilmente più sensibile del nostro tanta da ricevere per così dire la scienza infusa, studiando con un perpetua felicità i misteri dei cieli e dei mondi e che vivono in una condizione quasi angelica una vita trenta volte più lunga della nostra.

Vi è là un meraviglioso luogo abitabile e noi non dobbiamo metterci in pena che la Natura abbia tratto le migliori condizioni possibile come ha fatto qui condizioni terrestri mediocri. Ma, tra tutti questi spettacoli extra-terrestri, quello che ci colpisce maggiormente, se potessimo trasportarci in quel luogo, sarebbe senza dubbio ancora lo strano aspetto degli anelli che si allungano nel cielo come un ponte sospeso nelle altezze del firmamento. Supponiamo di abitare l'equatore saturniano: questi anelli ci apparirebbero come una linea sottile tracciata al di sopra delle nostre teste attraverso il cielo e passanti proprio allo zenit, innalzandosi da est e aumentando in larghezza, per poi discendere verso ovest diminuendo secondo la prospettiva. Là soltanto abbiamo gli anelli precisamente allo zenit. Il viaggiatore che si sposta dall'equatore verso uno dei due poli esce dal piano degli anelli e questi si abbassano insensibilmente, nello stesso tempo in cui le due estremità cessano di apparire diametralmente opposte per avvicinarsi poco a poco l'una all'altra. Il celeste arco di trionfo diminuisce in altezza e larghezza avvicinandosi al polo. Quando arriviamo a 63° di latitudine, la sommità dell'arco è scesa al livello del prolungamento del nostro orizzonte e il meraviglioso sistema scompare dal cielo, di modo che gli abitanti dei poli, fino a questa latitudine (che corrisponde a quella del nostro golfo di Botnia), non lo conoscono, non l'hanno mai visto, a meno di aver viaggiato e si trovano in una posizione vantaggiosa per studiare il loro mondo come noi, che siamo a più di 300 milioni di leghe di distanza.

Si avrà un'idea dell'aspetto degli anelli di Saturno a una latitudine media (30°) dall'esame della nostra figura 88, dove questo aspetto è geometricamente rappresentato, così come quello di parecchi dei suoi satelliti, che giostrano al di sopra di questo perpetuo arco nel cielo offrendo differenti fasi. L'ombra ovale che si vede nel mezzo del sistema, è l'ombra del globo di Saturno, che eclissa una regione più o meno estesa degli anelli, secondo il periodo dell'anno: questa ombra è analoga a quella che la Terra produce sulla Luna durante le eclissi. L'immagine disegnata è presa a mezzanotte, essendo il Sole dietro di noi e illuminante la faccia degli anelli che attraversa il nostro cielo.

Durante la metà dell'anno saturniano gli anelli offrono un'ammirevole chiaro di luna su un emisfero del pianeta, e durante l'altra metà illuminano l'altro emisfero; ma vi è sempre una metà dell'anno senza "chiaro d'anello", poiché il Sole illumina solo una faccia alla volta. Forse durante questo metà anno (di quindici anni, non dimentichiamolo), la faccia oscura sponde una certa luminosità fosforescente. Malgrado il loro volume e il loro numero, i satelliti non danno tanta luce notturna come si supporrebbe, poiché ricevono, a parità di superficie, solo la 90^a parte della luce solare che riceve la nostra Luna. Lo stesso Titano appare con un diametro uguale ai due terzi soltanto di quello della Luna e invia a Saturno solo la 200^a parte della luce della nostra Luna piena. Giapeto ha solo un settimo del diametro apparente del nostro satellite e riflette una luminosità 3850 volte minore; Iperione ne riflette la 9000^a parte. Tutti i satelliti saturniani che possono essere contemporaneamente al di sopra dell'orizzonte e il più possibile vicini alla fase piena, inviano solo la 100^a parte della nostra luce lunare. Ma il risultato

cade percorre sul nostro globo 4^m , 90 nel primo secondo di caduta e su Saturno 5^m , 34 alle latitudini polari e solo 4^m , 51 in quelle equatoriali. Se Saturno ruotasse solo due volte e mezzo più velocemente, gli oggetti non avrebbero *più peso del tutto* in queste regioni! Vi è di più: l'attrazione contraria dell'anello diminuisce ancora il peso in una proporzione notevole e vi è una zona, tra l'anello interno e il pianeta, dove i corpi sono ugualmente attratti in alto e in basso. Non serve una grande immaginazione per prevedere che se un'atmosfera intermedia lo permette, gli abitanti aerei di Saturno possono fruire della facoltà di volare fino agli anelli!

deve essere circa lo stesso, poiché il nervo ottico dei Saturniani deve essere 90 volte più sensibile del nostro.

Il moto di Mimas è così rapido che i Saturniani possono vederlo muoversi nel cielo come la lancetta di un cronometro immenso. Egli descrive 360° in 22 ore, cioè 16° all'ora, di modo che in due minuti percorre uno spazio uguale al diametro apparente della nostra luna.

Non è ancora completa la stranezza di una tale situazione. Questi anelli sono così larghi che la loro ombra si estende sulla maggior parte delle latitudini medie.



Fig. 88. Paesaggio saturniano a mezzanotte, al chiaro d'anello.

Per quindici anni il Sole è a sud degli anelli e per altri quindici a nord. Le regioni del mondo di Saturno che hanno la latitudine di Madrid subiscono un'eclissi totale di Sole che dura più di sette anni e quelli che hanno la latitudine di Parigi lo subiscono per più di cinque anni. Per l'equatore, questa eclissi è meno lunga e si ripete solo dopo quindici anni; ma vi sono là, tutte le notti, per così dire, eclissi di lune saturniane dagli anelli. Per le regioni circumpolari, il Sole non è mai eclissato dagli anelli; ma i satelliti ruotano a spirale descrivendo cerchi fantastici e lo stesso Sole scompare per il polo per una lunga notte di quindici anni.

Si vede, che questo mondo non offre alcuna analogia con il nostro e la vita deve essere assolutamente differente.

Di lassù il Sole appare sotto l'aspetto di un piccolo disco abbagliante, quasi dieci volte più piccolo del nostro in diametro, cioè di $3'22''$ e i pianeti inferiori all'orbita di Saturno se ne separano solamente:

Mercurio di	$2^\circ 19'$
Venere	$4^\circ 21'$
La Terra	$6^\circ 1'$
Marte	$9^\circ 11'$
Giove	$33^\circ 3'$

Per gli abitanti di Saturno, la Terra è, come per Giove e più ancora, un *piccolo punto* luminoso che si discosta solo di 6° dal Sole, cioè a circa 12 volte la larghezza apparente che a noi ci offre. Essa sarà stata ancora più difficile da scoprire di Giove, poiché è solo un punto impercettibile e è molto dubbio che si sia potuta osservare al suo passaggio davanti al sole, cosa che avviene ogni quindici anni; a meno di ammettere, cosa possibile, che i Saturniani fruiscono di facoltà visive trascendenti.



Fig. 89. Relazione tra l'orbita della Terra e la distanza di Saturno.

Comunque sia, questo pianeta è l'ultimo da cui si possa distinguere il nostro piccolo mondo e per il resto dell'universo, per l'intero infinito, siamo come se non esistessimo. È evidente d'altronde che qualora l'avessero scoperto, non se ne curerebbero molto, perché questo piccolo globo è classificato dagli Accademici saturniani mediocre, bruciato, deserto e inabitabile.

Mercurio e Venere sono completamente invisibili, Marte è un poco meno difficile da vedere rispetto alla Terra; ma in compenso Giove è il vero dio del firmamento, brillante al mattino e alla sera, come Venere per noi. Urano è per essi una stella brillante visibile nelle costellazioni di mezzanotte e Nettuno una piccola stella visibile ad occhio nudo.

Questo è lo spettacolo dell'universo visto dal globo di Saturno, Visto dai satelliti, è forse più straordinario ancora.

Non bisogna dimenticare che sono veri mondi, alcuni dei quali sono più grossi di Vesta, Cerere, Pallas e Mercurio e assomigliano di più alla Terra che allo stesso Saturno. È altamente probabile che essi siano abitabili e abitati, così come le province del sistema di Giove; e certamente il colosso attorno al quale essi gravitano sembrerà, dal punto di vista delle cause finali, piuttosto fatto per essi che essi per lui. Visto da Mimas, il globo di Saturno occupa nel cielo uno spazio largo 17° , cioè una superficie 900 volte più estesa della nostra Luna piena! Sembra sempre meno colossale allontanandosi di satellite in satellite; ma dal VII la superficie è ancora 16 volte e dall'ultimo 4 volte più estesa della nostra Luna piena. Che globo e che fasi! L'anello è visibile solo per un tratto: è la linea della luce celeste che si estende da una parte all'altra del globo e occupa, visto da Mimas, uno spazio di 93° : la metà del cielo! Aggiungiamo a questo spettacolo che per ogni satellite gli altri sono lune ruotanti regolarmente e offrono le più ammirevoli successioni di fasi, di eclissi reciproci e di giochi ottici variati in mille modi dalla bacchetta magica che avvolge l'anello di Saturno attorno al meraviglioso pianeta, - nubi traslucide, che noi potremmo dipingere solo avendo un arco in cielo come tavolozza e l'azzurro dello zenit per tela.

Sarà superfluo aggiungere che malgrado la migliore volontà del mondo, è difficile immaginare che gli anelli possano essere abitati da esseri qualsiasi.

In conclusione, questo meraviglioso sistema ci si presenta nelle condizioni fisiologiche seguenti, che riassumono tutte le osservazioni precedenti:

CONDIZIONE PARTICOLARE DEL MONDO DI SATURNO

Situazione astronomica	Globo centrale, circondato da anelli e da otto satelliti
Durata dell'anno	29 anni o 10759 giorni
Durata del giorno sul globo	10h 16m
Numero di giorni di Venere nel suo anno	25069
Stagioni e climi	Probabilmente nulle. Temperatura costante
Temperatura	Senza dubbio più elevata di quella sulla Terra
Atmosfera	Densa, e carica di vapori
Satelliti	Quattro lune e quattro tipi di mese
Diametro del globo all'equatore	Quasi 10 volte più grande della Terra = 30500 leghe
Giro del mondo saturniano	100 000 leghe circa
Densità dei materiali	Sette volte minore che da noi = 0,130
Peso alla superficie	Un decimo maggiore della nostra
Condizioni probabili delle vita	Esseri aerei, abitanti senza dubbio nel mezzo dell'atmosfera stessa
Condizione probabile sui satelliti	Sedi strane, ma differenti senza dubbio meno della Terra e di Saturno stesso
Grande diametro degli anelli	71000 leghe
Grande diametro del sistema	1982000 leghe
Diametro del Sole	Dieci volte più piccolo di come visto da noi = 3' 22"
La Terra valutata da Saturno	Quasi invisibile: un punto telescopico passante ogni quindici anni davanti al Sole

Parte IX

Urano e Nettuno - Gli Universi lontani - La vita nell'infinito

Capitolo 48

Il mondo di Urano ♁

Il nostro viaggio planetario ci ha portati nelle regioni estreme del dominio del Sole, regioni scoperte solo grazie alle ultime conquiste dell'astronomia. Per l'antichità, Saturno delimitava il sistema, e fino al termine dell'ultimo secolo questo pianeta rimase l'*ultima Thule* della navigazione celeste. Sempre disposta a misurare l'Universo con il proprio metro, la mente umana non osava avventurarsi oltre, e quando tentò di rappresentare l'abisso sconosciuto che si estende al di là di questa antica frontiera, questa distanza saturniana dieci volte superiore a quella che ci separa dal Sole sembrava già così immensa che non si osava porre le stelle molto più lontane e molti supponevano che l'ombra di Saturno dovesse eclissare quelle dello Zodiaco! Tutto d'un colpo la scoperta di un pianeta nuovo fatta nel 1781 da William Herschel, astronomo di Hannover emigrato in Inghilterra, spinse lontano il limite del sistema da 355 a 733 milioni di leghe! Questa fu una reale rivoluzione.

Si diede a questo pianeta il nome di Urano e lo si indicò con il simbolo ♁, che richiama l'iniziale di Herschel.

A questa distanza dal centro comune delle orbite planetarie, Urano gravita in una lenta rivoluzione che richiede 84 dei nostri anni. Ogni anno di Urano è quindi uguale a 84 dei nostri: se la biologia sta nello stesso rapporto della nostra con la traslazione del pianeta, un bambino di dieci anni conta 840 anni terrestri, una "ragazza" di diciotto ha vissuto almeno 1700 primavere e un centenario ha vissuto 8400 dei nostri anni, cioè è nato 4000 anni prima della costruzione delle piramidi...

La lunghezza di questa orbita è di 2300 milioni di leghe, che egli percorre in 30686 giorni, di modo che la sua velocità, inferiore a quella della Terra. è di 62980 leghe all'ora, o di 6700 metri al secondo.

Per questa lontananza, il pianeta di Herschel è invisibile ad occhio nudo. La sua luminosità apparente si trova del resto proprio al limite della portata della vista umana, poiché varia dalla 6^a alla 7^a grandezza¹, e in certe circostanze, quando la distanza è la minore possibile, coloro che sono dotati di buona vista lo possono distinguere, sapendo dove si trova. Il suo diametro misura 4". Combinandola con la distanza, si trova che corrisponde a una linea di 13400 leghe, cioè più di quattro volte superiore al diametro del nostro globo. Ne risulta che il volume di questo

¹Ho osservato Urano il 5 giugno 1872, in una circostanza del tutto particolare. Avevo calcolato dapprima che doveva passare in questa data proprio contro Giove, alla piccola distanza di 1'10", distanza minore del semidiametro dell'orbita del *primo* satellite. Venne il giorno e io non mancai di osservarlo e la conclusione fu che la sua luminosità è uguale a quella del III satellite di Giove, cioè di 6^a grandezza.

Urano era stato già osservato, senza seguirlo e riconoscerlo come pianeta, in diciannove circostanze differenti. Fu osservato infatti da Flamsteed nel 1690, 1712 e 1715, Bradley nel 1748, 1750 e 1753, Mayer nel 1756, Lemonnier nel 1750 (quattro volte), 1768 (due volte), 1769 (sei volte) e nel 1771. Se questo astronomo avesse trascritto regolarmente le proprie osservazioni, non vi è dubbio che non avrebbe lasciato a Herschel la gloria della sua scoperta; ma aveva un tale disordine nelle sue scritture, che si è trovata all'Osservatorio uno dei suoi scritti sulle osservazioni di Urani su un sacco di carta che aveva contenuto polvere per i capelli! Si trova nei libri indù la menzione di un pianeta difficile da vedere ad occhio nudo, che si chiamava *Rahi*.

pianeta è 74 volte maggiore di quello della Terra. È il meno voluminoso dei quattro pianeti esterni; ma è ancora molto più grande da solo dei quattro pianeti interni (Mercurio, Venere, la Terra e Marte) messi assieme. Si è potuta determinare la sua massa, in base ai principi esposti in precedenza, dalla velocità dei suoi satelliti e dall'influsso su Nettuno e si è trovato che pesa 15 volte più del nostro pianeta. Ne deriva che la materia che lo compone è molto più leggera della nostra: la sua densità è solo un quinto della nostra ($= 0,209$); essa è maggiore di quella di Saturno, ma minore di quella di Giove.

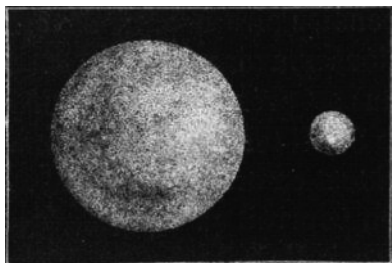


Fig. 90. Confronto tra la grandezza di Urano e della Terra.

Alla superficie di Urano, la gravità agisce con una intensità un poco minore che sulla Terra ($0,88$), di modo che le condizioni di equilibrio e di moto dei corpi sono circa gli stessi che da noi, con la differenza tuttavia di una minore densità nelle sostanze di cui sono formati.

Urano ruota su un asse in un periodo che le osservazioni non hanno ancora potuto determinare, a causa dell'esiguità del disco di questo pianeta visto dalla Terra, ma che deve essere di una rapidità analoga alla rotazione di Giove e Saturno, poiché i suoi satelliti ruotano molto rapidamente².

Vi è qui una particolarità sorprendente: i satelliti di Urano non ruotano come gli altri. Se consideriamo la Terra, Giove, Saturno o Nettuno, le loro lune ruotano da ovest a est all'incirca nel piano degli equatori di questi pianeti e questo piano non forma un angolo considerevole con quello delle loro orbite attorno al Sole. I satelliti di Urano ruotano al contrario da est a ovest e in un piano quasi perpendicolare a quello nel quale il pianeta si muove. Possiamo concludere che l'asse di rotazione di Urano è quasi sdraiato sul piano della sua orbita e che il Sole ruota in apparenza nel cielo uraniano da occidente a oriente invece di ruotare da oriente a occidente. Si potrebbe quasi dire che è un mondo capovolto. Ma vi è di più. Essendo l'equatore di questo singolare globo inclinato di 76° , il sole uraniano si allontana durante il corso del suo lungo anno fino a questa stessa latitudine: è come se il nostro Sole abbandonasse il cielo meraviglioso dell'Africa centrale e dei tropici per andare nelle regioni boreali dove le nostre coraggiose spedizioni cercano, soprattutto da dieci anni, di attraversare i ghiacci, la solitudine e il crepuscolo, la strada misteriosa del polo! o come se, a Parigi, vedessimo in estate l'astro del giorno ruotare attorno al polo, senza tramontare anche a mezzanotte, per 21 anni (quale estate!) e rimanere invisibile in inverno, per altri 21 anni... Le stagioni sono ancora incomparabilmente più strane di quelle che abbiamo osservato su Venere, poiché le regioni equatoriali non sono più privilegiate di quelle polari. Sì, rispetto alla Terra, è veramente un mondo capovolto!

Ma, d'altra parte, perché stagioni sono prodotte da un sole 390 volte meno caldo del nostro? Essendo Urano 19 volte più lontano di noi dal Sole, questo astro gli offre un disco 19 volte più piccolo, di conseguenza con una superficie 390 volte più piccola. Se rappresentiamo con un cerchio di 19 cm di diametro la grandezza apparente del Sole visto dalla Terra, quello di Urano sarà solo di 1 cm . Da quanto abbiamo visto sulla luce della Luna, questo piccolo sole uraniano

²Ho calcolato che un corpo libero posto ad una piccola altezza al di sopra della superficie di Urano effettuerrebbe la propria rivoluzione in $2h\ 53m$. Se si ammette $0,209$ per la densità, la rotazione dovrebbe essere di $10h\ 40m$; un centesimo in più la porterebbe a $11h$, se tuttavia questo elemento gioca nel sistema del mondo un ruolo che ho creduto di riconoscerli.

illumina come 1584 lune piene. Sebbene più piccolo, è anche splendente come il nostro; il diametro è di 1'40".

In queste condizioni di luce, il nervo ottico non si è potuto formare come sulla Terra. Un abitante di Urano, trasportato alla nostra luce, sarebbe abbagliato e accecato come lo fu il virtuoso Regolo dopo il suo supplizio. I loro occhi sono fatti per questa illuminazione ridotta e mentre qui i nictalopi e gli occhi notturni sono l'eccezione, là sono la regola. Più sensibili dei nostri, questi organi, in armonia con l'ambiente nel quale si sono sviluppati, permettono loro di vedere chiaro come di giorno e più chiaro durante la notte. Senza dubbio distinguono ad occhio nudo le stelle di 7^a grandezza.

L'atmosfera di Urano è stata analizzata tramite l'analisi spettrale. Essa differisce dalla nostra per le sue capacità di assorbimento, simili più a quelle di Saturno e di Giove e contiene gas *che non esistono sul nostro pianeta*.

Ecco quindi un mondo che differisce dal nostro da tutti i punti di vista, tanto più che le condizioni di abitabilità del fondo scuro dei nostri oceani differiscono da quelle delle montagne soleggiate dell'America del Sud. Ne concludiamo che non può essere abitato... da esseri simili a noi. Senza essere così appassionato del mondo di Venere, dove si passa in 56 giorni dai calori dell'estate ai freddi dell'inverno e dai temporali della canicola alle nevi di Natale, tuttavia, malgrado la lentezza dei suoi anni, offre un luogo molto vario dal punto di vista dei climi e delle stagioni. Ha senza dubbio generato esseri di una bassa densità materiale e di una estrema sensibilità. Quei lunghi anni, e senza dubbio anche quella lunga vita non si possono occupare allo studio della natura, alla ricerca dei segreti dell'Universo, al piacere del lavoro intellettuale, alla felicità degli affetti profondi, temendo in ogni istante di vedersi interrompere sul nostro rapido pianeta!

Come abbiamo detto, questo mondo è accompagnato da un sistema di numerosi satelliti. Fino a questi ultimi anni si è creduto che il loro numero fosse di otto, poiché sir William Herschel, studiando il suo pianeta, aveva creduto di scoprirne sei, e nel 1851 Lassell ne scoprì due più vicini al pianeta di quelli di Herschel. Ma nello stesso tempo questo astronomo verificò attentamente i dintorni di questo lontano pianeta, e riuscì, sui sei satelliti di Herschel, a rivederne solo due. Gli altri quattro non erano stati, del resto, rivisti da nessuno. Infine l'anno scorso, gli astronomi di Washington diressero il loro grande equatoriale di 66 cm di diametro verso questa stessa regione e confermarono definitivamente le conclusioni di Lassell. Così quindi Urano ha solo quattro satelliti, di cui presentiamo gli elementi

		Distanza		Durata delle rivoluzioni
I.	Ariel	744 raggi δ ,	o 49000 leghe	2d 12h 29m 21s
II.	Umbriel	1037	69090	4 3 28 7
III.	Titania	1701	112500	8 16 56 26
IV.	Oberon	2275	150000	13 11 6 55

Gli Uraniani hanno quindi, oltre alle bizzarre diversità segnalate prima, quattro tipi di mesi differenti.

Si pensa che se già, alla distanza immensa che ci separa, il pianeta Urano presenta solo un piccolo disco sul quale i più potenti strumenti non sono ancora riusciti a distinguere né nuvole né variazioni autentiche, i suoi quattro satelliti sono solo piccoli punti per così dire matematici, che non si sono ancora potuti né misurare né pesare.

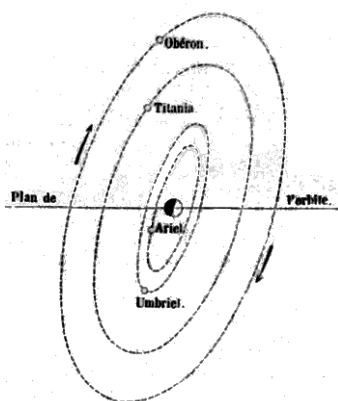


Fig. 91. Il sistema di Urano.

Ma ciò di cui siamo sicuri è che questi punti sono globi di grande dimensione, più grandi dei piccoli pianeti che fluttuano tra Marte e Giove e che possono essere sedi della vita come questi stessi pianeti. L'analogia ci porta a credere che il massimo di vitalità di questi mondi coinciderà, come quella della Luna, dei satelliti di Giove e di quelli di Saturno, con il periodo cosmogonico in cui il loro pianeta è stato il loro sole, tempo passato per la Luna, presente per Giove, non simultaneo, come abbiamo visto, per i diversi mondi.

Visto da Urano, l'universo stellato è lo stesso nostro, ma non è così per il sistema solare. Mercurio e Venere vi sono del tutto sconosciuti e noi possiamo, malgrado il rammarico di una tale conclusione, è così anche per la Terra. Infatti, il nostro minuscolo pianeta, oltre a essere invisibile per la sua piccolezza, è perso nell'irraggiamento del Sole, dal quale si allontana solo di 3° . Ho tracciato la figura geometrica qui sotto (scala $1mm$ per 10 milioni di leghe) per mostrare esattamente il rapporto esistente tra la posizione di Urano e il moto della Terra attorno al Sole. Così, per gli abitanti di questo mondo, noi non esistiamo, la Terra non esiste ed è finita per tutto il resto dell'Universo.



Fig. 92. Relazione tra l'orbita della Terra e la distanza di Urano.

Ma non solo non è visibile da Urano e dallo stesso Giove, il colossale Giove, sempre eclissato nell'irraggiamento solare, può essere scoperto solo con un'osservazione assidua, sebbene sia talvolta visibile ad occhio nudo con una luce più di cinque volte inferiore a quelle che ci invia. Saturno è per gli Uraniani una stella del mattino e della sera, ma è solo una stella debole; poiché alle sue elongazioni è due volte più lontano da Urano che da noi e presenta solo un semi disco, di modo che la sua luce è ridotta a un ottavo di quella che gli conosciamo. Nettuno visto da questo luogo è pure una piccola stella. Così, da questo pianeta, se ne vedono solo altri tre, dei quali nessuno supera in luminosità le brillanti stelle del cielo.

Per ricapitolare le condizioni astronomiche del mondo di Urano, teniamo sotto gli occhi la tabella seguente:

CONDIZIONE PARTICOLARE DEL MONDO DI URANO

Durata dell'anno	84 volte più lungo del nostro = 30686 giorni
Durata probabile del giorno	Circa 11h
Stagioni e climi	Sembrano molto vari, ma addolciti da una fonte di calore propria del pianeta
Numero dei satelliti	Quattro; quindi quattro tipi di mese
Diametro del globo	Quattro volte più grande di quello della Terra = 134000 leghe
Giro del mondo saturniano	42000 leghe
Densità dei materiali	Cinque volte minore che da noi = 0,209
Peso alla superficie	Circa un decimo minore della nostra (= 0,88)
Atmosfera	Densa e diversa dalla nostra
Condizioni probabili delle vita	Senza dubbio molto più lunga e diversamente organizzata
Grandezza del Sole	Diciannove volte più piccolo di come visto da noi = 1' 40". La sua luce e il suo calore sono 390 volte inferiori
La Terra valutata da Urano	Completamente invisibile

Capitolo 49

Il mondo di Nettuno ☿

Se nel 1781 la scoperta di Urano aveva spostato in avanti le frontiere del sistema solare da 355 a 733 milioni di leghe dal Sole, nel 1846 la scoperta di Nettuno spinse queste frontiere da 733 a 1100 milioni di leghe! Le stelle, che all'inizio del nostro secolo, erano supposte poco lontane oltre Urano (come prima del 1871 si pensava fossero poco dopo Saturno), si trovarono immediatamente trasportate, dalla forza stessa delle cose, a una distanza superiore a un miliardo di leghe. Così si è ingrandita l'idea dell'Universo nella mente umana in ragione diretta delle scoperte dell'astronomia.

Qui importa sottolineare che la scoperta di Nettuno differisce da quella di tutti gli altri pianeti per il metodo impiegato. Mentre per Urano, i satelliti di Giove, di Saturno e di Urano e i piccoli pianeti posti tra Marte e Giove, in una parola gli astri invisibili ad occhio nudo e sconosciuti nell'antichità, sono stati scoperti tramite l'osservazione ottica, Nettuno è stato rivelato con il calcolo.

Formando le tavole del moto di Urano, l'astronomo francese Bouvard aveva notato dal 1821 che questo pianeta presenta nel suo moto certe irregolarità indicanti una perturbazione ricollegabile all'attrazione di un pianeta esterno ad esso. Per oltre vent'anni, gli astronomi rimasero convinti dell'esistenza di questo pianeta perturbatore, ma senza che nessuno di loro concludesse i calcoli necessari per fissare la *sua posizione*, calcoli iniziati dallo stesso Bouvard in Francia e da Bessel in Germania. In base ai consigli di Arago, un giovane matematico francese, M. Leverrier, reso immortale dalla soluzione del problema, intraprese questo lavoro e portò questa ricerca a buon fine: il 31 agosto 1846, annunciò all'Accademia delle scienze la posizione teorica del pianeta sconosciuto. Meno di un mese dopo, il 23 settembre, un astronomo di Berlino, M. Galle, lo cercò con un cannocchiale e lo scoprì poco lontano dalla posizione assegnata.

Era una dimostrazione irrefutabile della validità delle leggi dell'attrazione e dell'esattezza dei calcoli astronomici. Il matematico francese aveva trovato il pianeta "sulla punta della sua penna". Una tale scoperta provava una volta di più che, per induzione, la mente umana può scoprire "le verità eterne nascoste nella maestà delle teorie".

Nello stesso tempo in cui il matematico francese, uno studente dell'università di Cambridge, M. Adams, aveva intrapreso la soluzione dello stesso problema, e l'aveva risolto proprio allo stesso modo otto mesi prima, senza che il direttore dell'Osservatorio nazionale d'Inghilterra giudicasse opportuno avvertire il mondo scientifico! Questa doppia scoperta non ha nulla di sorprendente: la storia delle scienze offre in ogni istante simili coincidenze.

Ci si accordò di assegnare al nuovo astro il nome di Nettuno e il simbolo abbreviativo fu un globo sormontato da un tridente ☿.

Dalla formula empirica di Titius presentata in precedenza, il matematico francese credette naturale supporre la distanza di Nettuno a 36 volte quella della Terra, con un conseguente periodo di 217 anni. Ma, dopo la scoperta, si constatò che questa distanza è molto minore, essendo di solo 30 volte, e che la rivoluzione si effettua in 165 anni, o, più esattamente, in 60127 giorni.

Questa orbita misura quasi 7 miliardi di leghe, e la conseguente velocità del pianeta è di 116000 leghe al giorno o di 5400 metri al secondo. Naturalmente, è la più piccola tra le velocità planetarie.

A una simile distanza, questo mondo, malgrado le sue dimensioni reali, che sono lontane dall'essere insignificanti, presenta la luminosità di una stella di 8^a grandezza, con un disco telescopico di 2",6. Il calcolo geometrico mostra che il suo diametro è di 4,387, essendo quello della Terra 1,000, il che dà un diametro di 14000 leghe e una circonferenza di 44000 leghe. La sua superficie è 19 volte più grande di quella della Terra e il suo volume vale solo 84 terre. Dal punto di vista delle dimensioni, Nettuno è quindi il terzo pianeta del sistema, per ordine di grandezza, come si è potuto vedere, del resto, in figura 80.

Immediatamente dopo la scoperta di Nettuno, M. Lassell diresse uno dei suoi migliori strumenti dell'epoca verso il nuovo pianeta e scoprì, il 10 ottobre 1846, un satellite che aveva l'aspetto di una piccola stella di 14^a grandezza. La distanza media di questo satellite è di 13 semi diametri del pianeta, e ciò corrisponde a 100000 leghe circa e la sua rivoluzione si effettua in 5 giorni 21 ore. Il mese dei Nettuniani non dura sei dei nostri giorni. Questa velocità di traslazione prova che Nettuno deve ruotare su se stesso in un periodo rapido, come Giove, Saturno e Urano. (Dai miei calcoli, fondati sulla densità, questo periodo sarebbe di 11 ore).

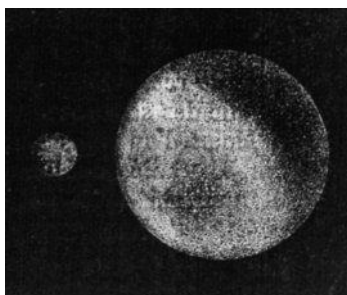


Fig. 93. Confronto tra la grandezza di Nettuno e della Terra.

Ogni anno di questo mondo è uguale a 165 dei nostri! Come notammo per Urano, se si vive in media tanti anni da noi, i bambini sono ancora a balia all'età di 200 anni, si tira a sorte all'età di 3300 anni (se questa felice invenzione della guerra permanente è stata immaginata come sul nostro intelligente pianeta) e i centenari gemono sotto il peso di 16500 inverni!

Si pensa che alla distanza di oltre un miliardo di leghe che separa sempre questo pianeta dal nostro, i nostri più potenti telescopi non riescono per nulla a distinguere la sua superficie. La sua costituzione fisica ci resta quindi pressoché sconosciuta. Sappiamo tuttavia, dalla velocità del suo satellite e dalle perturbazioni esercitate su Urano, che la sua massa è 18 volte maggiore di quella della Terra, che la sua densità media è un quinto di quella del nostro globo ($= 0,216$), e che la gravità è circa la stessa che da noi ($= 0,953$). L'analisi spettrale ha evidenziato con certezza, come nel caso di Urano, l'esistenza di un'atmosfera assorbente nella quale si trovano gas *che non esistono nella nostra*, e che presenta una composizione chimica quasi identica a quella di Urano.

La distanza di Nettuno dal Sole è 30 volte maggiore di quella della Terra per cui il Sole mostra un diametro 30 volte più piccolo di come lo vediamo dalla Terra. Per farci un'idea esatta di questa estrema differenza, rappresentiamo il Sole visto dalla Terra su una scala di 2 mm per 1'; il suo disco apparente misurerà così 64 mm di diametro. Ebbene! visto alla distanza di Nettuno, questo disco alla stessa scala ha un diametro di 2 mm (fig. 94). Questo diametro angolare è in effetti di 1' 4".

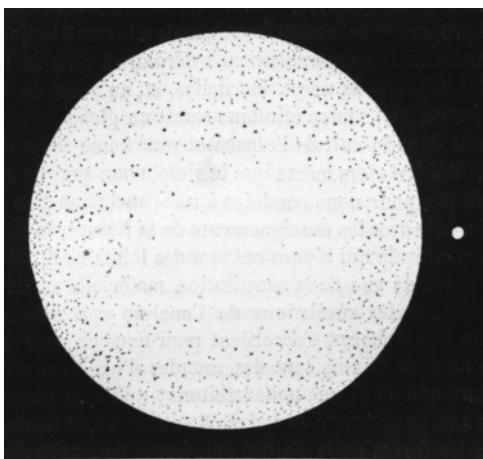


Fig. 94. Il Sole visto dalla Terra e da Nettuno.

Risulta che la *superficie* del sole nettuniano è 900 volte minore di quella del nostro e che il calore e la luce solari sono ridotti nella stessa proporzione. Questo è un sole lillipuziano, 900 volte meno esteso in superficie. Si crederebbe che questa luce è così debole che il giorno differisce appena dalla notte su questo mondo; tuttavia, se noi la confrontiamo con quella che ci invia la Luna piena a mezzanotte, saremo sorpresi della differenza. Infatti, la luminosità lunare è 618000 volte meno intensa del Sole; ne risulta che essendo 900 volte più debole, la luce del giorno nettuniano è ancora uguale a quella che sarà data da 687 lune piene che diffondono i loro raggi argentei nelle altezze di un cielo limpido.

Vista da Mercurio, la superficie del Sole è 6673 volte più grande di quella vista da Nettuno. Osserviamo tuttavia che il sole nettuniano presenta ancora, in quest'ultimo globo, una luminosità ben superiore a quella di tutte le stelle che vediamo in cielo. Il suo diametro di 64" è solamente tre volte più grande di quella del nostro Giove; ma la luminosità è assai più intensa. Bisogna allontanarsi fino alle stelle perché il Sole perda del tutto la propria superiorità apparente, e si perda come un punto nel mezzo dello spazio stellato.

Il diametro delle stelle più brillanti, della stessa Sirio, è uguale a solo un centesimo di secondo. Il Sole, visto da Nettuno, essendo ancora di 64", ha una superficie del disco che supera di 41 milioni di volte quella di Sirio. Così, nel pianeta più lontano del sistema, il Sole illumina ancora come più di quaranta milioni di stelle di prima grandezza.

Il ragionamento che abbiamo fatto a proposito della sensibilità del nervo ottico negli occhi uraniani può essere, a maggior ragione, applicato agli occhi dei nettuniani. Essendosi formati in questa debole intensità luminosa, essi devono essere più sensibili dei nostri e questi esseri saranno accecati dalla luce del giorno terrestre. Immagineremo con il tedesco Wolff che la retina sia sui diversi mondi di una dimensione corrispondente all'indebolimento luminoso e che la dimensione degli uomini del pianeta sia a sua volta proporzionata a questo sviluppo degli occhi planetari: poiché, analogamente al ragionamento che ci ha portati a valutare le dimensioni degli abitanti di Giove a "quattordici piedi e due terzi, dimensione del gigante Og, re di Bazan", la stessa idea ci porterebbe a supporre per i Nettuniani una dimensione di 57 metri; mentre sono solo la grandezza dell'occhio non è in proporzione con quella degli esseri, ma anche che le dimensioni come il loro peso sono regolate in parte dalla forza vitale di ogni pianeta e in parte dall'intensità della gravità.

Se il mondo di Nettuno non avesse altra fonte di calore che quella che riceve dal Sole, la sua temperatura media sarà, non del tutto esattamente 900 volte più fredda di quella della superficie terrestre (poiché la sua atmosfera può conservare, accumulare, tesaurizzare la quantità proporzionalmente ricevuta), ma essa sarà sempre tuttavia incomparabilmente inferiore a quella dei nostri poli ricoperti di nevi eterne e, dal punto di vista terrestre, questa terra lontana sarà un globo di ghiaccio perso nella notte dello spazio e votato ad una incurabile sterilità. Ma anche quando il semplice buon senso non bastasse a indicare una conclusione più in armonia con quelle

degli insegnamenti della Natura, la differenza radicale che separa questi mondi lontani dal nostro dal punto di vista della costituzione materiale e della densità, e le rivelazioni dell'analisi spettrale sulle loro atmosfere, è in accordo nel provarci che Nettuno e Urano sono mondi di tutt'altra natura rispetto a quello che abitiamo; che essi non possono essere popolati da una condizione di vita analoga alla nostra e che le forze della Natura hanno generato produzioni interamente diverse da quelle organiche terrestri, se extra-terrestri, in verità, qualora le vedessimo, non le riconosceremmo per esseri organizzati e che compiere un viaggio dalla sfera di Saturno a quella di Nettuno sarebbe certamente più prodigioso, più fantastico, più insensato di tutti i sogni delle *Mille e una Notte*, di tutti i racconti di fate e di tutte le creazioni uscite dalle bolle di sapone soffiate dal balcone di casa.

Comunque siano, gli abitanti di Nettuno occupano un osservatorio unico per lo studio dell'astronomia siderale. Noi altri abitanti della Terra, siamo molto mal disposti per questo studio, poiché le stelle sono così lontane che, per misurarne la distanza, bisogna porci alle due estremità di uno stesso diametro dell'orbita terrestre, a sei mesi di intervallo e formare un triangolo con questo diametro di 74 milioni di leghe e con la stella di cui vogliamo conoscere la distanza; e questa lontananza è tale, anche per le stelle più vicine, che queste 74 milioni di leghe sbiadiscono e bastano appena per la formazione di un triangolo! La stella più vicina a noi è infatti a più di 100000 volte questo diametro! Ma da Nettuno, la base del triangolo è trenta volte più lunga e la misura trenta volte più facile. Gli astronomi di Nettuno hanno potuto facilmente misurare il Cielo, determinare la distanza di tutte le stelle della nostra regione e prendere meglio possesso dell'infinito rispetto a noi, poveri pigmei ridotti a una meschina base di 74 milioni di leghe soltanto.

Ma bisogna anche supporre che gli ottici di Nettuno abbiano inventato strumenti così perfetti e che vivano assai di più per poter continuare come qui uno stesso lavoro per parecchi anni, e dieci anni di Nettuno ne valgono 1650 dei nostri.

Nettuno è il più vicino alle stelle? Sì, come abbiamo detto; ma quanto le distanze dell'astronomia siderale sono superiori ancora a quelle dell'astronomia planetaria, poiché da Nettuno alla stella più vicina vi è quasi 8000 volte la distanza che lo separa dal Sole!

È chiaro che da questo mondo la Terra è *completamente invisibile*. È un semplice punto matematico perso nell'irraggiamento del loro piccolo sole, dal quale si discosta al massimo di $1^{\circ}54'$. Ne ho tracciato il disegno geometrico (fig. 95) con la scala 1 *mm* per 20 milioni di leghe. Mercurio e Venere sono, a maggior ragione, del tutto sconosciuti. Sebbene più lontano dal Sole, Marte non è visibile, poiché se ne allontana solo di 3° . Lo stesso Giove è sconosciuto a Nettuno, poiché, da questa distanza, è solo un punto eclissato dai raggi solari: la sua massima distanza è di 10° . Saturno può forse essere scoperto, se si attribuiscono ai nettuniani eccellenti strumenti e un'osservazione assidua del Sole: è una piccola stella che si discosta fino a 18° . Molto probabilmente Urano è il solo pianeta che conoscono: esso è la stella del mattino e della sera e si discosta fino a 40° dal Sole; ma non bisogna dimenticare che da Urano a Nettuno vi sono più di 400 milioni di leghe nel periodo più favorevole per l'osservazione, di modo che questo pianeta offre ai Nettuniani l'aspetto di una stella molto comune.



Fig. 95. Relazione tra l'orbita della Terra e la distanza di Nettuno.

Così, in definitiva, l'ultimo pianeta conosciuto del nostro sistema ci presenta la situazione presente:

CONDIZIONE PARTICOLARE DEL MONDO DI NETTUNO

Durata dell'anno	165 anni terrestri o 60127 giorni
Durata probabile del giorno	Circa 11h
Luna e mese	Rivoluzione in 5 giorni 21 ore
Diametro del globo	Quattro volte più grande di quello della Terra = 14000 leghe
Giro del mondo saturniano	44 000 leghe
Densità dei materiali	Quasi cinque volte minore che da noi = 0,216
Peso alla superficie	Circa la stessa che da noi (= 0,953)
Atmosfera	Diversa dalla nostra
Condizioni probabili delle vita	Senza dubbio molto più lunga. Organismi assolutamente diversi
Grandezza del Sole	Trenta volte più piccolo di come visto da noi 64". Piccolo disco luminoso; 900 volte meno luce
La Terra valutata da Urano	Completamente invisibile

Questa è l'ultima isola del nostro arcipelago planetario; è l'ultima provincia della repubblica solare, ultima tappa del nostro celeste viaggio.

Capitolo 50

I sistemi planetari diversi dai nostri

Arrivando ai limiti del grande viaggio da noi percorso, non dobbiamo chiudere gli occhi ma osservare ancora un istante lo spazio che ci circonda. Noi siamo lontani fino al oltre 1000 milioni di leghe, lontananza alla quale abbiamo perso di vista la Terra e i suoi compagni, ma nella quale siamo usciti dal dominio del Sole. Abbiamo ora davanti a noi un orizzonte che, lungi dal fermarsi, si sviluppa fino ... all'*infinito*. Siamo giunti alle frontiere dell'impero solare, come sembrerebbe a prima vista? No. Altri astri sottostanno al dominio del potente fuoco che si allontana ancora al di là dell'orbita di Nettuno; di deboli comete, leggere e vagabonde in apparenza, che si muovono nelle solitudini silenziose dello spazio trans-nettuniano, fino a miliardi di leghe e fino a decine di miliardi di leghe! e là, nello spazio oscuro e ghiacciato, rallentando la loro marcia come se fossero divenute cieche, sembrano attente al minimo segnale, si fermano sentendo attraverso la notte la mano invisibile del dio lontano che le tocca ancora, piegando verso di lui la loro vaporosa testa, riconoscendolo, sebbene sia solo una stella e se ne ritornano verso di lui precipitandosi con una velocità crescente nel suo calore e nella sua luce, come se fossero trasportate dall'ardore divorante di un insondabile amore: esse cadono scapigliate nelle sue grinfie con una velocità tale da superare la meta e costeggiare il sole nel loro perielio... La formidabile cometa del 1680, che dopo essersi avvicinata all'atmosfera del sole, si allontanò con maestà nello spazio, attraversò successivamente le orbite di tutti i pianeti, abbandonò Nettuno e proseguì il suo volo per più di quaranta secoli, fino a 32 miliardi di leghe dal centro del sistema, abisso dove la potenza magnetica del Sole la fa docilmente ritornare!

Nessuna ragione ci può lasciar pensare che Nettuno sia l'ultimo pianeta del sistema. Coloro che lo affermano sono nella stessa condizione di quelli che affermavano cent'anni fa che non vi era nulla oltre Saturno, o quelli che affermavano cinquant'anni fa che non vi era nulla oltre Urano: sono anche meno scusabili a causa dei fatti acquisiti da un secolo. Al contrario, è certo che l'orbita di Nettuno non chiuda il dominio solare, poiché un gran numero di comete hanno il loro afelio al di là ed è probabile che uno o numerosi pianeti gravitino in queste regioni. La nostra ignoranza nei loro riguardi non prova nulla circa la loro assenza.

Di questi pianeti sconosciuti, non possiamo naturalmente dire nulla, e così è anche delle migliaia di comete che circolano attraverso il sistema solare in tutte le direzioni e a tutte le distanze. Tra questi fumosi erranti, gli uni sono unicamente formati di vapore nella cui composizione il carbonio, questo primario elemento della vita, entra per la maggior parte e gli altri sono aggregazioni di asteroidi che disseminano nel loro cammino nell'immensità. Questi astri misteriosi svolgono un ruolo nella diffusione della vita attraverso i mondi? Si sarebbe autorizzati a crederlo in base alla loro composizione chimica. Ma quanto a essere essi stessi sede di vita organica, l'immaginazione più temeraria non saprebbe figurarlo; le loro incessanti variazioni nella forma, le loro metamorfosi così rapide, i loro cambiamenti inauditi di temperatura, dal fuoco fino al ghiaccio e oltre, sembrano opporsi a ogni manifestazione organica... Ma, dopo tutto, dove finisce la materia? dove comincia l'anima?

Il Sole si è nascosto dietro noi. Da Nettuno, presenta solo un disco appena visibile ad occhio nudo, sebbene ancora sfolgorante; dall'afelio della famosa cometa ricordata, sembra ancora 30 volte minore di quello visto da Nettuno e ha un diametro di 2"! è solo una stella brillante. Fin dove si estende la sua attrazione? Fino alle stelle stesse.

Ogni stella è un sole voluminoso e pesante come quello che ci illumina: solo la lontananza ne riduce l'aspetto a un punto brillante. Se potessimo avvicinarci a una qualunque di esse, proveremmo la stessa impressione andando da Nettuno al Sole: la stella si ingrandisce avvicinandosi e offre ben presto un disco circolare e si sviluppa fino a divenire grande quanto il nostro Sole visto dalla Terra; poi, questo disco luminoso, ingrandendosi sempre più grazie al nostro avvicinamento, arriverà, un certo momento, ad aprirsi *come una fornace aperta che riempie il cielo intero*, abbagliamento colossale davanti al quale ci annienteremmo, fusi come cera, vaporizzati come una goccia d'acqua caduta su un ferro rovente!... Così è ogni stella.

Ogni sole dell'infinito ha la propria sfera di attrazione particolare, sfera che si estende fino al limite dove è neutralizzata da un'altra. L'attrazione diminuisce con l'inverso del quadrato della distanza, ma non diviene assolutamente nulla. Alla distanza di Nettuno, l'attrazione solare è 900 volte inferiore a quella alla distanza della Terra; mentre la Terra, se fosse arrestata nel suo cammino, cadrebbe verso il Sole di $0^m,00294$ nel primo secondo di caduta (meno di 3 mm). Nettuno cadrebbe solo di $0^m,00000327$. Alla distanza dell'afelio della cometa del 1680, la gravità verso il Sole ha raggiunto il piccolo valore di $0^m,0000000416$ per la caduta teorica verso il Sole durante il primo secondo. Questa attrazione continua a diminuire con la distanza. Ma, nello stesso tempo, se ci si muove nella direzione di una delle stelle vicine, si comincerà a sentire la loro influenza. La più vicina a noi si trova a una distanza 210000 volte superiore a quella che ci separa dal Sole; a 8 trilioni di leghe, vi è la stella del Centauro, stella doppia brillante di cui ho calcolato l'orbita e la massa. Questa massa è uguale alla metà di quella del Sole; ne risulta che se si viaggia da qui verso questa stella, si arriverà a un punto neutro dove le due attrazioni si bilanciano e questo punto si trova ai tre quarti della distanza ci separa, cioè a 6 trilioni di leghe da noi, o a 2 trilioni di leghe dalla stella, poiché la distanza è di 8 trilioni. Là un corpo celeste, una cometa, sarà nell'indecisione, non peserà più nulla, si fermerà; ma la minima influenza esterna la farà penetrare, sia nella sfera di attrazione del nostro sole, sia in quella del sole α Centauri.

Questo sole dei Centauro è posto nel cielo australe, dalla parte del polo antartico; ci appare sotto forma di una stella brillante di prima grandezza. Il sole più vicino a noi, dopo di esso, è posto nel cielo boreale, nella costellazione del Cigno: è la 61^a stella di questa costellazione. La sua distanza è superiore di 400000 volte il raggio dell'orbita terrestre: si trova a quasi 15 trilioni di leghe. Ho spesso osservato questa stella: è appena visibile ad occhio nudo, ma al telescopio è doppia, come la precedente; le due componenti però non ruotano una attorno all'altra, conclusione che mi ha molto sorpreso, quando l'ho trovata confrontando tutte le osservazioni fatte da centoventi anni e dalle quali risulta che la sua massa non può essere determinata. Ma comunque sia, il fatto che ci deve colpire, è che le distanze che separano gli uni dagli altri i soli dell'infinito si contano non più in milioni e nemmeno in miliardi, ma in *trilioni* di leghe.

La stella più brillante del nostro cielo, Sirio, è un sole il cui volume, se lo si valuta dalla sua luminosità, deve essere 2600 volte maggiore di quello del nostro Sole. La sua distanza è di 897000 volte 37 milioni, cioè 33 trilioni di leghe.

Segnaliamo ancora tra "i nostri vicini" al 70^a di Ofiuco, situata vicino all'equatore. Ho calcolato che essa pesa circa *tre volte più del nostro sole*, cioè 900000 volte più della Terra. La sua distanza è di 1400000 volte il semidiametro dell'orbita terrestre, cioè di 54 trilioni di leghe.

Gli astronomi sono concordi nell'ammettere, già da numerosi secoli (dai tempi di Keplero) che ognuno di questi innumerevoli soli che popolano l'infinito è il centro di un sistema analogo al sistema planetario di cui facciamo parte. Ognuna delle stelle che vediamo in cielo ci mostra da lontano un nucleo luminoso attorno al quale sono riunite altre famiglie umane. I nostri occhi sono troppo deboli per percepire questi pianeti sconosciuti; i nostri telescopi più potenti non raggiungono ancora queste profondità. Ma la Natura non si cura dei nostri occhi, né dei nostri

telescopi e oltre i limiti in cui si ferma lo sviluppo delle nostre faticose concezioni, essa continua a sviluppare la propria fecondità e magnificenza.

L'ora è giunta in cui questi sistemi planetari diversi dal nostro cessino di rimanere latenti nel campo delle ipotesi. In mancanza del telescopio, la meccanica celeste ha già rivelato l'esistenza di astri oscuri, invisibili nei raggi di questi lontani soli, ma che li disturbano con i loro moti propri attraverso l'immensità; è già, tra gli astri così supposti, i potenti telescopi attuali ne hanno riconosciuti parecchi.

Cinquant'anni fa, per esempio, Bessel aveva annunciato che Sirio è perturbato nel suo cammino dalla forza attrattiva di uno o più corpi appartenenti al suo sistema. Ebbene! Quattordici anni fa si è scoperto questo pianeta, perso nella luce di questo sole abbagliante; l'ha poi assiduamente osservato tutti gli anni, e l'ho pure io rivisto l'inverno scorso. Riunendo tutte le osservazioni fatte dalla sua scoperta, ho potuto costruire la figura 96, che mostra il moto del pianeta osservato dal 1862 al 1876. Il disco centrale rappresenta il sole Sirio; i quattro punti cardinali sono indicati dalle linee punteggiate; il moto proprio di Sirio nello spazio è segnato dalla grande freccia, la cui lunghezza corrisponde esattamente a questo movimento durante quattordici anni (la figura è tracciata con la scala precisa di 5 mm per $1''$). Se la piccola stella scoperta nel 1862 a est di Sirio non gli appartenesse, se fosse posta dietro di lui, nel fondo del cielo, sarebbe rimasta fissa e Sirio non si sarebbe discostato nel verso indicato dalla freccia. Ma, al contrario, essa gli appartiene, l'accompagna nel suo cammino, come la Terra accompagna il Sole e ruota attorno ad esso lungo un'orbita allungata. Essa ha ancora percorso, dal 1862 al 1876, solo il tratto indicato in figura, curva insufficiente per permetterci di calcolare il resto della sua orbita e di sapere in quanto tempo compie la sua rivoluzione. Come si vede, è molto piccola a fianco di Sirio, ma tuttavia ancora più grande di Giove relativamente al Sole. È un pianeta immenso, del tutto oscuro e brillante solo per la riflessione della luce di Sirio? Non è probabile: deve essere ancora luminoso per se stesso, come la nostra terra lo è stata per tanti secoli. Esso non corrisponde esattamente alle perturbazioni osservate, ciò che ci mostra che il sistema di Sirio possiede certamente altri globi ancora sconosciuti. Il nostro amico rimpianto Goldschmidt aveva creduto di vederne altri tre.

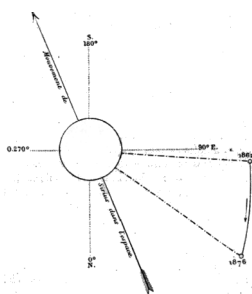


Fig. 96. Il sistema di Sirio, scoperto nel 1862.

Procione è, come Sirio, un sole di prima grandezza, attorno al quale si sono dapprima trovati con il calcolo, poi con il telescopio, numerosi satelliti.

Noi conosciamo un grande numero di stelle che sono accompagnate da astri più piccoli ruotanti attorno ad esse, come la Terra attorno al Sole. Questi sistemi, che si calcolano oggi a centinaia, sono molto assiduamente osservati affinché si possano calcolare le orbite e i periodi dei pianeti (brillanti o opachi) che li compongono.

Tra questi sistemi stellari, un gran numero presenta non una stella brillante accompagnata da uno o più pianeti, ma due stelle di uguale luminosità: tali sistemi non possono più essere paragonati al nostro, poiché sono composti da due soli. Questi due soli ruotano l'uno attorno all'altro, in diverse rivoluzioni, alcune delle quali richiedono migliaia di anni. Spesso sono di due colori diversi: un sole smeraldo ruota attorno a un sole rubino, oppure un sole zaffiro ruota attorno a un sole granata. Quali anni meravigliosi, quali singolari stagioni, quali giorni e quali notti fantastiche sono condivise da pianeti sconosciuti che gravitano attorno a questi soli colorati!

Il numero delle stelle doppie o multiple scoperte finora nell'intero Cielo raggiunge il valore di 10530. Io le ho tutte esaminate e discusse separatamente per sapere quali sono i sistemi in movimento e per analizzare poi questi moti e scoprire se essi sono rettilinei o curvilinei; questo lavoro mi ha portato a formare un catalogo di 612 sistemi multipli in movimento, racchiudendo più di 20000 osservazioni-

Non è quindi solo per ipotesi che possiamo parlare dei sistemi solari diversi dal nostro, ma con certezza, poiché ne conosciamo già un gran numero, di ogni ordine e natura. Le stelle semplici devono essere considerate come soli analoghi al nostro, circondate da famiglie planetarie. Le stelle doppie la cui seconda stella è molto piccola possono essere ordinate nella stessa classe, poiché questa seconda stella può essere un pianeta opaco che riflette solo la luce della principale, o un pianeta ancora caldo e luminoso. Le stelle doppie con le due componenti entrambe luminose sono insiemi di due soli congiunti, attorno a ciascuno dei quali possono gravitare pianeti invisibili da qui: vi sono là mondi assolutamente differenti da quelli che sono stati oggetto della presente opera, poiché essi sono illuminati simultaneamente da due soli di diverse grandezze, secondo le distanze di questi soli da ognuno di essi e hanno ricevuto condividendone anni doppi, in cui l'inverno è riscaldato da un sole supplementare e giorni doppi le cui notti sono illuminate non solo dalle lune di diverso colore ma anche da un nuovo sole, un sole di notte!

Come tipo di questi sistemi estranei, segnalerò, tra gli altri, quello di γ della Vergine, di cui ho recentemente calcolato l'orbita e il periodo. Se si suppone fisso uno dei due soli, l'altro ruota attorno ad esso in un periodo di 175 anni. Ho potuto raccogliere le osservazioni fatte su questa stella doppia dall'anno 1718, anno della sua scoperta e ho segnato sulla figura 97 le posizioni osservate da quest'anno alle date principali delle osservazioni. Si vede facilmente che nel 1893 la situazione ridiventerà quella del 1718. Affinché i pianeti che gravitano attorno a ciascun sole siano nelle condizioni di stabilità sufficiente, bisogna che essi siano stretti contro il loro rispettivo sole e rimangano sotto l'ala protettrice di ognuno di essi; altrimenti, nel periodo del periastro (come nel 1836), essi sarebbero attratti dal secondo sole e perderebbero il loro cammino... Quando diciamo stretti contro, ciò può essere tuttavia a distanza più grandi di quella tra la Terra e il Sole. La figura è tracciata con una scala di 10 *mm* per un secondo. L'asse maggiore è di $6^\circ,77$: questa lunghezza rappresenta al minimo 2 miliardi di leghe; e pertanto, nei più potenti strumenti, le due stelle sembrano quasi toccarsi!

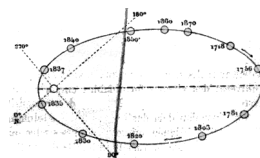


Fig. 97. Il sistema stellare di γ della Vergine.

Le stelle sono soli reali, giganteschi e potenti, che governano, nelle regioni dello spazio illuminate dal loro splendore, sistemi diversi da quello di cui facciamo parte. Il Cielo non è più un cupo deserto, le sue antiche solitudini sono divenute regioni popolate come quella dove gravita la Terra: l'oscurità, il silenzio, la morte, che regnavano in queste altezze, hanno lasciato posto alla luce, al movimento, alla vita; migliaia e milioni di soli versano energia a grandi fiotti, il calore e le ondulazioni diverse che emanano dalle loro fornaci. Tutti questi movimenti si succedono, si intrecciano, si combattono o si uniscono nel mantenimento e nello sviluppo incessante della VITA UNIVERSALE. L'immensità è trasfigurata davanti ai nostri sguardi stupefatti: i soli succedono ai soli, i mondi ai mondi, gli universi agli universi; velocità formidabili trasportano tutti questi sistemi attraverso le regioni senza fine dell'immensità e soprattutto, oltre i confini più lontani e immaginabili, si sviluppa nella sua varietà infinita la divina Creazione, di cui il nostro microscopico pianeta è solo un'impercettibile provincia.

Capitolo 51

La vita nell'infinito

Conclusioni

L'abbondanza di documenti che abbiamo voluto utilizzare per determinare lo stato astronomico e fisiologico di ogni mondo ci ha portato così lontano, malgrado i nostri sforzi per fare in modo con la massima precisione possibile, che questa opera non raggiunga proporzioni esagerate, in quanto la pazienza del lettore che ha voluto seguirci pagina dopo pagina è già esaurita o almeno fortemente provata. Non osiamo veramente abusare più a lungo di questa pazienza e dobbiamo abbreviare in qualche pagina gli ultimi capitoli di questo manoscritto che tratteranno in dettaglio la questione *dell'origine delle specie e delle loro forme, sulla Terra e sugli altri mondi*. Non possiamo passare interamente sotto silenzio questo importante aspetto del tema generale di questa opera; ma possiamo riassumere in modo succinto i fatti che dimostrano che il tipo umano terrestre non è arbitrario, che è dovuto allo stato organico del nostro pianeta e che, di conseguenza, in generale, le umanità degli altri mondi non hanno la nostra forma, sebbene parecchi possono avere con noi una somiglianza più o meno completa.

Ci sarà tanto meno difficile abbreviare, in quanto già numerose volte la questione è stata affrontata nei capitoli precedenti e che certamente i nostri lettori sono menti indipendenti che hanno saputo affrancarsi dai pregiudizi antichi, preferendo la luce alla notte, e ricercano come noi liberamente la verità, senza sistema e senza partito preso. Siamo certamente tutti d'accordo oggi nell'ammettere che l'uomo non è stato direttamente creato nell'età virile in un giardino e che la femmina non è stata formata da una costola supplementare staccata senza dolore al primo uomo durante il sonno. Abbiamo solo ragioni ipocrite per credere che ogni specie animale, dall'elefante fino alla pulce e oltre, sia stato l'oggetto di un intervento diretto di un potente mago, in grado di far uscire le coppie dalla terra e dalle acque al segnale di una bacchetta magica, facendole poi entrare in un'arca per salvarle dal diluvio e rimettendo di nuovo in libertà dispiegando nel firmamento l'arcobaleno che, prima di questa epoca, non sarebbe mai esistito. Questo modo di creare il mondo, un poco troppo umano per essere divino, riflette nelle sue fasi le fantasie, i capricci, le passioni e i timori del cervello umano; esso non ha nulla di *naturale*, è al contrario dichiarato sovranaturale e miracoloso e se fosse vero, non solo saremmo interdetti dal cercare di ricercare le condizioni della vita sugli altri mondi, poiché questo creatore volontario l'avrebbe semplicemente fatta sbocciare dalla sua fantasia, ma anche sarebbe forse inutile studiare i rapporti che le specie viventi sul nostro pianeta possono presentare tra loro e di cercare di scoprire la loro successione naturale e il loro sviluppo in base alla storia della Terra, visto che queste specie non dovrebbero avere tra loro alcun legame genealogico e che sarebbero semplicemente il prodotto di miracoli extra-naturali.

Ma la scienza contemporanea ci dimostra al contrario che tutte le specie viventi, tanto animali quanto vegetali, hanno tra loro rapporti evidenti di parentela, e che le fasi successive della storia naturale si succedono come gli anelli di una stessa catena, come lo sviluppo di uno stesso piano, come i rami di uno stesso albero. L'anatomia del corpo umano è la stessa di

quella degli animali la cui forma si allontana meno dalla nostra e l'osteologia come l'embriologia concordano con la paleontologia nel dimostrare che se noi abbiamo il nostro scheletro, il nostro sistema nervoso, la nostra forma, la nostra testa, il nostro cuore, i nostri polmoni, ecc., ecc., è perché gli animali che ci hanno preceduto sulla scala della creazione avevano gli stessi elementi e progressivamente risaliamo fino agli organismi più rudimentali, la cui vita terrestre è uscita dalla via dello sviluppo. Se per una ragione o per un'altra il nervo ottico non si fosse formato in una certa specie animale milioni di anni fa, noi saremmo tutti ciechi. Se per un altro motivo le specie avessero avuto sei arti invece di quattro, noi avremmo quattro braccia invece di due. Se la respirazione si fosse generata tramite i polmoni dieci volte più sviluppata della nostra, il nostro petto sarebbe dieci volte più voluminoso, ecc. La forma dell'umanità terrestre è la risultante di quella dell'animalità.

La paleontologia ci prova che le specie vegetali e animali si sono succedute con lentezza, dall'origine fino all'uomo, procedendo dal semplice al composto. Le prime piante erano alghe, funghi, licheni, muschi privi di foglie, fiori e frutti. I primi animali, erano zoofiti, spugne, vermi, certi infusori che non avevano né vista, né odorato, né cuore, né stomaco, né organi e l'origine più elementare ancora di questi primi organismi sembra essere un piccolo globulo gelatinoso, la cellula.

Se si esaminano le piante e gli animali posti in basso nella scala degli esseri, è appena possibile distinguerli tra loro. La scienza positiva conferma oggi la previsione di Goethe che prevedeva che "gli esseri, dapprima confusi nella condizione di parentela in cui essi si differenziavano appena tra loro, sono poco a poco divenuti piante e animali, perfezionandosi in due direzioni opposte, per giungere gli uni all'albero durevole e immobile, gli altri all'uomo, che rappresenta il più alto grado di mobilità e libertà."

Pesci, anfibi, rettili, mammiferi; quadrupedi, quadrumani, bimani; generi, specie, famiglie, si succedono nella storia della Terra come lo sviluppo di uno stesso piano. Ogni varietà è una specie che comincia, si fissa e si sviluppa per l'effetto naturale del lavoro degli organi.

All'inizio della sua esistenza individuale, l'uomo stesso è, ancora oggi, come ogni altro animale, un ovulo, una semplice piccola cellula. L'ovulo umano è essenzialmente simile a quelli degli altri mammiferi. Non solo la sua forma e la sua struttura, ma anche il suo diametro, sono gli stessi presso la maggior parte dei mammiferi e presso l'uomo. Questo diametro è di circa $\frac{1}{15}$ di millimetro e visibile ad occhio nudo. Dapprima si moltiplica da sé e diviene una sfera che assomiglia a una fragola. Queste cellule sono i materiali di costruzione che serviranno ad edificare il corpo del giovane animale. Ognuno di noi è stato una di queste semplici sfere, composte di piccole cellule trasparenti.

Nel primo stadio, è assolutamente impossibile distinguere l'embrione dell'uomo da quello degli altri mammiferi, degli uccelli e dei rettili. L'uomo passa successivamente, nelle prime settimane dalla sua vita embrionale, dalle principali specie animali che esistono ancora oggi. Il suo embrione percorre la stessa serie di metamorfosi che, durante un lasso di tempo incommensurabile, i suoi antenati hanno percorso prima di lui. Certe fasi primordiali dello sviluppo umano corrispondono assolutamente a certe conformazioni che persistono tutta la vita presso i *pesci* inferiori. Poi l'organizzazione, dapprima pesciforme, diviene *anfibia*. Solo molto più tardi appaiono i caratteri specifici dei *mammiferi*. Vi è un parallelismo perfetto tra l'evoluzione embriologica dell'individuo e l'evoluzione paleontologica del gruppo intero al quale esso appartiene; e questo fatto così interessante, così decisivo, non sarebbe spiegabile se non per l'azione combinata delle leggi dell'ereditarietà e dell'adattamento. Percorrendo così una serie di forme transitorie, ogni animale, ogni pianta ci riproducono, in una successione rapida e nei suoi contorni generali, la lunga e lenta serie evolutiva delle forme per le quali sono passati i loro antenati dopo le età più antiche.

La genealogia umana, già resa evidente da tutti questi fatti, si rivela ancora dalle ultime testimonianze che sono rimaste: gli *organi atrofizzati*, che non servono più a nulla ed esistono ancora in noi, come i muscoli del padiglione auricolare, la piega semi-lunare dell'occhio, il rudimento di coda delle ultime vertebre, ecc., sono altrettante vestigia della nostra antica discendenza. Bisogna essere volontariamente ciechi per non riconoscere la portata di tutti questi fatti. Così la nostra forma umana deriva dall'animalità terrestre: il tipo umano della nostra razza bianca si è formato lentamente dallo sviluppo degli organi che lo caratterizzano.

L'origine degli altri pianeti è la stessa di quella della Terra. Essi sono partiti dallo stato gassoso; sono stati dapprima dei veri soli luminosi; si sono raffreddati, condensati, ricoperti di una crosta solida, sono passati attraverso trasformazioni psico-chimiche analoghe, e hanno visto la vita elementare apparire tra le loro acque tiepide nell'epoca in cui l'evoluzione inorganica ha lasciato il posto alla prima formazione organica. La grande nebulosa solare ha loro dato origine per accrescimento del suo moto di rotazione; successivamente sono sfuggiti dall'equatore dell'immensa lente: Nettuno, Urano, Saturno, Giove, i piccoli pianeti, Marte, la Terra, Venere e Mercurio, e successivamente anche, in epoche molto diverse tra loro, ogni pianeta è passato per lo stesso processo evolutivo.

L'origine è la stessa, la composizione chimica primordiale è la stessa; stesse sostanze, stesse forze, stesse leggi, stessa famiglia, stessi destini. Figli del Sole, rimasti sotto la sua ala tutelare e sotto la sua protezione, retti da un comune accordo dalla sua forza centrale, i pianeti non sono estranei tra loro, né radicalmente diversi. La loro formazione lenta è confrontabile a quella delle specie vegetali e animali terrestri: usciti da una stessa sorgente, essi si sono lentamente diversificati secondo le loro differenze nelle distanze dal Sole, di volume, di massa, di movimento, di temperatura e oggi le loro popolazioni non devono presentare a prima vista alcuna somiglianza, più di quella tra distingue in apparenza la carpa dal cavallo, l'uomo dalla farfalla, o l'ippopotamo dal colibrì e non più di quanto il cane assomiglia alla rosa, né la viola all'abete. Ma così come analizzando la costituzione organica dell'uomo, della scimmia, del cavallo, del pescecane, del coccodrillo, del passero, si ritrova una stessa origine molecolare, uno stesso piano vitale e anche una parentela, analogamente, se conoscessimo la condizione della vita su ogni pianeta, ci ritroveremmo in principio una comunità di origine che ha prodotto divergenze corrispondenti alle condizioni speciali della situazione di ogni mondo.

La composizione materiale originaria di ogni pianeta è quindi diversificata dalle origini, debolmente forse, ma infine realmente, e le differenze hanno dovuto essere tanto maggiori quanto i pianeti erano più lontani tra loro. Così Nettuno deve somigliare molto più a Urano che alla Terra, Urano molto più a Saturno e a Nettuno che alla Terra, e Mercurio, formato per ultimo e rimasto nelle vicinanze del Sole, deve differire singolarmente da Saturno, Urano e Nettuno. Questa probabilità è rafforzata e resa oggi certa dall'analisi spettrale.

La conformazione anatomica degli esseri viventi essendosi sviluppata in condizioni così diverse dalle nostre, è evidente, senza entrare in dettagli puerili, che la maggior parte dei nostri organi non esistono in tali corpi o esistono altrimenti, mentre al contrario questi esseri sconosciuti possiedono sensi per noi incomprensibili, per il solo fatto che ne siamo privi.

Si vede dunque che la semplice interpretazione, ma attenta e fedele, libera e senza retro-pensieri strani, del modo di azione delle forze della Natura, ci porta inevitabilmente a concludere che le specie animali viventi sugli altri mondi differiscono completamente dalle specie terrestri. Siccome abbiamo visto che la razza umana non differisce anatomicamente dai suoi predecessori della serie zoologica, e che non rappresenta una forma di creazione arbitraria indipendente, ne risulta pure inevitabilmente che gli uomini degli altri mondi, cioè gli esseri che là sono come l'umanità sulla Terra, la razza conquistatrice, intellettuale, morale, pensante, amorosa, progressiva, ne risulta, dico, che gli umani degli altri mondi non hanno la nostra tipologia e non ci assomigliano.

Queste sono le conclusioni fisiologiche che, nelle attuali condizioni della scienza, possiamo dedurre dalla conoscenza del sistema del mondo. Vi sono là condizioni *scientifiche* e *positive*, che non bisogna confondere con i giochi di immaginazione che un gran numero di romanzieri diversamente ispirati si sono dilettrati a far sbocciare dal capriccio della loro fantasia su questo tema degli altri mondi. Quest'opera è un libro di scienza e filosofia e non un romanzo. Quanto ai numerosi viaggiatori fantastici nei pianeti che sono stati descritti, in particolare da due secoli a questa parte, i lettori interessati a questo aspetto della questione troveranno la descrizione e il confronto nella nostra opera: *i Mondi immaginari e i Mondi reali*, che è stato principalmente

dedicato all'esame di questi romanzi astronomici, i più antichi dei quali risalgono ai Greci e ai Romani e gli ultimi sono di quest'anno.

Abbiamo avuto cura di evitare le tentazioni che "la follia della logica" ha molte volte di disseminare lungo il nostro cammino e i sentieri fioriti che si aprivano qui e là ai lati della grande ruota celeste; abbiamo gettato, passando, solo uno sguardo furtivo, senza impegnarci in un solo passo, nel timore di lasciarci fuorviare e dimenticare la strada delle grandi prospettive che doveva condurci alle città planetarie e svelarci i reali orizzonti del vasto Cielo. Camminando liberamente in avanti, uscendo dai solchi antichi e osservando liberamente la Natura, abbiamo voluto rimanere nel campo della scienza e restare soprattutto l'interprete fedele dei suoi sublimi insegnamenti.

Così si sono formate e sviluppate su tutti i mondi le manifestazioni varie di questa forza vitale inestinguibile che riempie l'Universo; così si succedono nello spazio e nel tempo queste *Terre del cielo*, che riproducono, attraverso l'infinito e l'eternità, in milioni di esemplari, il libro della vita che scriviamo qui. Lo spettacolo dell'Universo è ormai trasfigurato per le nostre anime. Non vi è più solitudine e morte che il dito di Urania ci mostra nella notte stellata; c'è la vita, universale ed eterna.

Quando, simili ai tenui accordi di un'arpa lontana, le armonie della sera si fanno sentire nei cieli; quando l'ultima eco delle solitudini ha perso la sua voce; quando l'ultima nota dell'uccello che si addormenta se ne è andato, l'ultimo sospiro del vento nel fogliame si è dileguato e il mormorio lontano del ruscello o il lamento assopito del mare sulla riva restano solamente come ultimi ricordi del movimento della natura; allora le glorie dell'occidente che si umiliano, l'azzurro profondo dello zenit che oscura e sembra rialzare impercettibilmente la volta celeste, le stelle che si illuminano una dopo l'altra, l'immensità dello spazio che si manifesta illuminandosi di punti luminosi e l'arrivo glorioso delle costellazioni assise sui loro troni, formano come una immensa melodia che riempie lo spazio dei suoi divini accordi e trasportano l'anima appassionata alla presenza dell'Infinito. Fremendo come la corda armonica che vibra sotto l'impulso di un suono estraneo, l'anima ascolta senza comprendere, contempla senza vedere e di domanda, stupita, cosa è, povera sensitiva del boschetto terrestre, di fronte a questi giganteschi soli e mondi innumerevoli... Saremo noi solo una effimera vibrazione che nasce e muore come un soffio nell'immensa armonia che la ignora? Passeremo noi sul nostro pianeta come quelle pallide scintille che sorvolano per un momento sotto la volta azzurra? I nostri sentimenti di ammirazione, di felicità, di sviluppo per il vero, di attaccamento per il bello, saranno illusioni fragili come i colori iridati della bolla di sapone che fluttua nell'aria? Oppure le nostre individualità sono, tanto e più dell'atomo di ossigeno o di ferro, parte integrante e indistruttibile dell'organizzazione dell'Universo? Rispondete, o cieli!... Rispondete o terre dell'Infinito!

Quando un tempo vi contemplavo, silenzioso e penseroso, nella calma profonda della notte, o dolci stele dell'azzurro! io vi ammiravo nella vostra bellezza celeste, e le miei preghiere si innalzavano verso di voi come l'incenso di un fuoco segreto illuminato dai vostri sguardi divini. Mi sembra che voi mi vedete, malgrado la distanza e che uno strano e dolce legame di simpatia unisca il mio cuore al vostro; poiché voi vivete, mi sembra, nell'etere incantato della vostra luce, voi palpitate nella vostra scintillazione, come spiriti infiammati regnanti di fatto dell'universale splendore.

Oggi, non è più con lo stesso riguardo che vi contemplo. Quando i miei occhi ti riconoscono svogliatamente distese nei vapori purpurei del crepuscolo, o bianca stella della sera, io non vedo più in te un fuoco brillante da lontano nella notte come un celeste faro, ma vedo la vera forma planetaria, la tua sfera geografica divisa in continenti e mari, il tuo volume uguale a quello della Terra, la tua atmosfera alta e densa, le tue nubi e le tue piogge, le tue montagne e pianure, le tue rive bagnate dalle onde marine, i tuoi pittoreschi paesaggi animati dal movimento e dalla vita e la tua umanità sorella della nostra, agitata e appassionata, sotto un clima più vario e un sole più ardente. Oh! quali sentimenti differenti si innalzano oggi, nel mio animo,

quando nel silenzio della notte sogno un tale mondo sospeso sulle nostre teste! E quando non lontano da te le prospettive cangianti dei cieli portano davanti al mio sguardo attento questo altro globo, nostro vicino di destino, Marte dai fulvi raggi, davanti ai quali il candore aumenta ancora, e non più un fuoco rosso acceso al bordo dell'oceano celeste che io saluto nella sua fiamma: è un mondo che inclina nello spazio i suoi poli carichi di nevi, ruotante sul proprio asse creando la successione dei giorni, delle notti, delle stagioni e degli anni, offrendo da lontano alla mia vista ridenti paesaggi dei suoi golfi equatoriali e delle sue rive mediterranee, gli alberi dorati delle sue foreste, i fiori dei suoi prati, le rive fertili delle sue campagne e le città popolate poste vicino ai suoi grandi fiumi. Non è più una pallida fiaccola nelle mani del Destino, accesa per guidare i nostri fatali destini, che io vedo nella tua calma luce, quando tu appari, o Saturno tanto temuto dai nostri avi! e non è più una meraviglia di architettura celeste che io ammiro in te come facevano i nostri padri: è un mondo, - che dico un mondo! - è un universo, immenso, splendido, affascinante, una creazione inenarrabile davanti alla quale quella della Terra sbiadisce come un sogno, un universo infine così magnifico e strano, così ricco e bello, così grande e maestoso, che per concepirlo servirebbe che la nostra mente, sfuggisse dal nostro cranio, si incarnasse in un cervello gigante capace di sostenere il peso di una simile contemplazione e di una tale conoscenza! E questi mondi sono là, con i loro abitanti, sospesi al di sopra delle nostre teste!... Stelle, soli dell'eternità, senza numero ed età, quando una tra voi si spegne, dieci altre nuove sono illuminate, la loro luce è inestinguibile; sempre esse hanno brillato e sempre brilleranno nell'infinito. I milioni aggiunti ai milioni impossibili da contare. Essi sono i fuochi attorno ai quali si riuniscono famiglie umane, come quelle del nostro sistema solare, che vivono insieme e senza conoscersi nell'irraggiamento del nostro piccolo sole. I mondi abitati che gravitano attorno a tutti questi soli, soli doppi, soli multipli, soli colorati con colori dell'intero spettro luminoso, soli variabili, soli di ogni grandezza, di ogni potenza; questi mondi, ve ne sono milioni che bisognerebbe allineare per contarli, ma miliardi e miliardi, poiché il loro numero supera ancora quello delle stelle, come quello dei bambini supera quello dei padri. L'intero infinito è assolutamente popolato di terre animate che si succedono a miliardi in tutte le direzioni dello spazio, fino ai limiti sempre sfuggenti ed eternamente inaccessibili del vuoto incommensurabile...

Quali sono le forze che agiscono alla superficie di tutte queste terre celesti? Quali esseri vivono in tutte le condizioni immaginabili e inimmaginabile di abitabilità? Quali menti pensano, amano, cantano o piangono in questi lontani luoghi? Di quali forme si sono rivestiti, su tutti questi mondi, le espansioni della Natura? L'immaginazione dei poeti ha creato mille strani metamorfosi: essa ha fatto sorgere centauri sulle montagne, scivolare sirene sotto i flutti, accovacciare sfingi nei deserti, volare chimere nelle nubi; essa ha inventato i ciclopi, le gorgoni, le arpie, le psille, i grifoni; essa ha messo gnomi nelle solitudini, dei protettori nelle capanne, naiadi nelle fontane, fauni e satiri nei boschi; ma cosa sono tutte queste forme pseudo-terrestri a fianco delle possibili procreazioni del mare universale? Già la resurrezione dalle tombe anti-diluviane ha fatto uscire dall'incognito le formidabili produzioni delle epoche precedenti: questi pterodattili dalle grandi ali, che apparirebbero come sinistri fantasmi; questo plesiosauro, questi megalosauri enormi e formidabili, che scuotevano le loro squame sonore dal margine delle onde corrugate; questi mostri fantastici che hanno popolato la Terra molto tempo prima del nostro arrivo. Ma come devono essere le forme viventi di ogni dimensione, di ogni caratteristica, di ogni destinazione, sbocciati sui miliardi di terre abitate che popolano l'Infinito!

Se la più bella coppia umana che sia apparsa sulla Terra potesse essere trasportata su uno qualunque di questi globi, sarebbe accolta solo con un'ironica curiosità e sarebbe esaminata come un esempio straordinario delle mostruosità e delle bizzarrie della Natura; così come noi, arrivando su questo mondo straniero, potremmo appena credere ai nostri occhi, e prenderemmo per mostri i più eleganti esseri umani abitanti questa regione celeste. Essi direbbero: Da dove venite, fantasmi? Noi risponderemmo: Chi siete voi, diavoli?

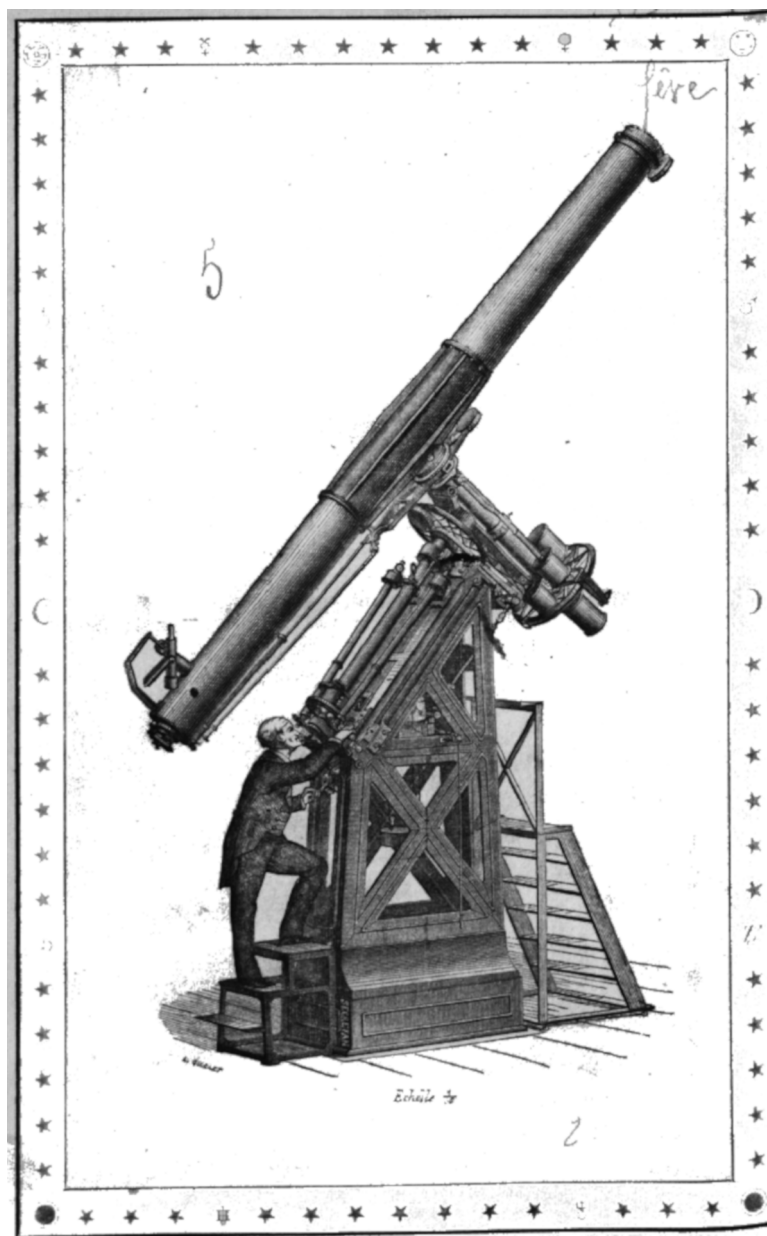
Ma, qualunque siano le loro forme, queste umanità esistono, vivono, agiscono, pensano; in una parola, sono là ciò che noi siamo qua. Ed essi esistevano prima che ila nostra fosse sorta su questa terra; ed essi continueranno ad esistere, senza fine, quando l'ultima palpebra umana si sarà fermata sul nostro pianeta errante... È solo la vita universale che riempie l'immensità, è ancora la vita eterna.

Sì, è la vita universale ed eterna che regna sulle nostre teste, è di essa che noi facciamo parte integrante. Sì, noi apprezziamo ora la vostra importanza, o misteriose stelle della notte! poiché sentiamo ora ruotare tutto attorno a noi mondi vasti e pesanti, popolati come il nostro. Pianeti o stelle, voi siete mondi, gruppi di mondi, di sistemi, di universi; e dal fondo del nostro abisso, intravediamo le vostre nazioni lontane, le vostre città sconosciute, i vostri popoli extra-terrestri...! Talvolta, contemplandovi, sentiamo fremere le nostre anime pensose, quando immaginiamo che tutte queste luci ci mostrano umanità sorelle della nostra, nella moltitudine delle quali la nostra piccola terra ha meno importanza di quanta ci offre un modesto villaggio paragonato alle migliaia di borghi e di città che popolano i continenti.

Umanità del cielo! voi non siete più un mito. Già il telescopio ci mette in relazione con le regioni che voi abitate; già lo spettroscopio ci fa analizzare l'aria che respirate; già gli aeroliti ci apportano i materiali delle vostre montagne; già noi vediamo le vostre nazioni con le loro frontiere naturali, e già, senza dubbio, voi vedete le nostre. Chi sa cosa ci riserva l'avvenire? Chi sa se, presto, comunicheremo insieme con un telegrafo né più né meno meraviglioso di quello che ci permette attualmente di parlare a bassa voce e istantaneamente da un capo all'altro del globo terrestre? No! voi non siete stranieri, non ci potete essere estranei. Da dove vengono gli esseri che vi compongono? Non hanno già abitato questa Terra dove siamo? Newton è morto? Copernico, galileo, Keplero non esistono più? Gesù non è resuscitato d'altronde? Budda, Confucio, Zoroastro, Socrate, Platone, Cartesio, Leibnitz, sono tutti scomparsi dall'Universo? I geni che hanno illuminato il nostro pianeta e l'hanno fatto progredire nella via della verità e della libertà sono caduti per non più risollevarsi, come i volgari animali giunti al termine della loro carriera e come il frutto maturo scosso dall'albero sotto il soffio del vento d'autunno? No! Questi astri del pensiero non si sono estinti. Essi brillano, vivono, agiscono su altre sfere; essi continueranno in mondi migliori l'opera interrotta; essi sono là e forse il loro genio, innalzato alla sua seconda o terza potenza, ha inventato su queste sfere l'arte di meglio distinguere la Terra meglio di come noi distinguiamo questi altri mondi e forse, in questo momento sorridono di noi che balbettiamo con tanta pena l'alfabeto dell'infinito. Non vi sono altre sedi ultra-terrestri oltre questi mondi astronomici: è là che abitano quelli che ci hanno lasciato, non in un paradiso immaginario, in un purgatorio nebuloso p in un inferno bruciati dalle fiamme eterne. È là che un giorno abiteremo noi stessi...

Questa è la vita, la vita naturale e non sovranaturale, la *vita universale* fiorita su tutte le sfere. Dappertutto il sole brilla, dappertutto il fiore spande il suo profumo, dappertutto l'uccello canta, dappertutto la Natura dispiega le sue grazie e il suo splendore. Gli spettri della morte sono fuggiti dal nostro cielo come le nere falene all'avvicinarsi del giorno. Ecco la luce, ecco la bellezza, ecco la verità. Salve, vaste campagne delle terre celesti! Salve montagne sublimi e valli solitarie. Salve divini tramonti del sole! e coi, armonie profonde della notte stellata, salve!... O paesaggi profumati di primavera, raggi splendenti dell'estate, foglie melanconiche dell'autunno, nevi silenziose dell'inverno: voi esistete su questi mondi come sul nostro e lo sguardo umano vi contempla là come nel nostro terrestre luogo. Salve! o divina Natura, madre eternamente giovane, dolce compagna delle nostre gioie, confidente intima dei nostri cuori! tu sei dappertutto la stessa, la tua bellezza illumina l'Universo, e noi amiamo lasciar riposare sul tuo seno l'impulso palpitante dei nostri pensieri. Salve a tutti voi, mondi innumerevoli dello spazio! voi mostrate nei cieli gli stessi quadri, gli stessi panorami, le stesse bellezze naturali che noi ammiriamo in questo mondo e, secondo la vostra forza, la vostra grandezza, la vostra fecondità, voi le riproducete centuplicandole, attraverso l'inesauribile varietà di una potenza infinita. Piante

sconosciute, esseri meravigliosi, umanità nostre sorelle; vita prodigiosa, vita immensa, vita inestinguibile; menti, pensieri, spiriti immortali, Infinito vivente, salve!... Noi comprendiamo ora l'esistenza dell'Universo, siamo usciti dalle tenebre dell'ignoranza, comprendiamo gli accordi dell'armonia immensa, ed è con convinzione indistruttibile, fondata sulla dimostrazione positiva, che acclamiamo dal fondo delle nostre coscienze questa verità ormai immortale: *La VITA si sviluppa senza fine nella spazio e nel tempo; essa è universale ed eterna; essa riempie l'Infinito dei suoi accordi e rigenera attraverso i secoli dei secoli, durante l'interminabile ETERNITÀ.*



PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Indice

I	Gli strumenti dell'ottica moderna (Cannocchiali astronomici e telescopi)	9
1	L'abbassamento dei cieli	11
2	Il nuovo occhio dell'umanità	19
3	I più potenti Telescopi del Mondo	27
II	Il sole e la sua famiglia	39
4	Il sistema Solare	41
5	Il Sole	49
6	La Superficie del Sole	57
7	L'Analisi spettrale della luce	67
III	Il Pianeta Mercurio ☿	73
8	Aspetto di Mercurio ad occhio nudo	75
9	Rotazione di Mercurio su se stesso	79
10	Le Montagne di Mercurio	81
11	L'Atmosfera di Mercurio	83
12	I passaggi di Mercurio davanti al Sole	87
13	Condizioni della vita sul pianeta Mercurio	91
14	Gli Abitanti di Mercurio	99
IV	Il Pianeta Venere ♀	105
15	Aspetto di Venere ad occhio nudo	107
16	Moto di Venere attorno al Sole	111

17 Dimensioni del pianeta Venere	119
18 Rotazione di Venere sul suo asse	123
19 Le montagne di Venere	125
20 Geografia di Venere	129
21 L'atmosfera di Venere	135
22 I passaggi di Venere davanti al Sole	143
23 La vita sul mondo di Venere	147
24 Gli abitanti di Venere	151
V La Terra e la Luna	159
25 La Terra, astro del cielo ☿	161
26 La Luna, satellite della Terra ☾	187
27 Moto della Luna attorno alla Terra e attorno al Sole	191
28 Aspetto generale della Luna	195
29 Geologia lunare, o selenologia	201
30 L'atmosfera della Luna	215
31 La vita sul mondo lunare	221
VI Il pianeta Marte ♂	231
32 Aspetto di Marte ad occhio nudo	233
33 Il globo di Marte: volume, peso e rotazione	237
34 Climi e stagioni del mondo di Marte	239
35 L'atmosfera di Marte	243
36 Geografia di Marte	247
37 Gli abitanti di Marte	257
38 I piccoli pianeti	265
VII Il mondo di Giove ♃	273
39 Aspetto di Giove ad occhio nudo	275

<i>INDICE</i>	353
40 Macchie osservate su Giove	279
41 Cambiamenti osservati su Giove	285
42 Costituzione fisica e chimica dell'atmosfera di Giove	289
43 Gli abitanti di Giove	293
44 I satelliti di Giove	299
VIII Il sistema di Saturno η	305
45 Il pianeta Saturno	307
46 I satelliti di Saturno	315
47 La vita nell'universo di Saturno	317
IX Urano e Nettuno - Gli Universi lontani - La vita nell'infinito	325
48 Il mondo di Urano δ	327
49 Il mondo di Nettuno ζ	333
50 I sistemi planetari diversi dai nostri	339
51 La vita nell'infinito	343