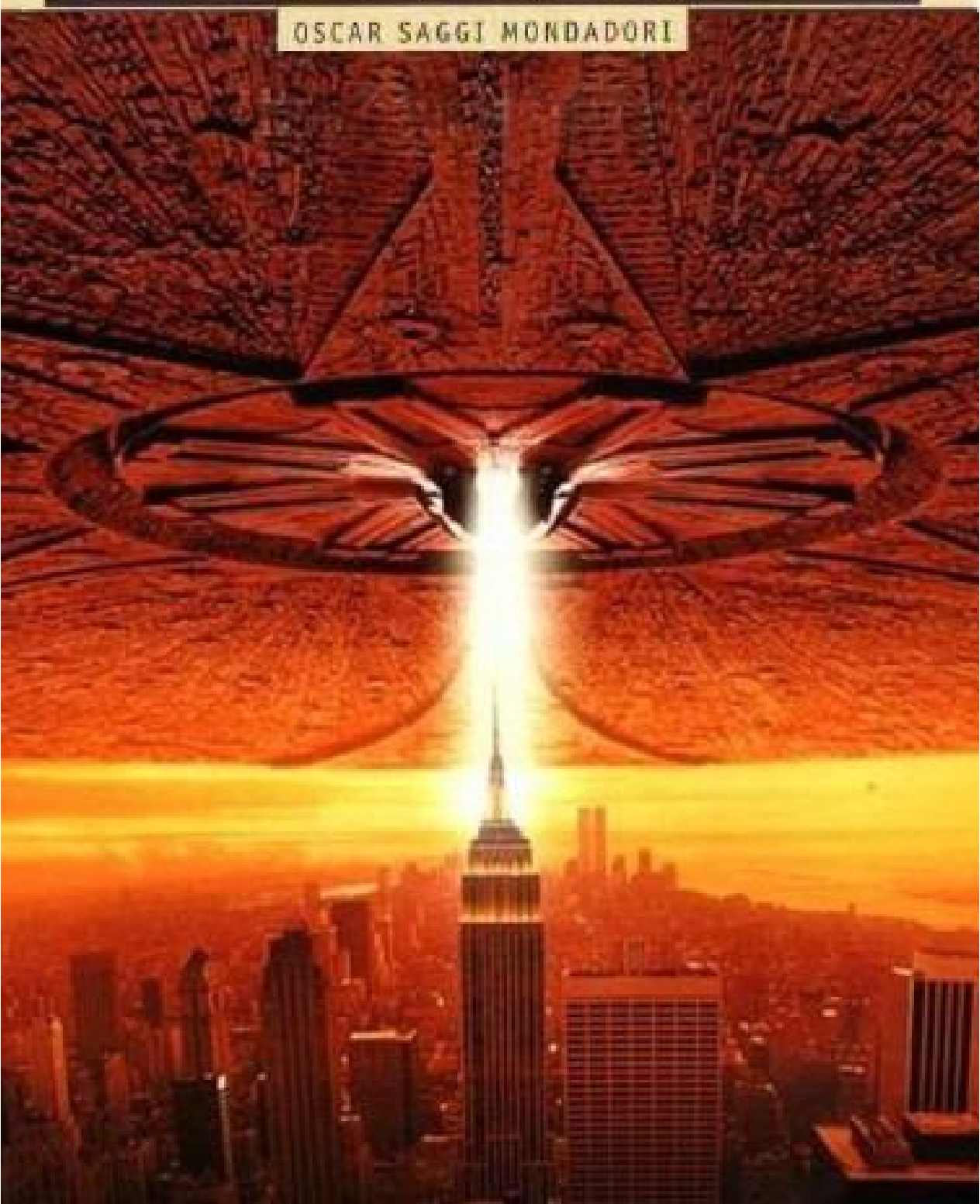
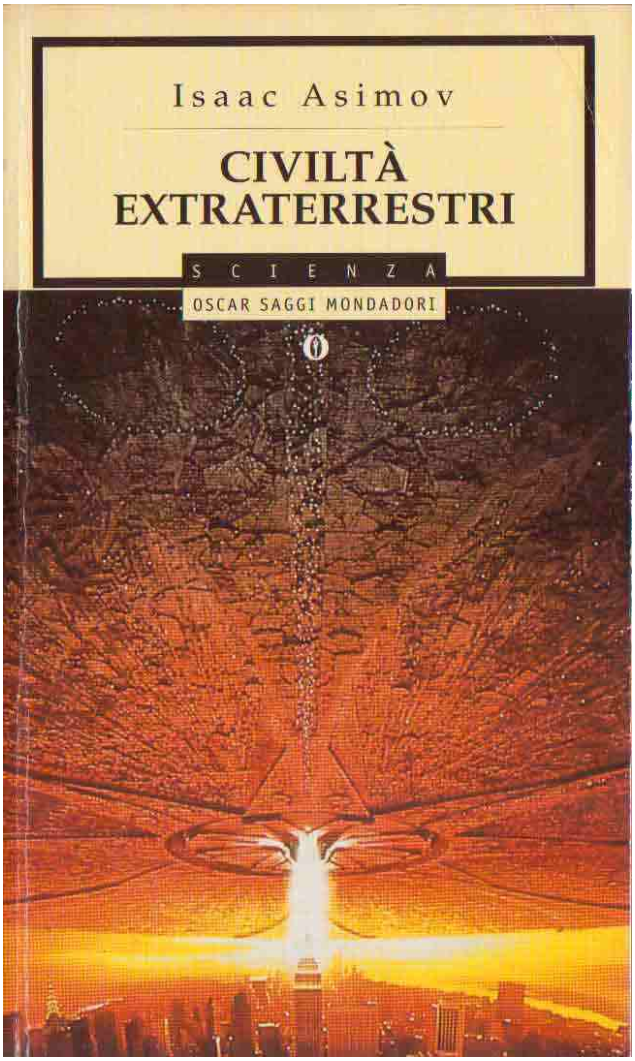
Isaac Asimov

CIVILTÀ EXTRATERRESTRI

SCIENZA

OSCAR SAGGI MONDADORI





SCIENZA OSCAR
SAGGI MONDADORI

ISAAC ASIMOV
CIVILTÀ EXTRATERRESTRI

Titolo originale:
Extraterrestrial Civilzations

Traduzione di
Paola Cusumano e Massimo Parizzi

I edizione Saggi giugno 1979
I edizione Oscar saggi febbraio 1986
V ristampa Oscar saggi ottobre 1998

L'uomo è solo nell'universo? Oppure esistono altre intelligenze, altre civiltà, altre forme di vita con cui comunicare? E se ci sono come mai non ne abbiamo trovata traccia? Una serie di interrogativi affascinanti che l'umanità, fin dai tempi più antichi, ha creduto di risolvere popolando via via la Luna, i pianeti del sistema solare, quelli di tutta la nostra galassia e di quelle che riusciamo a scorgere: insomma, un universo in cui miliardi di pianeti hanno sviluppato la vita, esseri pensanti, civiltà tecnologiche. Ma è poi tutto vero? Può la vita trasferirsi da un pianeta all'altro? È, come molti affermano, un fatto accaduto alla Terra? E comunque, quali sono i processi che originano la vita e l'intelligenza? A questi interrogativi Asimov ha cercato di dare una risposta esauriente e attendibile. Partendo dai presupposti minimi perché una civiltà aliena sia riconoscibile come tale, l'autore traccia una mappa della nostra galassia e dell'universo alla ricerca dei «pianeti giusti» per ospitare la vita.
Isaac Asimov, nato in Russia nel 1920 e morto negli Stati Uniti nel 1992, si è laureato alla Columbia University in scienze, lettere e filosofia. È autore di più di 300 volumi, tra cui parecchie opere di divulgazione scientifica e romanzi di fantascienza.

ISAAC ASIMOV

CIVILTÀ EXTRATERRESTRI

Alla memoria di Paul Nadan
(1929-1978)
per il quale avrei dovuto
iniziare prima questo libro.

I
La Terra

La domanda è: siamo soli?

Gli esseri umani sono i soli a possedere occhi che sondino le profondità dell'universo? I soli a costruire congegni per estendere i sensi naturali? I soli a possedere menti che si sforzino di capire e interpretare quello che vedono e sentono?

E la risposta, quasi certamente, è: non siamo soli! Ci sono altre menti che cercano e s'interrogano, e forse lo fanno più efficacemente di noi.

Molti astronomi ne sono convinti, e anch'io lo sono.

Non sappiamo dove sono queste altre menti, ma ci sono. Non sappiamo cosa fanno, ma fanno molto. Non sappiamo come sono, ma sono intelligenti.

E se sono da qualche parte là fuori, ci troveranno? O ci hanno già trovato?

E se non ci hanno trovato, possiamo trovarli noi? O meglio, *è bene* che li troviamo? È prudente?

Sono queste le domande da porsi una volta ammesso che non siamo soli, e gli astronomi se le pongono.

La problematica generale della ricerca dell'intelligenza extraterrestre è ormai così diffusa che, per evitare complicazioni linguistiche, gli astronomi hanno inventato un'abbreviazione: SETI, dalle iniziali della frase *the search for extraterrestrial intelligence* (ricerca di intelligenza extraterrestre).

La prima discussione scientifica SETI che diede una speranza di poter portare avanti la ricerca con successo risale solo al 1959. Si potrebbe quindi pensare che il problema di un'intelligenza altra dalla nostra sia

recente. Un fenomeno peculiare del XX secolo, sorto dallo sviluppo dell'astronomia .degli ultimi decenni. Un figlio della missilistica e del volo umano nello spazio esterno.

Si potrebbe credere che prima degli ultimissimi decenni gli esseri umani non mettessero in dubbio di *essere* soli, e che la nuova idea di un'intelligenza altra sia scoppiata come una bomba costringendo gli uomini, volenti o nolenti, a una rivoluzione interna delle proprie concezioni.

Niente di più lontano dalla verità.

Quasi tutti gli uomini, per quasi tutta la storia, hanno dato per certo di *non essere* soli. L'esistenza di altre intelligenze è stata sempre accettata come naturale.

Queste convinzioni non sono figlie dello sviluppo della scienza. Se mai il contrario. La scienza non ha fatto che togliere terra sotto i piedi alle prime casuali ipotesi sull'esistenza di altre intelligenze. La scienza ha creato una nuova visione del mondo attorno. a noi nella quale, per il vecchio sistema, l'umanità è sola.

Prima di passare alla nuova tesi di un'intelligenza altra, soffermiamoci su questa affermazione di solitudine.

Spiriti

Per partire dall'inizio, dobbiamo riconoscere che la frase «intelligenza extraterrestre» è già sofisticata. Parla di intelligenze su mondi diversi dalla Terra, e perché abbia senso bisogna che questi mondi si spieghino.

Invece, per quasi tutti gli esseri umani, per quasi tutta la storia, non ci sono stati altri mondi oltre la Terra. La Terra era *il* mondo, *la* casa degli esseri viventi. Il cielo era, per i primi osservatori, esattamente quello che appare: una volta sovrastante *il* mondo, azzurra di giorno e sottolineata dal tondo e accecante splendore del Sole, nera di notte e punteggiata dallo sfolgorio delle stelle.

In queste condizioni l'espressione «intelligenza extraterrestre» è senza significato. Ma proviamo a parlare di «intelligenza non umana».

Gli esseri umani dell'era prescientifica erano convinti che l'umanità non fosse sola; l'unico mondo che pensavano esaurisse l'universo ospitava per loro una varietà di intelligenze non umane. E non solo l'intelligenza umana era una fra tantissime, era anche probabilmente la più debole e la meno avanzata.

Dopo tutto, alla mente prescientifica gli eventi del mondo apparivano

capricciosi e intenzionali. Nulla seguiva una «legge» naturale e inesorabile, perché questa legge non era riconosciuta come una parte dell'universo. Se avveniva qualcosa d'imprevedibile, non era perché non si sapeva abbastanza per predirlo, ma perché ogni parte dell'universo si muoveva secondo libero arbitrio, agiva per qualche motivo inesplicabile, forse anche inesplicato.

Il libero arbitrio è inevitabilmente associato all'intelligenza. Fare qualcosa d'intenzionale implica capire che esistono delle alternative, e sceglierne una; e questi sono attributi dell'intelligenza. Appariva quindi logico considerare l'intelligenza un aspetto universale della natura.

Per i primi greci - di cui conosciamo bene i miti - ogni aspetto della natura aveva i suoi spiriti. Ogni montagna, roccia, ruscello, ogni pozza, ogni albero, aveva la sua ninfa, caratterizzata non solo dall'intelligenza ma anche da fattezze più o meno umane.

L'oceano aveva la sua divinità, come il cielo, come l'aldilà; l'avevano funzioni umane come il parto e il sonno, e astrazioni a vari livelli come l'arte, la bellezza e la fortuna.

Col passar del tempo i pensatori greci divennero abbastanza sofisticati da vedere tutti questi spiriti e divinità come simboli e allontanarli dagli ambiti umani.

Prima si pensava che Zeus e gli dèi suoi compagni vivessero sul monte Olimpo, nel nord della Grecia, ma in seguito vennero trasferiti in un vago «cielo».[1] Stessa sorte toccò al dio degli Israeliti, che in origine viveva sul monte Sinai o presso l'Arca dell'alleanza, e che venne poi trasferito in Paradiso.

Allo stesso modo, prima si pensava che i morti dividessero un unico mondo coi vivi. Perciò nell'*Odissea* Ulisse visita l'Ade in qualche vago punto dell'estremo Occidente, e da qualche parte a Occidente si trovavano anche i Campi Elisi, il paradiso greco.

Ma alla fine gli spiriti dei morti vennero trasferiti anch'essi in un semimistico e sotterraneo Inferno.

Questo processo di attrazione sofisticate è però un fenomeno puramente intellettuale, per mettere al riparo il pensatore dall'imbarazzo di opinioni non sofisticate. Raramente toccò l'uomo comune.

Qualunque cosa il filosofo greco abbia potuto concepire sulle cause della pioggia, il comune incolto agricoltore pensava probabilmente (come

1 Ecco un esempio di un altro «mondo», anche se impossibile da vedere o sentire in modo normale.

dice scherzando Aristofane in una delle sue commedie) alla pioggia come a «Zeus che piscia da un setaccio».

Oggi, negli Stati Uniti, la meteorologia è una disciplina complessa, e i cambiamenti del tempo sono trattati come fenomeni naturali che seguono leggi così complicate che, purtroppo, non le capiamo ancora del tutto e sappiamo prevederli solo fino a un certo punto. Eppure per molti americani una siccità è la volontà del Signore, e allora affollano le chiese pregando per la pioggia, convinti che i piani di Dio sono così banali e di poca importanza che li cambierà appena richiesto.

Noi siamo soliti pensare a tutti gli dèi e demoni della mitologia come a esseri «soprannaturali», ma non è un uso del tutto corretto del termine. Nessuna cultura, nella sua fase di produzione dei miti, ha già il concetto di legge naturale nel senso moderno, e quindi niente è davvero soprannaturale. Gli dèi e i demoni sono semplicemente sovrumani. Possono fare cose impossibili per gli esseri umani.

È solo la scienza moderna che ha introdotto il concetto di leggi naturali che non possono essere violate in nessuna circostanza: le varie leggi di conservazione, le leggi della termodinamica, le leggi di Maxwell; la teoria dei quanti, la relatività, il principio d'indeterminazione, le relazioni causali.

Il sovrumano è perfettamente ammissibile; ce ne sono esempi a tutti gli angoli: il cavallo è sovrumano in velocità, l'elefante in forza, la tartaruga in longevità, il cammello in resistenza, il delfino in nuoto. È anche concepibile che qualche entità non umana possa avere un'intelligenza sovrumana.

Invece trascendere le leggi di natura, essere «soprannaturale», è inammissibile nell'universo interpretato dalla scienza, l'«Universo scientifico», l'unico che prendiamo in considerazione in questo libro.

Si potrebbe facilmente obiettare che gli esseri umani non hanno diritto di dire che questo o quello è «inammissibile», che la definizione di soprannaturale può derivare da una conoscenza limitata e incompleta. Ogni scienziato deve ammettere che non conosciamo tutte le leggi di natura che possono esistere, e non capiamo fino in fondo tutte le implicazioni e i limiti delle leggi di natura che pensiamo esistenti. Oltre quel poco che sappiamo, può esserci molto che sembra «soprannaturale» alla nostra debole comprensione, ma pure *c'è*.

Benissimo, ma ...

L'ignoranza può portare a una deficienza di conclusioni. Quando diciamo «tutto può accadere, tutto può essere, perché sappiamo così poco che non abbiamo il diritto di dire "questo è" o "questo non è"», qualunque ra-

gionamento si blocca. Non possiamo eliminare niente, non possiamo affermare niente. Tutto quello che possiamo fare è mettere insieme parole e concetti sulla base dell'intuizione, o della fede, o della rivelazione, e purtroppo sembra che non esistano due popoli che condividano la stessa intuizione o fede o rivelazione.

Per quanto arbitrario possa sembrare, quello che dobbiamo fare è stabilire regole e porre limiti. Così sapremo cosa possiamo dire all'interno di queste regole e limiti.

La visione scientifica dell'universo ammette solo i fenomeni che, in un modo o nell'altro, possono essere osservati da tutti, e le generalizzazioni (che chiamiamo «leggi di natura») che si possono dedurre dalle osservazioni.

Così, ci sono esattamente quattro campi di forze che controllano tutte le interazioni delle particelle subatomiche, e quindi tutti i fenomeni. Sono, in ordine di scoperta, le interazioni gravitazionali, elettromagnetiche, nucleari forti e nucleari deboli. Finora tutti i tentativi per scoprire una quinta forza sono falliti.

Si può benissimo dire che c'è un quinto tipo di interazione, o un sesto, o un settimo, che non può essere osservato. Ma se non può essere osservato, se non può mostrarsi in qualche modo, non c'è nessun guadagno a parlarne, tranne forse il divertimento d'inventare una storia fantastica.[2]

Si può anche benissimo dire che c'è una quinta interazione - o una sesta, o una settima... - che può essere osservata, ma solo da alcuni e in certe condizioni imprevedibili.

Può essere, ma in questo modo si esce dal campo d'azione della scienza, in queste condizioni si può dire *qualunque* cosa. Posso dire che le Montagne Rocciose sono fatte di smeraldi che hanno la proprietà di sembrare comune roccia a tutti tranne che a me. Non puoi confutarlo, ma che valore ha? (Lungi dall'avere un qualche valore, affermazioni del genere sono di solito così irritanti che chi ci si ostina rischia di essere trattato da matto.)

La scienza si occupa solo di fenomeni che possono essere riprodotti, di osservazioni che, in date condizioni, possono essere fatte da chiunque di intelligenza normale, osservazioni su cui gli uomini dotati di ragione possono convenire.

2 Non voglio sindacare sul valore d'inventare storie fantastiche. È un'arte nobile, che richiede grande abilità. Lo so. È da anni che mi guadagno da vivere così. Ma una cosa è inventare fantasie divertenti, un'altra confonderle con la realtà.

Infatti la scienza è l'unico campo dello sforzo intellettuale umano in cui gli uomini ragionevoli[3] riescono molto spesso a trovarsi d'accordo, e a volte anche a cambiare idea al sopraggiungere di una nuova prova. Mentre in politica, arte, letteratura, musica, filosofia, religione, economia, storia - e chi più ne ha più ne metta - gli uomini ragionevoli non solo lo possono, ma invariabilmente non si trovano d'accordo, e a volte con la più grande passione; e sembra che non cambino neppure mai idea.

Naturalmente, la visione scientifica del mondo non ci è stata tramandata intatta dai tempi, è stata scoperta e sviluppata poco a poco. Ancora adesso non è compiuta, e non potrà esserlo mai del tutto. Nuovi perfezionamenti, modifiche, aggiunte possono sembrare all'inizio fantasie (come fu per la teoria dei quanti e la relatività) ma ci sono metodi sperimentati per metterli severamente alla prova; e se la superano sono accettati. La prova non è sempre del tutto semplice, e durante il suo corso possono sorgere contrasti,[4] e la verifica essere inutilmente differita.

Però, alla fine verrà il consenso; infatti il pensiero scientifico, finché c'è una ragionevole libertà di ricerca e pubblicazione, ha la capacità di autoregolarsi. (È chiaro che senza un'infinità di denaro e un'infinità di spazio è arduo garantirsi una libertà *assoluta.*)

Questo per giustificarmi di trattare, dove necessario nel libro, di cose sovranormali, ma mai soprannaturali. Nella discussione sull'intelligenza non umana che ci occuperà in queste pagine, non prenderemo in considerazione né angeli né demoni, né Dio né il diavolo, niente d'inaccessibile all'osservazione, all'esperimento e alla ragione.

Animali

Nella nostra ricerca di intelligenza non umana sulla Terra, eliminate tutte le cose meravigliose che l'immaginazione umana ha creato dal nulla, dobbiamo tirar fuori tutto il possibile dalla piatta realtà che sentiamo e vediamo.

E fra gli oggetti naturali della Terra possiamo eliminare subito gli

3 Non mi prenderò il disturbo di cercare di definire un «uomo ragionevole». Una buona ipotesi di definizione potrebbe essere che chi si prende il disturbo di leggere questo libro è un uomo ragionevole.

4 Contrasti a volte anche molto sgradevoli e polemici; gli scienziati sono esseri umani e ognuno, preso individualmente, può essere meschino, villano, vendicativo, o semplicemente stupido.

inanimati, i non viventi.

È una decisione discutibile; è possibile che coscienza e intelligenza siano inerenti a tutta la materia, che anche singoli atomi ne abbiamo una certa microquantità.

Ma coscienze e intelligenze di questo genere non possono - almeno finora, e non abbiamo altra scelta che andare avanti coi «finora» - essere misurate né osservate in alcun modo, quindi non sono pertinenti all'universo che prendo in considerazione, e possono essere scartate.

Inoltre, se cerchiamo un'intelligenza non umana, è fuori dubbio che cerchiamo un'intelligenza che, pur presente in qualcosa di diverso dall'essere umano, sia comunque qualitativamente comparabile, almeno approssimativamente, ad esso. Dev'essere cioè un'intelligenza che possiamo riconoscere chiaramente, e per quanta possa essercene in una roccia, non è certo del tipo che accettiamo come tale.

Ma è necessario che tutti i tipi d'intelligenza siano uguali, o simili, o riconoscibili? Un macigno non potrebbe avere un'intelligenza paragonabile alla nostra, o superiore alla nostra, ma di un genere assolutamente irriconoscibile?

Se le cose stessero così, niente vieterebbe di dire che ogni singolo oggetto dell'intero universo è intelligente, o più intelligente, dell'essere umano, ma che la natura di ognuna di queste intelligenze è così diversa dalla nostra da essere irriconoscibile.

Se riuscissimo a far passare un simile discorso, ogni discussione si bloccherebbe all'istante, non ci sarebbe più spazio per ulteriori esplorazioni. Per andare avanti, *dobbiamo* porre dei limiti. Cercando un'intelligenza non umana possiamo ragionevolmente limitarci a intelligenze riconoscibili come tali - sia pur indistintamente - attraverso osservazioni riproducibili e usando la nostra come standard.

Può darsi che quest'intelligenza sia così diversa dalla nostra che non la si riconosca di primo acchito, ma solo per gradi. Tuttavia, per tutto il tempo che gli uomini hanno vissuto fianco a fianco degli oggetti inanimati, non è mai parso che alcuni di essi dessero qualche segno d'intelligenza, sia pur piccolo,[5] ed è pertanto del tutto ragionevole eliminarli.

Passando agli oggetti animati, si potrebbe sollevare un altro problema:

5 Faccio un'eccezione per quegli oggetti inanimati, nati negli ultimi 25 anni, i cosiddetti *computer,* che danno prova, in un certo senso, di qualità che possono essere facilmente scambiate per intelligenza Ma si tratta di prodotti umani; possiamo quindi considerarli un'estensione del nostro intelletto, ma non un'intelligenza non umana.

come distinguere tra oggetti animati e inanimati? È più difficile di quanto si tenda a pensare, ma irrilevante. È chiaro che gli oggetti che offrono una pur minima possibilità di confusione sulla loro classificazione non possono ragionevolmente essere rivendicati come aventi un'intelligenza non umana.

E tra gli oggetti incontestabilmente viventi possiamo eliminare tutto il mondo delle piante. Non c'è intelligenza riconoscibile nella più stupenda sequoia, nella rosa più profumata, nella più feroce pianta insettivora.[6]

Gli animali, invece, sono un'altra faccenda. Si muovono come noi e hanno timori e bisogni riconoscibili, come noi. Mangiano, dormono, defecano, si riproducono, cercano il benessere ed evitano il pericolo. E questo tende a far leggere nelle loro azioni motivazioni e intelligenza simili a quella umana.

Così la nostra immaginazione vede le formiche e le api, che si comportano in modo puramente istintivo, e senza o quasi varianti individuali né mutamenti di fronte a eventualità impreviste, come esseri determinati all'industriosità.

Il serpente, che striscia nell'erba perché è l'unico modo di muoversi che la sua forma e struttura gli concede, e quindi si dissimula e può colpire prima di essere visto, è immaginato come astuto e sottile. (Una caratterizzazione che può appoggiarsi all'autorità della *Bibbia,* Genesi 3, 1).

Allo stesso modo, l'asino è stupido, il leone e l'aquila fieri e regali, il pavone vanitoso, la volpe furba e così via.

È quasi inevitabile che l'attribuzione in massa di motivazioni umane alle azioni animali porti a convincersi che se solo si potesse entrare in comunicazione con qualche particolare animale gli si troverebbe un'intelligenza umana.

Non intendo dire che singoli esseri umani, messi con le spalle al muro, ammetterebbero di crederci, ma possiamo vedere i disegni animati di Disney raffiguranti animali con intelligenza umana e non notarne alcuna incongruenza.

Certo, molti disegni animati sono solo un divertimento, e la volontaria sospensione dell'incredulità è una caratteristica ben nota degli esseri umani. Inoltre, le favole di Esopo e le cronache medioevali del *Roman de*

6 Certi libri spiegano come le piante sembrino capire il linguaggio umano e reagirvi con apparente intelligenza Ma, dicano quel che vogliono i biologi, tali tesi non hanno alcun valore scientifico.

Renard[7] non trattano realmente di animali parlanti, sono piuttosto modi di dire la verità sugli abusi sociali senza rischiare di spiacere ai potenti, spesso non abbastanza intelligenti da riconoscersi nella satira.

Comunque, il successo duraturo di questi racconti di animali, cui potremmo aggiungere l'*Uncle Remus* («zio Remus») di Joel Chandler Harris[8] e il *Dr. Dolittle* di Hugh Lofting,[9] indica che l'essere umano è disponibile a sospendere la sua incredulità in questa particolare direzione meglio che in altre. Mi sembra esserci la segreta convinzione che se gli animali non fossero intelligenti come noi, dovrebbero esserlo.

Non possiamo nemmeno cercar rifugio nel fatto che le storie di animali parlanti sono rivolte principalmente ai bambini. Il recente successo de *La collina dei conigli*[10] di Richard Adams è un esempio di libro di animali parlanti per adulti che trovo profondamente commovente.

Eppure, accanto a quest'antica, primordiale visione degli animali come cugini - anche quando gli diamo la caccia e li mettiamo in gabbia - almeno nel pensiero occidentale, c'è la coscienza di un abisso invalicabile tra gli esseri umani e gli altri animali.

Nel racconto biblico della Genesi l'uomo è creato da Dio con un atto diverso da quello usato per gli altri animali. L'essere umano è descritto come creato ad immagine di Dio, che gli ha dato il dominio sul resto del mondo. Si potrebbe interpretare questa differenza dicendo che gli esseri umani hanno un'anima e gli altri animali no, che nei primi c'è una scintilla di divinità e immortalità assente negli altri, che negli esseri umani c'è qualcosa che sopravviverà alla morte, mentre nulla del genere c'è negli altri animali.

Queste credenze sono fuori dall'ambito della scienza, e possiamo non tenerne conto. Ma l'influenza di tali visioni religiose rende più facile credere che gli esseri umani siano i soli a essere forniti di ragione. E questo è qualcosa che può essere provato e osservato coi normali metodi della scienza.

Ma gli esseri umani non sono abbastanza sicuri dell'unicità della loro

7 Raccolta di 26 poemetti francesi, i cui protagonisti sono animali, in particolare *le renard,* la volpe. (*N.d.T.*)

8 (1848-1946). Giornalista e scrittore americano. Il suo «zio Remus», figura di fedele servitore nero, narratore di storie di animali umanizzati, raggiunse in America una notevole popolarità. (*N.d.T.*)

9 (1886-1946). Scrittore inglese. Il suo «dottor Dolittle», popolare all'epoca presso i bambini, è ano strano medico che impara il linguaggio degli animali. (*N.d.T.*)

10 Traduzione italiana di P.F. Paolini, Rizzoli, Milano 1975. (.*N.d.T.*)

specie da sottoporla volentieri alla prova dell'indagine scientifica. La tendenza di certi biologi, dotati di un solido concetto dell'ordine, a classificare gli esseri viventi in specie, generi, ordini, famiglie, eccetera, ha sempre suscitato una certa apprensione.

Raggruppando gli animali secondo le maggiori o minori somiglianze si disegna una sorta di albero della vita in cui le varie specie occupano varie biforcazioni di diversi rami. L'inevitabile metafora suggerisce fin troppo chiaramente la possibilità che l'albero cresca, che i rami si sviluppino.

Insomma, la mera classificazione delle specie porta inevitabilmente a sospettare che la vita si evolva, che specie più intelligenti, ad esempio, si sviluppino da specie meno intelligenti, che in particolare gli esseri umani si siano sviluppati da specie primitive prive di quelle facoltà che oggi consideriamo peculiarmente umane.

Quando nel 1859 Charles Darwin pubblicò *L'origine delle specie* provocò una violenta opposizione, anche se aveva accuratamente evitato di discutere dell'evoluzione umana (aspettò un altro decennio prima di osar pubblicare *L'origine dell'uomo).*

Ancora oggi una certa quantità di persone ha difficoltà ad accettare il concetto evolutivo: non sembrano trovare offensiva l'ipotesi della presenza di caratteristiche umane in animali come i topi, ma si offendono al pensiero di poter discendere da antenati subumani.

Primati

Nella classificazione degli animali c'è un ordine, detto dei «primati», che include quelli comunemente noti come scimmie. I primati sembrano assomigliare all'essere umano più di tutti gli altri animali, e quest'apparenza porta facilmente a concludere che sono più strettamente imparentati agli esseri umani degli altri animali. Infatti, se la classificazione animale ha un senso, l'uomo deve essere incluso tra i primati.

Se si accetta l'evoluzione, si deve inevitabilmente concludere che i vari primati, incluso l'*essere umano,* si sono sviluppati da un singolo ceppo ancestrale, per cui a vari gradi sono tutti, per così dire, cugini.

La somiglianza tra gli altri primati e gli esseri umani è accattivante e ripugnante insieme. La gabbia delle scimmie è sempre lo spettacolo più popolare dello zoo. E la gente va a vedere affascinata le scimmie antropomorfe, le più somiglianti all'essere umano.

Eppure il commediografo inglese William Congreve scrisse nel 1695:

«Non riesco mai a guardare a lungo una scimmia senza fare mortificanti riflessioni». Non è difficile immaginare che queste «mortificanti riflessioni» dovessero girare attorno al fatto che gli esseri umani possono essere descritti come scimmie più grandi e un po' più intelligenti.

Gli oppositori dell'idea dell'evoluzione sono spesso particolarmente duri verso le scimmie, esagerando le loro caratteristiche non umane, per rendere meno attendibile l'idea di una parentela con loro.

Si è andati alla ricerca di differenze, di qualche piccola struttura corporea presente solo negli esseri umani e non in altri animali, soprattutto nelle scimmie. Non è stato trovato nulla.

Infatti la somiglianza superficiale tra noi e gli altri primati, e in particolare tra noi e lo scimpanzé e il gorilla, diventa sempre più profonda se la si esamina da vicino. Non c'è nessuna struttura interna nell'essere umano che non ci sia anche nello scimpanzé e nel gorilla. Le differenze sono di grandezza, mai di genere.

Ma se l'anatomia non può stabilire un abisso assoluto tra gli esseri umani e gli animali a loro più vicini, potrebbe forse farlo

Il comportamento. Di uno scimpanzé, per esempio. Gli sforzi fatti per insegnare a giovani scimpanzé a parlare - per quanto pazienti, abili e prolungati fossero - sono sempre falliti. E senza la parola, lo scimpanzé resta un animale, nient'altro che un animale. (La frase «gli manca la parola» non si riferisce alla mancanza d'intelligenza dell'animale, ma al suo mutismo, alla sua incapacità a parlare.) Ma non potrebbe darsi che stiamo confondendo comunicazione con parola?

Certo, il linguaggio è la forma di comunicazione più efficace e raffinata che conosciamo, ma è l'unica?

La parola umana dipende dalla nostra capacità di controllare i rapidi e delicati movimenti della gola, della bocca, della lingua e delle labbra; un'attività che sembra essere sorvegliata da quella parte di cervello detta «centro di Broca», dal nome del chirurgo francese Pierre Paul Broca (1824-1880). Se questo centro viene danneggiato da un tumore o da un trauma, l'essere umano soffre di afasia, non è più capace di parlare né di capire chi gli parla. Ma un uomo resta intelligente anche in queste condizioni, e può farsi capire a gesti, per esempio.

La sezione del cervello dello scimpanzé equivalente al centro di Broca non è abbastanza grande né abbastanza complessa da rendere possibile il linguaggio nel senso umano del termine. Ma i gesti? Gli scimpanzé usano i gesti per comunicare nella foresta: è una pratica perfezionabile?

Nel giugno del 1966 Beatrice ed Allen Gardner, dell'università del Nevada, scelsero una femmina di scimpanzé di un anno e mezzo che chiamarono Washoe, e decisero di tentare di insegnarle il linguaggio a gesti dei sordomuti. I risultati sbalordirono loro e il mondo.

Washoe imparò facilmente decine di segni, usandoli in modo appropriato per comunicare desideri e astrazioni. Inventò nuove varianti e usò anche queste con proprietà. Tentò di insegnare il linguaggio ad altri scimpanzé e dimostrò di provare piacere a comunicare.

Anche altri scimpanzé sono stati addestrati in modo simile. Alcuni hanno imparato a disporre e ridisporre palline magnetizzate su una parete. E si sono dimostrati capaci di tener conto della grammatica, e quando i loro insegnanti costruivano deliberatamente frasi senza senso non si lasciavano ingannare.

Un tirocinio del genere è stato applicato anche a giovani gorilla, che hanno dimostrato una predisposizione ancora superiore di quella degli scimpanzé.

E non si tratta di riflessi condizionati. Tutto dimostra che gli scimpanzé e i gorilla sanno quello che fanno, allo stesso modo degli esseri umani, che sanno quello che fanno quando parlano.

Certo, il linguaggio delle scimmie è molto semplice rispetto a quello degli esseri umani. L'essere umano è immensamente più intelligente delle scimmie. Ma anche qui la differenza è di grandezza, e non di genere.

Cervelli

Chiunque si interessi all'intelligenza relativa degli animali ha chiaro che il fattore anatomico chiave è il cervello. I primati hanno in genere cervelli più grossi della maggioranza dei nonprimati. E il cervello umano è di gran lunga quello più grande. Il cervello di uno scimpanzé adulto pesa 380 grammi, quello di un gorilla adulto 540; il cervello di un maschio umano adulto pesa in media 1.450 grammi.

Ma il cervello umano non è il più grande in assoluto. Quello degli elefanti più grandi raggiunge i 6.000 grammi e quello delle balene più grandi i 9.000.

Non c'è dubbio che l'elefante sia uno degli animali più intelligenti. È un fatto così evidente che gli esseri umani tendono a esagerarlo. (Si è portati maggiormente a esagerare l'intelligenza degli elefanti che non quella delle scimmie, forse perché l'elefante ha un aspetto così diverso dal nostro da

non rappresentare una minaccia alla nostra unicità.)

Non ci è possibile studiare le balene come gli elefanti, ma certamente anche le balene sono tra gli animali più intelligenti.

Ma anche se elefanti e balene sono relativamente intelligenti, è più che evidente che lo sono molto meno degli esseri umani, e forse anche dello scimpanzé e del gorilla. Come mai, vista la dimensione sovrumana dei loro cervelli?

Il cervello non è semplicemente un organo per l'intelligenza; è anche lo strumento che organizza e controlla tutti i movimenti del corpo. Se il corpo è grosso, il cervello ne è talmente occupato da non potersi dedicare a una propria crescita intellettuale.

Per ogni grammo di cervello di scimpanzé vi sono centocinquanta grammi di corpo; il rapporto cervello-corpo è quindi 1:150. Nel gorilla il rapporto può arrivare a 1:500. Nell'essere umano è circa 1:50. Negli elefanti è 1:1000 e nelle balene più grandi arriva a 1:10 000. Non fa meraviglia quindi che gli elefanti e le balene non siano intelligenti come le scimmie, né come gli uomini.

Ma ci sono organismi in cui il rapporto cervello-corpo è più favorevole che nell'essere umano. È il caso di alcune scimmie minori e di qualche colibrì. In certe scimmie arriva a 1:17,5. Ma la massa assoluta del cervello è troppo piccola per sopportare un gran lavoro intellettuale.

L'essere umano realizza una giusta misura. Il cervello dell'uomo è abbastanza grande da consentire un elevato grado d'intelligenza, e il suo corpo abbastanza piccolo da permettere al cervello lo sforzo intellettuale.

Ma neppure in questo l'essere umano è solo.

Non è molto corretto parlare dell'intelligenza delle balene riferendosi agli esemplari più grandi. Sarebbe come misurare l'intelligenza dei primati dal più grande, il gorilla, ignorando il suo cugino più piccolo, l'essere umano.

Che dire dei delfini e delle focene, parenti nani delle *gigantesche* balene? Alcuni non pesano più degli esseri umani, e hanno cervelli più grandi di quello umano - fino a 1700 grammi - e più estesamente circonvoluti.

Ma questo non basta ad affermare che il delfino è più intelligente dell'uomo: rimane il problema dell'organizzazione interna del cervello. Il cervello del delfino potrebbe essere organizzato prevalentemente per scopi non intellettuali.

Per saperlo non c'è che da studiare il comportamento dei delfini, e qui siamo nei guai. Sembra che essi comunichino per suoni modulati, più

complicati di quelli umani; ma la nostra possibilità di comprenderne la comunicabilità rischia di segnare il passo. Pare di notare in loro segni di comportamento intelligente, anche cordiale e umano, ma il loro ambiente è troppo diverso dal nostro, ed è troppo difficile per noi «entrare nella loro pelle» per coglierne pensieri e motivazioni.

Il problema dell'esatto livello d'intelligenza dei delfini resta quindi, almeno per ora, controverso.

Fuoco

Alla luce dei paragrafi precedenti, la risposta alla domanda se esiste sulla terra un'intelligenza non umana dev'essere: sì.

La mia tesi iniziale che la scienza ci ha resi soli sembrerebbe non provata. Ci sono molti animali con un grado d'intelligenza sorprendentemente alto; e non sono solo le scimmie, gli elefanti e i delfini. I corvi hanno un'intelligenza eccezionale in rapporto agli altri uccelli, e quella dei polipi è davvero superiore a quella degli altri invertebrati.

Eppure delle differenze assolute *esistono; ci sono* abissi incolmabili. Il bandolo non sta tanto nella mera presenza dell'intelligenza, quanto nell'uso che ne viene fatto.

Gli esseri umani sono stati definiti animali *faber*. I nostri precursori «ominidi», coi loro piccoli cervelli, usavano già sassi sagomati due milioni di anni fa, e non c'è niente di strano, perché anche i microcervelli degli ominidi erano molto superiori a quelli delle scimmie di oggi.

Anche altri animali però, anche se non troppo intelligenti, usano pietre e ramoscelli con la funzione di utensili.

Non è quindi la facoltà di *faber* in sé a scavare un abisso incolmabile tra l'essere umano e gli altri animali intelligenti.

Una chiara linea di confine potrebbe però essere segnata da qualche utensile particolare.

E non dobbiamo cercare troppo lontano. È il dominio e l'uso del fuoco. È provato che il fuoco era in uso in Cina almeno mezzo milione di anni fa, in grotte abitate da una primitiva specie ominide, l'*Homo erectus*. La scoperta non fu mai più dimenticata.

Non c'è società umana sulla terra che non sappia come accendere e usare un fuoco. Mentre, per quanto ne sappiamo, nessuna specie non umana ha mai fatto il minimo passo avanti in questa direzione.

Supponiamo di definire così l'«intelligenza umana»: un livello di svi-

luppo abbastanza elevato da permettere la conoscenza di metodi per accendere e usare il fuoco.

In questo caso, alla domanda se esiste sulla terra un equivalente dell'intelligenza umana in specie non umane, si deve rispondere: no. L'essere umano è solo.

Ma questo modo di procedere potrebbe sembrare scorretto, e la nostra conclusione procedere da una definizione arbitraria, su misura. Verifichiamola confrontando il delfino con l'essere umano.

Il delfino passa la vita nell'acqua e l'essere umano nell'aria. L'acqua è un elemento viscoso, molto più dell'aria. Lo sforzo occorrente per aprirsi la strada nell'acqua, a una data velocità, è molto maggiore che nell'aria. (Lo sa chi ha provato a correre parzialmente immerso.)

Per muoversi velocemente nell'acqua il delfino ha sviluppato una forma affusolata che ne riduce la resistenza. Mentre l'essere umano, che si muove nell'aria, non ne ha avuto bisogno. Pur essendo capace di muoversi velocemente, l'uomo ha potuto sviluppare una forma molto irregolare.

L'essere umano, al contrario del delfino, può avere appendici. La forma del delfino gli consente, come appendici manovrabili, solo due pale mozze e una coda, che gli servono soltanto per la propulsione e la guida.

In sintesi, gli esseri umani, vivendo nell'aria, hanno potuto sviluppare delle mani che consentono loro di manipolare il loro ambiente. I delfini, vivendo nell'acqua, no.

Inoltre, il fuoco che i primi umani imparano a maneggiare è la radiazione di calore e luce risultante da una rapida reazione chimica produttrice di energia. Le reazioni chimiche più comuni che sprigionano energia su larga scala, utili a questo scopo, sono quelle risultanti dalla combinazione di sostanze contenenti atomi di carbonio, atomi d'idrogeno, o entrambi («il combustibile»), con l'ossigeno dell'aria. Tale processo è detto «combustione».

Sott'acqua non può esserci fuoco, perché non c'è ossigeno libero, e la combustione non può aver luogo.

Quindi, anche se i delfini avessero l'intelligenza per concettualizzare il fuoco, per calcolare mentalmente i passi necessari a dominarlo e usarlo, non avrebbero la possibilità di passare all'azione.

Ma questo significa anche che l'uso del fuoco potrebbe essere considerato nient'altro che un sottoprodotto accidentale del fati to che gli esseri umani vivono nell'aria, e non necessariamente una misura di intelligenza.

In fondo i delfini, anche se non sono capaci di manipolare l'ambiente e

di accendere e usare il fuoco, possono aver sviluppato a loro modo una sottile filosofia della vita, possono aver elaborato una razionalizzazione della vita migliore della nostra. Forse si scambiano più felicità e buona volontà coi loro compagni e si capiscono di più. Il fatto che non riusciamo a cogliere la loro filosofia e i loro modi di pensare non è una prova della loro scarsa intelligenza. Della nostra, forse.

Be', *forse*!

Il fatto è che non abbiamo prove della filosofia della vita del delfino. Questa mancanza può essere tutta nostra, ma non possiamo farci niente. Ragionare senza prove è del tutto inutile. Possiamo cercarle, le prove, e forse un giorno le troveremo, ma intanto non possiamo ragionevolmente attribuire al delfino una intelligenza umana.

Inoltre, anche se la nostra definizione d'intelligenza umana basata sul fuoco è, da un punto di vista astratto, scorretta e su misura, si rivelerà ragionevole e utile dal punto di vista di questo libro. Il fuoco ci ha messo su una strada che ha portato alla ricerca di un'intelligenza extraterrestre; senza il fuoco non ci saremmo mai arrivati.

Le intelligenze extraterrestri che cerchiamo devono quindi avere sviluppato, a un certo punto della loro storia, l'uso del fuoco - o un suo equivalente -; altrimenti, come vedremo, non potrebbero possedere gli attributi che li renderebbero individuabili.

Civiltà

Nel corso di tutta la storia della vita le specie viventi hanno fatto uso dell'energia chimica attraverso la lenta combinazione di certe sostanze chimiche con l'ossigeno contenuto nelle loro cellule. Il processo è analogo alla combustione, ma più lento e più raffinatamente controllato. A volte viene usata l'energia presente in corpi di specie più forti, come quando una remora si fa trasportare da uno squalo, o un essere umano lega un bue a un aratro.

Si usano anche fonti di energia inanimate, come quando delle specie si fanno trasportare o muovere dal vento o da correnti d'acqua. Ma in questi casi la fonte di energia dev'essere presa dove e quando c'è, e nella quantità in cui c'è.

L'uso del fuoco da parte dell'uomo implicò una fonte di energia inanimata trasportabile, che poteva essere usata ovunque si volesse. Si poteva accenderlo o spegnerlo a piacere, si poteva usarlo quando si voleva. Poteva

essere tenuto a livelli minimi o poteva essere alimentato, nelle quantità volute.

L'uso del fuoco permise agli esseri umani, che l'evoluzione aveva attrezzati solo per temperature miti, di penetrare le zone temperate. Li mise in grado di sopravvivere a notti fredde e lunghi inverni, di mettersi al sicuro dai predatori che fuggono il fuoco e di arrostire la carne e il grano, arricchendo il regime alimentare e limitando il pencolo di infezioni batteriche e parassitiche.

Gli esseri umani si moltiplicarono e così ci furono più cervelli per progettare i progressi futuri. Col fuoco vivere non significava più sopravvivere e basta, e ci fu più tempo per applicare la mente a qualcosa che non fossero le necessità immediate.

Insomma, il fuoco mise in moto e accelerò una serie di progressi tecnologici.

Una concatenazione di passi fondamentali iniziò circa diecimila anni fa in Medio Oriente. Includeva lo sviluppo dell'agricoltura, dell'allevamento, delle città, della ceramica, della metallurgia e della scrittura. Il passo finale, la scrittura, è di circa cinquemila anni fa.

Questo complesso di cambiamenti, che copre un periodo di cinquemila anni, introdusse la «civiltà», come chiamiamo una vita stabile, una società complessa in cui gli esseri umani sono specializzati per varie mansioni.

Certo, anche altri animali possono costruire società complesse e specializzarsi per svolgere compiti differenti. È il caso soprattutto di insetti sociali come le api, le formiche e le termiti. In certi casi taluni sono talmente specializzati fisiologicamente da non essere capaci di mangiare, e da dover essere nutriti da altri. Certe specie di formiche possiedono un'agricoltura e coltivano orti di piccoli funghi, altre pascolano afidi, altre ancora combattono e fanno schiave specie di formiche più piccole. E - non c'è bisogno di dirlo - l'alveare, il formicaio e il termitaio hanno molte analogie con la città umana.

Le società non umane più complesse, quelle degli insetti, sono però il risultato di un comportamento istintivo le cui linee guida sono tracciate nei geni e nel sistema nervoso dei singoli alla nascita. E nessuna società non umana usa il fuoco. Con insignificanti eccezioni le società degli insetti sono guidate dall'energia prodotta dal corpo di ogni individuo.

Possiamo quindi tranquillamente considerare le società umane fondamentalmente differenti dalle altre società, e attribuire quella che chiamiamo civiltà solo ad esse.

Un terzo gruppo di mutamenti iniziò circa duecento anni fa con lo sviluppo di una macchina a vapore che portò a una «Rivoluzione industriale» tuttora in corso. E circa vent'anni fa cominciammo a disporre di tipi di energia in grado di viaggiare nello spazio in quantità avvertibile. *Siamo diventati individuabili.*

In breve, non stiamo cercando soltanto una vita extraterrestre. Né soltanto un'intelligenza extraterrestre. Stiamo cercando una civiltà extraterrestre, che disponga d'energia sufficiente, e sufficientemente sofisticata, da renderla individuabile a distanze interstellari. Se il livello di vita intelligenza civiltà di qualche mondo fosse tale da non essere individuabile, non lo troveremmo.

A questo punto è corretto affermare che sulla Terra c'è esattamente una civiltà del tipo che stiamo cercando, solo una, la nostra. Per quanto ne sappiamo, sulla Terra non c'è mai stata nessun'altra civiltà del genere, e la nostra è diventata solo da pochi anni del tipo di cui parlo: una civiltà individuabile.

Ma anche se ho dimostrato che siamo soli sulla Terra nel nostro ruolo di artefici di civiltà, non c'è da disperarsene. Nella coscienza degli esseri umani la Terra non è più l'unico mondo. Ora dobbiamo cercare delle civiltà altrove, su altri mondi, e forse scopriremo che non siamo soli.

II
La Luna

Fasi

Proviamo ad immaginare di guardare lo spazio che ci circonda senza saperne niente: potremmo essere autorizzati a pensare che la Terra è l'unico mondo esistente. Cosa ha fatto sì che si pensasse che ci sono altri mondi?

C'era la Luna...

La prima caratteristica degli oggetti del cielo è la luminescenza. Le stelle sono piccoli punti di luce splendente. I pianeti sono punti un po' più luminosi di luce splendente. Il Sole è un cerchio di luce accecante. A volte passa una meteora, e produce una breve striscia di luce. Ancora più di rado, una cometa appare come una vaga e irregolare macchia luminosa.

È la luce che fa apparire gli oggetti celesti completamente diversi dalla Terra, che è scura e non emette luce.

La luce può essere prodotta anche sulla Terra sotto forma di fuoco,

certo, ma è del tutto diversa dalla luce celeste. I fuochi terrestri devono essere continuamente alimentati, altrimenti tremolano e si spengono, mentre la luce celeste è sempre accesa e uguale.

Il filosofo greco Aristotele (384-322 a.C.) sosteneva che tutti gli oggetti celesti erano composti di una sostanza chiamata «etere», separata e distinta dagli elementi di cui è costituita la Terra. La parola «etere» viene dal vocabolo greco «bruciare». Gli oggetti celesti bruciavano, la Terra no; finché si pensò così vi fu un solo mondo: un oggetto scuro e solido che poteva ospitare la vita, e molti oggetti brucianti su cui la vita non poteva esistere.

Ma c'era la Luna. La Luna è l'unico oggetto celeste che cambia regolarmente aspetto, e in modo chiaramente visibile a occhio nudo. I differenti aspetti della Luna - le sue «fasi» - sembrano fatti apposta per attirare l'attenzione, e, oltre al succedersi del giorno alla notte, furono probabilmente i primi mutamenti astronomici che attirarono l'attenzione degli uomini primitivi.

La Luna completa il suo ciclo di fasi in poco più di 29 giorni, un periodo di tempo ideale. Per l'agricoltore e il cacciatore preistorici, il ciclo delle stagioni - l'anno - era molto importante, ma era difficile notare che le stagioni si ripetevano più o meno ogni 365 o 366 giorni. È un numero troppo vasto, troppo difficile da seguire. Contare 29 o 30 giorni tra due nuove Lune, e 12 o 13 nuove Lune all'anno, era molto più semplice e pratico. L'elaborazione di un calendario per seguire le stagioni dell'anno in termini di fasi lunari fu una logica conseguenza delle primissime osservazioni astronomiche.

Alexander Marshak, in *The Roots of Civilization* (Le radici della civiltà), pubblicato nel 1972, dimostra che gli uomini incidevano le pietre secondo un codice idoneo a seguire le nuove Lune molto prima dell'inizio della storia scritta. Gerald Hawkins, in *Stonehenge Decoded* (Stonehenge decifrato), sostiene altrettanto persuasivamente che Stonehenge era un osservatorio preistorico per seguire le nuove lune e predire le eclissi lunari che sopraggiungevano ogni tanto durante la Luna piena. (Una eclisse lunare è una spaventosa «morte» di quella Luna dalla quale gli uomini dipendevano per seguire le stagioni. Essere capaci di predirla diminuiva la paura.)

Fu molto probabilmente la necessità pratica dominante di calcolare un calendario basato sulle fasi lunari a costringere gli esseri umani all'astronomia, e di qui all'osservazione attenta dei fenomeni naturali in genere, e

quindi a sviluppare la scienza.

Il fatto che i cambi di fase fossero così utili non poteva, mi sembra, non rafforzare l'idea dell'esistenza di una benevola divinità che, nel suo amore per l'umanità, aveva ordinato i cieli in un calendario che avrebbe guidato il genere umano per strade che rendevano il cibo sicuro.

Ogni Luna nuova veniva celebrata come festa religiosa in molte antiche culture, e la cura del calendario era demandata in genere ai sacerdoti. La stessa parola «calendario» viene dal termine latino per «proclamare», poiché il mese iniziava solo quando i sacerdoti avevano proclamato ufficialmente la nuova Luna. Potremmo quindi concludere che lo sviluppo religioso dell'umanità, la fede in un dio che era sia padre benevolo sia capriccioso tiranno, è in larga misura riconducibile all'aspetto cangiante della Luna.

Inoltre, il fatto che studiare attentamente la Luna fosse così importante per la vita quotidiana degli esseri umani non poteva non far nascere l'idea che anche gli altri oggetti celesti potessero avere un'importanza analoga. È possibile che l'osservazione della Luna abbia contribuito allo sviluppo dell'astrologia, e di conseguenza delle altre forme di misticismo.

Ma oltre a tutto ciò - e dopo aver dato vita alla scienza, alla religione e al misticismo la Luna ha già fatto così tanto che non si vede perché si dovrebbe chiederle di più - dal nostro satellite ebbe origine anche l'idea della pluralità dei mondi, l'idea che la Terra fosse solo un mondo tra molti.

Quando gli esseri umani si misero a guardare per la prima volta la Luna notte dopo notte per seguirne le fasi, furono naturalmente portati a pensare che cambiasse letteralmente forma. Nasceva come falce sottile, cresceva fino a cerchio pieno di luce, poi calava e moriva. Ogni nuova Luna era letteralmente una *nuova* Luna, creata di fresco.

Ma ben presto divenne evidente che le corna della falce lunare guardavano *sempre* dalla parte opposta al Sole. Questo bastava ad indicare una connessione tra il Sole e le fasi lunari. Sorta questa idea, ulteriori osservazioni avrebbero mostrato che le fasi erano in rapporto con le posizioni reciproche del Sole e della Luna. La Luna era piena quando si trovava esattamente nella parte del cielo opposta a quella del Sole. Era mezza quando c'erano 90° tra lei e il Sole. Era a forma di falce quando era vicina al Sole e così via.

Divenne chiaro che se la Luna fosse stata una sfera scura come la Terra, se avesse brillato solo perché illuminata dal Sole, sarebbe proprio passata attraverso quel ciclo di fasi che si stavano osservando. Nacque e venne sempre più accettata l'idea che almeno la Luna fosse un corpo scuro come

la Terra, e non composto di «etere» ardente.

Un altro mondo

Se la Luna era scura come la Terra, non poteva essere come la Terra anche in altro? Non poteva essere un secondo mondo?

Già nel V secolo a.C. il filosofo greco Anassagora (500-428 a.C.) aveva espresso l'opinione che la Luna fosse un mondo simile alla Terra.

Immaginare un Universo composto da un solo mondo più alcuni punti di luce è intellettualmente accettabile. Immaginarlo consistente di due mondi più dei punti di luce è difficile. Se uno degli oggetti del cielo è un mondo, perché non possono esserlo anche altri, o tutti? Poco a poco si diffuse l'idea della pluralità dei mondi. Un numero sempre maggiore di persone cominciò a pensare all'universo come composto da vari mondi.

Ma non mondi *vuoti*. Un pensiero del genere dovette farli sobbalzare, se mai gli passò per la mente.

L'unico mondo che conosciamo, la Terra, è pieno di vita; niente di più naturale, quindi, di pensare che la vita sia una caratteristica inevitabile dei mondi che hanno in genere caratteri similari. Inoltre, se si pensa alla Terra come creata da uno o più dèi, è logico supporre che gli altri mondi siano stati creati allo stesso modo. E sarebbe assurdo pensare che qualche mondo sia stato creato e poi lasciato vuoto. Perché mai creare dei mondi disabitati? Che desolazione sarebbe!

Perciò, quando Anassagora affermò la sua convinzione che la Luna fosse un mondo simile alla Terra, sostenne anche che poteva essere abitato. E lo stesso dissero altri pensatori antichi, come ad esempio il biografo greco Plutarco (46-120 d.C.).

Ma se un mondo è abitato, è naturale supporre che sia abitato da creature intelligenti, raffigurate in genere come molto simili agli esseri umani. Un mondo abitato solo da piante e animali privi di ragione sarebbe un intollerabile deserto.

Ma di vita sulla Luna si parlava anche prima che fosse riconosciuta come un mondo. Il fatto è che la Luna è l'unico corpo celeste a brillare in modo non omogeneo. Alla sua vivida luce si stagliano macchie più scure, visibili nel modo più chiaro e drammatico in periodo di Luna piena.

Quelle macchie tentavano il comune, non sofisticato osservatore, a cercare di trarne una figura. (Daltronde, è una tentazione che può assalire anche l'osservatore preparato e ben informato di oggi.)

Dato il naturale antropocentrismo degli esseri umani, era quasi inevitabile che da quelle macchie si traesse la figura di un essere umano; così nacque l'idea dell'«uomo della Luna».

L'idea originaria nacque senz'altro in epoca preistorica. Il medioevo tentò poi a più riprese di filtrare le idee antiche attraverso il setaccio della rispettabilità biblica. Si pensò quindi che l'uomo della Luna rappresentasse l'uomo citato in *Numeri,* 15, 32-36: «Ora, mentre i figli d'Israele erano nel deserto, trovarono un uomo che raccoglieva legna in giorno di Sabato... E il Signore disse a Mosè: "Muoia lapidato da tutta l'assemblea, fuori del campo."... Allora tutta l'assemblea lo condusse fuori del campo e lo lapidò finché morì...».

Nel racconto biblico non si fa menzione della Luna, ma era Nelle mettergli un'appendice, dire che quando l'uomo protestò di non volere osservare la «domenica» in Terra (sebbene per gli Israeliti fosse il Sabato, il Sabbath), i giudici dissero: «Allora osserverai un eterno lunedì (Luna-dì) in cielo».

Nel medioevo l'uomo della Luna venne raffigurato mentre trasportava un cespuglio spinoso - la legna che aveva raccolto - con una lanterna, perché si supponeva che fosse andato a far legna di notte, sperando che nessuno lo vedesse, e, chissà perché, un cane. Con questi accessori l'uomo della Luna fa parte anche del dramma rappresentato da Bottom e gli altri cortigiani in *Sogno di una notte di mezz'estate* di Shakespeare.

Naturalmente ci si figurava che l'uomo della Luna riempisse tutto il suo mondo, perché le macchie sembravano coprirne l'intera faccia, e la Luna ci appare come un oggetto piccolo.

Fu l'astronomo greco Ipparco (190-120 a.C.) a calcolare per primo le dimensioni della Luna in rapporto alla Terra con metodi matematici efficaci, ottenendo un risultato sostanzialmente esatto. Il diametro della Luna è circa un quarto di quello della Terra. Non era qualcosa della misura dell'uomo della Luna. Era un mondo; non solo per la materia scura di cui era fatto, ma per le dimensioni.

Ipparco aveva fatto anche di meglio, aveva calcolato la distanza della Luna. La superficie della Terra è 60 volte più lontana dalla Luna che dal suo centro.

In termini moderni, la Luna si trova a 381.000 chilometri dalla Terra e ha un diametro di 2.470 chilometri.

Già i greci sapevano che la Luna era il corpo celeste più vicino, e che gli altri oggetti erano tutti molto più lontani. Per essere così distanti eppure

così visibili, dovevano avere tutti la dimensione di mondi.

L'idea della pluralità dei mondi scese dalle altezze rarefatte della speculazione filosofica al livello della letteratura con la prima versione di cui si abbia notizia dei moderni racconti di fantascienza sui viaggi interplanetari.

Intorno al 165 d.C. uno scrittore greco di nome Luciano di Samosata scrisse una *Storia vera,* il racconto di un viaggio sulla Luna. L'eroe ci arriva per mezzo di una tromba d'aria. La trova luminosa e brillante, e da lì riesce a vedere, in distanza, altri mondi luminosi. Sotto, un mondo che, sen-za dubbio, è il suo, la Terra.

L'universo di Luciano era arretrato rispetto alla conoscenza scientifica del suo tempo; raffigurava la Luna splendente e i corpi celesti l'uno vicino all'altro. Luciano pensava anche che l'aria riempisse tutto lo spazio e che «sopra» e «sotto» fossero la stessa cosa ovunque. Non c'era ancora ragione di pensare che le cose stessero diversamente.

Nell'universo di Luciano ogni mondo era abitato, e c'erano intelligenze extraterrestri ovunque. Il re della Luna si chiamava Endimione, ed era in guerra col re del Sole, Fetonte. (Sono tutti nomi tratti dai miti greci, dove Endimione è un giovane amato da Selene, la dea Luna, e Fetonte è il figlio del Sole.) I Lunari e i Solari erano umani per aspetto, istituzioni e anche follie; Endimione e Fetonte erano infatti in guerra per la colonizzazione di Giove.

Ma dovettero passare quasi 1.300 anni perché un grande scrittore si occupasse di nuovo della Luna. Fu il poeta italiano Ludovico Ariosto (1474-1533), nel poema epico *Orlando furioso,* scritto nel 1532. Uno dei suoi personaggi va sulla Luna sul carro divino che portò il profeta Elia in cielo, e trova la Luna abitata da un popolo civile.

L'idea della pluralità dei mondi ricevette nuovo alimento dall'invenzione del telescopio. Nel 1609 lo scienziato italiano Galileo Galilei (1564-1642) costruì un telescopio e lo puntò sulla Luna. Per la prima volta nella storia la Luna fu vista ingrandita, più dettagliata e chiara di quanto fosse possibile a occhio nudo.

Galileo vide catene montuose, e quelli che sembravano crateri vulcanici. Scorse anche macchie lisce che sembravano mari. Stava puramente e semplicemente osservando un altro mondo.

Fu uno stimolo a nuovi voli di fantasia sulla Luna. Il primo fu scritto da Keplero (1571-1630), un astronomo di prim'ordine,[11] e pubblicato postumo

11 Fu il primo racconto di fantascienza scritto da uno scienziato di professione, ma non certo l'ultimo

nel 1633. Si intitolava *Somnium,* perché l'eroe raggiungeva la Luna in sogno.

Era un libro notevole, perché per la prima volta teneva conto delle conoscenze sulla Luna, che fino ad allora era stata trattata in modo non diverso di qualsiasi bene immobile non terrestre. Keplero sapeva che le notti e i giorni lunari duravano ognuno 14 giorni terrestri. Però secondo lui sulla Luna c'erano aria, acqua e vita; niente infatti permetteva ancora di escluderlo.

Nel 1638 fu pubblicata la prima storia di fantascienza in lingua inglese che trattasse di un viaggio sulla Luna. Era *The Man in the Moone* (L'uomo sulla Luna) del vescovo inglese Francis Godwin (1562-1633). Anch'essa fu pubblicata postuma.

Il libro di Godwin fu quello, tra i primi del genere, che ebbe maggiore influenza, ispirando diverse imitazioni. L'eroe veniva portato sulla Luna da un carro tirato da un branco di oche (dipinte come emigranti regolarmente sul satellite). Come al solito la Luna era popolata da esseri intelligenti e umani.

Lo stesso anno in cui uscì il libro di Godwin un altro vescovo Inglese, John Wilkins (1614-1672), cognato di Oliver Cromwell, produsse un saggio equivalente. In *The Discovery of a World in the Moone* (La scoperta di un mondo sulla Luna), speculava sulla sua abitabilità. Mentre l'eroe di Godwin era uno spagnolo (gli spagnoli erano stati i grandi esploratori del secolo precedente), Wilkins era sicuro che il primo uomo a metter piede sulla Luna sarebbe stato un inglese. E in un certo senso ha avuto ragione, perché quel primo uomo era di origine inglese.

Wilkins pensava anche che l'aria fosse dappertutto, fino alla Luna e in tutto l'universo. Nel 1638 non s'era ancora arrivati a capire se questo avrebbe reso impossibile avere corpi celesti separati. Se la Luna girasse attorno alla Terra in un infinito oceano d'aria, la resistenza dell'aria la rallenterebbe gradualmente fino a farla precipitare in pezzi sulla Terra, che a sua volta precipiterebbe allo stesso modo sul Sole, e così via.

Assenza d'acqua

L'idea di un'aria universale non doveva tuttavia avere lunga vita. Nel 1643 il fisico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), discepolo di Galileo, riuscì a bilanciare il peso dell'atmosfera su una colonna di mercurio, inventando il barometro. Dal peso della colonna di mercurio che bilan-

ciava la pressione verso il basso dell'aria, risultò che l'atmosfera, se avesse avuto una densità uniforme, sarebbe stata alta solo otto chilometri, e se la densità fosse diminuita con l'altezza, come infatti accade, avrebbe potuto essere appena un po' più alta, prima di diventare troppo rarefatta per la vita.

Era la scoperta che l'aria non riempiva l'universo, quindi era un fenomeno puramente terrestre. Lo spazio tra i corpi celesti era vuoto, un «vacuum»: era in un certo senso la scoperta dello spazio esterno.

Senz'aria gli esseri umani non potevano andare sulla Luna cavalcando trombe marine, su carri tirati da oche, o su qualunque altro dei normali mezzi atti ad attraversare uno spazio d'aria.

L'unico modo per superare la distanza tra la Terra e la Luna erano i razzi, citati per la prima volta nel 1657 da nientedimeno che lo scrittore e duellante francese Savinien de Cyrano de Bergerac (1619-1655). In *L'altro mondo o gli stati e gli imperi della Luna*, Cyrano elencò sette diversi mezzi con cui un essere umano poteva viaggiare dalla Terra alla Luna e uno di questi prevedeva l'uso di razzi. Il suo eroe compì però il viaggio con uno degli altri, purtroppo inadatti, sistemi.

Man mano che ci si inoltrava nel XVII secolo e l'osservazione della Luna s'avvantaggiava di sempre migliori telescopi, gli astronomi capivano certe peculiarità del nostro satellite.

La Luna appariva alla vista sempre chiara e uguale. La sua superficie non era mai oscurata da nubi o foschie. Il terminatore, cioè la linea di confine tra l'emisfero chiaro e quello scuro, era sempre netto. Mai sfocato come sarebbe stato se la luce si fosse rifratta attraverso un'atmosfera, indicando la presenza sulla Luna dell'equivalente del crepuscolo terrestre.

Ma, soprattutto, quando il globo della Luna si avvicinava a una stella, questa restava perfettamente luminosa finché non veniva raggiunta dalla superficie lunare: allora, in un attimo, smetteva di brillare. Non si oscurava lentamente come avrebbe fatto se fosse stata raggiunta prima dall'atmosfera che dalla superficie della Luna, e se la sua luce avesse dovuto penetrare strati d'aria sempre più densi.

Insomma, sí capì che la Luna era un mondo senz'aria. E anche senz'acqua, perché un esame più ravvicinato mostrò che,i «mari» visti da Galileo erano disseminati di crateri.

Potevano essere, al massimo, mari di sabbia, non certo d'acqua.

Senz'acqua, era difficile che ci potesse essere vita. Per la prima volta gli uomini dovettero rendersi conto che l'esistenza di un mondo morto, privo

di vita, era possibile.

Ma non andiamo troppo in fretta. Siamo sicuri che un mondo senz'aria e senz'acqua sia anche senza vita?

Tanto per cominciare, guardiamo la vita qui sulla Terra. Appare estremamente varia e versatile. C'è vita nelle profondità sulla superficie degli oceani, nell'acqua dolce e sulla Terra, sotto terra, nell'aria, persino nei deserti e sulle distese di ghiaccio.

Ci sono anche microscopiche forme di vita che non usano ossigeno, per le quali anzi l'ossigeno è mortale. L'assenza d'aria non sarebbe un problema per loro. (Dobbiamo ringraziare queste creature se un cibo sotto vuoto dev'essere ben cotto prima di essere consumato. Certi graziosi e pericolosi germi, tra cui quello che provoca il botulismo, vivono benissimo sotto vuoto.)

E allora, è tanto difficile immaginare qualche forma di vita in assenza di acqua?

Sì, piuttosto. Nessuna forma di vita terrestre può fare a meno dell'acqua. La vita si è sviluppata nel mare, e i fluidi interni alle cellule viventi di tutti gli organismi, anche di quelli che adesso vivono in acqua dolce o sulla terraferma, e che nell'acqua morrebbero, sono sostanzialmente una forma dell'acqua dell'oceano.

Nemmeno le specie di vita dei deserti più aridi si sono evolute facendo a meno dell'acqua. Ce ne sono che possono non bere mai, ma allora incamerano la loro acqua in altri modi, dai liquidi del cibo che mangiano per esempio, e stanno ben attenti a tenersela.

Certi batteri possono sopravvivere all'essiccamento e, sotto forma di spore, continuare a vivere senz'acqua per un periodo indefinito. La parete di spore, però, protegge il liquido interno alla cellula batterica. Un essiccamento completo la ucciderebbe velocemente quanto noi.

I virus possono conservare potenzialmente la vita anche se cristallizzati, e in assenza d'acqua. Non possono moltiplicarsi però, finché non entrano in una cellula, il cui fluido permette loro di mutare.

Ma questo riguarda la vita terestre, che si è sviluppata nell'oceano. Su un mondo senz'acqua non potrebbe essersi sviluppato un tipo di vita radicalmente diverso, e *indipendente* dall'acqua?

Riflettiamo.

Sulla superficie dei mondi planetari - su uno dei quali si è sviluppato l'unico esempio di vita che conosciamo - la materia può esistere in tre stati: solido, liquido e gassoso.

Nei gas, le molecole sono separate da distanze relativamente grandi e si muovono alla cieca. Per questo le miscele gassose sono sempre omogenee; tutti i loro componenti sono cioè ben miscelati. Le reazioni chimiche possono avvenire altrettanto be-, ne in una loro parte quanto in un'altra. E quindi si trasmettono da una parte del sistema all'altra con rapidità esplosiva. È difficile immaginare che in un gas possano aver luogo le reazioni ben controllate e regolate che paiono essenziali a sistemi così complicati ed equilibrati come sembrano essere quelli viventi.

Inoltre, le molecole che compongono i gas tendono ad essere estremamente semplici. Le molecole complicate che possiamo presumere necessarie se ci aspettiamo i mutamenti variati, versatili e sottili che non possono non caratterizzare una cosa variata, versatile e sottile come la vita, si trovano, in circostanze normali, allo stato solido.

Certi solidi, scaldati a sufficienza o sottoposti a una pressione molto bassa, possono trasformarsi in gas. Ma a scaldarle le complicate molecole che caratterizzano la vita andrebbero in frantumi, e non servirebbero più a niente. E sottoposte anche a una pressione zero, produrrebbero solo quantità di vapore insignificanti.

Dobbiamo quindi concludere che non possiamo avere vita allo stato gassoso.

Nei solidi, le molecole sono a contatto, e possono raggiungere qualunque grado di complicazione. Ma soprattutto i solidi possono essere, e in genere sono, eterogenei; cioè, la composizione chimica di una parte può essere del tutto diversa dalla composizione chimica di un'altra. In altre parole, reazioni diverse possono aver luogo in punti diversi, a velocità e in condizioni diverse.

Fin qui, tutto bene, ma il problema è che nei solidi le molecole sono in maggiore' o in minor misura bloccate al loro posto, o le reazioni chimiche sono troppo lente per produrre la delicata mutabilità che associamo alla vita. Quindi dobbiamo concludere che non possiamo avere vita allo stato solido.

Allo stato liquido, le molecole sono a contatto, e può esserci eterogeneità, come allo stato solido. Ma si muovono liberamente, e le reazioni chimiche possono essere veloci, come allo stato gassoso. E soprattutto, le sostanze sia solide sia gassose possono mutarsi in liquidi e produrre sistemi di straordinaria complicazione, nei quali la versatilità delle reazioni non ha limiti.

Insomma, il tipo di chimica che associamo alla vita sembrerebbe

possibile solo su uno sfondo liquido. Nel caso della Terra Il liquido è l'acqua; vedremo più avanti qualcosa sulla possibilità o meno di qualche sostituto.

Sembrerebbe quindi non esserci dubbio che un mondo senz'acqua, e senza nessun altro liquido capace di sostituirla, non possa ospitare la vita.

O sto dando prova di chiusura mentale?

Perché la vita non potrebbe svilupparsi e sviluppare intelligenze anche con caratteristiche fisiche e chimiche completamente diverse da quelle della vita terrestre? Perché non potrebbe esserci una forma di vita solida molto lenta - forse troppo lenta perché noi possiamo riconoscerla come vita - sulla Luna o, tanto vale, qui sulla Terra? Perché non potrebbe esistere - sul Sole per esempio - una forma di vita gassosa, velocissima ed evanescente, letteralmente scoppiettante di pensiero, con cicli vitali di frazioni di secondo?

Ci sono state speculazioni in questa direzione. La fantascienza ha postulato le forme di vita più incredibili. La Terra stessa è stata vista come un essere vivente e così intere Galassie e le nubi di polvere e gas dello spazio interstellare. Si è scritto di una vita di pura radiazione d'energia, e di una vita tutta fuori del nostro universo, e quindi indescrivibile.

In questo campo la speculazione non ha limiti, ma senza prove rimane mera speculazione. Mentre in questo libro voglio muovermi solo dove posso fruire della guida di qualche prova. Sia pure una prova frammentaria e vaga, che porterà a conclusioni piuttosto deboli, ma non valicherò il confine della regione del l'assenza di prove.

Quindi, *finché non avremo prova del contrario,* dobbiamo concludere che, sulla base di quello che sappiamo della vita (poco, è vero), un mondo senza liquidi è un mondo senza vita, E poiché la Luna sembra essere un mondo senza liquidi, la Luna sembra essere un mondo senza vita.

Forse è meglio andare più cauti e dire che un mondo sen liquidi è un mondò senza vita-quale-noi-la-conosciamo. Ma poi ché sarebbe noioso ripetere in continuazione questa frase, m limiterò a dirlo di quando in quando, per essere sicuro che no si dimentichi quello che intendo. Prego pertanto í lettori d dare per scontato che ovunque in questo libro io parli di vit intendo la vita-quale-noi-la-conosciamo. E si ricordino che non c'è l'ombra di una prova, per quanto debole e indiretta, a favor dell'esistenza di una vita-quale-noi-non-conosciamo.

Ma può darsi che stiamo ancora arrischiando conclusioni troppo frettolose. Gli astronomi dei primi telescopi poterono vedere chiaramente che la

Luna mancava di acqua nel senso che mancava di mari, grandi laghi o fiumi possenti. Ai telescopi sempre più perfezionati non apparve mai segno di «acqua allo stato libero» sulla superficie.

Ma non potrebbe esserci acqua in minori quantità, in piccole pozze o paludi, all'ombra delle pareti dei crateri, in fiumi o gocciolii sotterranei, o appena in libera combinazione chimica con le molecole che compongono la superficie solida lunare?

In tal caso, l'acqua non sarebbe certo visibile al telescopio, ma potrebbe essere sufficiente per permettere la vita.

Sì, potrebbe, ma se l'origine della vita sta in reazioni chimiche casuali (e ne parleremo in un altro capitolo), più il volume nel quale si compiono questi processi è grande, più alta sarà la possibilità che riescano ad arrivare a una cosa complicata come la vita, e più spazio ci sarà per quella prodigalità di morte e sostituzione che funge da forza motrice al processo casuale dell'evoluzione.

Dove ci sono solo piccole quantità d'acqua, la formazione della vita è molto improbabile; e se si forma, la sua evoluzione è molto lenta. Diventa semplicemente improbabile che ci sia il tempo e l'opportunità che si formi e fiorisca una forma di vita complessa, ed è comunque escluso che possa essercene una complessa abbastanza da sviluppare un'intelligenza e una civiltà tecnologica.

Quindi, anche ammettendo la presenza di acqua in quantità non visibili al telescopio, possiamo al massimo ipotizzare una vita estremamente semplice. Impossibile immaginare la Luna - è sempre stata com'è ora - come sede di un'intelligenza extraterrestre.

La beffa della Luna

Non è il concetto di intelligenza extraterrestre, lo ripeto, a essere difficile da afferrare. È il concetto opposto che incontra resistenze. La prova telescopica - nel caso della Luna - del contrario, non impedì che restasse difficile immaginare mondi morti.

Nel 1686 lo scrittore francese Bernard Le Bovier de Fontanelle (1657-1757) scrisse *Conversazioni sulla pluralità dei mondi,* in cui speculava brillantemente sulla vita su ogni pianeta allora conosciuto, da Mercurio a Saturno.

E sebbene l'ipotesi di vita sulla Luna fosse già dubbia al tempo di Fontanelle e lo diventasse con gran dolore sempre di più, si dimostrò molto

facile gabbare il pubblico con racconti di vita lunare intelligente ancora nel 1835, l'anno della «beffa della Luna».

Teatro del fatto fu il giornale «The New York Sun», appena fondato, ansioso di attirare attenzione e di conquistare lettori. Nel suo staff editoriale c'era Richard Adams Locke (1800-1871), uno scrittore arrivato tre anni prima negli Stati Uniti dalla nativa Inghilterra.

Locke era interessato alla possibilità della vita su altri mondi, su questo tema s'era anche cimentato come autore di fantascienza. E gli venne l'idea di scrivere di fantascienza senza dire che lo fosse.

Come soggetto scelse la spedizione dell'astronomo inglese John Herschel (1792-1871). Herschel era andato a Città del Capo, in Sudafrica, per studiare il cielo australe.

Si era portato dei buoni telescopi, ma non i migliori del mondo. Il loro valore stava nel fatto che all'epoca tutti gli astronomi e gli osservatori astronomici erano situati nell'emisfero nord, e quindi le regioni adiacenti il Polo sud celeste non erano praticamente mai state studiate. Sarebbe andato bene pressoché qualsiasi telescopio.

Locke sapeva bene come valorizzare la cosa. Nel numero del 25 agosto 1835 di «The Sun» iniziò a descrivere dettagliatamente impossibili scoperte d'ogni sorta, attribuendole a Herschel e al suo telescopio, capace, a detta di Locke, di tali ingrandimenti da poter vedere sulla superficie della Luna oggetti della grandezza di appena 40 centimetri.

Nella seconda puntata descrisse la superficie della Luna. Herschel avrebbe visto fiori simili a papaveri e alberi simili a frassini. Poi c'era un grande lago, con acqua azzurra e onde spumeggianti, e grandi animali simili a bisonti e unicorni.

Un pezzo di bravura fu la descrizione di una aletta carnosa posta sulla fronte delle creature bisontiformi, che poteva essere alzata o abbassata per proteggere l'animale «dalle elevate punte di luce e buio cui sono periodicamente sottoposti tutti gli abitanti della nostra faccia della Luna».

Infine furono descritte delle creature di aspetto, ali a parte, umano. Sembravano assorbite in conversazione: «Il loro gestire, in particolare i vari movimenti delle mani e delle braccia, appariva appassionato ed enfatico. Questo ci convinse che si trattava di esseri razionali».

Gli astronomi, naturalmente, capirono che si trattava di unsi assurdità; nessun telescopio poteva - né può a tutt'oggi - vedere simili dettagli, e poi la descrizione di Locke era in netto contrasto con quanto si sapeva della superficie della Luna e delle sue caratteristiche.

La beffa fu smascherata abbastanza in fretta, ma intanto la tiratura di «The Sun» andò alle stelle; per un breve momento fu il giornale più venduto del mondo. Migliaia e migliaia di persone credettero ciecamente alla beffa, e aspettavano ansiose nuove notizie, dimostrando quanto la gente volesse credere a un'intelligenza extraterrestre - e in realtà a qualunque scoperta, o pretesa scoperta, sensazionale, che contraddicesse le convinzioni razionali ma monotone della scienza realistica.

Quando l'assenza di vita sulla Luna divenne sempre più incontestabile, rimase la speranza che si trattasse di un caso eccezionale e isolato, e che gli altri mondi del sistema solare potessero essere abitati.

Quando il matematico inglese William Whewell (1794-1866) affermò nel suo libro *Plurality of Worlds* (Pluralità dei mondi), pubblicato nel 1853, che nessuno dei pianeti poteva ospitare la vita, la sua opinione rimase nettamente minoritaria all'epoca. Nel 1862 il giovane astronomo francese Camille Flammarion (1842-1925) sostenne la tesi opposta scrivendo *La Pluralité des mondes habités* (La pluralità dei mondi abitati), e il suo libro riscosse molto più successo.

Ma subito dopo l'uscita del libro di Flammarion un nuovo progresso scientifico fece pendere la bilancia in netto favore di Whewell.

Assenza d'aria

Negli anni 1860 il matematico scozzese James Clerk Maxwell (1831-1879) e il fisico austriaco Ludwig Edward Boltzmann (1844-1906) elaborarono indipendentemente «la teoria cinetica dei gas».

Questa teoria esaminava i gas aggregati di molecole molto spaziate e che sì muovono in direzioni casuali su un'ampia gamma di velocità. E mostrava come da questo si potesse dedurre il comportamento dei gas in varie condizioni di temperatura e pressione.

Una delle conseguenze della teoria fu di dimostrare che la velocità media delle molecole è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta e inversamente proporzionale alla radice quadrata della massa delle molecole stesse.

Una certa frazione delle molecole di ogni gas si muove a velocità superiori alla media di una data temperatura, e può superare la «velocità di fuga» relativa all'attrazione gravitazionale che la trattiene su un dato pianeta. Qualunque cosa si muova più in fretta della velocità di fuga, sia essa una nave spaziale o una molecola, può, se non entra in collisione con qual-

cosa, allontanarsi per sempre dal pianeta.

In circostanze normali, la frazione di molecola di atmosfera che potrebbe raggiungere la velocità di fuga, e mantenerla attraverso le inevitabili collisioni fino a toccare altezze tali da potersi allontanare senza impedimenti ulteriori, è così minima che la perdita dell'atmosfera nello spazio esterno avverrebbe con lentezza impercettibile. La Terra, che ha una velocità di fuga di 11,3 chilometri al secondo, è solidamente stretta alla sua atmosfera, e non ne perderà quantità significative per miliardi di anni.

Ma se la temperatura media della Terra dovesse aumentare in modo sostanziale, la velocità media delle molecole della sua atmosfera aumenterebbe, e così la loro frazione capace di superare la velocità di fuga. L'atmosfera si disperderebbe più velocemente. Se la temperatura fosse abbastanza alta, la Terra perderebbe la sua atmosfera piuttosto in fretta e diventerebbe un globo senz'aria.

Ora, l'idrogeno e l'elio sono gas composti di particelle molto meno compatte di quelle che compongono l'ossigeno e l'azoto della nostra atmosfera. La massa della molecola d'ossigeno (composta di due atomi d'ossigeno) è, in unità di peso atomico, di 32, e quella della molecola d'azoto (composta di due atomi d'azoto), di 28. Mentre la massa della molecola d'idrogeno (composta di due atomi d'idrogeno), è 2, e quella degli atomi di elio (che sono solitari) 4.

A una data temperatura, le particelle leggere si muovono molto più velocemente di quelle con più massa. Un atomo di elio si muoverà circa tre volte più velocemente e una molecola d'idrogeno quattro volte più velocemente delle massicce e pertanto più lente molecole della nostra atmosfera. La percentuale di atomi di elio e molecole d'idrogeno che potrebbero superare la velocità di fuga è molto superiore a quella dell'ossigeno e dell'azoto.

Il risultato è che la gravità della Terra, sufficiente a trattenere le molecole d'ossigeno e azoto della sua atmosfera all'infinito, perderebbe in breve qualunque molecola d'idrogeno o di elio, che scivolerebbero nello spazio esterno. Se la Terra, alle rue attuali condizioni di temperatura, fosse in fase di formazione, e circondata da nubi cosmiche di idrogeno ed elio, non avrebbe un campo gravitazionale abbastanza forte da raccogliere questi piccoli e veloci atomi e molecole.

È per questo che l'atmosfera della Terra non contiene che tracce di idrogeno ed elio, nonostante che questi due gas costituissero la maggior parte della nube originale di materia da cui mi formò il sistema solare.

La massa della Luna è solo di 1/81 di quella della Terra, e l'intensità del suo campo gravitazionale è 1/81 di quella del nostro. Essendo un corpo più piccolo della Terra, la sua superficie è più vicina al suo centro, e quindi il suo piccolo campo gravitazionale è, alla superficie, un po' più intenso di quanto ci si aspetterebbe dalla sua massa globale. Alla superficie l'attrazione gravitazionale della Luna è un sesto di quella corrispondente della Terra.

E questo si riflette anche sulla velocità di fuga. Quella della luna è di appena 2,37 chilometri al secondo. La velocità di fuga della Terra potrebbe essere superata solo da una percentuale irrisoria di molecole di un dato gas. La percentuale di molecole dello stesso gas che supererebbe la molto più bassa velocità di fuga della Luna sarebbe invece sostanziale.

Siccome la Luna ruota sul suo asse così lentamente che il Sole può restare nel cielo su un dato punto della sua superficie due settimane per volta, in questo periodo la sua temperatura raggiunge altezze sconosciute alla Terra. Il che aumenta ancora di più la percentuale di molecole capaci di superare la velocità di fuga.

Il risultato è che la Luna non ha atmosfera. Certo, anche la bassa gravità della Luna potrebbe trattenere qualche gas, se i loro atomi o molecole fossero abbastanza massicci: Gli atomi del gas cripto, per esempio, hanno una massa di 83,8, e quello del gas xeno di 131,3. Il campo gravitazionale della Luna potrebbe trattenerli facilmente. Ma questi gas sono così rari in tutto l'universo, che anche se capitassero sulla Luna e ne formassero l'atmosfera, questa sarebbe un migliaio di miliardi meno densa di quella della Terra, e potrebbe al massimo essere definita una «oligoatmosfera».

Per quanto riguarda il problema della vita extraterrestre una oligoatmosfera del genere è a tutti gli effetti insignificante, e quindi possiamo continuare a descrivere la Luna come senz'aria.

Tutto questo significa qualcosa per un liquido come l'acqua. L'acqua è «volatile», cioè tende ad evaporare mutandosi in gas. A una data temperatura, il vapore acqueo gassoso ha una controtendenza a ricondensarsi in liquido. A una certa temperatura, l'acqua liquida può quindi trovarsi in equilibrio con una certa pressione di vapore acqueo, sempre che il vapore acqueo non venga allontanato, per esempio, dal vento.

Se il vapore acqueo si allontana, l'equilibrio crolla e gran parte dell'acqua liquida evapora fino a esaurirsi. Sappiamo tutti bene come l'acqua depositata da un temporale evapori fino a scomparire del tutto. Più la temperatura è alta, più l'acqua evapora in fretta.

Naturalmente, il vapore acqueo non se ne va completamente dalla Terra. Se non si condensa da una parte lo fa da un'altra come rugiada, nebbia, pioggia o neve, e così la Terra mantiene la sua scorta d'acqua.

Se la Luna avesse acqua liquida, il vapore che formerebbe si perderebbe nello spazio, poiché la massa della molecola d'acqua è solo di 18, e il campo gravitazionale della Luna non riuscirebbe a trattenerla. L'acqua liquida continuerebbe a evaporare e, alla fine, la Luna si seccherebbe completamente. Il fatto che la Luna non abbia aria significa che non ne ha la pressione che rallenti il ritmo d'evaporazione dell'acqua; quindi la perdita dell'acqua, se mai ne ha avuta, è stata ancora più veloce.

Insomma, la Luna *dev'essere* senza acqua come è senz'aria. E, ciò che più importa, un mondo senz'aria è un mondo senza vita, non perché l'aria sia necessaria alla vita, ma perché un mondo senz'aria è un mondo senz'acqua, e l'acqua è necessaria.

Ma anche la teoria cinetica dei gas lascia delle vie d'uscita. Resta la possibilità che ci siano particelle d'acqua e d'aria nel sottosuolo della Luna, o in combinazione chimica con le molecole del suolo. In questo caso le piccole molecole sarebbero trattenute da forze diverse da quella gravitazionale, da barriere fisiche o vincoli chimici.

Inoltre, può darsi che per un certo periodo, all'inizio della sua storia, la Luna abbia avuto un'atmosfera e un oceano, *prima* dì perderli entrambi nello spazio. E forse in quei lontani giorni si sviluppò una vita, forse anche una vita intelligente, che potrebbe essersi adattata, biologicamente o tecnologicamente, alla graduale perdita d'aria e d'acqua. E adesso potrebbe sussistere in caverne, provviste di riserve di aria e acqua.

Ancora nel 1901, quindi, lo scrittore inglese Herbert George Wells poteva pubblicare *I primi uomini sulla Luna,*[12] dove si scopre una razza di intelligenti Lunari, vagamente insettiformi e altamente specializzati, che vivono sottoterra.

Ma anche questo sembra molto dubbio; secondo i calcoli, la Luna avrebbe perso aria e acqua - se mai ne ha avute - molto In fretta. Non tanto in fretta naturalmente da non permettere In vita di diverse generazioni umane; se noi avessimo vissuto sulla Luna quando aveva ancora un'atmosfera e un oceano, avremmo potuto portare a termine la nostra vita normalmente. Ma l'atmosfera e l'oceano non sarebbero durati abbastanza da ermettere alla vita di svilupparsi e all'intelligenza di evolversi. Neppure di

12 Traduzione italiana di G. Mina, Mursia, Milano 1968. (*N.d.T.*)

accennare a tanto.

E adesso sembra che questo problema abbia trovato una risposta definitiva. Il 20 luglio 1969 sbarcarono sulla Luna i primi astronauti. Da questo e dai viaggi successivi furono portati sulla Terra campioni di materiale della superficie lunare. Tutte le rocce della Luna sembrano indicare che il nostro satellite è assolutamente asciutto, che non ha la minima acqua e non ne ha mai avuta.

La Luna sembra, oltre ogni ragionevole dubbio, un mondo morto.

III
Il Sistema solare interno

Mondi vicini

Quando Galileo rivolse al cielo il suo telescopio, vide che i vati pianeti si muovevano in piccolissime orbite. Apparivano come semplici punti di luce all'occhio nudo solo perché erano molto lontani.

E, soprattutto, Venere, più vicino al Sole di quanto lo fosse la Terra, mostrava delle fasi che sembravano indicare che fosse un corpo scuro e brillasse solo di luce riflessa. Questo bastava o provare che anche i pianeti erano mondi, forse più o meno simili alla Terra.

Una volta stabilitolo, si pensò che tutti permettessero la vita e fossero abitati da creature intelligenti. Flammarion aveva questa convinzione, come detto nel capitolo precedente, ancora nel 1862.

Ma la teoria cinetica dei gas eliminò non solo la Luna come sede di vita, ma anche tutti i mondi più piccoli. Era arduo aspettarsi che un mondo più piccolo della Luna potesse avere aria o acqua. Non avrebbe avuto il campo gravitazionale adatto. Prendiamo gli asteroidi, il primo dei quali fu scoperto nel 1901. Girano attorno al Sole appena fuori l'orbita di Marte, e il più grande ha un diametro di appena mille chilometri. Ce ne sono ovunque, da 40 000 a 100 000, con diametri di almeno un chilometro o due e nessuno ha aria o acqua liquida,[13] e quindi nemmeno vita.

Lo stesso dicasi per i due piccoli satelliti di Marte, scoperti nel 1877.

13 Possono esserci piccole quantità d'acqua allo stato solido (ghiaccio), trattenute sugli asteroidi e altri piccoli mondi da vincoli chimici che non dipendono per la loro efficacia da forze gravitazionali. Ma l'acqua ghiacciata non è adatta alla vita, e anche sulla terra le distese di ghiaccio della Groenlandia e dell'Antartide suino prive di vita allo stato naturale.

Con tutta probabilità sono asteroidi catturati, e non hanno né aria né acqua liquida.

All'interno delle orbite degli asteroidi, c'è il «sistema solare! interno», dove troviamo quattro corpi planetari più grandi della Luna. Oltre alla Terra ci sono Mercurio, Venere e Marte.

Mercurio è il più piccolo, ma la sua massa è 4,4 volte quella della Luna, e il suo diametro è di 4860 chilometri, 1,4 volte quello della Luna. La gravità di superficie di Mercurio è 1,3 volte quella lunare e quasi 2/5 di quella terrestre. Non potrebbe farcela a trattenere un'atmosfera rarefatta?

No. Mercurio è anche il pianeta più vicino al Sole. Il suo punto massimo di vicinanza al Sole è a soli 3/10 della distanza che separa il Sole dalla Terra. Qualunque atmosfera sarebbe sottoposta a temperature molto più alte di quelle terrestri. Le molecole gassose sarebbero quindi più veloci e più difficili da trattenere. Mercurio dovrebbe quindi essere senz'aria e senz'acqua - e senza vita - come la Luna.

Nel 1974 e 1975 una sonda spaziale, il *Mariner 10,* passò tre volte vicino alla superficie di Mercurio. La terza volta a una distanza di 327 chilometri. Fu tracciata una mappa dettagliata del pianeta: la sua superficie era cosparsa di crateri in modo molto simile alla Luna, e l'assenza di aria e acqua ne fu confermata. Sulla mancanza di vita non c'è dubbio ragionevole.

Venere sembra dare molte più speranze. Il suo diametro è di 12 100 chilometri (quello della Terra è di 12 740). Ha una massa pari a 0,815 masse terrestri, e la sua gravità di superficie è 0,90 volte quella della Terra.

Anche tenendo conto del fatto che è più vicino al Sole della Terra, e quindi più caldo, Venere dovrebbe avere un'atmosfera. Il suo campo gravitazionale è abbastanza forte per questo.

Infatti Venere *ha* un'atmosfera, e molto pronunciata, molto più nuvolosa della nostra. Venere è avvolto da una perenne fascia di nubi, che è stata subito presa come prova sufficiente della presenza d'acqua.

Purtroppo la fascia di nubi offusca le nostre speranze su Venere, poiché ci impedisce di raccogliere le prove della sua idoneità alla vita. Gli astronomi non sono mai riusciti, per quanto moderni fossero i loro telescopi, nemmeno a intravvedere un pezzetto della sua superficie. Non sono riusciti a dire a che velocità ruota sul suo asse, che inclinazione questo possa avere, né quanto potrebbero essere vasti i suoi oceani (se ne ha); niente. Senza nessuna prova oltre la mera esistenza di un'atmosfera e di nubi era difficile raggiungere qualche ragionevole conclusione sulla presenza di vita.

Marte da speranze più o meno accentuate a un tempo.

Da meno speranze perché è nettamente più piccolo della Terra. Il suo diametro è di soli 6790 chilometri e la sua massa è appena 0,107 volte quella terrestre. Con una massa che è solo un decimo di quella della Terra non si può proprio dire che sia un mondo grande, ma d'altro canto è 8,6 volte più massiccio della Luna e quindi non si può nemmeno dire che sia piccolo. Infatti è due volte più compatto di Mercurio.

La gravità di superficie di Marte è 2,27 volte quella della Luna e quasi uguale a quella di Mercurio. Ma Marte è quattro volte più lontano dal Sole di Mercurio, e quindi è molto più freddo. Per questo il campo gravitazionale di Marte deve combattere con molecole molto più lente.

La conseguenza è che se Mercurio non ha un'atmosfera, Marte potrebbe averla, e infatti ce l'ha. L'atmosfera di Marte è rarefatta, certo, ma c'è. Marte è presumibilmente più secco della Terra, perché la sua atmosfera non è nuvolosa come la nostra (e tanto meno come quella di Venere), ma qualche nube ogni tanto è stata vista. Come si sono viste tempeste di sabbia, a prova che devono esserci venti sferzanti.

L'aspetto di Marte che da più speranze è che la sua atmosfera è abbastanza rarefatta e sgombra da nubi da permetterci di vedere - piuttosto vagamente - la sua superficie. Per secoli gli astronomi hanno fatto del loro meglio per tracciare una mappa di quello che vedevano su quel mondo lontano. (Marte si avvicina alla Terra al massimo fino a 56 milioni di chilometri, 140 volte la distanza che ci separa dalla Luna.)

Il primo a individuare un segno visibile anche ad altri fu l'astronomo olandese Christian Huygens (1629-1695). Nel 1659 seguì le tracce visibili nel loro movimento attorno al pianeta e determinò che il periodo di rotazione di Marte era appena appena più lungo di quello della Terra. Ora noi sappiamo che Marte ruota sul suo asse in 24,66 ore (la Terra in 24).

Nel 1781 l'astronomo anglo-tedesco William Herschel (1738-1822)[14] notò che l'asse di rotazione di Marte era inclinato rispetto alla perpendicolare, come quello della Terra, e quasi degli stessi gradi. L'inclinazione assiale di Marte è 25,17°, quella della Terra 23,45.

Questo non significa solo che Marte ha un'alternanza di giorno e notte come la Terra, ma che ha anche stagioni come la Terra. Naturalmente, la distanza di Marte dal Sole è una volta e mezza quella della Terra, e quindi le sue stagioni sono più fredde. Inoltre, Marte impiega più tempo a compiere un giro completo attorno al Sole - 687 giorni contro i nostri 365

14 Padre di quel John Herschel che, mezzo secolo dopo, sarebbe stato vittima della «beffa della Luna».

e un quarto - cosicché ogni stagione marziana è lunga quasi il doppio di una nostra.

Nel 1784 Herschel notò che attorno ai poli marziani c'erano delle calotte di ghiaccio, proprio come attorno a quelli terrestri. Era una somiglianza in più e, soprattutto, ritenendo che le calotte fossero di acqua ghiacciata, era una prova che su Marte c'era acqua.

Marte e Venere sembravano dare qualche speranza di ospitare la vita, certamente molte più speranze degli asteroidi, della Luna o di Mercurio.

Venere

Nel 1796 l'astronomo francese Pierre Simon de Laplace (1749-1827) fece delle congetture sull'origine del sistema solare.

Il Sole, visto da un punto alto sul suo polo nord, ruota sul suo asse in senso antiorario. Tutti i pianeti noti a Laplace, considerati dallo stesso punto di vista, giravano attorno al Sole in senso antiorario, e tutti i pianeti di cui si conoscevano le rotazioni, ruotavano sui loro assi in senso antiorario. Inoltre tutti i satelliti noti a Laplace giravano attorno ai loro pianeti in senso antiorario.

Infine, le orbite di tutti i pianeti giacevano più o meno sul piano dell'equatore del Sole, e le orbite di tutti i satelliti sul piano dell'equatore dei loro pianeti.

Per spiegare il fenomeno, Laplace ipotizzò che il sistema solare fosse in origine una grande nube di polvere e gas, una «nebulosa» (dal latino *nebula,* nube di materia sospesa nell'aria). La nebulosa girava lentamente in senso antiorario. Il suo campo gravitazionale la contraeva lentamente e questa contrazione la faceva ruotare sempre più velocemente, in obbedienza alla cosiddetta «legge di conservazione del momento angolare». Alla fine si condensò per formare il Sole, che ruota ancora in senso antiorario.

Nel contrarsi per formare il Sole e nell'aumentare la sua velocità di rotazione, la nube fu gonfiata all'equatore dall'effetto centrifugo della rotazione (È il caso anche della Terra, dove i punti sull'equatore sono ventun chilometri più lontani dal centro dei poli Nord e Sud.)

Il rigonfiamento della nebulosa in contrazione divenne sempre più pronunciato mentre la nebulosa si restringeva sempre di più e aumentava la sua velocità, finché l'intera protuberanza fu scagliata all'esterno. La contrazione della nebulosa continuò e altre parti di materia furono espulse.

Secondo Laplace, ogni porzione di questa materia si condensò poco a

poco in un pianeta, mantenendo l'originale rotazione antioraria, accelerandola man mano che si condensava. Così, ogni pianeta poté espellere nel suo processo di formazione altre, più piccole parti di materia da cui nacquero i satelliti. Gli anelli di Saturno sono esempi di materia espulsa (secondo l'«ipotesi nebulare» di Laplace) e non ancora condensata in un satellite.

L'ipotesi nebulare spiega perché tutte le rivoluzioni e rotazioni del sistema solare avrebbero la stessa direzione.[15] Hanno partecipato tutte della rotazione della nebulosa originaria.

Spiega anche perché le rivoluzioni di tutti i pianeti avvengono sul piano dell'equatore del Sole. Hanno avuto origine dalle regioni equatoriali del Sole, come i satelliti hanno avuto origine dalle regioni equatoriali dei pianeti.

L'ipotesi nebulare fu più o meno accettata dagli astronomi per tutto il XIX secolo, e l'immagine che la gente si faceva di Marte e Venere se ne trovò arricchita.

Secondo questa teoria, nella contrazione della nebulosa i pianeti si sarebbero formati in ordine, dal più lontano al più vicino. In altre parole, quando la nebulosa si fu condensata fino a raggiungere la larghezza di soli 500 milioni di chilometri, espulse l'anello di materia che formò Marte. Poi, dopo un lungo periodo di tempo, riprese a contrarsi, ed espulse la materia della Terra e della Luna, e dopo un altro periodo di tempo non sappiamo quanto lungo, quella che formò Venere.

Secondo l'ipotesi nebulare, quindi, Marte è molto più vecchio della Terra, e questa di Venere.

Perciò si diffuse l'idea che Marte fosse molto più avanti della Terra sulla strada dell'evoluzione, non solo rispetto alle sue caratteristiche planetarie, ma anche per quanto concerne la vita. Su Venere, invece, l'evoluzione non doveva aver fatto tanta strada quanto da noi. Su queste basi, nel 1918 il chimico svedese Svante August Arrhenius (1859-1927) tracciò un eloquente affresco di Venere, visto come una giungla immersa nell'acqua.

Queste idee furono riflesse dalla fantascienza, che dipinse spesso Marte abitato da una razza intelligente con una lunga storia che faceva sembrare breve come un'istante quella dei terrestri. I marziani erano raffigurati come molto più avanzati di noi tecnologicamente, ma spesso in decadenza e stanchi di vivere, vecchi come specie.

---

15 Oggi conosciamo anche qualche eccezione

Mentre molti racconti raffiguravano Venere come una giungla, o un oceano planetario, in entrambi i casi popolato da forme di vita primitiva. Nel 1954 io stesso pubblicai un romanzo, *Lucky Starr and the Oceans of Venus* (Lucky Starr e gli oceani di Venere), che lo descriveva come un oceano planetario. Ma appena due anni dopo le idee su quel pianeta furono rivoluzionate.

Dopo la seconda guerra mondiale gli astronomi entrarono in possesso di molti nuovi strumenti di straordinaria utilità per la esplorazione dei mondi del sistema solare. Potevano mandare microonde sulle superfici di pianeti lontani, riceverne onde di riflesso e dalle loro caratteristiche dedurre la natura della superficie, anche se non erano in grado di vederla con gli occhi. Potevano ricevere onde radio emesse dagli stessi pianeti, oppure lanciare sonde azionate da razzi in grado di sfiorare il pianeta o persino di posarsi sul suo suolo e rimandare sulla Terra utili informazioni (come nel caso del rilevamento della superficie di Mercurio compiuto da *Mariner 10*).

Nel 1956 l'astronomo americano Robert S. Richardson, analizzò i riflessi radar provenienti dalla superficie di Venere, nascosta sotto lo strato di nubi, e scoprì che il pianeta ruotava, molto lentamente, nella direzione sbagliata: oraria.

Nello stesso anno un'equipe di astronomi, guidata da Cornell H. Mayer, ricevette onde radio da Venere e constatò con grande stupore che la loro intensità era quale ci si sarebbe aspettata da un oggetto molto più caldo di quanto si pensava potesse essere Venere. Se le cose stavano così, non poteva avere un oceano planetario, non poteva avere acqua liquida di nessun genere (e così finì il mio povero romanzo, che aveva appena due anni di vita).

Il 14 dicembre 1962 una sonda venusiana americana, il *Mariner 2,* passò vicina a Venere, ne captò le sue onde radio e confermò il primo rapporto. Il 12 giugno 1967 una sonda venusiana sovietica, *Venera 4,* penetrò nell'atmosfera di Venere, e, durante l'ora e un quarto impiegata per la discesa, rimandò sulla Terra un'altra conferma. Il 16 e 17 maggio 1969 *Venera* 5 e 6 si posarono sulla superficie di Venere e cancellarono ogni dubbio residuo.

Venere ha un'atmosfera straordinariamente densa, circa 95 volte più di quella della Terra. Ma, soprattutto, l'atmosfera di Venere è composta al 95 per cento di anidride carbonica, le cui molecole hanno una massa di 44. (La presenza di anidride carbonica nell'atmosfera di Venere era stata rilevata con metodi più ordinari già nel 1932.)

È abbastanza naturale che un pianeta abbia un'atmosfera contenente anidride carbonica. Anche la nostra ne ha una piccola quantità (0,03 per cento), essenziale alla vita delle piante.

La fotosintesi delle piante verdi usa l'energia del Sole per combinare le molecole di anidride carbonica con quelle d'acqua e formare così le componenti del tessuto della pianta: zucchero, amido, cellulosa, grassi, proteine, e così via. Nel processo si forma un'eccedenza di ossigeno libero, che viene scaricato nell'atmosfera.

È opinione diffusa che in qualche periodo del suo remoto passato l'atmosfera della Terra fosse molto più ricca di anidride carbonica di quanto lo sia ora. E che non avesse ossigeno libero. (Torneremo più avanti su questo argomento.) L'atmosfera originaria della Terra doveva essere in certo qual modo simile a quella attuale di Venere, ma meno densa; fu solo l'azione della fotosintesi a rimuovere a poco a poco l'anidride carbonica e a sostituirla con l'ossigeno.

Dal fatto che l'atmosfera di Venere è così ricca di anidride carbonica e così povera di ossigeno (non ne è stata trovata traccia), possiamo dedurre che sul pianeta non c'è fotosintesi nella forma terrestre o, al massimo, che non c'è da molto.

Vuol quindi dire che non dovrebbero esserci piante verdi di qualche rilievo per il pianeta e quindi neppure vita animale (che in ultima istanza dipende dalle piante per il nutrimento) e perciò neppure intelligenza.

Si potrebbe obiettare che la fotosintesi non è indispensabile alla vita, e infatti non lo è. Sulla Terra ci sono forme di vita che non usano la fotosintesi né dipendono da quelle che usano la fotosintesi. Ma sono tutte a livello batterico, e oltre ai batteri non sembra che sulla Terra ci sia, o ci sia mai stata, alcuna forma di vita che non abbia bisogno direttamente o indirettamente della fotosintesi.

Si potrebbe anche obiettare che non bisogna fare della Terra una regola. Supponiamo una forma di vita che prenda la sua energia dal Sole, usi l'anidride carbonica, e accumuli in qualche modo l'ossigeno invece di immetterlo nell'atmosfera. Dopo un certo periodo di tempo userebbe il suo ossigeno per combinarlo con atomi di carbonio e reimmettere nell'atmosfera anidride carbonica. In questo modo si potrebbe avere la fotosintesi trattenendo l'anidride carbonica nell'atmosfera.

Non è impossibile, ma...

L'anidride carbonica ha la proprietà di assorbire i raggi infrarossi. Permette alla luce visibile ad alta energia del Sole di passare e colpire un pia-

neta, ma assorbe i raggi infrarossi a bassa energia - invisibili - che il pianeta reimmette nello spazio di notte. Si chiama «effetto serra», perché il vetro di una serra fa esattamente la stessa cosa.

Trattenendo i raggi infrarossi del pianeta, l'anidride carbonica dell'atmosfera alza la sua temperatura, come il vetro fa con la temperatura di una serra. Poiché l'atmosfera di Venere contiene una percentuale molto alta di anidride carbonica, la temperatura di superficie del pianeta è molto più alta di quanto ci si aspetterebbe dalla sua distanza dal Sole, specie se si pensa che le sue nubi dovrebbero proteggerlo da gran parte del calore del Sole. Venere è vittima di un «effetto serra galoppante».

Il risultato è che la temperatura di superficie di Venere è attorno ai 480 °C, molto più alta della temperatura di superficie di Mercurio. Mercurio sarà più vicino al Sole, ma non ha una atmosfera che mantiene il calore.

La temperatura di superficie di Venere è molto superiore al punto di bollitura dell'acqua; è sufficientemente alta anche per fondere il piombo. Quindi sul pianeta non può esserci acqua liquida da nessuna parte. L'acqua presente dev'essere sotto forma di vapore nelle nubi; è provato che le piccole gocce liquide delle nubi sono in larga misura di una sostanza estremamente corrosiva, l'acido solforico.

Ci vuole un'immaginazione molto vivace per concepire la vita su un pianeta del genere; quindi Venere va esclusa come possibile sede di intelligenza extraterrestre.

I canali di Marte

Quanto a Marte, era parso che desse molte più speranze di vita. La sua rotazione, la sua inclinazione assiale, le sue calotte di ghiaccio, tutto lasciava sperare. E la sua presunta antichità sembrava dare ottime possibilità alla presenza di una vita avanzata. Intorno al 1830 gli astronomi iniziarono a fare seri tentativi per rilevare la superficie marziana. La prima mappa fu opera di un astronomo tedesco, Wilhelm Beer (1797-1850). Ne seguirono altre, ma con scarso successo. Era difficile vedere qualcosa di preciso attraverso due atmosfere, quella della Terra e quella di Marte, a una distanza di centinaia di milioni di chilometri. Ogni astronomo tracciava una mappa completamente diversa da quella dei suoi predecessori.

Tutti erano d'accordo comunque nel vedere zone chiare e zone scure; e si affermò l'ipotesi che le zone chiare fossero terra e quelle scure acqua.

Nel 1877 le orbite di Marte e della Terra portarono i due pianeti più vi-

cini di quanto fossero mai stati. Era un'occasione particolarmente favorevole per l'osservazione. E naturalmente gli astronomi potevano disporre di telescopi migliori di quanti ne avessero mai avuti.

Un osservatore munito di un ottimo telescopio era l'astronomo italiano Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910). Nelle sue osservazioni del 1877 tracciò una mappa di Marte che, tanto per cambiare, era completamente diversa da tutte le precedenti. Ma con la sua le cose andavano a posto. Aveva visto quello che c'era da vedere, o così sembrava; infatti per tutto il secolo seguente gli astronomi videro in genere quello che lui aveva visto come un insieme di zone chiare e scure.

Ma a quel tempo Maxwell e Boltzmann avevano già resa nota la loro teoria cinetica dei gas, e sembrava impossibile che un corpo con la massa e il campo gravitazionale di Marte potesse avere grandi e aperte distese d'acqua. Se l'atmosfera di Marte era più rarefatta di quella della Terra, anche alle sue basse temperature, doveva essere fin troppo facile che il vapore acqueo fuggisse. Quindi si diffuse l'idea che Marte dovesse essere povero d'acqua. Aveva calotte di ghiaccio, certo, e forse zone paludose e acquitrinose - ma sembrava improbabile l'esistenza di mari e oceani aperti.

Cos'erano allora le zone scure?

Poteva trattarsi di zone di vegetazione nelle regioni paludose, mentre le zone chiare erano deserti sabbiosi. Era interessante notare che, quando in un emisfero era estate e le calotte di ghiaccio si ritiravano, presumibilmente sciogliendosi, le zone scure diventavano più estese, come se il ghiaccio, sciogliendosi, avesse irrigato il suolo e permettesse alla vegetazione di estendersi. Molti presero questo come una garanzia che su Marte ci fosse vita.

Nel corso delle sue osservazioni del marzo 1877, inoltre, Schiaparelli notò sulla superficie di Marte delle sottili linee scure, ognuna delle quali univa due zone scure più grandi. Erano state notate già nel 1869, da un altro astronomo italiano, Pietro Angelo Secchi (1818-1878). Secchi le aveva chiamate «canali», un nome naturale per delle masse d'acqua lunghe e sottili che univano due masse più grandi. Schiaparelli usò lo stesso termine.

I canali di Schiaparelli erano più lunghi e più sottili di quelli di Secchi, e più numerosi. Schiaparelli ne vide circa quaranta, e li incluse nella sua mappa, dando loro i nomi di fiumi della storia e mitologia antiche.

La mappa di Schiaparelli e i suoi canali furono accolti con grande interesse e entusiasmo. Nel corso delle osservazioni del 1877 nessuno oltre a

lui li aveva visti, ma in seguito gli astronomi cominciarono a cercarli e qualcuno riferì di averli osservati.

La parola «canali» fu tradotta in inglese «canals». Ebbe una certa importanza. «Channel» è qualunque stretta via d'acqua, in genere d'origine naturale. Un «canal» invece è una via d'acqua stretta e artificiale, costruita, sulla Terra, da esseri umani. Appena gli inglesi e gli americani cominciarono a chiamare i canali «canals» invece che «channels», cominciarono automaticamente a pensarli come artificiali e quindi costruiti da esseri intelligenti.

Intorno a Marte nacque subito un nuovo immenso interesse. Era la prima volta - così sembrava - che la scienza avanzava una prova a favore dell'esistenza di un'intelligenza extraterrestre.

Marte fu dipinto come un pianeta più vecchio della Terra che, a causa della debolezza del suo campo gravitazionale, stava lentamente perdendo l'acqua. I marziani, intelligenti e con una storia più lunga della nostra e una tecnologia più avanzata, si trovavano di fronte alla morte per disidratazione.

Eroicamente, lottavano per tenere il pianeta in vita. Costruivano enormi canali per trasportare l'acqua dalle ultime riserve planetarie, le calotte di ghiaccio. Era il ritratto molto drammatico di un'antica razza di esseri, forse una specie morente, che rifiutava d'arrendersi e teneva in vita il suo mondo con volontà e duro lavoro. Un'immagine che restò popolare per quasi un secolo presso molte persone, inclusi alcuni astronomi.

Alcuni di questi fecero delle aggiunte ai rapporti di Schiaparelli. L'astronomo americano William Henry Pickering (1858-1938) riferì di tonde macchie scure dove i canali s'incrociavano, e le chiamò «oasi». Flammarion, che era un convinto assertore della vita extraterrestre, come ho detto nel capitolo precedente, era particolarmente entusiasta dei canali. Nel 1892 pubblicò un voluminoso libro intitolato *Il pianeta Marte,* in cui sosteneva l'ipotesi di una civiltà costruttrice di canali.

Ma l'astronomo che con maggiore influenza sostenne l'idea di una civiltà marziana fu l'americano Percival Lowell (1855-1916). Apparteneva a una aristocratica famiglia di Boston, e usò la sua ricchezza per costruirsi un osservatorio privato in Ari-zona, posto a un miglio d'altezza, dove l'aria secca del deserto e la lontananza dalle luci delle città rendevano la visibilità eccellente. L'osservatorio di Lowell fu aperto nel 1894.

Per quindici anni Lowell studiò Marte con avidità, scattando migliaia di fotografie. Vide molti più canali di Schiaparelli e ne fece disegni dettaglia-

ti, raggiungendo alla fine il numero di più di cinquecento canali. Tracciò una carta delle oasi dove questi si incontravano, notò che le linee singole di canali particolari sembravano a volte sdoppiarsi, e studiò i cambi stagionali di luce e ombra che sembravano segnare il flusso e il riflusso dell'agricoltura. Non aveva dubbi dell'esistenza su Marte di una civiltà avanzata.

Né il fatto che altri astronomi non riuscissero a vedere i canali quanto lui gli dava alcun pensiero. Faceva notare che nessuno aveva condizioni di visibilità migliori delle sue in Arizona, che il suo telescopio era ottimo, e altrettanto i suoi occhi.

Nel 1894 pubblicò il suo primo libro sull'argomento, *Mars.* Era ben scritto, abbastanza chiaro per il pubblico non specialistico, e sosteneva l'idea di un Marte antico e lentamente in via di prosciugamento; di una razza di tecnici avanzati che tenevano il pianeta in vita con giganteschi progetti d'irrigazione; di canali delimitati e resi visibili dalla Terra dalle strisce di vegetazione ai bordi.

Lowell estremizzò ancora di più la sua posizione nei libri successivi, *Mars and its Canals* (Marte e i suoi canali) del 1906 e *Mars as the Abode of Life* (Marte come sede di vita) del 1908. Il pubblico trovò la cosa emozionante; il pensiero di un pianeta vicino abitato da un'intelligenza più avanzata di quella umana era sensazionale.

Ma il ruolo di Lowell nel rendere popolare la vita avanzata di Marte fu offuscato dallo scrittore di fantascienza inglese H.G. Wells (che pochi anni più tardi avrebbe scritto il romanzo sulla vita sulla Luna di cui ho parlato nel capitolo precedente).

Nel 1897 Wells pubblicò a puntate su una rivista un romanzo, *War of the Worlds* (La guerra dei mondi), che l'anno dopo apparve in libro. Fondeva la visione che di Marte aveva dato Lowell con la situazione sulla Terra degli ultimi vent'anni.

In questi due decenni le potenze europee, con in testa Gran Bretagna e Francia, ma comprendendo anche Spagna, Portogallo, Germania, Italia e Belgio, si erano divise l'Africa. Ogni nazione aveva fondato delle colonie senza nessun riguardo per le volontà dei popoli che ci vivevano. Gli africani erano di pelle scura e avevano culture non occidentali, quindi gli europei li considerarono inferiori, primitivi e barbari, e giudicarono che non avevano diritto alla loro terra.

Wells pensò che se i marziani erano più scientificamente progrediti degli europei quanto questi lo erano degli africani, avrebbero potuto trattare gli europei come questi trattavano gli africani. *War of the Worlds* era il

primo racconto di guerra interplanetaria che coinvolgesse la Terra.

Fino ad allora chi aveva parlato di visitatori della Terra provenienti dallo spazio esterno li aveva dipinti come pacifici. Invece nel romanzo di Wells gli stranieri arrivavano armati. Abbandonato Marte, dove sopravvivere era diventato pressoché impossibile, erano sbarcati sulla rigogliosa e umida Terra e si preparavano a impadronirsi del pianeta per farne la loro nuova patria. Per loro i terrestri non erano che animali, creature che potevano tranquillamente annientare. Nessun essere umano poteva sconfiggerli né dar loro del filo da torcere, non più di quanto gli africani potessero contrastare gli eserciti europei. I marziani alla fine vennero sconfitti, non da esseri umani, ma dai batteri delle malattie terrestri che i loro corpi non erano equipaggiati ad affrontare.

Il romanzo ebbe successo e diede il via a una serie d'imitazioni; nei 50 anni seguenti gli uomini si convinsero sempre più che ogni invasione da parte di intelligenze extraterrestri avrebbe voluto dire lo sterminio dell'umanità.

Il 30 ottobre 1938, quasi quarant'anni dopo la pubblicazione di *War of the Worlds,* Orson Welles (1915), allora solo ventitreenne, trasse dal romanzo un dramma radiofonico. Ma volle ambientare la storia al suo tempo, e fare atterrare i marziani nel New Jersey invece che in Gran Bretagna. E trattò gli eventi nel modo più realistico, con giornali radio che sembravano autentici, dichiarazioni di testimoni oculari, eccetera. Chi aveva acceso la radio all'inizio era stato informato che si trattava di fantasia, ma molti che ascoltavano un po' distratti, o che s'erano sintonizzati a trasmissione già iniziata, rimasero paralizzati da quello che sembrava stesse accadendo, specie quelli che abitavano vicini al luogo dell'atterraggio.

Un'impressionante quantità di persone non indugiò a chiedersi se un'invasione marziana era mai possibile, o se i marziani esistevano davvero. Non dubitarono un momento che i marziani esistevano, che erano arrivati per conquistare la Terra, e che ci stavano riuscendo. A centinaia salirono sulle automobili e scapparono in preda al terrore. Fu un'altra grande dimostrazione, a cento anni giusti dalla Beffa della Luna, di quanto gli uomini fossero pronti ad accettare l'idea di un'intelligenza extraterrestre.

Ma anche se Lowell e le sue teorie sui canali di Marte ebbero presa sul pubblico, gli astronomi di professione restarono estremamente dubbiosi. Almeno in grande maggioranza.

Alcuni insistevano che, sebbene guardassero attentamente Marte, non avevano mai visto nessun canale, e l'orgogliosa assicurazione di Lowell

che non avevano occhi e telescopi abbastanza buoni non bastava a metterli a tacere. L'astronomo americano Asaph Hall (1829-1907), che nel 1877 aveva avuto occhi abbastanza buoni da scoprire i minuscoli satelliti marziani, non vide mai nemmeno un canale.

L'astronomo americano Edward Emerson Barnard (1857-1923) era un osservatore particolarmente acuto. È spesso citato come l'astronomo dalla vista più acuta che si ricordi. Nel 1892 scoprì un piccolo quinto satellite di Giove, così piccolo e così vicino alla luce del pianeta, che per vederlo ci volevano occhi quasi sovrumani; e anche Barnard disse che per quanto guardasse Marte con attenzione non era mai riuscito a vedere nessun canale. E aggiunse che pensava fosse tutta un'illusione ottica, che occhi deformati dallo sforzo di vedere oggetti al limite del visibile avessero trasformato piccole e irregolari macchie scure in linee rette.

Quest'idea fu ripresa da altri. E nel 1913 un astronomo inglese, Edward Walter Maunder (1851-1928) la sperimentò. Disegnò dei cerchi con all'interno punti irregolari, a macchia, e li fece vedere ad alcuni scolari, a una distanza da cui potevano a malapena scorgere cosa ci fosse dentro i cerchi. Poi chiese loro di disegnare quello che vedevano, e gli scolari tracciarono delle linee rette, proprio come i canali di Marte disegnati da Schiaparelli.

Intanto, gli astronomi continuavano a studiare l'abitabilità di Marte. Man mano che si avanzava nel XX secolo, vennero ideati strumenti capaci di rilevare e misurare minime quantità di calore. Collocando questi rivelatori al fuoco del telescopio in modo che ricevessero la luce di Marte, si poteva dedurne la temperatura.

I primi a riuscirvi furono, nel 1926, due astronomi americani, William Weber Coblentz (1873-1962) e Carl Otto Lampland (1873-1951). Dalle loro misurazioni risultò che all'equatore di Marte la temperatura saliva a volte sopra al punto di fusione del ghiaccio. In rare occasioni poteva anche arrivare fino a 25 °C.

Ma precipitava di notte. Seguire la temperatura notturna di Marte era impossibile, perché il suo lato buio era sempre dalla parte opposta alla Terra. Si poteva però prendere la temperatura del primo mattino sul ciglio occidentale del globo marziano, dove la superficie stava emergendo dalla notte all'alba. Dopo dodici ore e un quarto di buio, la temperatura poteva scendere fino a 100° sotto lo zero.

Insomma, sembrava che la temperatura di Marte fosse troppo bassa perché l'acqua potesse esistere altrimenti che come ghiaccio, tranne in una stretta zona attorno all'equatore e per brevi momenti verso mezzogiorno. In

tutto il resto del pianeta il clima era più freddo che in Antartide.

Ma c'era di peggio: la grande differenza tra la temperatura dell'alba e quella di mezzogiorno significava che l'atmosfera di Marte era probabilmente più rarefatta di quanto si fosse pensato. Un'atmosfera funziona come una coperta, assorbe e trasmette il calore, più è sottile più la temperatura sale e scende rapidamente. Il peggio sta nel fatto che un'atmosfera rarefatta non assorbe granché della radiazione di energia del Sole. Sulla Terra l'atmosfera relativamente densa funziona come un'efficiente coperta assorbendo la radiazione d'energia che bombarda il nostro pianeta provenendo dal Sole e da altre parti.

Tutti questi raggi energetici sarebbero fatali alla vita indifesa se cadessero sulla superficie della Terra con tutta la loro forza. Marte è più lontano dal Sole e riceve una minore concentrazione, per esempio, di luce ultravioletta. Ma sembra che questa minore concentrazione raggiunga la sua superficie in quantità molto superiori a quelle che raggiungono la superficie terrestre.

Negli anni Quaranta divenne possibile analizzare i raggi infrarossi provenienti da Marte per studiare il contenuto della sua atmosfera. Fu quanto fece nel 1947 l'astronomo olandese-americano Gerard Peter Kuiper (1905-1973), che scoprì che quel poco che c'era di atmosfera marziana era quasi tutto anidride carbonica. C'era pochissimo vapore acqueo e apparentemente niente ossigeno.

Vista la temperatura di Marte, alcuni astronomi cominciarono a chiedersi se aveva acqua. Forse le calotte di ghiaccio non erano composte da acqua ghiacciata, ma da anidride carbonica ghiacciata.

Considerando tutti gli elementi: un'atmosfera rarefatta di anidride carbonica, luce ultravioletta che bombarda la superficie, temperature freddissime, sembrò improbabile che su Marte si fosse evoluto il tipo di forme di vita complesse da cui ci si poteva aspettare lo sviluppo dell'intelligenza.

Prese corpo l'idea che se proprio c'erano canali erano fenomeni naturali e non il prodotto di una razza di tecnici avanzati.

Ma, anche escludendo la vita intelligente, rimane pur sempre la vita primitiva. Sulla Terra ci sono batteri che possono vivere su sostanze chimiche letali ad altre forme di vita. Ci sono licheni che possono crescere su nude rocce, su picchi montagnosi dove l'aria è così rarefatta e la temperatura così bassa che si potrebbe quasi far conto di essere su Marte.

Nel 1957 si avviarono esperimenti per vedere se qualche forma di vita semplice, adattatasi a severe condizioni terrestri, potesse sopravvivere in

un ambiente il più possibile conforme a quanto allora si sapeva dell'ambiente marziano. Più volte fu dimostrato che qualche forma di vita sarebbe sopravvissuta.

Ma allora, forse non dovremmo perdere ogni speranza neanche su forme di vita complesse. Dopotutto, la vita terrestre si è evoluta in sintonia con l'ambiente, quindi le condizioni della Terra ci sembrano ottimali, mentre condizioni del tutto diverse no. Ma su Marte le forme di vita possono essersi evolute in sintonia con le condizioni del pianeta, e di conseguenza sembrerebbero ottimali ai marziani.

Il problema era controverso negli anni Sessanta.

Sonde marziane

Negli anni Sessanta furono lanciate delle sonde azionate da razzi col compito di passare vicine ai pianeti e mandare informazioni alla Terra (simili a quelle lanciate verso Mercurio e Venere di cui abbiamo già parlato).

Il 28 novembre 1964 partì con successo la prima sonda marziana, il *Mariner 4.* Sorpassando Marte, scattò venti fotografie che, trasformate in segnali radio, furono trasmesse sulla Terra, dove vennero tradotte di nuovo in fotografie.

Cosa rivelarono? Canali? Qualche segno di civiltà avanzata, o, almeno, di vita?

Gli astronomi trovarono qualcosa di assolutamente inaspettato: si vedevano chiaramente dei crateri, molto simili a quelli lunari.

Crateri così numerosi e netti, almeno nelle fotografie del *Mariner 4,* da far pensare che ci fosse ben poca erosione. Il che avrebbe significato non solo un'aria rarefatta, ma anche una scarsissima attività vitale. I crateri delle fotografie del *Mariner 4* sembravano annunciare un mondo morto.

La sonda, dopo aver costeggiato Marte, doveva girargli attorno passando - dal punto di vista della Terra - dietro, di modo che nel viaggio di ritorno i suoi segnali radio avrebbero attraversato l'atmosfera marziana. Dai conseguenti mutamenti nei segnali, gli astronomi avrebbero potuto dedurre la densità dell'atmosfera di Marte.

Risultò che era più rarefatta della stima più prudente: meno di un centesimo della densità dell'atmosfera terrestre. La pressione dell'aria alla superficie di Marte è quasi uguale a quella della Terra a un'altezza di 32 chilometri. Fu un altro colpo alla possibilità di vita progredita.

Nel 1969 furono lanciate oltre Marte altre due sonde, *Mariner 6* e

Mariner 7. Avevano apparecchi fotografici migliori, migliori strumenti, e trasmisero più fotografie. Le nuove e più precise immagini confermarono l'esistenza dei crateri. La superficie marziana ne era sforacchiata; in certe zone erano fitti come sulla Luna.

Ma le nuove sonde dimostrarono anche che Marte non era uguale alla Luna in tutto e per tutto. In certe zone la sua superficie appariva piatta e liscia, in altre caotica e sconnessa, in modo diverso sia dalla Luna che dalla Terra. Di canali non c'era traccia.

Il 30 maggio 1971 fu lanciato il *Mariner 9.* Questa volta non doveva solo passare vicino a Marte, ma anche entrare in orbita attorno a esso, cosa che fece il 13 novembre 1971. Marte si trovava nel mezzo di una tempesta planetaria di sabbia, e non si poteva vedere niente, ma il *Mariner 9* aspettò. In dicembre la tempesta di sabbia si placò e il *Mariner 9* si mise al lavoro. Le sue fotografie tracciarono una mappa dettagliata di tutto il pianeta.

Prima di tutto si stabilì, una volta per sempre, che su Marte non c'erano canali. Lowell s'era sbagliato. Era stata un'illusione ottica.

Poi, che le zone scure non erano né acqua né vegetazione. Marte sembrava tutto un deserto; ma qua e là c'erano delle strisce scure, che partivano di solito da piccoli crateri o altre elevazioni. Sembravano composte di particelle di polvere trasportate dal vento, che tendevano a raccogliersi dove un'elevazione ne spezzava la forza e su un lato opposto al vento.

Ogni tanto c'erano anche delle strisce chiare; la differenza tra i due tipi sembrava dovuta alla dimensione delle particelle. L'ipotesi che le zone scure e chiare fossero dovute a differenze di polvere, e che le zone scure si estendessero in primavera a causa dei mutamenti stagionali dei venti, era stata avanzata già qualche anno prima dall'astronomo americano Carl Sagan (1935). *Mariner 9* la confermò completamente.

Ma solo un emisfero di Marte era disseminato di crateri luni-formi, l'altro era caratterizzato da vulcani e canyon giganti, e sembrava geologicamente vivo.

Un particolare suscitò notevole curiosità. C'erano dei segni che serpeggiavano sulla superficie marziana come fiumi, con ramificazioni che sembravano proprio affluenti. Inoltre pareva che entrambe le calotte di ghiaccio polare fossero composte da strati. Alle estremità, dove si scioglievano, assumevano l'aspetto di un mucchietto inclinato di *fiches* da poker.

Si può far l'ipotesi che la storia di Marte sia una storia di cicli climatici. E che adesso il pianeta sia in un periodo freddo, con la maggior parte dell'acqua ghiacciata nelle calotte o nel suolo. Nel passato potrebbe aver

attraversato, e potrebbe attraversare ancora in futuro, un periodo mite, con le calotte di ghiaccio che si sciolgono e liberano acqua e anidride carbonica, rendendo l'atmosfera più densa e ingrossando i fiumi.

In tal caso, anche se adesso Marte sembra senza vita, potrebbe averne avuta in passato, e potrebbe averne di nuovo in futuro. Adesso le forme di vita potrebbero essere ibernate nel suolo gelato sotto forma di spore.

Rispettivamente il 20 agosto e il 9 settembre 1975 furono lanciate su Marte due sonde, *Viking 1* e *Viking 2*. Dovevano posarsi sul suolo e compiere varie osservazioni. In particolare, dovevano esplorare il pianeta alla ricerca di segni di vita.

Nell'estate del 1976 si posarono senza inconvenienti in due zone molto distanti. Analizzarono il suolo marziano e scoprirono che non era molto diverso da quello terrestre, se non per il fatto che conteneva più ferro e meno alluminio.

Poi vennero compiuti tre esperimenti per rilevare se vi fosse vita. I risultati furono tutti del tipo che ci si sarebbe aspettato se il suolo avesse ospitato cellule viventi.

Ma un quarto esperimento gettò il dubbio sui primi tre. Per capire di cosa si tratta dobbiamo soffermarci un momento sulle molecole più caratteristiche degli organismi viventi quali noi li conosciamo.

Negli organismi viventi, ricordando sempre sullo sfondo la presenza dell'acqua, c'è un veloce e perpetuo interagire di molecole complesse composte di un numero di atomi che va da una decina a un milione. In natura si trovano solo negli organismi viventi e nei residui morti di organismi un tempo viventi.[16] Per questo a tali molecole complesse è stato dato il nome di «composti organici».

I composti organici hanno tutti una cosa in comune: il carbonio. Gli atomi di carbonio hanno una facilità unica a combinarsi l'un l'altro in catene complesse, sia lineari che ramificate. E in anelli o serie di anelli cui possono essere unite catene di atomi, anch'esse lineari o stratificate. Alle periferie delle catene e degli anelli di carbonio sono uniti anche atomi e combinazioni di atomi di altri elementi, soprattutto di idrogeno, ossigeno e azoto, più raramente di zolfo, fosforo, eccetera. A volte uno di questi altri

16 Possono anche essere creati in laboratorio. Inoltre, migliaia e migliaia di composti del genere, diversi da quelli trovati in organismi viventi o in loro residui, sono stati sintetizzati dai chimici. Ma anche i chimici sono organismi viventi, e quindi anche le molecole sintetiche che «non si trovano in natura» sono il risultato dell'azione di organismi viventi.

atomi può anche entrare nel corpo stesso della catena o dell'anello di carbonio.

Nessun altro atomo può formare catene e anelli con la stessa facilità del carbonio.

Inoltre, è difficile immaginare che un fenomeno complesso e versatile come la vita possa formarsi con qualcosa di meno complesso delle molecole familiari agli organismi terrestri.

Il che non costituisce affatto un grave limite all'infinita mutevolezza della vita. La vita sulla Terra è estremamente varia per forma, struttura, comportamento, adattamento, ma è sempre fondata su composti organici basati a loro volta su catene e anelli di atomi di carbonio.

Ma, soprattutto, il numero di concepibili variazioni di struttura dei composti organici è così enorme che supera ogni possibilità di esprimerlo in modo intelligente. Il numero di quelli usati dalla vita terrestre è, in rapporto al numero totale di composti organici che potrebbero esistere, *molto più piccolo* della dimensione di un atomo in rapporto alla dimensione dell'intero universo.

Insomma, il numero di composti complessi basati su atomi di carbonio è praticamente infinito e, in rapporto, il numero di composti complessi che non contengono l'atomo di carbonio è praticamente zero. Possiamo quindi postulare che se un mondo manca di composti organici, manca di vita.

Ma non corriamo troppo. Siamo sicuri che in condizioni diverse da quelle che ci sono familiari, degli elementi o combinazioni di elementi diversi dal carbonio non potrebbero produrre composti complicati? Siamo sicuri che in certe condizioni la vita non potrebbe nascere da composti relativamente semplici?

No, non possiamo esserne sicuri. Se pensiamo a quanto poco sappiamo delle caratteristiche di altri mondi, e degli aspetti più sottili della vita - a parte quello che riusciamo a racimolare da noi stessi - non possiamo essere sicuri di niente.

Ma *possiamo* chiedere delle prove. Non c'è il minimo indizio che possano esistere molecole complesse, delicate e versatili come i composti organici, che si formino a partire da qualche elemento diverso dal carbonio, o da qualche combinazione di elementi che escluda il carbonio. Né c'è la minima prova che una cosa complessa come la vita possa nascere da composti relativamente semplici.

Quindi, *finché non avremo prova del contrario,* possiamo solo presumere che senza composti organici non c'è vita.

E l'analisi del suolo marziano da parte di *Viking 1* e *2* indica l'assenza di composti organici.

La questione della vita su Marte resta così dubbia. Non c'è nessuna prova definitiva a favore né contro, e dobbiamo andare avanti a sondare ancora e meglio. Ma se anche ci fosse vita, sembra quasi certo che potrebbe soltanto essere di natura molto primitiva, che non andrebbe oltre il livello della vita batterica terrestre.

Anche una vita così semplice sarebbe più che sufficiente ad eccitare biologi ed astronomi, ma per quanto riguarda la ricerca di un'intelligenza extraterrestre la probabilità che ci rimane è decisamente zero.

Dobbiamo cercare altrove.

IV
Il Sistema solare esterno

Chimica planetaria

Il sistema solare interno, fino all'orbita di Marte, è una struttura relativamente piccola. Oltre Marte c'è il «sistema solare esterno», molto più esteso, in cui ruotano pianeti giganti. Ce ne sono quattro: Giove, Saturno, Urano e Nettuno. Ognuno di questi giganti fa sembrare piccola la Terra; Giove soprattutto, che ha un volume mille volte più di quello della Terra e una massa superiore di 300 volte.

Perché il sistema solare interno è fatto di pigmei, e quello esterno di giganti?

È probabile che la nube da cui ebbe origine il sistema solare fosse fatta più o meno delle stesse sostanze che compongono l'universo in genere. Gli astronomi, con lo spettroscopio, hanno determinato la struttura chimica del Sole e di altre stelle, come della polvere e del gas interstellare. E quindi sono giunti a qualche conclusione sulla composizione generale elementare dell'universo. Guardiamola nella tavola seguente:

Elemento	Numero di atomi (idrogeno = 10 000 000)
Idrogeno	10 000 000
Elio	1 400 000
Ossigeno	6800

Carbonio	3000
Neon	2800
Azoto	910
Magnesio	290
Silicio	250
Zolfo	95
Ferro	80
Argon	42
Alluminio	19
Sodio	17
Calcio	17
Tutti gli altri elementi combinati	50

Come si vede, l'universo è essenzialmente composto da idrogeno ed elio, i due elementi con gli atomi più semplici. Messi insieme costituiscono quasi il 99 percento di tutti gli atomi dell'universo. L'idrogeno e l'elio hanno naturalmente atomi molto leggeri, non certo pesanti come gli altri, eppure rappresentano il 98 percento circa di tutta la massa dell'universo.

I 14 elementi più comuni della tavola precedente compongono l'universo quasi per intero. Solo un atomo su 250 000 è di un altro elemento.

Di questi quattordici, gli atomi di elio, neon e argon non si combinano l'un l'altro e neppure con atomi di altri elementi.

Gli atomi di idrogeno si combinano con altri atomi in seguito a collisione. Ma vista la composizione dell'universo, se collidono con qualcosa lo faranno con altri atomi d'idrogeno. Ne risulta la formazione di molecole d'idrogeno, composte ognuna di due atomi.

È probabile che gli atomi che compongono l'ossigeno, l'azoto il carbonio e lo zolfo si combinino con atomi d'idrogeno quando questo è presente in quantità notevoli. Ogni atomo d'ossigeno si combina con due d'idrogeno per formare molecole d'acqua. Ogni atomo d'azoto si combina con tre d'idro-geno per formare molecole di ammoniaca. Ogni atomo di carbonio si combina con quattro di idrogeno per formare molecole di metano. Ogni atomo di zolfo si combina con due d'idrogeno per formare acido solfidrico. Queste otto sostanze - idrogeno, elio, neon, argon, acqua, ammoniaca, metano e acido solfidrico - sono tutte gassose alle temperature terrestri o, nel caso dell'acqua, un liquido che evapora facilmente. Possiamo considerarle

tutte insieme «volatili» (perché, come gas o vapori, non stanno unite alla materia, ma tendono a spargersi o volar via.)

Il silicio si combina molto più facilmente con l'ossigeno che con l'idrogeno. Il magnesio, l'alluminio, il sodio e il calcio si combinano facilmente con l'associazione silicio-ossigeno, e questi sei elementi messi insieme fanno la parte del leone nelle materie rocciose (i «silicati») che ben conosciamo.

Lo stesso dicasi per il ferro, incline a trovarsi nelle rocce, ma a volte in grande eccesso, così che ne rimane molto sotto forma metallica. Al ferro si aggiungono metalli simili ma meno comuni, come nickel e cobalto.

Gli atomi e le molecole delle rocce e dei metalli aderiscono l'un l'altro, legati da potenti forze chimiche, cosicché mantengono la loro solidità fino all'incandescenza. Non hanno bisogno di forza gravitazionale per essere tenuti insieme; gli atomi di minuscoli frammenti di roccia o metallo restano strettamente legati anche dove le forze gravitazionali sono assolutamente trascurabili.

Il 99,8 percento della massa della nebulosa primordiale che formò il sistema solare apparteneva a volatili, e solo lo 0,2 percento a solidi.

Nel sistema solare interno, il calore del Sole alzava la temperatura al punto che gli atomi e le molecole volatili si muovevano troppo velocemente per poter essere catturate gravitazionalmente. I pianeti del sistema solare interno finirono per essere composti di rocce e metalli che non avevano bisogno di essere trattenuti da forze gravitazionali, ma che costituivano anche solo una minima parte della materia nebulare. È per questo che i pianeti interni sono piccoli.

Infatti il più piccolo non contiene nessun volatile. Mercurio è costituito da un nucleo di metallo di notevoli dimensioni avvolto da un manto roccioso. (Lo sappiamo perché la densità di Mercurio è così alta che gran parte del pianeta dev'essere di metallo ad alta densità e solo il resto di roccia a media densità.) La Luna è tutta e solo roccia. La sua densità è troppo bassa perché possa avere un nucleo di metallo di qualche dimensione. Sia Mercurio sia la Luna sono privi di elementi volatili.

Marte è solo roccia, come la Luna. La Terra e Venere sono di roccia con un nucleo di metallo come Mercurio. Ma questi tre pianeti sono abbastanza grandi da poter trattenere qualche elemento volatile con la gravità.

Oltre l'orbita di Marte diventa più facile accumulare volatili a un dato grado di intensità gravitazionale. A temperature più basse tutte le molecole si muovono più lentamente, ed è più difficile che superino la velocità di

fuga. Inoltre, quando la temperatura cade, i volatili si solidificano l'uno dopo l'altro, e quelli solidi aderiranno assieme per attrazione chimica, indipendentemente dall'attrazione gravitazionale.

Nelle condizioni terrestri il punto di congelamento degli otto volatili è:

	Punto di congelamento		
Sostanza		*Gradi*	
	Centigradi	Fahrenheit	Assoluti
Acqua	0,0	32,0	273,1
Ammoniaca	— 77,7	— 82,3	195,4
Acido solfidrico	— 85,5	— 96,3	187,6
Metano	— 182,2	— 270,9	90,6
Argon	— 189,2	— 283,0	83,11
Neon	— 248,7	— 390,1	24,4
Idrogeno	— 259,1	— 408,8	14,0
Elio (sotto pressione)	— 272,2	— 432,4	0,11

Questo significa che ovunque oltre l'orbita di Marte corpi anche piccoli possono raccogliere non solo metallo e roccia ma anche elementi volatili come l'acqua, l'ammoniaca e l'acido solfidrico allo stato solido. Se i piccoli corpi sono sufficientemente lontani dal Sole per avere temperature molto basse, possono raccogliere allo stato solido anche metano e argon. Il neon, l'idrogeno e l'elio gelano a temperature così basse che nessun corpo, anche agli estremi limiti conosciuti del sistema solare, può raccoglierli.

L'acqua gelata è, naturalmente, ghiaccio. Le forme solide degli altri volatili hanno l'aspetto fisico del ghiaccio, quindi possiamo riferirci a tutti i volatili solidi come a «ghiacci». Per distinguere il ghiaccio originale, l'acqua gelata, possiamo chiamarlo «ghiaccio d'acqua».

Titano

Vediamo, allora come, pur sapendo poco di un mondo del sistema solare esterno, possiamo subito affermare che non può ospitare la vita (quale-noi-la-conosciamo).

Abbiamo già stabilito che i composti organici sono indispensabili alla vita. Questi consistono di molecole costituite da catene e anelli di atomi di

carbonio, cui si uniscono invariabilmente atomi d'idrogeno, con aggiunte minori di azoto, ossigeno, e zolfo. Questi cinque tipi di atomi rappresentano il 99 percento o anche di più di tutti gli atomi dei composti organici. Compongono anche cinque delle otto sostanze volatili. (Gli atomi delle altre tre, argon, neon ed elio, non ammettono combinazioni, e non svolgono nessun ruolo nella vita.)

È evidente allora che la vita è una funzione dei volatili, e che nessun mondo può ospitare la vita se non ha almeno qualche volatile.

Alle temperature prevalenti oltre l'orbita di Marte quasi ogni corpo, anche piccolo, ha la possibilità di contenere qualche materia volatile. Di tanto in tanto, ad esempio, cade una meteora che contiene acqua, idrocarburi[17] e altri volatili. Non in gran quantità, solo attorno al 5 percento al massimo, comunque ci sono.

Certo queste meteoriti, dette «condriti carbonacee», sono poche in rapporto a quelle normali, composte di metallo, di roccia o di entrambi. Ne sono state localizzate solo una ventina.

Questo non significa però che le condriti carbonacee siano rare. Potrebbero essere comunissime. Ma tendono a essere strutturalmente più deboli delle meteoriti rocciose e metalliche, quindi si dissolvono più facilmente nel passaggio incandescente attraverso l'atmosfera, e solo piccolissimi frammenti di alcune di esse sopravvivono per colpire la superficie della Terra.

In anni recenti si è scoperto che la maggior parte degli asteroidi, soprattutto quelli più lontani dal Sole, hanno le caratteristiche (colore scuro e bassa densità) delle condriti carbonacee, e quindi contengono materia volatile. I due piccoli satelliti di Marte sono molto più scuri del loro pianeta e hanno una densità più bassa: devono contenere qualche materia volatile.

Poi ci sono le comete, piccoli corpi solidi quando la loro orbita è lontana dal Sole. Dovrebbero avere un diametro di appena qualche chilometro ed essere in gran parte o quasi totalmente composte di materia ghiacciata.

Quando la loro orbita le porta vicino al Sole, parte dei ghiacci evapora e libera granuli di roccia o metallo che aveva chiusi al suo interno. Il tutto forma una nebbiosa «chioma» attorno a un «nucleo» ancora solido. Il Sole emette costantemente flussi di veloci particelle subatomiche in tutte le direzioni (il «vento solare»), che spingono la chioma in senso opposto alla

17 Sostanze con molecole composte solo di atomi di carbonio e idrogeno; il metano, ad esempio.

direzione del Sole, formando una lunga e sottile «coda».

Dovremmo presumere che ogni oggetto del sistema solare esterno che sia più grande degli asteroidi e delle comete, contenga materia volatile.

Se l'assenza di volatili è un sicuro segno di assenza di vita (quale-noi-la-conosciamo), non è vero il contrario. Un mondo può avere materie volatili e non avere vita (Venere, ad esempio). Altrimenti dovremmo pensare che quasi ogni oggetto oltre l'orbita di Marte contenga vita.

Dopotutto, potrebbero esserci materie volatili, ma non formarsi composti organici abbastanza complessi da permettere la vita.

Non è facile, dal nostro punto d'osservazione terrestre, dire se un piccolo corpo oltre l'orbita di Marte contenga composti organici complessi o no. Mancando di una conoscenza dettagliata, che è al di fuori delle nostre capacità, da che potremmo giudicare della presenza o assenza di vita su un mondo lontano?

Possiamo ripartire da quello che abbiamo detto prima: la vita richiede un elemento liquido simile all'acqua.

Ma se un mondo ha liquido bastante in superficie da rendere possibile la presenza della vita, non alla mera presenza sparsa e insignificante di organismi batteriformi ma in sufficiente complessità da permettere l'evoluzione dell'intelligenza, questo liquido potrebbe evaporare in qualche misura.

Se il mondo non fosse capace di trattenere il vapore con la sua forza gravitazionale, il liquido continuerebbe a evaporare fino a esaurimento. Se invece *fosse* in grado di trattenere il vapore, allora avrebbe un'atmosfera composta non solo da tracce di gas, ma come minimo dal vapore, e probabilmente anche da altri gas.

Dobbiamo quindi concludere che un mondo senza atmosfera non può ospitare una vita (quale-noi-la-conosciamo) superiore al livello batterico; non perché l'atmosfera sia indispensabile in sé alla vita, ma perché una vita superiore a quella batterica ha bisogno di quantità significative di liquido libero in superficie. Senza atmosfera, quanto esiste di volatile dev'essere allo stato di ghiaccio, solido, e questo non è sufficiente per la vita.

Teniamone conto esaminando gli oggetti con un diametro inferiore ai 2900 chilometri che troviamo oltre l'orbita di Marte.

Sono un'infinità, migliaia e migliaia di miliardi di frammenti di polvere, miliardi di comete, decine di migliaia di asteroidi, e una ventina di piccoli satelliti. Possiamo scartarli tutti. Anche se un'altissima percentuale di essi, forse quasi tutti quelli che non sono solo frammenti di polvere, contengono

materia volatile, nessuno ha una permanente atmosfera né si può sperare che abbia liquido libero. Le comete che s'avvicinano al Sole hanno un'atmosfera temporanea durante l'avvicinamento, ma è molto dubbio che abbiano liquido libero anche in questo periodo, che d'altronde costituisce una frazione davvero minima del loro orbitare totale.

E gli oggetti oltre l'orbita di Marte con diametri dai 2900 ai 6500 chilometri?

Sono esattamente sette. Sei satelliti: Io, Europa, Ganimede, Callisto, Tritone e Titano. E un pianeta: Plutone.

I quattro satelliti Io, Europa, Ganimede e Callisto, che girano attorno a Giove, sono i più vicini al Sole. Nessuno di essi ha più di un'oligoatmosfera.

Io, il più vicino a Giove, dev'essere stato esposto a un grande calore nel primo periodo della formazione planetaria, quando lo stesso Giove ne emetteva molto durante la sua formazione. Comunque, a giudicare dalla sua densità, è molto simile alla nostra Luna, e contiene scarsa materia volatile, se pure ne ha.

Gli altri satelliti hanno sempre meno densità, e quindi devono contenere sempre più volatili. Che devono essere soprattutto acqua, più quantità minori di ammoniaca e acido solfidrico. Il metano è un gas anche alle basse temperature che si trovano nei dintorni di Giove, e le sue molecole sono troppo agili per essere trattenute dalle deboli attrazioni gravitazionali dei satelliti.

Europa, il secondo dei grandi satelliti, ha probabilmente uno strato sottile di ghiaccio d'acqua in superficie. Il terzo e quarto, Ganimede e Callisto, hanno strati molto più spessi di materie volatili attorno a un nucleo roccioso, che possono avere lo spessore di chilometri. In superficie c'è uno strato di ghiaccio d'acqua, ma sotto, scaldato dal calore interno, potrebbe essercene uno di acqua liquida. È possibile che su questi due satelliti la vita si sia sviluppata in una zona di buio eterno, chiusa fuori dal resto dell'universo da un ghiaccio compatto dello spessore di chilometri? Non possiamo ancora dirlo.

Se i satelliti di Giove sono i più vicini dei sette corpi di cui stiamo parlando, Plutone è il più lontano. È così lontano dal Sole e ha una temperatura così bassa che vi gela anche il metano. Recenti osservazioni della luce che riflette indicano infatti che è coperto da uno strato di metano ghiacciato. Potrebbe anche avere una rarefatta atmosfera di idrogeno, elio e neon, ma niente ancora lo testimonia. E anche se fosse, non vorrebbe dire

che ha qualche liquido in superficie. Alla temperatura di Plutone, l'idrogeno, il neon e l'elio sono gas, e tutto il resto è solido. Il secondo fra i mondi più lontani è Tritone, un satellite del pianeta Nettuno. Molto probabilmente è nella stessa situazione di Plutone, con un rivestimento di metano solido e un'atmosfera molto rarefatta di idrogeno, neon ed elio, ma si tratta ancora solo di una supposizione.

L'ultimo mondo in questa gamma di dimensioni è Titano, il satellite più grande di Saturno. È più lontano dal Sole e più freddo dei quattro satelliti di Giove. È più vicino al Sole, e più caldo, di Tritone e Plutone.

La temperatura di Titano è di circa —150°, più bassa di 15° di quella dei satelliti di Giove. Alla temperatura di Titano il metano è ancora gassoso, ma molto vicino al punto di diventare liquido (—165,5 °C), e le sue molecole sono lente. Potrebbero essere trattenute anche dall'attrazione gravitazionale di Titano, che ha una forza di due terzi di quella lunare.

Quindi Titano può avere un'atmosfera di metano; e infatti nel 1954 Kuiper la scoprì. Ed è un'atmosfera significativa, molto probabilmente più densa di quella di Marte.

Titano è l'unico satellite del sistema solare che ha una vera e propria atmosfera. È anche il corpo più piccolo del sistema solare ad averla, ed è l'unico in assoluto ad avere un'atmosfera composta principalmente da metano.

Il metano, con una molecola composta da un atomo di carbonio e quattro d'idrogeno è il più piccolo composto organico. Grazie alle peculiarità del carbonio e alla facilità con cui si unisce ad altri atomi di carbonio, è facile che le molecole di metano si combinino per formarne di più grandi, composte di due, o tre, o quattro atomi di carbonio, col relativo numero di atomi di idrogeno. Il Sole, anche se molto distante da Titano, fornirebbe abbastanza energia per queste reazioni.

Può darsi quindi che l'atmosfera di Titano abbia, come componenti minori, una complicata miscela di vapori di idrocarburi superiori, e forse è questa che fa apparire Titano al telescopio di un deciso colore arancio.

Più la molecola di idrocarburo è complicata, più alta è la temperatura alla quale si liquefa. Anche se gli idrocarburi superiori possono essere presenti nell'atmosfera come vapori, la maggior parte di essi sarà allo stato liquido sulla superficie. Poiché il gas che usiamo per gli accendini è composto da molecole di idrocarburi con cinque-sei atomi di carbonio, possiamo immaginarci Titano come un mondo di laghi e mari di gas-liquidi per accendini, con molecole ancora più complicate e forse fanghiglia lungo

le rive. Insomma, Titano avrebbe sia liquido libero *che* composti organici in quantità.

È il minimo richiesto per la vita; ma qui si pone il serio problema se gli idrocarburi possano sostituire l'acqua come liquido base sul cui sfondo possa formarsi la struttura della vita.

L'acqua è un «liquido polare». Cioè la sua molecola è asimmetrica, con minuscole cariche elettriche agli estremi. Queste cariche provocano attrazioni e repulsioni che svolgono un ruolo importante nei mutamenti chimici caratteristici della vita. Gli idrocarburi invece sono «liquidi non polari», con molecole simmetriche e nessuna carica elettrica. I liquidi non polari possono essere adatti come ambiente per la vita?

C'è *qualche* liquido diverso dall'acqua che possa fare da sfondo alla vita? Gli unici liquidi che abbiano qualche ragionevole possibilità in questo senso sono quelli presenti in grande quantità nell'universo in genere, e che siano effettivamente liquidi a temperature planetarie. Oltre all'acqua e agli idrocarburi ci sono solo due altri candidati, l'ammoniaca e l'acido solfidrico. L'ammoniaca è un liquido polare ma non tanto quanto l'acqua, mentre l'acido solfidrico è meno polare.

Con uno sforzo d'immaginazione, possiamo pensare a reazioni chimiche che usino questi liquidi come sfondo e tengano la vita «sulla scena», ma si tratta di pura speculazione, e non c'è la minima prova che qualche liquido comune possa sostituire l'acqua.

Finché non avremo qualche prova in questo senso, qualche piccolo pezzo di prova, dobbiamo essere prudenti, e contare solo sulla vita dall'acqua. Perciò, sebbene Titano si presenti come un affascinante mondo chimico, se avremo mai la possibilità di studiarlo più da vicino, non possiamo contare molto su di esso come sede di vita.

Giove

Nelle fredde distese oltre Marte, potrebbe essere successo che un mondo in formazione avesse raccolto sulla sua strada una certa quantità di materie ghiacciate, oltre alla roccia e al metallo che potevano esserci, per sviluppare un campo gravitazionale abbastanza forte da trattenere l'elio e il neon. La massa così aggiunta intensificherebbe il campo gravitazionale e potrebbe consentire di trattenere forse anche l'idrogeno, presente in quantità maggiori a qualunque altra sostanza.

Ogni particella di idrogeno in più renderebbe molto più facile racco-

glierne altre, e quindi si avrebbe un effetto «palla di neve», che in breve svuoterebbe di materia lo spazio circostante e creerebbe un pianeta gigante (avanzerebbe soltanto la materia sufficiente a formare piccoli corpi come satelliti e asteroidi).

Quattro pianeti del sistema solare esterno si sono formati in questo modo: Giove, Saturno, Urano e Nettuno.

Il più grande è Giove, con un diametro di 143 200 chilometri, 11,23 volte quello della Terra, il più piccolo è Nettuno, con un diametro di 49 500 chilometri, 3,88 volte quello della Terra.

I volumi vanno da 1415 volte quello della Terra per Giove, a 58 volte per Nettuno.

Poiché questi giganti esterni sono composti in larga misura di volatili a bassa densità, la loro densità globale è assai inferiore a quella della Terra. Il più denso è Nettuno, con una media che è 1,67 volte quella dell'acqua. Il meno denso è Saturno, con una media di 0,71 volte quella dell'acqua. (Se avesse un oceano abbastanza grande, e se restasse intatto nel processo, Saturno galleggerebbe nell'acqua.) La densità media della Terra, per fare un confronto, è 5,5 volte quella dell'acqua.

Avendo i giganti esterni una densità così bassa, la loro massa - la quantità di materia che contengono, in parole povere - è inferiore a quella che ci si aspetterebbe dalla loro dimensione.

Il più massiccio è Giove, con 318 masse terrestri, il meno massiccio Urano, con 14,5 masse terrestri.

Questo basta per capire che i caratteri e la natura dei giganti interni sono estremamente diversi da quelli della Terra. È concepibile la vita su questi pianeti?

Il 2 marzo 1972 fu lanciata verso Giove la sonda *Pioneer 10*. Il 3 dicembre 1973 passò a una distanza di soli 135000 chilometri dalla superficie del pianeta.

Nei quattro giorni che occorsero a *Pioneer 10* per oltrepassare Giove, gli strumenti raccolsero le sue radiazioni, contarono le particelle, misurarono i campi magnetici, rilevarono le temperature, e analizzarono la luce del Sole che attraversava l'atmosfera del pianeta.

Dopo che *Pioneer 10* ebbe compiuto con successo la sua missione, si avvicinò a Giove una seconda sonda, uguale alla prima. Lasciò la Terra il 5 aprile 1973, e il 2 dicembre 1974 passò a una distanza di 42000 chilometri dalla superficie del pianeta. Nel suo viaggio sorvolò la regione polare nord di Giove, che dalla Terra è impossibile vedere.

Entrambe le sonde inviarono fotografie e altre utili informazioni.

In base ad esse gli astronomi pensano che roccia e metalli rappresentino solo una minima parte della struttura globale di Giove. Si direbbe che il pianeta sia composto soprattutto di idrogeno, con una piccola aggiunta di elio, e tracce (in rapporto) di altri volatili. Come la Terra è sostanzialmente una palla roteante di roccia e metallo, così Giove è una palla roteante di idrogeno liquido caldo. (Normalmente l'idrogeno liquido bolle a temperature molto basse, ma le enormi pressioni all'interno di Giove sembra che lo facciano salire a temperature molto più alte.)

La corteccia più esterna della palla liquida Giove è fredda, ma la temperatura sale rapidamente con la profondità. A 950 chilometri dalla superficie nuvolosa visibile, la temperatura è già di 3600 °C.

Nello strato freddo più alto del pianeta c'è acqua, ammoniaca, metano e altri volatili, comprese piccole percentuali di idrocarburi con due o tre atomi di carbonio nella molecola.

Naturalmente, nel liquido planetario di Giove dev'esserci circolazione, come negli oceani terrestri. Può darsi che grandi colonne del liquido-Giove scendano e si scaldino, e altre colonne altrettanto estese salgano e si raffreddino.

Qui le controversie sulla vita sono stimolanti. Nel fluido c'è certamente dell'acqua, e anche se fosse in piccole percentuali, sul grande Giove rappresenterebbe una grande quantità in termini assoluti. Anche se l'acqua fosse completamente soverchiata dall'idrogeno, potrebbe benissimo esserci più acqua su Giove che sulla Terra.

Oltre all'acqua ci sono poi metano e ammoniaca, e questi tre elementi potrebbero combinarsi per formare il tipo di molecole organiche che associamo alla vita. Ci vorrebbe dell'energia per provocare la reazione, ma dato l'altissimo calore interno di Giove non è un problema.

Potremmo benissimo immaginare l'oceano gioviane popolato da cellule viventi, e forse da complicati animali multicellulari, che si tengono a un livello di temperatura confortevole, nuotando in su o in giù nelle correnti ascendenti e discendenti, o forse passando quando necessario da una corrente all'altra.

In tutto questo non ci sarebbe proprio niente di incredibile, e sarebbe anche vita-quale-noi-la-conosciamo, anche se naturalmente non potremo esserne sicuri finché non riusciremo a trovare il modo di esplorare l'oceano-Giove.

Anche se non abbiamo ancora esplorato nessun gigante esterno come

Giove (ma diverse sonde sono in viaggio per Saturno), non sembra esserci ragione di dubitare che ciò che può essere vero per Giove può esserlo per gli altri.

Insomma, nel sistema solare esterno sembrano esserci quattro mondi che potrebbero avere più ricchezza di vita della Terra.

Ma su questi pianeti esterni la vita sarebbe oceanica, perché corpi largamente composti di volatili con una predominanza di idrogeno devono essere puramente liquidi. In nessun modo potremmo aspettarci continenti e neppure isole.

Questo significa che è molto probabile che le eventuali forme di vita dei pianeti esterni siano fusiformi, per spostarsi velocemente in un elemento più viscoso dell'aria terrestre, e quindi che siano prive di organi in grado di manipolare" l'ambiente.

E se anche potessero farlo, potrebbero sviluppare l'uso di una forma opportuna di energia inanimata equivalente al nostro fuoco? (Su un pianeta come Giove non c'è ossigeno libero, non c'è idrogeno libero, e composti ricchi di ossigeno potrebbero bruciare in un'atmosfera d'idrogeno.)

In ogni caso è probabile che se i pianeti giganti hanno sviluppato una vita che si è evoluta fino all'intelligenza, si tratta dell'intelligenza del delfino piuttosto che dell'essere umano. Un'intelligenza che potrebbe portare a un miglior modo di vivere, ma non a elaborare una tecnologia basata su utensili sempre più elaborati e sofisticati, con cui la creatura intelligente possa manipolare direttamente l'ambiente in modo sempre più raffinato.

E questo vale anche per l'improbabile sviluppo della vita in un eventuale strato d'acqua sottostante alla crosta superficiale di Ganimede o Callisto.

In altre parole, su Giove e sugli altri pianeti giganti potrebbe esserci vita - vita intelligente anche - ma non sembra probabile che ci possa essere civiltà tecnologica come noi l'intendiamo.

V
Le stelle

Sotto-stelle

Esaminato abbastanza esaurientemente il sistema solare, e sebbene diversi mondi oltre la Terra possano ospitare la vita, e magari anche una vita intelligente, parrebbe piuttosto improbabile trovare realizzata questa possibilità. Ed è praticamente impossibile che nel sistema solare esista o

possa esistere una civiltà tecnologica oltre a quella terrestre.

Ma il sistema solare non è tutto l'universo. Guardiamo altrove.

Potremmo immaginare la vita in spazi aperti sotto forma di concentrazioni in campi energetici, o di nubi di polvere e gas animati, ma non c'è accenno di prova che una cosa del genere sia possibile. E finché non avremo questa prova (la mente scientifica non è ovviamente chiusa alla possibilità) dobbiamo dare per scontato che la vita possa essere trovata solo in associazione con mondi solidi a temperature minori di quelle stellari.

Gli unici mondi freddi e solidi che conosciamo sono i corpi, planetari e subplanetari, che girano attorno al nostro Sole, ma da questo non possiamo dedurre che tutti i corpi del genere nell'universo debbano essere associati a stelle.[18]

Possono esserci nubi di polvere e gas con massa molto inferiore a quella che diede origine al nostro sistema solare, nubi che possono essersi condensate in corpi molto più piccoli del Sole. Se fossero solo 1/50 o meno della sua massa avrebbero troppo poca massa per accendersi in fuoco nucleare. Le loro superfici rimarrebbero fredde e somiglierebbero nelle loro caratteristiche ai pianeti, se non che si muoverebbero nello spazio indipendentemente, senza girare attorno a una stella.

L'esperienza ci dice che il numero di ogni dato tipo di corpo astronomico aumenta col diminuire delle dimensioni. Ci sono più stelle piccole che grandi, più pianeti piccoli che grandi, più satelliti piccoli che grandi, e così via. Da questo potremmo arguire che queste sotto-stelle, troppo piccole per bruciare, siano molto più numerose delle loro simili abbastanza grandi da bruciare. Un astronomo di rilievo, l'americano Harlow Shapley (1885-1972), ha avanzato la probabilità della loro esistenza con molto vigore.

È ovvio che, non brillando, noi restiamo all'oscuro della loro esistenza, ma se esistono possiamo pensare che coprano un'intera gamma di dimensioni, da dimensioni da super-Giove a piccoli asteroidi. E possiamo anche supporre che le più grandi abbiano dei corpi molto più piccoli che girano loro attorno, proprio come ci sono corpi che girano attorno a Giove e agli altri pianeti giganti del nostro sistema solare.

La domanda è: potrebbe formarsi la vita su queste sottostelle?

Finora ho detto che le esigenze irriducibili della vita (quale-noi-la-

18 Il nostro Sole, è superfluo dirlo, è una stella, e sembra così diverso da tutte le altre solo perché è molto più vicino.

conosciamo) sono: primo, un liquido libero, preferibilmente acqua; secondo, composti organici. Dobbiamo aggiungere una terza esigenza, che di solito diamo per scontata: l'energia. L'energia è necessaria alla formazione dei composti organici delle piccole molecole iniziali, siano d'acqua, ammoniaca e metano.

Da dove ricaverebbero l'energia queste sotto-stelle?

Nella condensazione di una nube di polvere e gas in un corpo di una certa dimensione, il moto verso l'interno dei componenti della nube rappresenta energia cinetica ottenuta dal campo gravitazionale. Quando il moto cessa, con collisione e fusioni, l'energia cinetica si trasforma in calore. Il centro di ogni corpo di una certa grandezza è quindi caldo. Si calcola che la temperatura al centro della Terra sia di 5000 °C.

Più il corpo è grande, più intenso è il corpo gravitazionale che' l'ha formato, maggiore è l'energia cinetica, il calore, e più alta la temperatura interna. Si calcola che la temperatura al centro di Giove sia di 54 000 °C.

Si potrebbe pensare che questo calore interno sia un fenomeno temporaneo, e che i pianeti tendano lentamente ma inesorabilmente a raffreddarsi. Sarebbe così se non ci fosse una fonte interna d'energia che sostituisce il calore che si perde nello spazio.

Nel caso, ad esempio, della Terra, il calore interno trapela molto lentamente, grazie all'ottimo effetto isolante degli strati esterni di roccia. Contemporaneamente, questi strati esterni contengono piccole quantità di elementi radioattivi come l'uranio e il torio che, nella loro scissione radioattiva, liberano sufficienti quantità di calore da sostituire a quello che si perde. Il risultato è che la Terra non si raffredda percettibilmente, e, pur avendo come corpo solido 4 miliardi e 600 milioni di anni, il suo calore interno è ancora come prima.

Nel caso di Giove, sembra che nel suo centro avvengano delle reazioni nucleari, deboli scintille di tipo stellare, cosicché Giove irradia nello spazio tre volte più calore di quello che riceve dal Sole.

Questo calore interno di lunga durata sarebbe più che sufficiente a consentire la vita, se qualcosa di vivente potesse intercettarlo.

Ho detto prima che si potrebbe fantasticare di una vita interna al corpo di un pianeta, che si formi e regga sfruttando come fonti d'energia vicine sacche di calore. Ma non abbiamo nessuna prova che ci possa essere vita se non su, o vicino, la superficie, e finché non sarà dimostrato il contrario possiamo prendere in considerazione solo le superfici.

Supponiamo una sotto-stella non più massiccia della Terra, o un corpo

altrettanto compatto che giri intorno a una sotto-stella un po' più massiccia di Giove, ma che non emetta luce visibile.

È facile che un tale corpo simile alla Terra, libero nello spazio o ruotante attorno a una sotto-stella, sarebbe un mondo del tipo di Ganimede o Callisto. Avrebbe del calore interno ma, grazie all'effetto isolante degli strati esterni, ne trapelerebbe ben poco in superficie, non più del calore interno della Terra che riesce a sciogliere la neve delle regioni polari e a mitigare il rigore delle sue temperature.

Certo, sulla Terra ci sono perdite locali di notevole ampiezza, che producono sorgenti termali, geyser e anche vulcani. Potremmo benissimo immaginare lo stesso su sotto-stelle della dimensione della Terra. Inoltre, potrebbero avere altra energia creata da fulmini. Ma è discutibile che fonti d'energia così sporadiche possano adempiere alle richieste di formazione e mantenimento della vita. Inoltre, si può discutere se un mondo senza una grossa sorgente di luce da una stella vicina sia idoneo allo sviluppo dell'intelligenza, argomento che riprenderò più avanti.

Una sotto-stella della dimensione della Terra sarebbe composta di una percentuale di volatili molto maggiore di quella terrestre, perché non avrebbe vicina nessuna stella ardente capace di alzarle la temperatura dello spazio circostante, e renderle perciò impossibile raccogliere volatili. Quindi potremmo immaginare questo mondo - ancora una volta come Ganimede e Callisto - avvolto da un oceano, probabilmente d'acqua, mante-nuto liquido dal calore interno, ma coperto da una spessa crosta di ghiaccio.

Sotto-stelle più piccole della Terra avrebbero meno calore interno, ed è ancora più probabile che sarebbero ghiacciate, con sporadiche fonti di energia apprezzabile, con piccoli oceani interni o niente del tutto.

Se un corpo fosse tanto piccolo da attrarre poca o nessuna materia volatile anche alle basse temperature che si avrebbero in assenza di una stella vicina, sarebbe un corpo asteroide di roccia o metallo, o di entrambi.

E le sotto-stelle più grandi della Terra e che hanno quindi riserve di calore interno più grandi e più intense? Corpi del genere devono essere simili a Giove. Una grande sotto-stella sarà composta in larga misura di materia volatile, in particolare di idrogeno ed elio, con un elevato calore interno che la manterrà interamente liquida.

Il calore circola molto più liberamente attraverso i liquidi (per convezione) che attraverso i solidi (per lenta conduzione). Sulla o vicino alla superficie di queste grandi sotto-stelle possiamo aspettarci un'abbondanza di calore, che può restare tale per miliardi di anni. Ma ancora una volta il

massimo che una grande sotto-stella può far sperare è una vita intelligente del tipo del delfino, non una civiltà tecnologica. Insomma, la formazione delle sotto-stelle sembra piuttosto simile alla formazione dei corpi del sistema solare esterno, e non possiamo aspettarci più dalle prime che dai secondi.

Per una civiltà tecnologica abbiamo bisogno di un pianeta solido con oceani e terra asciutta, affinché la vita possa svilupparsi nei primi per trasferirsi nella seconda. Per formare un mondo del genere bisogna che una stella vicina fornisca il calore che respinga la maggior parte della materia volatile, ma non tutta. La stessa stella fornirebbe anche l'energia necessaria a formare e preservare una vita numerosa e stabile.

Quindi dobbiamo concentrare la nostra attenzione sulle stelle. Quelle almeno che possiamo vedere. Di queste sappiamo che esistono. E non siamo costretti a limitarci a osservare che è probabile, come nel caso delle sotto-stelle.

La Via lattea

Se ci mettiamo a guardare le stelle come a fonti di energia nelle cui vicinanze potremmo trovare vita, forse intelligenza, forse anche civiltà tecnologiche, la prima impressione è incoraggiante, perché sono una quantità impressionante. Se non troveremo la vita attorno a una, possiamo trovarla attorno a un'altra.

Anche ai primi, meno sofisticati osservatori del cielo, le stelle diedero probabilmente l'impressione di essere infinite. Perciò, quando secondo il racconto biblico il Signore volle assicurare al patriarca Abramo che, malgrado non avesse figli, la sua discendenza sarebbe stata grande, glielo disse con queste parole:

«Poi (il Signore) lo (Abramo) condusse fuori e gli disse: "Guarda il cielo e conta le stelle, se ti riesce di contarle!" e soggiunse: "Così sarà la tua progenie!"» (Genesi 15,5).

Ma se Dio intese promettere ad Abramo che avrebbe avuto tanti discendenti quante stelle riusciva a scorgere in cielo, non promise poi tanto quanto si potrebbe pensare.

Successive generazioni di astronomi, meno impressionati dall'infinità delle stelle, le contarono. Le stelle visibili a occhio nudo - ammessa un'ottima vista - risultarono essere circa 6000.

Naturalmente c'è sempre una metà delle stelle sotto l'orizzonte, e altre

che, pur essendo al di sopra, gli sono così vicine che la loro luce viene assorbita dall'eccezionale densità dell'aria, anche se limpida. Quindi, in una notte senza nubi e senza Luna, lontano da ogni luce umana, anche una persona con una vista eccellente non può vedere più di 2000 stelle circa alla volta.

Quando i filosofi davano per certo che tutti i mondi fossero abitati e le affermazioni di questo tenore erano generali, non è chiaro se qualche filosofo capisse veramente la natura delle stelle.

La prima posizione moderna chiaramente espressa fu forse quella di Niccolo da Cusa (1401-1464), cardinale, che aveva idee particolarmente sconvolgenti per il suo tempo. Pensava che lo spazio fosse infinito e che l'universo non avesse un centro. E che tutte le cose si muovessero, compresa la Terra. Pensava anche che le stelle fossero Soli lontani, accompagnati da pianeti, e che questi fossero abitati.

Interessante; ma noi del mondo contemporaneo siamo meno ottimisti sull'abitabilità, e non possiamo accettare così tranquillamente l'idea della vita ovunque. Sappiamo che ci sono mondi morti; e altri che, anche se forse non lo sono, probabilmente possono avere soltanto forme di vita meramente batteriche. Perché attorno a delle stelle non potrebbero girare solo mondi morti? O nessun mondo del tutto?

Se risultasse che l'abitabilità è associata solo a una piccola percentuale delle stelle - come la vita sembra associata solo a una piccola percentuale dei mondi del sistema solare -, sarebbe importante determinare se ci sono altre stelle oltre a quelle che possiamo vedere, e se sì, quante. Maggiore è il numero delle stelle, più ci saranno possibilità che nello spazio esistano numerose forme di vita, anche se per ogni singola stella sono molto scarse.

È naturale supporre che esistono solamente le stelle che si vedono. Ma certe sono così fioche che ottimi occhi riescono appena a scorgerle. Non è naturale pensare che ce ne siano di ancora più deboli, di invisibili anche agli occhi migliori?

Sembra che questo sia venuto in mente a ben poche persone. Forse per la sottaciuta idea che Dio non avrebbe creato cose troppo fioche per essere viste: a cosa sarebbero potute servire? L'idea che tutto nel cielo fosse lì solo per gli esseri umani (la base dell'astrologia) si opponeva all'ipotesi di corpi invisibili.

Il matematico inglese Thomas Digges (1543-1595) abbracciò posizioni simili a quelle di Niccolo da Cusa e, nel 1575, affermò non solo l'infinità dello spazio, ma l'infinità delle stelle, sparse in eguai misura per tutto lo

spazio. Il filosofo italiano Giordano Bruno (1548-1600) sostenne le stesse idee, e in modo così polemico e poco diplomatico che la Chiesa lo spedì sul rogo per eresia.

Ma nel 1609, grazie a Galileo e al suo telescopio, le dispute ebbero termine. Appena Galileo girò il suo strumento verso il cielo, s'accorse di vedere più stelle che a occhi nudi. Ovunque guardasse vedeva stelle impossibili da vedere altrimenti.

Senza telescopio, nel piccolissimo gruppo delle Pleiadi si scorgevano sei stelle. C'erano leggende di una settima stella oscurata e divenuta invisibile. Galileo non solo la vide appena messi gli occhi al telescopio, ma ne vide altre trenta in più.

E quando guardò la Via lattea successe qualcosa di ancora più importante.

La Via lattea è una nebbia confusa e luminosa che sembra formare una cintura attorno al cielo. In alcuni miti antichi fu dipinta come un ponte tra il Cielo e la Terra. I greci la raffigurarono come uno spruzzo di latte del seno divino della dea Era. Una visione più materialistica, antecedente all'invenzione del telescopio, la considerò una cintura di materia stellare informe.

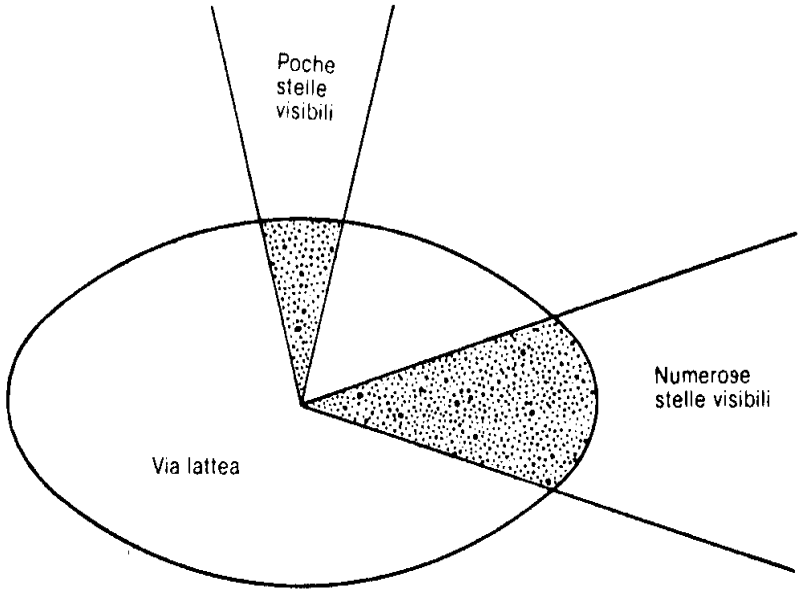
Ma quando Galileo guardò la Via lattea scoprì che era formata da miriadi di stelle molto deboli. Per la prima volta nella coscienza degli esseri umani entrò un'idea veridica di quanto le stelle fossero numerose. Se Dio avesse dato ad Abramo una vista telescopica, la sua promessa di progenie sarebbe stata davvero formidabile.

La vera realtà della Via lattea contraddiceva la visione di Digges di un numero infinito di stelle diffuse omogeneamente nello spazio infinito. Se le cose fossero state così, il telescopio avrebbe dovuto rivelare un numero più o meno uguale di stelle in qualunque direzione venisse puntato. Risultò invece evidente che le stelle non erano sparse in eguai misura in tutte le direzioni, ma formavano un insieme con una forma definita. Il primo a sostenerlo fu lo scienziato britannico Thomas Wright (1711-1786). Nel 1750 avanzò l'idea che il sistema stellare potesse essere paragonato per forma a una moneta, col sistema solare vicino al centro. Guardando verso l'esterno da entrambi i lati, vedremmo relativamente poche stelle prima di raggiungere l'orlo della moneta oltre il quale non ce ne sarebbe nessuna. Guardando invece lungo l'asse, in qualunque direzione, il filo sarebbe così lontano che numerosissime stelle distantissime si confonderebbero insieme in una lattea indistinzione.

La Via lattea derivava quindi dal fatto di seguire con la vista l'asse del sistema stellare. In tutte le altre direzioni il confine del sistema era relativamente vicino.

Potremmo chiamare Via lattea tutto il sistema stellare, ma di solito si preferisce riprendere la definizione greca di «galaxias kyklos» (cerchio latteo), e chiamare il sistema stellare «galassia».

Sistema stellare a forma di moneta



La Galassia

La forma della Galassia potrebbe essere determinata con maggior precisione se si potessero contare le stelle visibili in diverse parti del cielo, perché allora si potrebbe calcolarne la forma risultante dai numeri. A questo compito si accinse nel 1784 William Herschel.

Contare tutte le stelle in tutto il cielo era, naturalmente, una impresa impossibile; Herschel capì che la cosa migliore sarebbe stata fare una campionatura. Scelse 683 zone, ben disseminate per il cielo, e contò le stelle visibili al telescopio in ognuna. Scoprì che il numero di stelle per area aumentava regolarmente avvicinandosi alla Via lattea, era massimo sul piano della Via lattea e minimo nelle direzioni ad angolo retto rispetto a questo piano.

Dal numero di stelle che poteva vedere nelle varie direzioni, Herschel

si sentì autorizzato a una stima approssimativa del numero totale di stelle della Galassia. Stabilì che erano 300 milioni, cinquantamila volte di più di quelle visibili a occhio nudo. E la lunghezza della Galassia era cinque volte la sua larghezza.

Ipotizzò che il diametro in lungo della Galassia fosse 800 volte la distanza tra il Sole e la stella più lucente, Sirio. All'epoca non si sapeva che distanza fosse; oggi sappiamo che sono 8,63 anni luce; dove l'anno luce è la distanza che la luce copre in un anno.[19]

Per Herschel, quindi, la Galassia aveva la forma di una macina, lunga 7000 anni luce e larga circa 1300. E poiché la Via lattea sembrava brillare più o meno nella stessa misura in tutte le direzioni, si dedusse che il Sole fosse vicino al centro o proprio al centro.

Più di un secolo dopo, l'astronomo olandese Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922) ritentò l'impresa. La tecnica della fotografia gliela facilitava un po'. Giunse anche lui alla conclusione che la Galassia fosse a forma di macina col Sole vicino al centro. Ma la sua valutazione della dimensione era superiore a quella di Herschel.

Nel 1906 calcolò la lunghezza della Galassia in 23 000 anni luce, e la larghezza in 6 000. Nel 1920 le aveva portate rispettivamente a 55000 e 11000. Alla fine il volume della Galassia risultò essere 520 volte quello calcolato da Herschel.

Proprio mentre Kapteyn portava a termine il suo rilievo della Galassia, una visione completamente nuova s'impose al pensiero astronomico.

Era stato rilevato che la Via lattea era piena di nubi di polvere e gas, (come quella che diede origine al nostro sistema solare, e forse ad altri) e che queste nubi impedivano la vista. Per questo potevamo vedere solo i nostri dintorni, di cui eravamo al centro. Ma oltre le nubi potevano benissimo esserci vaste regioni di stelle che noi non potevamo vedere.

Infatti, con lo sviluppo di nuovi metodi per il calcolo della distanza degli ammassi stellari lontani, risultò che il Sole non era vicino o al centro della Galassia, ma si trovava nella periferia più lontana. Fu Harlow Shapley a dimostrare per primo, nel 1918, che il centro della Galassia era ben lontano in direzione della costellazione del Sagittario, dove infatti la Via lattea è particolarmente densa e luminosa. Il centro vero e proprio, come le regioni dall'altro lato del centro, era nascosto da nubi di polvere.

19 Poiché la luce viaggia alla velocità di 299 792 chilometri al secondo, un anno-luce corrisponde a 9460 miliardi di chilometri. La distanza di Sirio è quindi 82 000 miliardi di chilometri. È più semplice usare gli anni luce.

Negli anni Venti le ipotesi di Shapley vennero verificate e nel 1930, grazie all'astronomo svizzero-americano Robert Julius Trumpler (1886 1956), furono finalmente calcolate le dimensioni della Galassia.

La Galassia è più a forma di lente che di mola. Raggiunge cioè il massimo spessore al centro e si assottiglia verso il margine. È larga 100 000 anni luce e il Sole dista dal suo centro 27 000 anni luce circa, è cioè più o meno a metà strada tra il centro e l'estremità.

Lo spessore della Galassia è di circa 16 000 anni luce al centro e di 3000 anni luce dove si trova il Sole. Il Sole è situato a metà strada circa tra il margine superiore e quello inferiore, e per questo la Via lattea sembra tagliare il cielo in due metà uguali.

Il volume della Galassia, come la conosciamo ora, è quattro volte superiore alla stima più alta di Kapteyn.

In un certo senso la Galassia è simile a un enorme sistema solare. Al centro, a fare la parte del Sole, c'è un «nucleo galattico» sferico con un diametro di 16 000 anni luce. Rappresenta solo una piccola parte del volume totale della Galassia, ma contiene la maggior parte delle stelle. Attorno ad esso orbita una gran numero di stelle, come pianeti attorno al Sole.

L'astronomo olandese Jan Henrik Oort (1900) riuscì a dimostrare, nel 1925, che il Sole si muoveva in un'orbita più o meno circolare attorno al nucleo galattico a una velocità di 250 chilometri circa al secondo, 8,4 volte circa la velocità della Terra attorno al Sole. Il Sole e l'intero sistema solare compiono un giro completo attorno al nucleo galattico in 200 milioni di anni; dalla sua origine il Sole dovrebbe aver ruotato attorno al suo nucleo galattico 25 volte circa.

Dalla velocità del Sole attorno a questo nucleo si può calcolare l'attrazione gravitazionale cui è sottoposto. Da questa e dalla distanza del Sole dal centro galattico si può calcolare la massa del nucleo e, approssimativamente, dell'intera Galassia.

La massa della Galassia è certamente più di 100 miliardi di volte quella del Sole, e secondo alcune stime arriva addirittura a 200 miliardi di volte quella del Sole.

Facciamo una via di mezzo arbitraria tra i due estremi, tanto per poter disporre di un numero (sempre disposti a cambiarlo a nuova e miglior prova); diciamo che la massa della Galassia sia eguale a 160 miliardi di masse solari.

La massa della Galassia è distribuita su tre classi di oggetti: 1, le stelle; 2, i corpi planetari non luminosi; 3, le nubi di polvere e gas.

Anche se i corpi planetari non luminosi sono facilmente molto più numerosi delle stelle, sono così minuscoli al loro confronto che la massa planetaria totale dev'essere relativamente scarsa. Così, sebbene le nubi di polvere e gas occupino volumi enormi, sono talmente rarefatte che la massa totale delle nubi dev'essere relativamente piccola.

Quindi, quasi tutta la massa della Galassia è sotto forma di stelle. Nel nostro sistema solare ad esempio, che pure contiene solo un Sole e innumerevoli pianeti, satelliti, asteroidi, comete, meteoriti e particelle di polvere che gli girano attorno, il Sole ha da solo circa il 99,86 percento di tutta la massa del sistema.

Può darsi che le stelle della Galassia non arrivino a tanto, ma il 94 percento della massa dovrebbe essere loro. In tal caso questa massa corrisponde a 150 miliardi di masse solari.

Da questa massa possiamo arrivare al *numero*?

Bisogna vedere quanto la massa del Sole è rappresentativa di quella delle stelle in generale.

Rispetto alla Terra, o anche a Giove, il Sole è enorme. Il suo diametro è di 1 392 000 chilometri, 110 volte il diametro della Terra. La sua massa 2000 miliardi di miliardi di miliardi di chilogrammi, 324 000 volte la massa della Terra. Eppure, come stella non è un granché.

Ci sono stelle con una massa di 70 masse solari, e che brillano un milione di volte più del Sole. Altre con una massa solo un ventesimo di quella solare (e quindi solo 50 volte quella di Giove) e con una brillantezza di appena un miliardesimo di quella del Sole.

Per dirla in parole povere, il Sole è una stella media, più o meno egualmente distante dai due estremi, cioè dalle stelle giganti e splendenti e da quelle nane e fioche.

Se le stelle fossero distribuite omogeneamente lungo la scala delle grandezze, e il Sole fosse davvero in mezzo, dovremmo concludere che la Galassia conta 150 miliardi di stelle.

Ma le stelle minori sono più numerose di quelle maggiori, quindi la stella media dovrebbe avere una massa circa come quella del Sole.

Allora, se la massa totale delle stelle della Galassia è di 150 miliardi di masse solari, e la massa della stella media è di 0,5 masse solari, ne consegue che nella Galassia ci sono 300 miliardi di stelle, il che significa che per ogni stella visibile in cielo, nella Galassia, ce ne sono 50 milioni di altre, della Galassia, invisibili a occhio nudo.

Le altre Galassie

È tutto? Nell'universo ci sono 300 miliardi di stelle e basta? In altre parole, oltre la Galassia non c'è niente? Prendiamo due macchie luminose nel cielo, due macchie che sembrano regioni isolate della Via lattea, così a sud nel cielo da essere invisibili a chi guarda dalla zona nord temperata. Vennero descritte per la prima volta nel 1521 dal cronista che accompagnò Magellano nel suo viaggio di circumnavigazione del globo, e furono chiamate Grande nube di Magellano e Piccola nube di Magellano.

Per studiarle in modo dettagliato si dovette aspettare il 1834, quando John Herschel le guardò dall'osservatorio astronomico del Capo di Buona Speranza (la spedizione che diede spunto alla Beffa della Luna.) Risultò che, come la Via lattea, le nubi di Magellano erano agglomerati di un gran numero di stelle molto deboli, deboli a causa della distanza.

Nel primo decennio del XX secolo l'astronoma americana Henrietta Swan Leavitt (1868-1921) studiò certe stelle variabili della Nube di Magellano. Col 1912 divenne possibile, per mezzo di queste stelle variabili (chiamate «cefeidi variabili» perché la prima ad essere scoperta apparteneva alla costellazione Cefeo) misurare grandi distanze che non potevano essere valutate altrimenti.

La Grande nube di Magellano risultò lontana 170 000 anni luce, e la Piccola 200 000. Entrambe si trovano molto oltre i confini della Galassia. Ognuna, anzi, è una Galassia per proprio conto.

Non sono grandi, però. La Grande nube di Magellano comprende forse 10 miliardi di stelle, e la Piccola più o meno 2 miliardi. La nostra Galassia - che possiamo chiamare Galassia Via lattea se vogliamo distinguerla dalle altre - è 25 volte più grande delle Nubi di Magellano messe insieme. Potremmo considerare queste Galassie come satelliti della Galassia Via lattea.

E con questo, è tutto?

Una debole e confusa macchia nuvolosa della costellazione Andromeda, una macchia di luce fioca detta Nebulosa di Andromeda suscitò qualche sospetto. Anche i migliori telescopi non riuscivano a rilevarla come agglomerato di stelle deboli. La conclusione naturale era quindi che si trattasse di una nube di polvere e gas splendente.

Tali nubi erano già note, ma non brillavano per conto proprio, bensì perché c'erano delle stelle tra loro. Nella nebulosa di Andromeda, però, non si riuscivano a vedere stelle. Inoltre, quando si analizzò la luce di altre

nubi luminose risultò che era completamente diversa da quella stellare, mentre la luce della Nebulosa di Andromeda sembrava proprio stellare.

C'era un'altra possibilità, che la Nebulosa di Andromeda fosse un agglomerato di stelle, ma più lontano delle Nubi di Magellano, tanto da rendere impossibile distinguere le singole stelle.

Quando Thomas Wright, nel 1750, aveva avanzato per la prima volta l'idea che le stelle visibili fossero agglomerate in un disco piatto, aveva suggerito anche che potevano esserci altri analoghi dischi piatti di stelle molto lontani dal nostro. L'idea fu ripresa nel 1755 dal filosofo tedesco Immanuel Kant (1724-1804). Kant parlò di «universi isolari».

Ma l'idea non ebbe successo. Quando Laplace elaborò la sua visione del sistema solare formatosi da una nube vorticosa di polvere e gas, citò la Nebulosa di Andromeda come esempio di una nube che ruotava lentamente contraendosi per formare un Sole e i suoi pianeti. Ecco perché la teoria fu chiamata «ipotesi nebulare».

All'inizio del XX secolo, tuttavia, la vecchia teoria di Wright e Kant riacquistò autorità. Di quando in quando nella Nebulosa di Andromeda apparivano delle stelle, stelle chiaramente «novae», che cioè si illuminavano all'improvviso di diverse magnitudini per tornare poi ad oscurarsi di nuovo. Era come se in quella Nebulosa ci fossero stelle troppo fioche, a causa della distanza, per essere sempre visibili, ma che, brillando brevemente con esplosiva violenza, diventavano abbastanza luminose da rivelarsi.

Simili «novae» apparivano di tanto in tanto anche tra le stelle della nostra Galassia, e confrontando la loro luminosità apparente con quella delle debolissime «novae» della Nebulosa di Andromeda, si poteva approssimativamente calcolarne la distanza.

Nel 1917 la questione fu risolta. Un nuovo telescopio con uno specchio da cento pollici fu installato sul monte Wilson, appena a nordest di Pasadena, in California. Era il telescopio più grande e il migliore che ci fosse mai stato. Grazie a esso l'astronomo americano Edwin Powell Hubble (1889-1953), riuscì finalmente a distinguere i contorni della Nebulosa di Andromeda: si trattava di masse di stelle molto deboli.

Da allora fu chiamata la «Galassia di Andromeda».

Dai migliori metodi moderni di determinazione della distanza, la Galassia di Andromeda risulta lontana 2 200 000 anni luce, undici volte più delle Nubi di Magellano. Non c'è da meravigliarsi che fosse difficile rilevarne le singole stelle.

Ma la Galassia di Andromeda non è piccola. Sembra due volte più grande della Galassia Via lattea, e potrebbe contare fino a 600 miliardi di stelle.

La Galassia Via lattea, la Galassia di Andromeda e le due Nubi di Magellano sono legate assieme dalla gravitazione. Fanno parte di un «ammasso galattico» detto «Ammasso locale», ma non da sole. I suoi membri sono in tutto una ventina. Uno di essi, Maffei I, è lontano circa 3 200 000 anni luce, e grande più o meno come la Via lattea. Gli altri sono tutti piccole Galassie; un paio di esse con meno di un milione di stelle a testa.

Nell'Ammasso locale ci potrebbero essere in tutto 1500 miliardi di stelle; e non è finita.

Oltre all'Ammasso locale, ci sono altre Galassie, alcune singole, altre in piccoli gruppi, altre a migliaia in giganteschi ammassi. I moderni telescopi rivelano fino a un miliardo di Galassie, sparse su distanze di un miliardo di anni luce.

E ancora non è tutto. È ragionevole pensare che con strumenti adeguati potremmo guardare fino a 12 miliardi di anni luce, prima di raggiungere il limite assoluto oltre il quale l'osservazione è impossibile. Potrebbero esserci un centinaio di miliardi di Galassie nell'universo osservabile.

Come il Sole è una stella di media grandezza, così la Via lattea è una Galassia di media grandezza. Ci sono Galassie con masse cento volte superiori a quella della Via lattea, e Galassie minuscole con masse che sono appena un centomillesimo di quella della Via lattea.

Anche qui le piccole sono molto più numerose delle grandi; possiamo approssimativamente calcolare il numero medio di stelle di una Galassia intorno ai dieci miliardi; quindi la Galassia media ha la dimensione della Grande nube di Magellano. Il che vorrebbe dire che nell'universo osservabile ci sono fino *a* mille miliardi di miliardi di stelle.

Questa considerazione da sola rende pressoché certa l'esistenza di una intelligenza extraterrestre. Dopotutto l'esistenza dell'intelligenza non è una probabilità zero: *noi* esistiamo. E se è soltanto una probabilità quasi zero, applicata a mille miliardi di miliardi di stelle significa che da qualche parte intelligenza e anche civiltà tecnologica dovrebbero esistere.

Se per esempio ci fosse solo una probabilità su un miliardo che nei pressi di una data stella ci sia una civiltà tecnologica, nell'intero universo dovrebbero esserci mille miliardi di civiltà tecnologiche diverse.

Ma proseguiamo, e vediamo se ci riesce di mettere delle cifre in calce

alle stime, almeno le più reali possibili.

Concentriamoci sulla nostra Galassia. Se nell'universo ci sono civiltà extraterrestri, è chiaro che le più interessanti per noi sono quelle della nostra Galassia, le più vicine. E qualunque cifra di qualche interesse in relazione alla nostra Galassia può sempre facilmente essere convertita in cifra interessante per le altre. .

Prendiamo una cifra della nostra Galassia e dividiamola per 30: avremo la cifra corrispondente della Galassia media. Moltiplichiamola per 3,3 miliardi e avremo la cifra corrispondente dell'intero universo.

Partiamo da una cifra che abbiamo già incontrato:

1 *Numero di stelle della nostra Galassia: 300 miliardi.*

VI
Sistemi planetari

L'ipotesi nebulare

L'esistenza delle sole stelle - pur in grandissimo numero - non garantisce che esistano delle civiltà, e neppure la vita, se esistono *solo* le stelle. Loro forniscono l'energia necessaria, ma la vita deve svilupparsi a una temperatura compatibile con l'esistenza dei composti organici complessi che costituiscono la sua base chimica.

Questo significa che vicino alla stella ci dev'essere un pianeta scaldato e fornito d'energia dalla stella, e in cui si possa concepire l'esistenza della vita.

Quindi non dobbiamo prendere in considerazione le stelle, ma i sistemi planetari - e il nostro sistema solare è l'unico esempio di sistema planetario che conosciamo fino in fondo e in dettaglio.

Purtroppo non possiamo osservare i dintorni di nessuna stella oltre il nostro Sole con sufficiente precisione da riuscire a individuare in modo diretto la presenza di pianeti che le girino attorno.[20]

Dobbiamo dichiararci battuti in partenza, concludere che è difficile stabilire qualcosa di più sull'esistenza dell'intelligenza extraterrestre?

Non necessariamente. Se riusciamo a determinare come s'è formato il nostro sistema solare, potremmo avanzare delle ipotesi sulla formazione di altri sistemi planetari.

20 Di questa presenza abbiamo prove indirette e vaghe. Ne parleremo più avanti in questo capitolo.

La prima teoria sulla formazione del sistema solare che molti astronomi trovarono avvincente fu l'ipotesi nebulare di Laplace. (A dire il vero, qualcosa di simile era stato avanzato da Kant già nel 1755, mezzo secolo prima di Laplace.)

Se il Sole si è formato dalla condensazione di una nube di polvere e gas in rotazione (e si possono vedere molte nubi del genere sia nella nostra Galassia sia in altre), si è portati facilmente a supporre che altre stelle si siano formate nello stesso modo.

La fase di condensazione del nostro Sole potrebbe essere rappresentata come caratterizzata da una rotazione sempre più veloce e dalla perdita di anelli di materia dalla regione equatoriale del globo, un anello dopo l'altro, con conseguente formazione dei pianeti; altre stelle potrebbero aver avuto il medesimo processo formativo.

In questo caso ogni stella avrebbe un sistema planetario.

Ma non possiamo abbracciare questa teoria della formazione planetaria sulla base dell'ipotesi nebulare prima di provarla con un esame più ravvicinato: un esame cui non regge.

Nel 1857 Maxwell - che in seguito avrebbe elaborato la teoria cinetica dei gas - iniziò a studiare la composizione degli anelli di Saturno. Dimostrò che se gli anelli fossero stati strutture solide - come sembrava al telescopio - la forza di gravità di Saturno li avrebbe sgretolati. Sembrava quindi che dovessero essere un'estesa aggregazione di particelle relativamente piccole, così piccole da apparire solide a grande distanza.

L'analisi matematica di Maxwell risultò applicabile all'anello di polvere e gas che si supponeva fosse stato liberato con violenza dalla nebulosa in contrazione nel suo condensarsi in Sole. Ma se la matematica di Maxwell era giusta, diventava difficile capire come un anello del genere si fosse condensato in un pianeta. Al massimo avrebbe formato una cintura di asteroidi.

Un'obiezione ancora più seria sorse considerando il momento angolare, che è la misura della quantità di moto di un corpo isolato o di un sistema di corpi. Il momento angolare dipende da due elementi, la velocità di ogni particella di materia nella sua rotazione su un'asse o rivoluzione attorno a qualche corpo distante, o entrambe, e la distanza di ogni particella di materia dal centro in rotazione. Il momento angolare totale di un corpo isolato non può variare in quantità, qualsiasi mutamento avvenga nel sistema. È la cosiddetta «legge di conservazione del momento angolare». Per questa legge la velocità di rotazione deve aumentare per compensare ogni diminu-

zione della distanza, e viceversa.

Prendiamo un pattinatore, che cominci a girare con le braccia distese e poi le contragga. A questa, per così dire, condensazione del corpo, corrisponde un aumento della velocità con cui gira, mentre diminuisce appena le braccia vengono di nuovo allargate.

Quando la nebulosa in rotazione espelle un anello di materia, non può trattarsi che di una minima porzione dell'intera nebulosa. (Infatti l'anello si condensa in un pianeta molto più piccolo del Sole.) Ogni particella di materia dell'anello contiene più momento angolare di un'analoga particella di materia del corpo principale della nebulosa, perché l'anello viene dalla cintura equatoriale, dove sia la velocità di rotazione sia la distanza dall'asse di rotazione sono massime. Eppure, il momento angolare *totale* dell'anello dev'essere solo una minima frazione del momento angolare totale della grande nebulosa rimanente.

Ci si aspetterebbe quindi che il Sole conservasse tuttora, anche dopo aver espulso la materia necessaria per formare tutti i pianeti, gran parte del momento angolare della nebulosa originale. La sua velocità di rotazione dovrebbe essersi tanto accelerata nella contrazione che oggi dovrebbe ruotare sul suo asse vorticosamente.

Invece non è così. A un punto sull'equatore del Sole non occorrono meno di 26 giorni per compiere un giro completo sull'asse solare. E i punti a nord e a sud dell'equatore ci mettono anche di più. Questo significa che il Sole ha una quantità straordinariamente piccola di momento angolare.

Il Sole, infatti, che ha il 99,8 percento di tutta la massa del sistema solare, possiede solo il 2 percento del momento angolare del sistema. Il restante 98 percento appartiene ai vari piccoli corpi che ruotano sui loro assi e gli girano attorno.

Il 60 per cento e più di tutto il momento angolare del sistema solare è di Giove, e un altro 25 per cento di Saturno. I due pianeti messi insieme, con appena 1/800 della massa del Sole, hanno 40 volte il suo momento angolare.

Se tutti i mondi in rotazione e rivoluzione del sistema solare si muovessero in qualche modo a spirale dentro il Sole e gli aggiungessero il loro momento angolare - come dovrebbero secondo la legge di conservazione citata - il Sole ruoterebbe sul suo asse in mezza giornata.

Sembrava inspiegabile come una tale quantità di momento angolare potesse essersi concentrata nei minuscoli anelli espulsi dalla regione equatoriale della nebulosa in rotazione. Quando questa faccenda del mo-

mento angolare fu messa sul tappeto, negli ultimi decenni del XIX secolo, l'ipotesi nebulare sembrò aver ricevuto un colpo mortale.

Collisioni stellari

Alla ricerca di qualche spiegazione dell'origine del sistema solare che tenesse conto della peculiare distribuzione del momento angolare, gli astronomi voltarono le spalle alle teorie evoluzioni-ste della formazione planetaria, quelle cioè che postulavano mutamenti lenti ma inesorabili. Si dedicarono invece alle teorie catastrofiche, secondo le quali i pianeti sono stati formati da un mutamento improvviso, momento inaspettato e inevitabile dello sviluppo.

In queste teorie la nebulosa originaria in rotazione si condensa in modo omogeneo nel Sole senza formare pianeti. Ma rotando per lo spazio in solitario splendore, il Sole incontra una catastrofe che forma i pianeti e trasferisce ad essi il momento angolare.

La prima teoria catastrofica fu avanzata in verità nel 1745, dieci anni prima che Kant proponesse la prima versione dell'ipotesi nebulare.[21] Suo autore fu il naturalista francese Georges Louis Ledere de Buffon (1707-1788).

Buffon affermò che i pianeti, Terra inclusa, erano nati circa 75 000 anni prima da una collisione tra il Sole e un altro grande corpo che definì una «cometa». (Allora la natura delle comete era ancora ignota, ma si sapeva che arrivavano particolarmente vicine al Sole.) Secondo Buffon la vita era quindi iniziata 35 000 anni dopo la formazione della Terra. Il che contrastava con la credenza generale che Dio avesse creato sia la Terra che la vita meno di 6000 anni prima.

L'ipotesi di Buffon, che difettava di approfondimento, passò in secondo piano in seguito al successo dell'ipotesi nebulare. Ma col 1880, quando questa venne messa in forse dal momento angolare, la teoria catastrofica tornò d'attualità.

L'astronomo inglese Alexander William Bickerton (1842-1929) ipotizzò che il Sole e un'altra stella fossero passati vicini l'uno all'altra. L'influenza gravitazionale di un corpo sull'altro avrebbe sottratto all'uno e al-

21 Nessuna spiegazione naturalistica della formazione del sistema solare avrebbe potuto precedere questa di molto. La forza della fede nel creazionismo, cioè nella formazione dell'universo com'è descritta nella Genesi 1, era fino d'allora tale che ogni deviazione avrebbe messo il coraggioso in seri guai.

l'altro un fiotto di materia. E, alla separazione delle stelle, lo avrebbe tirato di lato, dandogli una gran quantità di momento angolare a spese dei corpi principali. I pianeti si sarebbero formati dalla materia sottratta dalla quasi collisione. Due stelle solitarie rischiano di scontrarsi; ne emergono due stelle più un sistema planetaria: un'immagine drammatica.

Nel 1880 i telescopi avevano rivelato un certo numero di Galassie, molte delle quali avevano un nucleo incandescente, e delle strutture spiraliformi. Il primo a notarlo fu, nel 1845, l'astronomo irlandese William Parsons, conte di Rosse (1800-1867).

All'epoca non si era ancora capito che queste «nebulose a spirale» erano vasti e distanti ammassi di stelle, e che la nostra Galassia ne era un esempio. Si pensava che fossero piccole formazioni interne alla nostra Galassia, e Bickerton ipotizzò che potessero rappresentare sistemi planetari in formazione, che le braccia a spirale rappresentassero i fiotti di materia sottratta dal Sole centrale e sottoposta a una forte curvatura che aveva dato inizio alle loro rivoluzioni.

La teoria catastrofica della formazione planetaria ebbe un notevole seguito tra gli astronomi nei cinquant'anni seguenti. L'inglese James Hopwood Jeans (1877-1946) ipotizzò che il fiotto di materia sottratto dal Sole avesse la forma di un sigaro, e che Giove e Saturno si fossero formati dalla parte più grossa del fiotto, e che per questo erano così grandi. Jeans era un superbo scrittore di divulgazione scientifica e questa sua teoria della formazione del sistema solare riuscì ad impressionare il pubblico più di qualunque altra.

Un'analisi ravvicinata della teoria catastrofica rivelò dei problemi. I fiotti di materia, uscendo dal Sole, avrebbero potuto allontanarsi tanto da generare i pianeti esterni? L'influenza gravitazionale dell'altra stella avrebbe potuto trasferire ai pianeti abbastanza momento angolare?

La conseguenza fu che un astronomo dopo l'altro cercarono di modificare la teoria per renderla più plausibile. Alcuni ipotizzarono un passaggio radente, quasi una collisione, anziché un semplice passaggio ravvicinato. L'astronomo americano Henry Morris Russell (1877-1947) ipotizzò che il Sole avesse fatto parte di un sistema bistellare, e che i pianeti fossero nati dall'altra stella, e quindi avrebbero il momento angolare di quella.

Malgrado i problemi sollevati, le teorie catastrofiche regnarono sovrane per tutti gli anni Trenta, con importanti implicazioni sulla tesi dell'intelligenza extraterrestre.

Se l'ipotesi nebulare, o qualunque altra teoria evoluzionista del sistema

solare fosse giusta, la formazione dei pianeti sarebbe una fase del normale sviluppo di una stella, e quindi ci sarebbero tanti sistemi planetari quante stelle. In questo caso le possibilità che esista un'intelligenza extraterrestre sarebbero altissime.

Invece le teorie catastrofiche facevano della formazione dei pianeti un fatto accidentale e non inevitabile. La facevano dipendere da una sorta di rapimento cosmico, dal fortuito incontro di due stelle.

E le stelle sono così lontane l'una dall'altra, e si muovono così lentamente in rapporto alle distanze che le separano, che le possibilità di una collisione o di un avvicinamento del genere sono davvero minime. Una stella simile al Sole ha solo una possibilità su cinque miliardi di capitare vicino a un'altra stella in tutta la durata della sua vita. In tutta la vita della Galassia potrebbero esserci stati 15 incontri del genere fuori del nucleo galattico.

Se la teoria catastrofica dovesse corrispondere in una sua qualunque versione alla realtà, ci sarebbero pochissimi sistemi planetari nella Galassia, e la possibilità che qualcuno di essi - a parte il nostro, naturalmente - ospitasse una civiltà, sarebbe men che minima.

Ma, fortunatamente per le possibilità dell'intelligenza extraterrestre, le teorie catastrofiche si rivelarono, un decennio dopo l'altro, sempre meno fondate.

Nonostante tutte le varianti introdotte, restava molto problematico il pas-saggio ai pianeti di un sufficiente momento angolare. Ogni meccanismo che poteva permettere questo passaggio avrebbe anche impresso ai pianeti una velocità sufficiente a farli evadere dal sistema solare.

Negli anni Venti l'astronomo inglese Arthur Stanley Eddington (1882-1944) calcolò la temperatura interna del Sole (e delle stelle in genere). L'enorme campo gravitazionale del Sole tende a comprimere la sua materia attraendola all'interno; eppure il Sole è ovunque gassoso e la sua densità è solo un quarto circa di quella della Terra. Perché l'inesorabile attrazione della gravità verso l'interno non lo condensa molto di più?

Per Eddington, l'unica cosa che poteva compensare l'attrazione della gravità era la forza espansiva verso l'esterno del calore interno. Eddington calcolò le temperature richieste per bilanciare l'attrazione della gravitazione, e dimostrò piuttosto persuasivamente che le temperature del nucleo del Sole dovevano raggiungere i milioni di gradi.

Se una collisione, o un passaggio ravvicinato, avesse espulso dal Sole o da qualche altra stella grandi fiotti di materia, le loro temperature sareb-

bero state molto più alte di quanto si pensava. Tanto alte - disse nel 1939 l'astronomo americano Lyman Spitzer jr. (1914) - che non avrebbero potuto condensarsi in pianeti. Si sarebbero espansi in gas rarefatti e sarebbero volati via.

Di nuovo l'ipotesi nebulare

Nei primi anni Quaranta, con l'ipotesi nebulare morta e sepolta e la teoria catastrofica appena fatta fuori, si aveva la spiacevole sensazione che *nessuna* teoria poteva spiegare l'esistenza del sistema solare. Sembrava quasi che la nera disperazione avrebbe portato a credere che il sistema solare fosse stato creato, dopo tutto, da Dio, o che non esistesse affatto.

Ma nel 1944 l'astronomo tedesco Carl Friedrich von Weizsacker (1912) tornò a una forma di ipotesi nebulare, introducendovi i perfezionamenti che lo sviluppo del sapere dall'epoca di Laplace, un secolo e mezzo prima, rendeva possibili.[22]

Secondo la nuova idea il Sole non si è contratto espellendo anelli di gas. A contrarsi è stata la nebulosa originaria, che si è lasciata alle spalle gas e polvere. In questa materia si generano delle turbolenze, dei grandi vortici per così dire.

Dove questi vortici si incontrarono, le loro particelle entrarono in collisione e ne formarono di più grandi. Alle estreme periferie della nebulosa originaria questa formazione di particelle potrebbe aver formato un'estesa cintura di piccoli corpi ghiacciati, e di quando in quando alcuni di essi, sotto l'influenza dell'attrazione gravitazionale delle stelle vicine, potrebbero alterare le loro orbite ed entrare nel sistema solare interno. Dove ci appaiono come comete.[23]

Più vicino al Sole, dove le nubi di polvere e gas sono più dense e con più massa, si sarebbero formati corpi più grandi, i pianeti.

Come esattamente i pianeti si fossero sviluppati dalle turbolenze non era facile spiegarlo. Astronomi come Kuiper, e chimici come l'americano Harold Clayton Urey (1893) svilupparono le idee di Weizsacker e ipotiz-

22 Una teoria molto simile fu avanzata simultaneamente e indipendentemente dall'astronomo sovietico Otto Yulyevic Schmidt (1891-1956) nato solo a 130 chilometri da dove nacqui io.

23 Una cintura di comete cosi lontana fu postulata per la prima volta dall'astronomo americano Fred Lawrence Whipple (1906) nel 1963, molto dopo che Weizsäcker ebbe avanzato la sua teoria. Ancora più tardi Oort aggiunse dei dettagli e collocò la cintura molto lontana dal Sole, a uno o due anni luce di distanza.

zarono i modi che avrebbero apparentemente permesso ai pianeti di crescere quanto dovuto.

Ma c'è ancora la questione del momento angolare. Perché il Sole ruota così lentamente che quasi tutto il momento angolare appartiene ai pianeti? Cosa ha rallentato il Sole?

Laplace, naturalmente, capiva l'attività della gravitazione come nessuno del suo tempo e ben pochi dopo. Ma alla sua epoca sfuggivano alla comprensione i campi elettromagnetici delle stelle e dei pianeti. Gli astronomi di oggi sanno molto di più a questo proposito, e sanno che questi campi possono entrare in gioco in ogni tipo di descrizione dell'origine del sistema solare.

L'astronomo svedese Hannes Olof Gösta Alfven (1908) elaborò una dettagliata descrizione di come il Sole nei suoi primi giorni avrebbe espulso materia (come il vento solare di oggi, ma con più forza), e spiegò come questa materia, sotto l'influenza del campo elettromagnetico del Sole, avesse raccolto momento angolare. Era stato il campo elettromagnetico a trasferire il momento angolare dal Sole alla materia esterna al Sole, e a permettere ai pianeti di arrivargli così lontano mantenendo tanto momento angolare.

Al giorno d'oggi, un terzo di secolo dal revival dell'ipotesi nebulare, gli astronomi l'accettano con molta fiducia, e con tutte le sue conseguenze.

Secondo la nuova versione dell'ipotesi nebulare, i pianeti esterni non sono più antichi di quelli interni; tutti i pianeti e lo stesso Sole hanno la stessa età.

Inoltre, se il Sole e i pianeti si sono formati dagli stessi vortici di polvere e gas, sviluppandosi tutti nello stesso processo, è molto probabile che anche tutte le stelle simili al Sole, (e forse tutte le stelle in genere) si siano sviluppate in questo modo. Allora nell'universo dovrebbero esserci moltissimi sistemi piane-tari, forse tanti quante sono le stelle.

Stelle che ruotano

C'è modo di verificare quest'ipotesi dell'universalità dei sistemi planetari? Le teorie vanno tutte benissimo, ma se si potesse avere qualche prova fisica, anche debole, sarebbe molto meglio. Supponiamo di poter dimostrare che i sistemi planetari sono pochi. Dovremmo dedurne che la teoria della formazione delle stelle di Weizsäcker è sbagliata, o almeno che dev'essere sostanzialmente modificata. Una stella potrebbe essersi formata

in solitario splendore, e poi avere attraversato nello spazio un'altra nube di polvere e gas - ce ne sono moltissime - raccogliendone gravitazionalmente una parte. In questo caso potrebbero essere state delle turbolenze nella seconda nube a formare i pianeti, che sarebbero più recenti, forse molto più giovani del Sole.

Significherebbe ritornare a una forma di catastrofismo, anche se il passaggio del Sole attraverso una nube di gas non è un evento così violento come la collisione o la quasi collisione di due stelle. È comunque un evento accidentale, che potrebbe aver dato origine solo a pochi sistemi planetari.

Ma se fosse dimostrato che i pianeti sono la prerogativa di moltissime stelle, sarebbe impossibile pensare che si siano formati in qualche modo catastrofico. Dovremmo ritenere giusta qualche versione dell'ipotesi nebulare, con la formazione automatica o quasi di stella e pianeti insieme.

Il problema è che è impossibile vedere se qualche stella ha dei pianeti. Anche della stella più vicina - Alpha Centauri, che si trova a 4,3 anni luce - non potremmo vedere nemmeno un pianeta grande come o più di Giove. Sarebbe troppo piccolo per essere visibile grazie alla luce riflessa della sua stella. E anche se venisse inventato un telescopio capace di individuare un simile fioco tremolio di luce riflessa, la vicinanza della luce molto più forte della stella la coprirebbe completamente.

Almeno per ora dobbiamo abbandonare ogni speranza di visione diretta, e ripiegare su mezzi indiretti.

Prendiamo il nostro Sole che, non c'è dubbio, ha un sistema planetario. Il fatto notevole è che ruota così lentamente sul suo asse che il 98 percento del momento angolare del sistema appartiene alla massa insignificante dei suoi pianeti.

Se il momento angolare è passato dal Sole ai suoi pianeti nel loro periodo di formazione - comunque ciò sia avvenuto - si può ragionevolmente supporre che possa passare da ogni stella ai suoi pianeti. E che la rotazione sul suo asse di una stella che abbia un sistema planetario sia relativamente lenta; altrimenti dovrebbe essere relativamente veloce.

Ma come si fa a misurare la velocità di rotazione di una stella, se nei migliori telescopi appare solo come un punto di luce?

Dalla luce stellare si possono dedurre molte cose, anche se la stella è soltanto un punto di luce. La luce stellare è una miscela di luce di tutte le lunghezze d'onda. Può essere scomposta in ordine di lunghezza d'onda, da quelle corte della luce violetta a quelle lunghe della luce rossa, e il risultato

è uno «spettro». Lo strumento col quale si produce lo spettro si chiama «spettroscopio».

Fu Isaac Newton, nel 1665, a ricavare il primo spettro dalla luce del Sole. Nel 1814 il fisico tedesco Joseph von Fraunhofer (1787-1826) fece notare che lo spettro solare era attraversato da numerose righe scure che rappresentavano, come si capì in seguito, lunghezze d'onda disperse. Erano lunghezze d'onda assorbite da atomi dell'atmosfera solare prima Che potessero raggiungere la Terra.

Nel 1859 il fisico tedesco Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) dimostrò che le righe scure dello spettro erano le «impronte digitali» dei vari elementi, poiché gli atomi di ogni elemento emettevano o assorbivano lunghezze d'onda diverse da qualunque altro. Non solo si poteva usare lo spettroscopio per analizzare i minerali della Terra, ma anche per analizzare la composizione chimica del Sole. Intanto la spettroscopia era stata perfezionata al punto da permettere di scomporre anche la luce delle stelle, molto più debole di quella del Sole.

Dalle righe scure degli spettri stellari si sarebbero potute sapere molte cose. Se per esempio le righe scure dello spettro di una data stella si fossero leggermente spostate verso l'estremo rosso, si sarebbe capito che la stella si stava allontanando dalla Terra a una velocità che poteva essere calcolata dall'ampiezza dello spostamento. Se invece le righe scure si fossero spostate verso l'estremo violetto, avrebbe voluto dire che la stella si stava avvicinando.

Il significato di questo *red shift o violet shift* (spostamento verso il rosso, spostamento verso il violetto) era stato chiarito dal lavoro sulle onde sonore compiuto nel 1842 dal fisico austriaco Christian Johann Doppler (1803-1853) e applicato alle onde luminose nel 1848 dal fisico francese Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896).

Supponiamo che una stella ruoti e che sia situata nello spazio in modo da non rivolgerci nessuno dei suoi poli, e che ogni polo si trovi, dal nostro punto di vista, presso il margine della stella. In questo caso la superficie di un lato della stella compreso tra i due poli si avvicina a noi, mentre quella del lato opposto si allontana. La luce dell'uno sposta leggermente le righe scure verso il rosso, quella dell'altro verso il violetto. Le righe scure, spostandosi necessariamente in entrambe le direzioni, si allargano più del normale. Più la stella ruota velocemente più aumenta lo spazio tra le righe scure dello spettro.

Questa ipotesi fu avanzata per la prima volta nel 1877 dall'astronomo

inglese William de Wiveleslie Abney (1843-1920), ma la prima reale scoperta dell'allargamento delle righe per rotazione è del 1909, dovuta all'astronomo americano Frank Schlesinger (1871-1943). Questi studi sulla rotazione delle stelle iniziarono tuttavia a diffondersi solo a metà degli anni Venti, e in questo campo fu particolarmente attivo l'astronomo russo-americano Otto Struve (1897-1963).

Si scoprì che alcune stelle ruotavano davvero lentamente. Un punto all'equatore del Sole si muove a soli due chilometri circa al secondo, e molte stelle ruotano a una velocità equatoriale simile o non molto maggiore. Ma ci sono altre stelle che ruotano così velocemente sul loro asse da raggiungere velocità equatoriali che vanno da 250 a 500 chilometri al secondo.

La tentazione è dire che quelle lente hanno dei pianeti, e hanno perso in loro favore del momento angolare, mentre quelle veloci non hanno pianeti, e si sono tenute tutto, o quasi tutto, il loro originale momento angolare.

Ma dagli spettri stellari si possono sapere anche altre cose. Quando furono studiati per la prima volta si scoprì che alcune stelle avevano spettri simili a quello del Sole, altre no. Gli spettri stellari erano molto diversi l'uno dall'altro, e già nel 1867 Secchi - l'astronomo che aveva anticipato la scoperta di Schiaparelli dei canali di Marte - proposte di dividerli in classi.

La proposta fu accettata, e i vari tentativi di classificazione sfociarono nella serie O, B, A, F, G, K, M, dove lo spettro O rappresenta la stella con più massa, più calda e più luminosa che si conosca, lo spettro B la seconda, A la terza, e così via fino a M che rappresenta le stelle con meno massa, più fredde e più scure. Il nostro sole è di classe spettrale G, quindi si trova a metà della serie.

Proseguendo in profondità lo studio degli spettri stellari ogni classe poté essere divisa in dieci sottoclassi: BO, Bl ... B9, AO, Al... A9, e così via. Il nostro Sole è di classe spettrale G2. L'astronomo americano Christian Thomas Elvey (1899), lavorando con Struve, scoprì nel 1931 che più una stella aveva massa, più era soggetta a una veloce rotazione. Le stelle delle classi spettrali O, B, A, insieme alle più grandi di classe F, da FO a F2, erano molto spesso stelle veloci. Quelle delle classi spettrali F2-F9, G, K, ed M erano praticamente tutte lente.

Quindi metà delle classi spettrali rappresentano stelle veloci e metà stelle lente, ma questo non implica un'analoga ripartizione delle stelle. Quelle più piccole sono più numerose di quelle più grandi, cosicché le stelle di classe G o minore sono molte di più di quelle di classe F o maggiore. Infatti le classi da O a F2 rappresentano solo il 7 percento di tutte le

stelle.

In altre parole, solo il 7 percento delle stelle sono veloci, contro un buon 93 percento di lente. Il che parrebbe significare che almeno il 93 percento hanno sistemi planetari.

Almeno, perché non possiamo scartare con sicurezza neanche il 7 percento di quelle veloci. Infatti fra queste dobbiamo calcolare le stelle di massa eccezionale, che probabilmente hanno un momento angolare originario molto superiore a quello delle stelle più piccole, e quindi potrebbero averne mantenuto abbastanza da ruotare velocemente anche dopo averne ceduto una parte ai loro pianeti.

O ancora: la perdita del momento angolare ned pianeti può richiedere tempo, e, come vedremo, le stelle con massa realmente alta sono tutte recenti. Può essere che non abbiano ancora terminato di trasferire il momento angolare?

Dai dati sulla rotazione delle stelle sembra insomma possibile concludere che almeno il 93 percento e forse il 100 percento delle stelle hanno sistemi planetari.

Stelle che oscillano

Finora tutto bene, ma dobbiamo ammettere che le stelle possono ruotare velocemente o lentamente per ragioni che non hanno niente a che vedere coi pianeti. Certe stelle possono semplicemente essersi formate da nubi provviste di maggiore o minore momento angolare.

Possiamo allora cercare altri tipi di prove?

Sì, se ci fermiamo a pensare che quando due corpi si attraggono gravitazionalmente, l'astrazione è biunivoca. Il Sole attrae Giove, ma anche Giove attrae il Sole.

Se due corpi che si attraggono l'un l'altro gravitazionalmente avessero una massa esattamente uguale, nessuno dei due ruoterebbe attorno all'altro. Contribuendo in eguai misura all'interazione gravitazionale, ciascuno dei due girerebbe attorno a un punto esattamente a metà strada tra loro. Questo punto è il «centro di gravità».

Se i due corpi non avessero una massa eguale, quello maggiore sarebbe meno colpito dall'attrazione e si muoverebbe meno. E se la sua massa fosse due volte quella del corpo minore, il centro di gravità sarebbe due volte più vicino al suo centro che al centro di quest'ultimo. Prendiamo la Luna e la Terra. Si è soliti pensare che la Luna giri attorno alla Terra, però non gira

attorno al centro della Terra. Sia la Luna che la Terra girano attorno a un centro di gravità fisso tra i loro centri.

La Terra è 81 volte più massiccia della Luna, quindi il centro di gravità deve essere 81 volte più vicino al centro della Terra che a quello della Luna. Il centro di gravità del sistema Luna-Terra è a 4750 chilometri dal centro della Terra, e a 384 750 chilometri, 81 volte più lontano dal centro della Luna. Il centro di gravità del sistema Terra-Luna è così vicino al centro della Terra che si trova a 1600 chilometri sotto la sua superficie. Quindi è più che giustificato pensare che la Luna giri attorno alla Terra; dopotutto, ruota attorno a un punto interno alla Terra.

Anche il centro della Terra compie un piccolo giro attorno a questo centro di gravità una volta ogni 27 giorni e un terzo. Se la Luna non ci fosse, la Terra girerebbe attorno al Sole in un'orbita regolare. Invece, disegna nella sua orbita una piccola onda lunga 27 giorni e 1/3, 12 onde e frazione ogni giro completo. L'oscillazione della Terra potrebbe, in teoria, essere misurata dallo spazio, e da essa si potrebbe dedurre la presenza della Luna, e forse la sua distanza e dimensione, anche se per qualche ragione non si potesse vederla direttamente. Lo stesso vale per Giove e il Sole. Il Sole è 1050 volte più massiccio di Giove, quindi il centro di gravità del sistema Sole-Giove dovrebbe essere 1050 volte più vicino al centro del Sole che al centro di Giove. Conoscendone la distanza possiamo dire che il centro di gravità si trova a 740 000 chilometri dal centro del Sole. Cioè a 45 000 chilometri *fuori* della superficie del Sole.

Il centro del Sole gira attorno al centro di gravità in 12 anni. Il Sole, nel suo cammino regolare attorno al centro della Galassia, oscilla leggermente, si sposta prima verso un lato dell'orbita e poi verso l'altro.

Se esistessero solo il Sole e Giove, un osservatore che guardasse da un punto nello spazio troppo lontano per vedere Giove direttamente, potrebbe dedurne la presenza dall'oscillazione del Sole.

Ma il Sole ha altri tre grandi pianeti, Saturno,. Urano e Nettuno, ognuno dei quali ha un centro di gravità con esso, anche se mai così lontano dal centro del Sole come nel caso di Giove. Questo complica un po' l'oscillazione del Sole e la rende molto più difficile da interpretare.

Inoltre, se l'osservatore fosse così lontano come una delle stelle più vicine, l'oscillazione del Sole sarebbe troppo modesta per essere misurata con sufficiente precisione, se non addirittura per essere rilevata.

Non sarebbe possibile rovesciare le parti? Non potremmo osservare noi qualche altra stella, per rilevare nella *sua* orbita un'*oscillazione* da cui de-

durre la presenza di uno o più pianeti?

In qualche caso senz'altro, perché è stato già fatto nel 1844.

Quell'anno l'astronomo tedesco Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) notò un'oscillazione nel moto della stella luminosa Sirio. E da essa dedusse la presenza di una compagna invisibile con una massa di 2/5 rispetto a quella di Sirio.

Adesso sappiamo che la massa di Sirio è 2,5 volte quella del Sole. La sua compagna ha quindi all'incirca la massa del Sole. Perciò non è un pianeta, ma una stella di piena grandezza, oscura e difficile da vedere perché molto compatta.[24]

Ma trovare una stella compagna è più facile che trovare un pianeta compagno. Un pianeta ha una massa così piccola in rapporto alla stella cui gira attorno che il centro di gravità tra i due è molto più vicino al centro della stella. Che quindi ha un'oscillazione quasi impercettibile.

È possibile misurare un'oscillazione del genere?

Può esserlo, se le condizioni sono favorevoli.

Primo, la stella dev'essere il più possibile vicino a noi, di modo che l'oscillazione appaia la più grande possibile.

Secondo, la stella dev'essere piccola, certamente più piccola del Sole, di modo che la sua massa predomini il meno possibile. Allora il centro di gravità è relativamente lontano dal centro della stella, che compie un'oscillazione relativamente grande.

Terzo, la stella deve avere un pianeta grande, grande almeno quanto Giove, di modo che la massa planetaria sia sufficientemente ingente da attrarre il centro di gravità abbastanza lontano dalla piccola stella e costringerla a una oscillazione relativamente notevole.

Questa triplice esigenza, di una stella vicina, piccola, e con un pianeta grande, riduce al minimo le possibilità. E se anche le possibilità di formazione di pianeti sono deboli, diventa davvero troppo chiedere che esista un sistema planetario, che comprenda un pianeta grande almeno quanto Giove, e che giri attorno a una stella piccola e vicina.

D'altra parte, se prendiamo le stelle piccole e vicine e *riusciamo* a dimostrare che almeno una di esse è accompagnata da un pianeta, saremo costretti, per non accettare l'idea di una coincidenza molto improbabile, a

24 Queste stelle compatte ma piccole e molto dense, e altre anche più massicce, più piccole e più dense, escono dal tema di questo libro, e quindi mi limito ad accennarvi di passaggio. Il lettore curioso le troverà esaurientemente trattate nel mio volume *Il collasso dell'universo* (Mondadori, Milano 1978).

pensare che i sistemi planetari sono molto comuni, forse anche universali. Tentativi di determinare la presenza o assenza di oscillazioni nel moto delle stelle furono compiuti allo Swarthmore College sotto la direzione dell'astronomo olandese-americano Peter Van de Kamp (1901).

L'astronomo danese-americano Kai Aage Gunnar Strand (1907), lavorando con Van de Kamp, rilevò una leggerissima oscillazione nel moto di una delle stelle del sistema doppio 61 Cygni, e ne dedusse la presenza di un corpo compagno che le girava attorno, un corpo di massa troppo piccola per essere una stella. Ma abbastanza grande per essere un grande pianeta, con una massa otto volte quella di Giove. La scoperta fu annunciata nel 1943.

In seguito, un'oscillazione analoga fu scoperta nella piccola stella di Barnard, lontana appena 6 anni luce. In questo caso può indicare la presenza di due pianeti; uno della massa di Giove e con un'orbita di 11,5 anni, l'altro della massa di Saturno e con un'orbita da 20 a 25 anni: Oscillazioni che sembrano indicare la presenza di grandi pianeti sono state scoperte anche in altre stelle vicine, come la Ross *614* e la Lalande *21185.*

Insomma, abbiamo scoperto non una ma mezza dozzina di stelle piccole e vicine che possono avere grandi pianeti. E sembrerebbe quindi doversi concludere (anche se bisogna riconoscere che le osservazioni rasentano il limite del visibile al punto che non tutti gli astronomi sono disposti ad accettare la conclusione senza caute riserve) che i sistemi planetari siano molto comuni e che almeno tutte le stelle a rotazione lenta ne abbiano.

Siamo prudenti e limitiamo i sistemi planetari alle sole stelle a lenta rotazione, il 93 percento del totale. Otteniamo una seconda cifra:

2 *Numero di sistemi planetari della nostra Galassia: 280 miliardi.*

VII
Stelle simili al Sole

Stelle giganti

Secondo le conclusioni del precedente capitolo la nostra Galassia contiene un numero enorme di sistemi planetari, ma questo non significa, *in sé,* un fiorire di vita.

Stelle diverse possono non essere egualmente idonee all'incubazione della vita sui loro pianeti; il nostro prossimo passo dovrà essere quindi studiare questa possibilità e determinare - se possibile - quali stelle sono ido-

nee, e quante possono essere.

Potrebbe risultare che le qualità richieste a una stella per essere idonea sono così numerose e complesse che praticamente potrebbero non esserce-ne e, almeno per quanto riguarda l'intelligenza extraterrestre, non esserci nemmeno tutti quei sistemi planetari.

Un pessimismo così estremo è però superfluo, perché delle due affermazioni da cui partiamo, una è assolutamente certa.

L'affermazione sicura è che il nostro Sole è idoneo all'incubazione della vita; quindi anche una stella può esserlo. La seconda affermazione - appena sotto l'assoluta certezza, ma così «appena» che nessun astronomo ne dubita - è che il Sole non è una stella particolarmente eccezionale. Quindi se il Sole è idoneo, dovrebbero esserlo molte altre stelle.

Cominciamo chiedendoci come le stelle possono differire tra loro.

La differenza più evidente, riconosciuta appena occhi curiosi si alzarono verso il cielo notturno, è data dalla luminosità.

Una differenza che potrebbe naturalmente essere data soltanto dalla distanza. Se tutte le stelle fossero ugualmente splendenti viste dalla stessa distanza - se in altre parole avessero tutte la stessa «luminosità» -, quelle più vicine a noi apparirebbero più luminose di quelle più lontane.

Quando si calcolarono le distanze stellari (il primo a farlo nel 1838 fu Bessel, che sei anni dopo scoprì la stella compagna di Sirio) risultò che le luminosità apparenti non erano dovute interamente a differenze di distanza. Certe stelle sono intrinsecamente più luminose di altre.

Alcune hanno anche più massa di altre, e massa e luminosità vanno di pari passo. Come fu dimostrato da Eddington negli anni Venti, una stella con una massa superiore *deve essere* più luminosa. Una stella di questo tipo ha un campo gravitazionale più intenso e, per evitare di collassare, la temperatura al suo centro deve essere più alta. Una temperatura centrale più alta produce una maggiore effusione di energia verso l'esterno in tutte le direzioni, rendendo la superficie della stella più calda e più luminosa.[25]

Ma, soprattutto, la luminosità aumenta più velocemente della massa. Se ima stella A ha due volte più massa di una stella B, dev'essere molto più calda per bilanciare la sua maggiore attrazione gravitazionale verso l'interno, tanto che arriverà a essere dieci volte più luminosa della stella B.

Le stelle con la massa più alta che si conoscano hanno circa 70 masse solari, ma sono sei milioni di volte più luminose del Sole. D'altra parte, se

25 Una stella di grande massa può irradiare tanta della sua energia nella zona ultravioletta invisibile da apparire, all'occhio umano, meno luminosa di quanto ci si aspetterebbe.

la massa di una stella fosse solo 1/16 di quella del Sole (65 volte la massa di Giove) potrebbe appena bastarle per risplendere di un opaco colore rosso, e la luminosità della stella sarebbe solo un milionesimo di quella del Sole.

Che aspetto avrebbe un pianeta che girasse attorno a stelle-limite del genere?

Supponiamo che la Terra girasse attorno a una stella con una massa 70 volte quella del Sole.

Se la distanza che la separa da questa stella gigante fosse la stessa che la separa dal Sole, la stella ci apparirebbe naturalmente nel cielo 40 volte più grande del Sole, e libererebbe sei milioni di volte più luce e calore. La Terra sarebbe una palla di roccia rovente.

Ma si può benissimo immaginare che ogni stella sia protetta a una certa distanza da uno strato al cui interno un pianeta possa girare e ricevere il calore a standard di vivibilità simili a quelli terrestri. Per una stella grande questo strato, o «ecosfera»,[26] sarebbe più lontano che per una stella piccola. Nel caso della gigante 70-volte-il-Sole, l'ecosfera sarebbe lontana centinaia di migliaia di chilometri.

Supponiamo che la Terra girasse attorno alla stella gigante a una distanza di 366 miliardi di chilometri. Sarebbe una distanza 2450 volte superiore a quella tra il Sole e la Terra, e 62 volte quella tra il Sole e Plutone. Per un giro completo attorno alla sua stella alla Terra occorrerebbero 14 500 anni.

A una simile enorme distanza la stella gigante apparirebbe molto piccola, e il suo splendore non sarebbe diverso da quello stellare. La sua temperatura sarebbe tanto più alta di quella del Sole (50 000 °C contro appena 6000) che, pur essendo così lontana e apparendo così piccola, darebbe al suo remoto pianeta la stessa luce e calore che il Sole da alla Terra.

Ma la temperatura altera la natura delle radiazioni. Alla distanza dalla Terra che abbiamo immaginato, la stella gigante libererebbe la stessa quantità totale di energia del Sole, ma in misura assai maggiore sotto forma di luce ultravioletta e raggi X e molto minore di luce visibile.

Gli occhi umani sono fatti per reagire alla luce visibile, e quindi la luce della stella gigante sembrerebbe più debole di quella del Sole. D'altra parte il flusso di raggi X e ultravioletti sarebbe mortale alla vita terrestre.

Ma potrebbe essere un'obiezione superabile. L'atmosfera della Terra ci protegge contro le radiazioni di energia del Sole, e poi potremmo immagi-

26 «Eco» viene dal greco «casa», «habitat».

nare una Terra ancora più distante dalla stella gigante. La diminuzione delle radiazioni totali aggiunta alla quantità fermata da un'eventuale atmosfera più densa potrebbe rendere possibile lo sviluppo della vita, al prezzo di temperature planetarie un po' più basse di quelle cui siamo abituati.

Ma c'è un'obiezione più seria, che non si può aggirare spostando il pianeta su e giù per l'ecosfera o manipolando la sua atmosfera.

Una stella non è idonea all'incubazione della vita per tutta la durata della sua esistenza. Mentre si condensa e si forma dalla nebulosa originaria, ad esempio, non è in grado di fornire l'energia necessaria alla vita. Prima deve condensarsi finché si accendano i fuochi nucleari al centro e inizi a irradiare luce. Alla fine la condensazione raggiunge uno stadio stabile e la radiazione continua sulla cifra massima raggiunta.

Allora si dice che la stella è entrata nella «sequenza principale». (Si chiama sequenza principale perché circa il 98 percento delle stelle visibili si trovano in questo stato, formando una sequenza che va da quella con massa superiore a quella con massa minima.)

Finché si trova nella sequenza principale la radiazione di una stella è stabile e sicura, e questa può fare da incubatrice alla vita, come il nostro Sole.

Ma la radiazione di una stella dipende dall'energia che sviluppa man mano che l'idrogeno del suo nucleo si trasforma attraverso processi di fusione nucleare in elio. Quando gran parte dell'idrogeno si è consumato, si arriva a un punto critico, e il processo comincia a vacillare. L'elio, accumulandosi nel centro, lo rende sempre più massiccio. Questi si contrae e si condensa e la sua temperatura sale fino al punto in cui l'elio fonde e forma nuclei ancora più complicati.

A questo punto la stella sviluppa tanto calore da espandersi contro la forza della propria gravità, mentre, finché era rimasta nella sequenza principale l'attrazione della gravità verso l'interno e la spinta verso l'esterno della temperatura si erano mantenute in equilibrio.

Espandendosi, la stella abbandona la sequenza principale e diventa relativamente enorme. A causa dell'espansione la sua superficie si raffredda e diventa semplicemente rovente, anche se la radiazione totale della superficie estesasi è molto superiore a quella precedente. La stella è ora una gigante rossa. Una volta che la stella ha lasciato la sequenza principale, il seguito è febbrile. Resta una gigante rossa per parecchie centinaia di milioni di anni - un tempo breve su scala astronomica - il tempo di consumare l'idrogeno rimanente, mentre il nucleo diventa sempre più caldo. Finché c'è

un collasso: quando tutti i combustibili nucleari possibili si sono esauriti, l'energia sviluppata dalla fusione nucleare al centro viene a mancare, e la stella non può più combattere contro la sua gravità.

Se è abbastanza massiccia il collasso è preceduto da un'esplosione cataclismica, diventa cioè una super nova. Più la stella è massiccia, più l'esplosione è violenta. E ciò che resta della stella si contrae in una palla relativamente piccola e molto densa.[27]

Ma per quanto riguarda la vita, approfondire quello che succede dopo che una stella ha lasciato la sequenza principale è irrilevante. Appena la stella comincia a espandersi verso lo stadio di gigante rossa, la sua radiazione comincia drammaticamente ad aumentare. Un pianeta che fino allora si fosse trovato in posizione tale da ricevere radiazioni in quantità compatibile con la formazione e il mantenimento della vita, ora ne riceverebbe troppe. Qualunque forma di vita presente verrebbe bruciata. (In casi estremi il pianeta stesso fonderebbe ed evaporerebbe.)

Possiamo quindi affermare come regola generale e per quanto possibile inviolabile, che una stella è idonea all'incubazione della vita soltanto finché si trova nella sequenza principale.

Fortunatamente, una stella può restare nella sequenza principale a lungo. La sequenza principale del Sole, ad esempio, può durare in totale 12-13 miliardi di anni. Pur brillando da circa cinque miliardi di anni, la sua vita come stella di sequenza principale non è ancora giunta a metà.[28]

Una stella più massiccia del Sole deve sviluppare temperature centrali più alte per compensare l'effetto di contrazione di un campo gravitazionale più forte, e per questo deve fondere idrogeno a un ritmo più accelerato. Certo, una stella di quel tipo ha anche più idrogeno, ma l'aumento del ritmo di fusione è maggiore dell'aumentata riserva di idrogeno.

Quindi, più una stella è massiccia, più rapidamente consuma la sua pur maggiore quantità d'idrogeno, e meno rimane nella sequenza principale.

Una stella enorme, di 70 masse solari, deve consumare il suo idrogeno a un ritmo così spaventoso, per restare estesa sotto l'attrazione della sua enorme gravità, che la sua vita nella sequenza principale può essere di soli

27 Per approfondire questo argomento si veda il mio libro *Il collasso dell'universo,* cit.

28 Il Sole invecchiando diventerà sempre più caldo e può darsi che nell'ultimo miliardo di anni della sua sequenza principale la vita sulla Terra diventi impossibile. Espandendosi in una gigante rossa inghiottirà le orbite di Mercurio e di Venere, e anche se la Terra resterà probabilmente fuori della sua sfera gonfiata diventerà facilmente una palla di roccia rovente.

500 000 anni o anche meno. È per questo che non si vedono stelle di masse davvero grandi. Anche se se ne formassero di gigantesche, le temperature che svilupperebbero le spegnerebbero praticamente subito.

Naturalmente, anche 500 000 anni sono un lungo periodo dal punto di vista dell'esperienza umana. La storia scritta ha al massimo un centesimo di quest'età.

Ma la vita intelligente non è nata all'inizio della Terra, è stata il risultato di una lunga evoluzione. Se il nostro Sole avesse brillato come brilla ora solo per 500 000 anni dalla formazione della Terra e poi avesse lasciato la sequenza principale, è molto improbabile che ci sarebbe stato il tempo perché si formasse negli oceani anche la protovita più semplice.

Giudicando dall'esperienza della Terra, ci vogliono circa 5 miliardi di anni di esistenza planetaria perché la vita si sviluppi ad un livello di complessità tale da permettere la nascita di una civiltà.

Naturalmente, non possiamo dire con sicurezza quanto il caso della Terra sia tipico in tutto l'universo. Può darsi che per qualche banale ragione la nostra evoluzione sia stata eccezionalmente lenta, e che su altri pianeti l'intelligenza abbia richiesto molto meno tempo per svilupparsi. Ma può anche darsi che la nostra evoluzione sia stata invece eccezionalmente veloce e che su altri pianeti lo sviluppo dell'intelligenza richieda molto più tempo.

Per ora non siamo in grado di dire quale delle due alternative sia vera, e non ci rimane che attenerci al «principio di medietà», e concedere che l'unico caso che conosciamo - quello della Terra - non sia atipico, ma rappresenti più o meno la media. Dobbiamo quindi considerare un tempo di cinque miliardi di anni nella sequenza principale come il minimo indispensabile allo sviluppo di una civiltà.

Una stella di 1,4 masse solari e di classe spettrale F2 resta nella sequenza principale 5 miliardi di anni; possiamo perciò concludere che tutte le stelle con più massa di 1,4 masse solari non sono idonee all'incubazione della vita. Un pianeta che giri attorno a una stella con troppa massa potrebbe anche ospitare la vita, ma è così improbabile che duri abbastanza da raggiungere il livello di complessità idoneo a produrre una civiltà extraterrestre che possiamo ignorarlo.

Questo significa che le stelle luminose che vediamo nel cielo, che - almeno in maggioranza - hanno molta più massa del Sole, non sono incubatrici idonee. Sirio, ad esempio, resterà nella sequenza principale 500. milioni di anni in tutto, Rigel solo 400 milioni. Possiamo comodamente igno-

rarli.

Ma queste stelle di grande massa e breve vita sono proprio quelle che ruotano veloci, e che quindi non ho incluso nel numero di quelle che hanno un sistema planetario. La loro esclusione definitiva è perciò doppiamente giustificata.

Stelle nane

Passiamo all'estremo opposto, a una stella con 1/16 della massa del Sole e 1/milionesimo della sua luminosità. (Un oggetto di massa minore non sarebbe probabilmente abbastanza massiccio da accendere la reazione nucleare al centro, e quindi non sarebbe una stella vera e propria.)

1/16 della massa del Sole significa 65 volte quella di Giove; ma una stella nana di questa massa sarebbe certamente molto più densa di Giove, e quindi potrebbe non superare di molto le sue dimensioni. Diciamo che potrebbe avere un diametro di 150 000 chilometri.

Supponiamo adesso che la Terra si trovi a 300 000 chilometri dal centro di questa stella, e quindi le giri attorno a una distanza di 150 000 chilometri dalla sua superficie. Per compiere un gire completo le occorrerebbe un'ora e sei minuti. La Terra riceverebbe da questa vicinissima stella nana la stessa quantità totale di energia che riceve adesso dal Sole. Il fatto che la stella sarebbe a mala pena rovente verrebbe compensato dal fatto che, alla distanza cui si trova, apparirebbe sulla Terra 3000 volte più grande di come appare adesso il Sole.

Certo, la natura dell'energia proveniente dalla stella nana sarebbe diversa da quella proveniente dal Sole. Questa non emetterebbe pressoché raggi ultravioletti, e ben poca luce visibile. La maggior parte della sua energia sarebbe sotto forma di luce infrarossa.

Il che non andrebbe affatto bene dal nostro punto di vista. Vedremmo ogni cosa molto scura e di uno spiacevole rosso intenso. Ma potremmo immaginare che la vita di un pianeta del genere avrebbe sviluppato una vista sensibile al rosso e all'infrarosso, e forse le loro gradazioni apparirebbero di colori diversi. La luce potrebbe benissimo apparire bianca e sufficientemente luminosa.

Il rosso e l'infrarosso emettono un'energia meno intensa del resto dello spettro della luce visibile, e ci sono molte reazioni chimiche che possono essere messe in moto dalla luce gialla verde o blu, ma non da quella rossa o infrarossa. Ma la vita non è basata su reazioni fotochimiche, a parte la

fotosintesi, che viene avviata appunto dalla luce rossa. Non abbiamo nessun bisogno di forzare tanto le cose per immaginare la vita su un pianeta del genere, per ora.

Ma c'è un altro problema.

L'intensità del campo gravitazionale diminuisce col quadrato della distanza. Se la distanza è doppia, l'intensità cala a 1/4; se è tripla a 1/9, e così via.

È una regola che riguarda, ad esempio, l'attrazione reciproca tra Terra e Luna.

La distanza media tra il centro della Luna e il centro della Terra è di 384 390 chilometri. Varia un po' secondo i movimenti della Luna nella sua orbita, ma questo non tocca il problema che ci interessa.

Non tutte le parti della Terra si trovano però alla stessa distanza dalla Luna. Quando il centro della Terra è alla sua distanza media dal centro della Luna, la superficie della Terra che guarda la Luna è più vicina di 6356 chilometri. E quella opposta più lontana di 6356 chilometri.

Questo significa che mentre la superficie della Terra che guarda la Luna dista dal centro del satellite 378 034 chilometri, quella opposta dista 390 746 chilometri.

Se poniamo eguale a 1 la distanza dal centro della Luna della faccia vicina della Terra, la distanza della faccia lontana sarà eguale a 1,0336. Questa differenza, solo il 3,36 per cento della distanza totale dalla Luna, non sembra rilevante. Ma l'attrazione gravitazionale della Luna diminuisce su questa piccola distanza di una quantità pari a $1/1{,}0336^2$: se alla faccia vicina è 1 alla faccia lontana è solo 0,936.

Il risultato di questa differenza d'attrazione è che la Terra è attratta in direzione della Luna. La superficie vicina è attratta verso la Luna più fortemente del centro, e il centro più fortemente della superficie lontana. Entrambe le superfici si gonfiano, quella vicina in direzione della Luna, quella lontana in direzione opposta.

Si tratta soltanto di un leggero rigonfiamento, pari a circa mezzo metro. Comunque, nella rotazione della Terra ogni parte della sua materia solida, quando viene a trovarsi di faccia alla Luna, si gonfia, raggiunge l'altezza massima quando passa sotto la Luna e poi ricade. Allo stesso modo si solleva quando viene a trovarsi dall'altra parte della Luna, raggiunge una punta massima quando è proprio dalla parte opposta, e poi regredisce.

Si gonfia anche l'acqua dell'oceano e più della Terra solida. Questo significa che nel corso della rotazione terrestre la superficie solida passa at-

traverso il maggior rigonfiamento dell'acqua, che infatti si insinua sulla riva e poi ricade. Questo passaggio avviene in entrambi i rigonfiamenti, quello dalla parte della Luna e quello dalla parte opposta. Quindi l'acqua sale e scende lungo le rive due volte al giorno, ovvero ci sono due «maree» al giorno.

Poiché questa differenza di attrazione gravitazionale provoca le maree, è chiamato «effetto di marea».

Naturalmente anche la Terra esercita un effetto di marea sulla Luna. Essendo la Luna più piccola della Terra - il suo diametro è di 3476 chilometri contro i 12 713 della Terra -, la caduta d'attrazione gravitazionale attraverso la Luna è inferiore che attraverso la Terra.

La larghezza della Luna è solo lo 0,90 per cento della distanza totale che la separa dalla Terra, quindi l'intensità dell'attrazione gravitazionale sulla faccia lontana è il 98,2 percento di quella sulla faccia vicina. L'effetto di marea sulla Luna sarebbe, stando così le cose, solo 0,29 volte quello sulla Terra, *ma* il campo gravitazionale terrestre è 81 volte maggiore di quello lunare, perché la Terra è 81 volte più massiccia della Luna.

Se moltiplichiamo 0,29 per 81, scopriamo che l'effetto di marea della Terra sulla Luna è 23,5 volte quello della Luna sulla Terra.

Questa differenza ha qualche importanza? Sì.

Mentre la Terra ruota e si gonfia, la frizione interna della roccia nel sollevarsi e ricadere, e dell'acqua nel salire sulla riva e ritornare indietro, consuma parte dell'energia della rotazione terrestre trasformandola in calore. Il risultato è che l'azione di marea rallenta la rotazione. Ma la massa della Terra e l'energia della sua rotazione sono così enormi che il rallentamento è davvero minimo. La durata del giorno aumenta di un secondo ogni 100 000 anni.[29]

Non è molto su scala umana, ma se la Terra esiste da 5 miliardi di anni e questo ritmo si è mantenuto sempre costante, il giorno si è allungato di 50 000 secondi, quasi di 14 ore. Quando nacque la Terra ruotava probabilmente sul suo asse in sole 10 ore o meno, se nelle prime ere geologiche le maree erano più imponenti di adesso, come è facile che fosse.

E l'effetto di marea della Terra sulla Luna?

---

29 Il rallentarsi della rotazione significa una perdita di momento angolare, che per la legge di conservazione del momento angolare non può essere perso. Succede infatti che la Luna, e così il centro di gravità del sistema Terra-Luna, si sposta leggermente più lontano dalla Terra. Quello che la Terra perde in momento angolare di rotazione, guadagna in momento angolare di maggiore oscillazione attorno ad un centro di gravità più distante.

Prima di tutto la Luna ha una massa minore e quindi, molto probabilmente, un'energia di rotazione minore. Poi, l'effetto di marea sulla Luna è 23,5 volte quello sulla Terra. Un effetto più forte, agendo su una massa più piccola, produce un rallentamento maggiore. Il risultato è che il periodo di rotazione della Luna è aumentato fino a diventare perfettamente uguale al periodo di rivoluzione attorno alla Terra. In queste condizioni la Luna mostra alla Terra sempre la stessa faccia, il rigonfiamento avviene sempre sullo stesso punto della sua superficie e quindi varie parti del suo corpo non devono più salire e scendere. La rotazione non subisce ulteriori rallentamenti (almeno per quanto riguarda l'effetto di marea della Terra sulla Luna), e il suo periodo è ora stabile.

L'effetto di marea fa pensare che tutti i corpi piccoli rivolgano sempre una sola faccia ai corpi grandi cui girano attorno. (Fu Kant il primo a sostenerlo nel 1754.) La Luna volge solo una faccia alla Terra, i due satelliti di Marte rivolgono solo una faccia a Marte, i cinque satelliti più interni di Giove volgono solo una faccia a Giove, e così via.

Ma perché la Terra non rivolge solo una faccia al Sole?

Vediamo cosa accadrebbe se la Luna s'allontanasse dalla Terra. L'attrazione gravitazionale terrestre diminuirebbe secondo il quadrato della distanza. La frazione della distanza totale rappresentata dal diametro della Luna si ridurrebbe in proporzione alla distanza, e l'effetto di marea s'attenuerebbe di conseguenza. L'effetto di marea diminuirebbe in realtà per ambedue le ragioni, il che significa che diminuirebbe secondo il *cubo* della distanza.

Il Sole è 27 milioni di volte più massiccio della Luna. Se il Sole e la Luna fossero alla stessa distanza dalla Terra, l'effetto marea del Sole sulla Terra sarebbe 27 milioni di volte superiore a quello della Luna sulla Terra.[30] Ma il Sole è 389 volte più lontano dalla Terra della Luna. L'effetto di marea del Sole è quindi indebolito da una quantità pari a 389 x 389 x 389, cioè 58 860 000. Dividendo 27 milioni per 58 860 000 risulta che l'effetto di marea del Sole sulla Terra è appena lo 0,46 circa di quello della Luna. Se l'effetto di marea della Luna non è ancora riuscito a rallentare granché la rotazione della Terra, non ci riuscirà certo quello del Sole.

Mercurio è più vicino al Sole della Terra, e questo tenderebbe ad aumentare l'effetto di marea del Sole. Ma è anche più piccolo della Terra, e questo tenderebbe a diminuirlo. Considerati entrambi i fattori, risulta che

30 È solo un'ipotesi, perché se il centro del Sole fosse vicino alla Terra quanto il centro della Luna, la Terra si troverebbe molto sotto la superficie del Sole.

l'effetto di marea del Sole su Mercurio è 3,77 volte quello della Luna sulla Terra e solo 1/6 di quello della Terra sulla Luna. Quindi il Sole rallenta la rotazione di Mercurio più di quanto la Luna rallenti quella della Terra, ma meno di quanto la Terra rallenti quella della Luna. La rotazione di Mercurio dovrebbe essere lenta, ma non tanto da mostrare solo una faccia al Sole.

Nel 1890 Schiaparelli (che 13 anni prima aveva riferito sui canali di Marte) si applicò a osservare la superficie di Mercurio. È un'osservazione molto difficile: in genere Mercurio è più lontano da noi di Marte, poi mostra di solito solo una falce, mentre Marte è sempre pieno o quasi; infine, a differenza di Marte, si trova in genere così vicino alla luminosità del Sole da rendere molto difficile una visione soddisfacente. Comunque, dai confusi punti che Schiaparelli riuscì a individuare sulla superficie di Mercurio, dedusse che il pianeta aveva una rivoluzione di 88 giorni, e quindi volgeva una sola faccia al Sole.

Ma nel 1965 delle onde radar emesse dalla Terra rimbalzarono sulla superficie di Mercurio. E l'eco ricevuta sulla Terra raccontò una storia diversa. La lunghezza delle onde radar muta se colpisce un corpo che ruota e il mutamento varia con la velocità di rotazione. Dalla natura delle onde radar riflesse risulta che il periodo di rotazione di Mercurio è di 59 giorni, proprio 2/3 del suo periodo di rivoluzione. Anche questa è una situazione relativamente stabile, non stabile come se il periodo di rotazione fosse uguale a quello di rivoluzione, ma abbastanza da respingere ulteriori variazioni a causa dell'insufficiente effetto di marea del Sole.

Adesso possiamo tornare alla situazione immaginaria della Terra che gira attorno alla stella nana a una distanza di 300 000 chilometri dal suo centro. Questa distanza è solo 1/500 di quella che ci separa dal Sole, e anche tenendo conto che la massa della stella nana è solo 1/16 di quella del Sole, il suo effetto di narea sulla Terra sarebbe 150 000 volte maggiore di quello della Terra sulla Luna. Non c'è dubbio quindi che se la Terra fosse tanto vicina ad una stella nana da stare nella sua ecosfera, il potente effetto di marea della stella rallenterebbe la sua rotazione, e la porterebbe ben presto a volgere per sempre alla stella la stessa faccia.

Sulla faccia sempre rivolta alla stella la temperatura salirebbe oltre il punto di bollitura dell'acqua. Sulla faccia opposta la temperatura scenderebbe molto sotto il punto di congelamento dell'acqua. Non ci sarebbe acqua liquida su nessuna delle sue facce.

Sul confine tra i due emisferi si potrebbe forse immaginare una mite

«zona crepuscolare». E soltanto se l'orbita del pianeta fosse quasi circolare. Ma anche in questo caso è probabile che la temperatura della faccia calda lo sarebbe tanto da provocare una lenta perdita d'atmosfera, quindi il pianeta sarebbe senz'aria, e la zona crepuscolare non più abitabile delle altre due.

Più la stella che immaginiamo è grande, più ne sarà distante l'ecosfera. E un pianeta che si trovi nella sua ecosfera sarà soggetto a un effetto di marea sempre più debole. E se s'arriva a una stella abbastanza grande, l'effetto di marea non sarà più sufficiente a rendere il pianeta idoneo alla vita quale noi la conosciamo.

Perché un pianeta abbia un'ecosfera adatta alla vita la sua stella dovrebbe avere almeno un terzo della massa del Sole, cioè dovrebbe essere almeno di classe spettrale M2.

Inoltre l'effetto di marea non è l'unico problema delle stelle nane: l'ampiezza dell'ecosfera dipende dalla quantità di energia che la stella irradia. Una stella massiccia e luminosa ha un'ecosfera molto lontana e molto profonda, più profonda dell'intero sistema solare. Una stella nana ha un'ecosfera molto vicina e angusta. La possibilità che un pianeta si formi in uno spazio così piccolo è meno che minima.

Infine, le stelle più piccole delle M2 sono molto spesso «stelle *flare*» (stelle fiammeggianti). Cioè sulle loro superfici scoppiano periodicamente delle *flare,* vampe di gas eccezionalmente luminosi e caldi. Questo succede su tutte le stelle, anche sul nostro Sole. Ma sul Sole queste *flare* aumentano solo di una frazione piccola e tollerabile la normale produzione di luce e calore. Mentre su una debole stella nana le stesse *flare* l'aumenterebbero fino al 50 percento. Un pianeta che ricevesse da una stella nana una giusta quantità d'energia, nei momenti delle *flare* ne riceverebbe troppa. La stella svolgerebbe il suo ruolo d'incubatrice troppo irregolarmente per essere compatibile con la vita.

Effetto di marea, ecosfera angusta e *flare* periodiche giustificano tre volte l'esclusione definitiva delle stelle nane dal punto di vista dell'intelligenza extraterrestre.

Quelle giuste

Se le stelle con troppa massa-per essere idonee all'incubazione della vita - quelle più grandi delle F2 - sono una piccola parte di tutte le stelle, non è così per le stelle più piccole delle M2, che pure non sono idonee

all'incubazione della vita. Le stelle nane sono molto comuni. Più dei 2/3 delle stelje della nostra Galassia, e presumibilmente di tutte le galassie, sono troppo piccole per essere idonee alla vita.

Tra le classi spettrali F2 ed M2 sono comprese le stelle con una gamma di masse che va da 1,4 a 0,33 masse solari. All'estremo superiore di questa gamma la durata della vita delle stelle è a malapena sufficiente per dare all'intelligenza una ragionevole possibilità di evolversi. All'estremo inferiore un pianeta eviterebbe a fatica effetti di marea troppo gravi.

Ma in questa gamma ci sono le «stelle simili al Sole» che, restando immutate tutte le altre caratteristiche, sono idonee all'incubazione della vita. E anche se non costituiscono la maggioranza, non sono poche. È probabile che il 25 percento di tutte le stelle della Galassia siano abbastanza simili al Sole da essere idonee all'incubazione della vita.

E abbiamo così la terza cifra:

3 *Numero dei sistemi planetari della nostra Galassia che girano attorno a stelle simili al Sole: 75 miliardi.*

VIII
Pianeti come la Terra

Stelle binarie

Una stella può essere simile al Sole eppure non idonea all'incubazione della vita. Indipendentemente dalla sua massa e luminosità, può avere delle caratteristiche che impediscono a un pianeta simile alla Terra di girarle attorno.

Una stella può essere simile al Sole in ogni suo aspetto apparente eppure avere come compagno non un pianeta o un gruppo di pianeti, ma un'altra stella. La presenza di due stelle in stretta associazione può far cadere la possibilità di un pianeta simile alla Terra che giri attorno all'una o all'altra.

La possibilità di stelle multiple si rivelò agli astronomi solo circa due secoli fa. Dopo tutto il nostro Sole è una stella senza compagne, e si poteva pensare che questa situazione fosse naturale. Quando si capì che le stelle erano altri soli, si pensò che anch'esse fossero singole. Certo, nel cielo ci sono stelle vicine tra loro. Mizar per esempio, la stella di mezzo del timone del Grande Carro, ha una stella più debole, Alcor, molto vicina. Ma si credeva che queste «stelle doppie» fossero delle singole situate quasi sulla stessa linea dal punto di vista della Terra, ma a distanze molto varie. E nel

caso di Mizar e Alcor risultò vero.

Nel 1780 William Herschel cominciò a studiare sistematicamente le stelle doppie nella speranza che la più luminosa - e presumibilmente più vicina - potesse spostarsi leggermente e regolarmente rispetto alla più oscura - quindi più lontano. Questo moto avrebbe potuto riflettere quello della Terra attorno al Sole, ed essere la «parallasse» della stella, da cui si sarebbe potuta determinare la sua distanza. Una cosa mai fatta prima.

Herschel scoprì sì dei moti tra queste stelle, ma non del tipo che avrebbe indicato la presenza di una parallasse. Scoprì che certe stelle doppie giravano attorno a un mutuo centro di gravità. Erano stelle doppie vere e proprie, legate l'una all'altra dalla gravità: le «stelle binarie».

Nel 1802 Herschel poté annunciare l'esistenza di molte stelle binarie, e adesso sappiamo che sono molto comuni nell'universo. Tra le stelle luminose che ci sono familiari, ad esempio, Sirio, Capella, Procione, Castore, Spica, Antares e Alpha Centauri sono binarie.

Ma la gravità può tenere assieme più di due stelle. L'Alpha Centauri binaria - che chiamiamo Alpha Centauri A e Alpha Centauri B - ha una compagna molto lontana, l'Alpha Centauri C, a circa 1600 miliardi di chilometri dal centro di gravità delle prime due. La gravità può tenere assieme anche due sistemi di stelle binarie, e le due coppie girano allora attorno a un centro di gravità comune. Si conoscono sistemi formati da cinque e anche sei stelle.

Quando un sistema multiplo coinvolge più di due stelle, queste sono sempre disposte a coppie relativamente vicine, e a grande distanza da compagne singole o altre binarie.

Supponiamo che un pianeta giri attorno a una stella A che fa parte di un sistema binario. La stella B potrebbe essere abbastanza vicina da avere un'influenza notevole sul pianeta, potrebbe aggiungere le sue radiazioni a quelle della stella A in quantità e tempi diversi. Oppure la sua attrazione gravitazionale potrebbe introdurre irregolarità nell'orbita del pianeta, che potrebbe non esistere.

Se il sistema binario A-B fosse legato a una terza stella, o un'altra binaria, o sia a una stella che a una binaria, queste sarebbero così lontane da risultare semplici stelle del cielo, senza nessuna particolare influenza sullo sviluppo della vita sul pianeta.

Per quello che ci interessa in questo libro, parliamo soltanto delle binarie.

La loro esistenza non ha nulla di enigmatico.

Quando una nebulosa iniziale si condensa per formare un sistema planetario, uno dei pianeti può - è una possibilità della turbolenza - attrarre abbastanza massa da diventare una stella. Se nel corso dello sviluppo del nostro sistema solare Giove avesse accumulato 65 volte la sua massa, questa perdita non avrebbe avuto significato per il Sole, che avrebbe più o meno lo stesso aspetto di ora, mentre Giove sarebbe una scura «nana rossa». E il Sole farebbe parte di un sistema binario.

La nebulosa originaria potrebbe anche condensarsi in misura più o meno uguale attorno ai due centri e formare stelle di massa più o meno eguale, ciascuna più piccola del Sole, come nel sistema binario 61 Cygni, o approssimativamente eguali al Sole, come Alpha Centauri, o più grande del Sole, come Capella.

Le due stelle, se sono di masse diverse, potrebbero avere storie radicalmente diverse. Quella con più massa potrebbe lasciare la sequenza principale, espandersi in una gigante rossa e poi esplodere. I suoi residui si condenserebbero in una stella piccola e densa, mentre la campagna, di minore massa, resterebbe nella sequenza principale. Sirio, come Procione, ha come compagna una nana bianca, relitto piccolo e denso di una stella esplosa.

Il numero totale di binarie della Galassia - e presumibilmente dell'universo in genere - è altissimo. Nei quasi due secoli trascorsi dalla loro scoperta, la stima del loro numero è andata sempre aumentando. Al momento, giudicando dagli esempi delle stelle abbastanza vicine perché si possano esaminare in dettaglio, sembrerebbe che dal 50 al 70 percento di tutte le stelle facciano parte di un sistema binario. Per usare qualche cifra precisa prendiamo la via di mezzo. E diciamo che il 60 percento di tutte le stelle, e quindi anche di quelle simili al Sole, fanno parte di un sistema binario.

Se ammettiamo che ogni stella simile al Sole possa formare una binaria con una stella di qualunque massa, potremmo, tenendo conto delle proporzioni delle stelle delle varie masse, azzardare una ragionevole suddivisione dei 75 miliardi di stelle simili al Sole presenti nella Galassia:

30 miliardi (40 percento) sono singole,

25 miliardi (33 percento) formano una binaria con una stella nana,

18 miliardi (24 percento) formano binarie tra loro, 2 miliardi (3 percento) formano una binaria con una stella gigante.

E adesso dovremmo eliminare 45 miliardi di stelle simili al Sole coinvolte in sistemi binari come non idonee all'incubazione della vita?

Intanto sembra che possiamo eliminare 2 miliardi di stelle simili al Sole

che formano binarie con stelle giganti. La stella compagna esploderebbe in una supernova molto prima che quella simile al Sole raggiunga un'età che permetta al suo pianeta di sviluppare un'intelligenza. E il calore e la radiazione di una supernova vicina sarebbe tale da distruggere qualunque vita già esistente su un pianeta.

E gli altri 43 miliardi di stelle simili al Sole che fanno parte di sistemi binari?

Prima di tutto bisogna chiedersi se un sistema binario possa avere dei pianeti.

Potremmo pensare che se una nebulosa si condensa in due stelle, queste raccoglieranno due volte più frammenti. La ma teria planetaria che sfuggisse a una verrebbe raccolta dall'altra, e quindi si finirebbe per avere due stelle e nessun pianeta.

Che le cose non vadano necessariamente così è dimostrato dalla stella 61 Cygni, la prima di cui, nel 1838, venne calcolata la distanza dalla Terra, 11,1 anni luce.

La 61 Cygni, come ho già detto, è una stella binaria. Le due stelle componenti, 61 Cygni A e 61 Cygni B, sono separate, viste dalla Terra, da 29 secondi d'arco (circa 1/64 dell'ampiezza della Luna piena).

Entrambe le stelle componenti sono più piccole del Sole, ma abbastanza grandi da essere simili al Sole. La 61 Cygni A ha circa 0,6 masse solari, e la 61 Cygni B circa 0,5. La prima ha un diametro di 950 000 chilometri circa, e la seconda di 900 000. Sono separate da una distanza media di 12 miliardi e 400 milioni di chilometri circa, poco più del doppio della distanza media tra il Sole e Plutone, e girano attorno al loro mutuo centro di gravità in 720 anni.

Immaginiamo che il pianeta Terra giri attorno a una delle stelle 61 Cygni alla stessa distanza cui gira attorno al Sole. L'altra 61 Cygni apparirebbe in momenti diversi nel cielo notturno come un oggetto stellare luminoso; non si vedrebbe il suo disco, non farebbe arrivare sulla Terra una quantità significativa di radiazioni e non produrrebbe interferenze gravitazionali rilevanti.

Nulla vieta di immaginare che ciascuna delle stelle 61 Cygni abbia un sistema planetario esteso quasi quanto quello del Sole, e senza che uno interferisca con l'altro.[31]

31 Se la Terra fosse lontana da una delle due 61 Cygni quanto è lontana dal Sole si troverebbe in una perenne era glaciale. Tutto andrebbe benissimo se la distanza fosse invece quella che c'è tra Venere e il Sole.

E in questo caso specifico non siamo costretti a limitarci alla mera speculazione. Il primo oggetto planetario attorno a un'altra stella di cui si sia mai avuta qualche prova è connesso proprio alla 61 Cygni. Il variare di tipo oscillatorio della distanza tra le due stelle nel loro girarsi attorno ha fatto dedurre la presenza di un altro corpo, 61 Cygni C. Dall'ampiezza dell'oscillazione si è pensato che si trattasse di un pianeta di massa otto volte superiore a quella di Giove.

Gli astronomi sovietici dall'osservatorio Pulkovo, vicino a Leningrado, hanno studiato attentamente le orbite delle stelle 61 Cygni, hanno misurato le irregolarità dell'osservazione e nel 1977 hanno avanzato l'ipotesi dell'esistenza di *tre* pianeti. Secondo loro la 61 Cygni A ha due grandi pianeti, rispettivamente di sei e dodici masse gioviane, e la 61 Cygni B un grande pianeta di sette masse gioviane.

Si tratta di osservazioni davvero al limite. Le variazioni nel moto delle stelle 61 Cygni sono minime e appena avvertibili, ed è fin troppo probabile che siano state prodotte da insignificanti errori di misura e interpretazione.

Comunque, finché non avremo qualcosa di meglio, queste osservazioni significano, per quello che valgono, che entrambe le stelle di un sistema binario (stelle simili al Sole) hanno dei pianeti, dei grandi pianeti. E se esistono dei grandi pianeti non è difficile supporre che esista una lunga serie di pianeti più piccoli, di satelliti, asteroidi e comete tutti troppo piccoli per lasciare segni avvertibili sull'oscillazione.

Naturalmente le stelle di alcuni sistemi binari sono più vicine tra loro di quanto lo siano le stelle di 61 Cygni.

Prendiamo le due stelle del sistema binario Alpha Centauri. Alpha Centauri A ha 1,08 masse solari e Alpha Centauri B 0,87. La distanza media tra le due stelle è di 3 miliardi e 500 milioni di chilometri. Ma le loro orbite attorno al centro di gravità sono ellittiche, quindi a tratti sono molto più vicine o molto più lontane. La distanza massima è di 5 miliardi 300 milioni di chilometri, e la minima di un miliardo e 700 milioni di chilometri.

Immaginiamo che Alpha Centauri B giri attorno al nostro Sole esattamente come gira attorno ad Alpha Centauri A. Se disegnamo l'orbita di Alpha Centauri B rispetto al Sole otteniamo una traiettoria ellittica che nel punto di massimo allontanamento dal Sole la porta ben oltre l'orbita di Nettuno e nel punto di massimo avvicinamento quasi nell'orbita di Saturno.

In queste condizioni nessuna delle due stelle potrebbe avere un sistema planetario molto esteso del tipo di quello solare. I pianeti alla distanza di

Giove o degli altri giganti subirebbero, girando attorno a una delle due stelle, l'interferenza dell'influenza gravitazionale dell'altra, e avrebbero orbite instabili.

Ma potrebbe ancora esistere un sistema planetario interno. Se Alpha Centauri B girasse attorno al Sole come gira attorno ad Alpha Centauri A, noi sulla Terra non ci accorgeremmo quasi della differenza a occhi chiusi. Alpha Centauri B sarebbe un oggetto stellare luminoso nel cielo: nel punto di massimo avvicinamento sarebbe 5000 volte più luminoso della Luna piena e un centesimo del Sole. Aumenterebbe il calore che riceviamo dal Sole dallo 0,1 all'uno percento - a un livello vivibile - a seconda della parte dell'orbita in cui si trova. L'orbita terrestre non subirebbe influenze gravitazionali di nessun rilievo.

Quindi Alpha Centauri B potrebbe avere un sistema planetario interno. Un pianeta che girasse nella sua ecosfera (che naturalmente le sarebbe più vicina di quanto quelle di Alpha Centauri A o del Sole lo siano alle loro stelle) non subirebbe nessuna seria interferenza dalla sua compagna maggiore.

Come nel caso del sistema 61 Cygni, sia Alpha Centauri A sia Alpha Centauri B avrebbero quella che potremmo chiamare una «ecosfera utile», nella quale un pianeta simile alla Terra potrebbe orbitare senza serie interferenze né di radiazioni né di gravitazione dalla stella compagna. Robert S. Harrington, dell'U.S. Naval Observatory, ha riferito nel 1978 i risultati di studi sulle orbite attorno a stelle binarie, compiuti con computers ad alta velocità.

Quando una stella simile al Sole fa parte di un sistema binario, se la distanza tra le due stelle è almeno 3,5 volte quella dell'ecosfera dalla stella simile al Sole, l'ecosfera è utile. Nel caso del nostro sistema solare questo significa che il Sole potrebbe avere una compagna a una distanza pari a quella del pianeta Giove senza interferire gravitazionalmente con la Terra. Se la compagna fosse un po' meno luminosa di Alpha Centauri B, non avrebbe un'influenza significativa sulla Terra nemmeno dal punto di vista delle radiazioni.

Ci sono sistemi binari con stelle anche più vicine l'una all'altra di quelle di Alpha Centauri. Le due stelle del sistema binario Capella distano fra loro solo 84 milioni di chilometri, meno della distanza tra Venere e il Sole.

Nessuna stella di coppie del genere potrebbe avere un sistema planetario in senso solare. Le orbite dei pianeti dell'una subirebbero l'influenza gravitazionale dell'altra e non sarebbero stabili.

Ma se un pianeta fosse abbastanza lontano non girerebbe attorno all'una o all'altra ma al loro centro di gravità. E tratterebbe gravitazionalmente le due stelle come un unico oggetto della forma di un manubrio da ginnastica.

Harrington stima che un pianeta con una distanza dal centro di gravità del sistema binario di almeno 3,5 volte quella tra le due stelle, avrebbe un'orbita stabile. Nel caso del sistema Capella, per avere un'orbita stabile il pianeta dovrebbe essere distante dal centro di gravità di almeno 300 milioni di chilometri.

In un sistema binario stretto, in cui la coppia di stelle avesse la luminosità totale adeguata, un'orbita così esterna potrebbe benissimo essere interna all'ecosfera delle due stelle prese insieme. È un altro modo in cui un sistema binario potrebbe avere un'ecosfera utile.

Ci sono coppie di stelle che girano una attorno all'altra così vicine che i migliori telescopi non riescono a coglierle separatamente. A rivelarle come coppie è lo spettroscopio, dove le righe scure dello spettro si sdoppiano, si ricongiungono, si sdoppiano, si ricongiungono, e così via, in continuazione. La spiegazione più semplice è che ci siano due stelle molto vicine che girano una attorno all'altra, di modo che quando una s'allontana da noi l'altra s'avvicina. Cioè, mentre una produce uno spostamento verso il rosso, l'altra produce uno spostamento verso il violetto, e le righe si sdoppiano. È lo stesso principio che fa allargare le righe di una stella in rotazione. La rivoluzione di due stelle è più veloce della rotazione di una, cosicché nel secondo caso l'allargamento arriva al punto di formare due righe separate.

La prima «binaria spettroscopica» fu scoperta nel 1889 in Mizar dall'astronomo americano Edward Charles Pickering (1846-1919), che rilevò lo sdoppiarsi delle righe del suo spettro. Le stelle componenti di Mizar distano tra loro 160 milioni di chilometri, una distanza maggiore di quella che separa le stelle del sistema Capella. È la grande lontananza dalla Terra che impedisce di vedere Mizar al telescopio come una coppia.

Le stelle componenti alcune binarie spettroscopiche sono molto più vicine l'una all'altra. Arrivano fino a un milione di chilometri, quasi a toccarsi, compiendo un giro completo attorno al centro di gravità in un paio d'ore.

Se al posto del Sole ci fossero due stelle, ciascuna luminosa metà del Sole, e separate da meno di 42 700 000 chilometri - un po' meno della distanza tra il Sole e Mercurio - la Terra rimarrebbe stabilmente nella sua orbita. I pianeti alla distanza di Mercurio e Venere non potrebbero mantenere

un'orbita stabile, ma la Terra sì.

La massa globale delle due stelle sarebbe naturalmente maggiore di quella del Sole, e la rivoluzione della Terra durerebbe molto meno di un anno. Inoltre, con due stelle separate a distanze mutevoli, le stagioni terrestri avrebbero variazioni più complicate, forse, di oggi. Ma nessuno di questi due fattori renderebbe la Terra inidonea alla vita.

Allora, quante stelle simili al Sole della nostra Galassia hanno ecosfere utili?

Prima di tutto, possiamo tranquillamente calcolare che tutte le stelle singole simili al Sole hanno ecosfere utili, e questo significa 30 miliardi di stelle.

Dei sistemi binari abbiamo eliminato tutte le stelle simili al Sole che hanno come compagna una stella gigante (o una stella piccola e densa che è il relitto contratto e condensato d'una stella gigante esplosa).

Dei 18 miliardi di stelle simili al Sole in associazione binaria con un'altra stella possiamo calcolare, mantenendoci prudenti, che solo un terzo abbia ecosfere utili. Il che significa sei miliardi di stelle. Come mera congettura - non di più - direi che in quattro miliardi di binarie composte di due stelle simili al Sole, solo la più grande ha un'ecosfera utile, e in un miliardo di binarie dello stesso tipo tutt'e due.

Restano le binarie con una stella simile al Sole e una stella nana. Abbiamo detto che nella Galassia ce ne sono in tutto 25 miliardi. Una stella nana è molto meno suscettibile d'interferire con gravitazione o radiazioni su un sistema planetario di una stella più grande. Facendo ancora un calcolo prudente possiamo dire che due terzi di queste stelle simili al Sole hanno ecosfere utili; il che significa, approssimativamente, 16 miliardi di stelle.

Ed ecco la nostra quarta cifra:

4 *Numero di stelle simili al Sole della nostra Galassia che hanno un'ecosfera utile: 52 miliardi.*

Popolazioni stellari

Ma non è finita. Anche se una stella simile al Sole ha un'ecosfera utile, può essere impossibile per un pianeta simile alla Terra girarle all'interno. Le stelle differiscono non solo per massa, luminosità e stato di associazione, ma anche per composizione chimica.

Sembra che quando l'universo si formò, circa 15 miliardi di anni fa, la materia, espansa dall'esplosione di una massa centrale, fosse composta

quasi interamente di idrogeno, l'elemento più semplice, con una piccola aggiunta di una bassa percentuale di elio, il secondo elemento più semplice. Non c'era praticamente nessun elemento più pesante.

Questa materia primordiale, che formava una massa di gas delle dimensioni dell'universo, si scisse in parti turbolente, ognuna della dimensione d'una galassia. Da queste protogalassie, si formarono le stelle delle varie galassie.

Se continuiamo a concentrare le masse di gas della dimensione di una galassia, le regioni centrali diventano più dense di quelle esterne. E il loro gas si scinde in modo pressoché uniforme in masse delle dimensioni di stelle piccole, masse così accalcate che nessuna ha più possibilità di un'altra di raccogliere la sua parte. Il risultato è la formazione di moltissime stelle, tutte piccole e medie, e praticamente nessuna gigante. Ma, soprattutto, quasi tutto il gas viene raccolto da qualche stella, e quindi le regioni interstellari del centro galattico finiscono per rimanere quasi prive di gas.

Queste stelle, caratteristiche delle regioni centrali di una galassia, si chiamano «Popolazione II».

Le regioni mediamente distanti dal centro non hanno abbastanza gas per formare un addensamento di stelle stabile e continuo. Ma il gas si squarcia in un paio di centinaia di sacche di densità più piccole, e da ognuna di queste si forma un gruppo chiuso composto da diecimila a un milione di stelle circa. In questo modo si forma un «ammasso globulare». Gli ammassi globulari sono disposti a guscio sferico attorno al centro galattico, non contengono praticamente polvere, e le stelle che li compongono sono anch'esse di Popolazione II.

Le stelle di Popolazione II, non bisogna dimenticarlo, si sono formate da un gas composto in massima parte di idrogeno con una minima aggiunta di elio, e praticamente nient'altro. I sistemi planetari formatisi attorno a queste stelle devono essere costituiti da pianeti della stessa struttura fisica. Gli eventuali pianeti delle stelle Popolazione II avrebbero una composizione piuttosto simile a quella di Giove e Saturno, senza però la loro miscela di ghiaccio, acqua, ammoniaca, metano, eccetera.

Nei sistemi planetari non ci sarebbero oggetti piccoli; la loro attrazione gravitazionale non sarebbe sufficiente a trattenere l'idrogeno e l'elio. Né ci sarebbe vita. Perché la vita (quale-la-conosciamo) richiede elementi come il carbonio, l'ossigeno, l'azoto e lo zolfo, che mancherebbero quasi del tutto nei sistemi planetari Popolazione II.

Naturalmente, con l'andar del tempo, gli elementi più pesanti si forma-

no. Mentre ogni stella Popolazione II brucia un miliardo di anni dopo l'altro, le fusioni formano nel suo nucleo elementi pesanti, compresi in particolare quelli necessari alla vita.

Finché però restano nel nucleo, questi elementi non servono a produrre la vita.

Ma prima o poi una stella lascia la sequenza principale e si espande fino al collasso. Se è piccola, se non supera di molto la dimensione del Sole, il collasso non s'accompagna a un'esplosione, e nasce una nana bianca. Nel collasso, tuttavia, si salva fino a un quinto della massa della stella come nube di gas attorno alla nana bianca. Il risultato è una cosiddetta «nebulosa planetaria». Il guscio di gas in espansione si diffonde lentamente nello spazio fino a diventare troppo rarefatto per essere individuato visivamente, e si lascia alle spalle una nana bianca spoglia.

Se una stella supera le 1,4 masse solari, collassando esplode. Più la stella ha massa, più violenta è l'esplosione. Una simile supernova può soffiare nello spazio come vortici di gas i 9/10 della massa di una stella.

Il gas che si diffonde nello spazio, sia prodotto da una nebulosa planetaria sia da una supernova, contiene percentuali apprezzabili degli elementi più complicati. Il processo di esplosione supernovale produce in particolare gli elementi realmente complessi che non si formano nel centro di stelle che maturino tranquillamente nella sequenza principale. Nel centro di queste stelle non si produce nulla aldilà del ferro, mentre nell'episodio a paragone breve dell'esplosione supernova si producono elementi fino all'uranio e oltre.

Ma le stelle Popolazione II non hanno molta massa e, contenendo un'alta percentuale d'idrogeno, restano nella sequenza principale a lungo; pur essendo passati 15 miliardi di anni dal *Big Bang,* cioè dalla formazione dell'universo, sono ancora quasi tutte nella sequenza principale, con gli elementi pesanti chiusi nei loro nuclei.

Da tutto ciò potremmo dedurre che i centri delle Galassie siano posti tranquilli e monotoni, ma sbaglieremmo.

Nel 1963 furono scoperti i quasar. Sono oggetti di tipo stellare, e al momento si pensò che fossero stelle deboli della nostra Galassia. Risultò poi che erano lontani più di un miliardo di anni luce, più di qualunque galassia visibile. Se si riusciva a vederli a simili distanze, dovevano brillare con la luminosità di cento galassie normali. Eppure sono oggetti piccoli, larghi al massimo uno o due anni luce, mentre le normali galassie hanno diametri di molte migliaia di anni luce.

L'evidenza sembra ora dar ragione all'ipotesi che i quasar siano luminosi centro galattici, cinti naturalmente dalla struttura esterna di una galassia normale. Alle enormi distanze dei quasar è visibile solo il centro luminoso.

La domanda è: cosa fa brillare così un centro galattico?

Sembra che questi siano spesso sedi di eventi violenti. Alcuni esplodono visibilmente; altri emettono grandi flussi di onde radio da sorgenti su entrambi i lati del centro, come se un'esplosione avesse proiettato materia in direzione opposta.

Tutti i centri galattici sono luminosi; alcuni lo sono più di altri. Se guardiamo galassie sempre più lontane, raggiungiamo un punto in cui riusciamo a vedere solo i centri galattici luminosi, e alla fine solo i più luminosi dei centri galattici, i quasar.

Cosa succede perché le tranquille stelle Popolazione II diano inizio a una tale violenza?

Se fossero lasciate a se stesse non accadrebbe nulla, ma questo non accade. Negli affollati dintorni dei centri galattici, le stelle sono un milione di volte più fitte che nelle nostre periferie galattiche. Al centro galattico le stelle possono essere separate da distanze medie di appena 70 miliardi di chilometri, dieci volte la distanza tra il Sole e Plutone.

È facile che in queste condizioni di affollamento le collisioni e le quasi collisioni siano frequenti. Dal passaggio e dalla cattura di masse possono formarsi stelle di enorme massa che in breve esplodono con una forza che provoca una vera e propria reazione a catena di esplosioni e porta alla formazione dei «buchi neri»: il massimo delle condensazioni stellari. (A questo proposito vedi il citato *Il collasso dell'universo*).

Un buco nero è materia all'ultimo stadio di densità e ha alla sua superficie un campo gravitazionale così intenso che nulla può sfuggirne, nemmeno la luce.

Se un buco nero si forma circondato da materia di tutti i tipi (come avviene nei centri galattici) questa si muove costantemente a spirale dentro di esso, e nel processo emette raggi X e altre radiazioni energetiche. Il buco nero guadagna massa e può diventare abbastanza grande da inghiottire intere stelle.

Proprio al centro della nostra Galassia c'è una forte sorgente di radiazione; può benissimo darsi che ci sia un buco nero, della massa di cento milioni di stelle. Nel 1978 è stato annunciato che la Galassia gigante M87 ha molto probabilmente un buco nero al centro della massa di 10 miliardi

di stelle. È anche possibile che ogni galassia e ogni ammasso globulare abbia un buco nero al centro.

Simili fatti violenti ai centri delle galassie possono produrre gli atomi di grande massa degli elementi complessi e diffonderli nello spazio, ma a cosa servirebbero? Questi fenomeni sono i luoghi di emissione di enormi quantità di radiazioni energetiche, e per molti anni luce in tutte le direzioni la vita (quale-noi-la-conosciamo) dovrebbe quindi essere impossibile.

Perciò le regioni Popolazione II sono doppiamente inidonee alla vita, per composizione chimica e per radiazione energetica.

Passiamo ora alle periferie delle galassie, regioni che la violenza e le radiazioni del centro non raggiungono.

Qui il gas primordiale era relativamente rarefatto e irregolarmente distribuito. Per questo le stelle si sono formate in modo irregolare e si sono avute normalmente stelle giganti in quantità probabilmente impossibile al centro. (Naturalmente si sono formate anche molte stelle medie e piccole.)

Le stelle delle periferie delle galassie, ricche di giganti e sparse irregolarmente su volumi di spazi molto superiori a quelle delle regioni centrali, vengono chiamate «Popolazione I».[32] Il fatto più importante è che alle periferie c'erano zone in cui il gas era troppo rarefatto per condensarsi facilmente. Quindi le regioni galattiche Popolazione I esterne sono tuttora ricche di nubi di gas e polvere.

Le stelle Popolazione I originarie erano composte interamente di idrogeno ed elio, come le Popolazione II. Ma con questa differenza: le stelle giganti che si sono formate alle periferie galattiche non sono rimaste nella sequenza principale a lungo. Solo poche centinaia di migliaia di anni quelle davvero colossali, pochi milioni di anni quelle appena appena enormi, un miliardo di anni quelle semplicemente giganti.

E quando hanno lasciato la sequenza principale si sono espanse sino al collasso, esplodendo in supernovae di inimmaginabile violenza. E vasti volumi di gas contenenti rilevanti quantità di elementi complessi si sono sparsi nello spazio aggiungendosi alle nubi di gas non condensato già presenti.

Esplosioni del genere sono frequenti nelle regioni esterne delle galassie, ma le stelle sono così separate l'una dall'altra che le supernovae hanno effetti al massimo solo sulle loro immediate vicine.

Da quando si è formata, nelle periferie della nostra Galassia sono avve-

32 Godono della «I» classificazione perché le stelle della nostra regione della Galassia sono di questo tipo.

nute forse 500 milioni di esplosioni di supernovae, che hanno enormemente arricchito lo spazio di elementi complessi, e aumentata la densità delle nubi di gas e polvere preesistenti. La forza esterna dell'esplosione può anche essere servita a creare in vicine nubi di gas, vortici e compressioni che poi hanno portato alla formazione di una nuova stella o di interi gruppi di nuove stelle.

Le nuove stelle che si formano da nubi di gas contenenti elementi prodotti da una stella più vecchia, e da questa distribuiti nella sua agonia, si chiamano «stelle della seconda generazione». Il Sole, formatosi solo 5 miliardi di anni fa, quando la Galassia aveva già 10 miliardi di anni e centinaia di milioni di stelle erano già morte, è una stella della seconda generazione.

Le nubi da cui si sono formate le stelle della seconda generazione contengono gli elementi da cui si sono formati i ghiacci, le rocce e i metalli, e quindi possono produrre sistemi pla-netari simili al sistema solare.

Se cerchiamo stelle simili al Sole capaci di fare da incubatrici alla vita, dobbiamo quindi eliminare le stelle Popolazione II e anche molte Popolazione I. Possiamo prendere in considerazione solo le stelle Popolazione I della seconda generazione.

Le stelle Popolazione II sono confinate in una piccola porzione del volume totale delle galassie, solo nelle regioni centrali compatte e nei quasi altrettanto compatti ammassi globulari. Le aperte distese delle regioni esterne sono il dominio delle stelle Popolazione I.

Ma la realtà è diversa da come suona. L'80 percento circa delle stelle delle Galassie si trovano nelle compatte regioni centrali e negli ammassi globulari.

Inoltre possiamo stimare che solo la metà del 20 percento di stelle che si trovano nelle regioni Popolazione I sono stelle di seconda generazione. Questo significa che solo il 10 percento di tutte le stelle simili al Sole che hanno ecosfere utili sono stelle Popolazione I di seconda generazione, e potrebbero avere dei pianeti simili alla Terra.

Questo ci fornisce una quinta cifra:

5 *Numero di stelle simili al Sole, Popolazione I, di seconda generazione, con ecosfera utile, della nostra Galassia: 5 miliardi 200 milioni.*

L'ecosfera

Anche se una stella è un'incubatrice perfetta, anche se è il duplicato

esatto del Sole sotto ogni aspetto, non è ancora sufficiente. Quello che occorre non è soltanto un'incubatrice, ma anche qualcosa da mettere in incubazione. Insomma, dev'esserci un pianeta che possa sviluppare la vita ai benefici raggi della stella cui gira attorno.

Certo, abbiamo detto che praticamente ogni stella ha il suo sistema planetario, cosicché nella nostra Galassia ci sono 5 miliardi 200 milioni di stelle simili al Sole, Popolazione I, di seconda generazione, che hanno pianeti: ma dove sono questi pianeti?

Anche se una stella fosse un'incubatrice perfetta, alcuni suoi pianeti potrebbero esserle troppo vicini, e quindi troppo caldi per la vita, mentre altri potrebbero esserle troppo lontani, e quindi troppo freddi. Nell'ecosfera della stella, dove potrebbe esistere acqua liquida, potrebbe non esserci alcun pianeta.

Che possibilità ci sono che una stella abbia almeno un pianeta nella sua ecosfera? I nostri tentativi di fare qualche valutazione a questo proposito sono gravemente ostacolati dal fatto che conosciamo in dettaglio un solo sistema planetario, il nostro. E, soprattutto, a tutt'oggi non abbiamo modo per ottenere dettagli utili su altri sistemi planetari.

I pochi pianeti ruotanti attorno a stelle vicine che forse abbiamo individuati sono tutti della dimensione di Giove, o superiori.

Questi giganti sono per ora gli unici pianeti che abbiamo la possibilità di individuare, e solo con grande difficoltà e molta incertezza. È impossibile dire se nell'ecosfera di tali stelle ci siano davvero pianeti più vicini alla stella e abbastanza piccoli da essere simili alla Terra.

Non possiamo che tornare all'unica certezza che abbiamo, il nostro sistema planetario. Potrebbe anche essere una struttura strana e del tutto atipica, semplicemente non adatta a servire da modello, ma non abbiamo nessuna ragione per pensarlo, e siamo tentati di seguire il principio di mediетà, di supporre che il sistema planetario in cui ci troviamo sia tipico e possa essere usato come modello.

C'è qualche speranza che non sia proprio un nostro pregiudizio, o un pensiero dettato dal desiderio? L'astronomo americano Stephen H. Dole lo ha controllato, per quanto possibile, al computer. Partendo da una nube di polvere e gas della massa e della densità di cui si pensa fosse quella che diede origine al sistema solare, ha inserito le richieste di moto casuale, di aggregazione per collisione, di effetti gravitazionali, e così via. Il computer ha calcolato i risultati.

Tenendo conto dei diversi eventi accidentali, è sempre uscito un siste-

ma planetario molto simile al nostro. Formato da 7 a 14 pianeti, con pianeti piccoli vicini al Sole, pianeti grandi più lontani, e di nuovo pianeti piccoli ancora più lontani. In quasi ogni esempio c'era un pianeta di massa più o meno simile alla Terra, più o meno alla stessa distanza dal Sole, pianeti di massa molto simile a Giove a una distanza molto simile a quella di Giove dal Sole.

In realtà, se si inserisce un diagramma del sistema solare reale nelle varie simulazioni del computer, non è facile distinguere poi il vero dal simulato.

È difficile dire quanta importanza si possa attribuire a queste simulazioni, ma per quello che valgono danno una vernice di verità al principio di medietà, almeno a questo riguardo.

Se studiarne il nostro sistema planetario supponendo che sia tipico, vediamo che i pianeti si muovono in orbite quasi circolari molto spaziate, e che l'orbita di uno non si sovrappone a quella più interna o più esterna di un altro.

E questo ha un senso, perché orbite ravvicinate si rivelerebbero alla lunga instabili. Tra collisioni e interazioni gravitazionali i mondi si troverebbero a darsi gomitate fin dall'inizio della storia del sistema planetario.

Questo significa che è del tutto improbabile che nell'ecosfera di una stella simile al Sole siano stipati molti mondi. È improbabile che l'ecosfera sia abbastanza profonda per questo. Possiamo immaginare che, terminata la fase delle gomitate con cui i pianeti si sono spinti in disparte, nell'ecosfera non rimanga più di un pianeta, o due se si tratta di un pianeta doppio del tipo Terra-Luna.

Come funziona questa ipotesi nel caso del nostro sistema planetario?

La Terra è evidentemente dentro l'ecosfera del Sole. Altrimenti non potremmo essere qui a discuterne.

Ancora una generazione fa si pensava che l'ecosfera fosse profonda almeno 100 milioni di chilometri; era opinione diffusa che anche se Venere poteva essere spiacevolmente caldo e Marte spiacevolmente freddo, nessuno dei due aveva condizioni ambientali così eccessive da vietare la presenza della vita.

Non è così. Venere ha subito un effetto serra galoppante, ed è troppo caldo per la vita. Marte si trova forse in una perenne era glaciale, ed è troppo freddo per la vita. In entrambi i casi la causa che li ha spinti in una direzione o nell'altra potrebbe essere una causa minore. Se la Terra fosse un po' più calda - cioè un po' più vicina al Sole - potrebbe iniziare un

effetto serra che ne stimolerebbe un altro ancora più intenso, e così via, irrimediabilmente. Se al contrario la Terra fosse un po' più fredda - cioè un po' più lontana dal Sole - potrebbe iniziare un'era glaciale che ne stimolerebbe una ancora più intensa, e così via, irrimediabilmente. In entrambi i casi un circolo vizioso renderebbe inabitabile un pianeta altrimenti idoneo alla vita.

Se le cose stanno così l'ecosfera del Sole è forse più stretta di quanto si pensi. Infatti nel 1978 Michael Hart della NASA simulò al computer la storia passata della Terra, e se le sue ipotesi di partenza e la sua programmazione del computer sono corrette, si direbbe che la Terra, in una certa fase della sua storia, sia sfuggita di stretta misura a un effetto serra galoppante, e in un'altra fase altrettanto di stretta misura a un'era glaciale galoppante. Un po' più vicina o un po' più lontana dal Sole, e la Terra sarebbe stata preda di una o dell'altra.

Dai calcoli di Hart si direbbe che l'ecosfera del Sole sia solo di 10 milioni di chilometri; che la Terra si sia trovata a starci dentro sembra quindi solo una fortunatissima coincidenza.

Allora, cosa possiamo dire? Se l'ecosfera è profonda - anche se non tanto da includere Venere o Marte -, la simulazione al computer dei sistemi planetari di Dole da praticamente per certo che vi si formi da qualche parte un pianeta. La probabilità sarebbe approssimativamente di 1.

D'altro canto, se la simulazione al computer della storia passata della Terra fatta da Hart è precisa, è molto probabile che nell'ecosfera non si formino affatto pianeti, e che i pianeti vicini alle stelle siano simili a Venere o a Marte, e solo in rarissimi casi simili alla Terra. La probabilità che nell'ecosfera ci sia un pianeta sarebbe vicina a 0.

I risultati delle simulazioni al computer sono ancora troppo recenti e, forse, ancora troppo sommari per permetterci di propendere con assoluta certezza per la soluzione ottimistica o pessimistica. La cosa migliore potrebbe essere tagliare la differenza a metà e supporre che la probabilità di un pianeta all'interno nell'ecosfera sia vicina a 0,5, cioè uno su due.

E questo ci da la nostra sesta cifra:

6 *Numero di stelle Popolazione I di seconda generazione della Galassia con un'ecosfera utile al cui interno giri un pianeta = 2 miliardi 600 milioni.*

Abitabilità

La semplice presenza di un pianeta nell'ecosfera non significa che sia idoneo alla vita, cioè che sia abitabile.

Di questo non abbiamo bisogno di cercare la prova oltre il nostro sistema solare. La Terra è l'unico pianeta del sistema solare chiaramente all'interno dell'ecosfera della stella cui gira attorno. Ma la nostra definizione di «pianeta» dissimula il fatto che esattamente nella stessa ecosfera ci sono *due* mondi.

La Luna non è un pianeta in senso stretto, perché gira attorno alla Terra - o piuttosto al centro di gravità Terra-Luna cui gira attorno anche la Terra - ma è un mondo. E, soprattutto, è un mondo stabilmente interno all'ecosfera come la Terra; eppure non è abitabile.[33]

La Luna è troppo poco massiccia per essere abitabile; la sua scarsa massa le impedisce di trattenere un'atmosfera o dell'acqua liquida. Allora, cosa possiamo dire delle masse dei pianeti?

Come ho già detto, nel caso delle stelle Popolazione II, le uniche materie planetarie sono l'idrogeno e l'elio, e quindi gli unici pianeti possibili dovrebbero essere giganti, con masse pari a quella di Urano, o superiori. Un pianeta più piccolo non avrebbe l'intensità gravitazionale per trattenere l'idrogeno e l'elio.

Le stelle Popolazione I, le uniche che stimiamo idonee quali incubatrici di vita, mettono a disposizione come materie strutturali, oltre all'idrogeno e all'elio, metalli, rocce e ghiacci. Anche qui, solo pianeti giganti possono usare idrogeno ed elio, e sono pianeti giganti proprio perché lo possono.

Ma nel caso delle stelle Popolazione I, coi metalli, le rocce e i ghiacci possono formarsi mondi più piccoli di tutte le dimensioni, che si terranno assieme con forze diverse da quella gravitazionale.

Quanto possono essere grandi questi mondi?

Non molto; anche nelle stelle Popolazione I di seconda generazione le materie diverse dall'idrogeno e dall'elio sono piuttosto scarse e non possono formare grandi mondi. E se potessero raccoglierebbero a poco a poco idrogeno ed elio e diventerebbero mondi giganti.

Dalle simulazioni al computer della formazione planetaria di Dole ri-

33 Giudichiamo l'abitabilità di un mondo dal fatto che la vita vi si possa originare e mantenere indipendentemente da altri mondi. Se gli esseri umani arrivassero a stabilire una base sulla Luna, questo andrebbe a credito non dell'abitabilità della Luna, ma dell'ingegno e della tecnologia umana.

sulta chiaro che dentro l'ecosfera di stelle simili al Sole si formeranno solo pianeti relativamente piccoli, non giganti.

Ma quanto può essere grande e quale massa avrà un pianeta non gigante?

Se escludiamo i quattro pianeti giganti del sistema solare - e naturalmente il Sole - il corpo più grande risulta essere la Terra.

Quindi è molto probabile che la Terra sia prossima a rappresentare il tetto di massa per i pianeti non giganti e non all'idrogeno.

Un pianeta un po' più grande, ma non molto più grande della Terra, se tutti gli altri fattori fossero idonei, sarebbe sicuramente abitabile. L'unica conseguenza inevitabile della maggior massa sarebbe un campo gravitazionale più intenso che potrebbe manifestarsi in una gravità di superficie un po' superiore. Ma non c'è ragione di pensare che la vita non potrebbe adattarsi a una gravità di tale tipo.

Dopotutto, la vita della Terra si è evoluta nell'oceano, dove, grazie alla spinta di galleggiamento, l'influenza della gravità è minore. Poi gli organismi viventi hanno invaso la terra asciutta, dove l'influenza della gravità è maggiore, e non solo ne sono stati all'altezza, ma hanno anche sviluppato dei modi per muoversi velocemente nonostante tutto. Una vita che ha dimostrato un'adattabilità così sorprendente nell'unico mondo in cui possiamo studiarla, non verrebbe certo sconfitta da una gravità di superficie un po' superiore.

Se poi un mondo avesse un po' più massa della Terra, ma anche un po' meno densità, e la superficie fosse quindi più lontana dal centro di quanto ci si aspetterebbe in condizioni simili alla Terra, la gravità di superficie potrebbe non essere maggiore di quella terrestre, e forse anche un po' minore.

Possiamo quindi ragionevolmente concludere che in un'ecosfera in cui il calore di una stella sia abbastanza alto da precludere la concentrazione di idrogeno ed elio, non si formeranno pianeti con troppa massa per la vita.

Potranno certamente formarsi mondi con relativa massa, come per esempio la Luna, ma quanta massa deve avere un mondo per non esserlo abbastanza?

Per reggere la vita un mondo deve avere abbastanza massa da generare un campo gravitazionale sufficientemente grande da trattenere un'atmosfera significativa, non tanto per amore dell'atmosfera quanto perché questo basterebbe a permettergli di avere liquido libero in superficie.

Nel sistema solare i mondi non giganti che hanno un'atmosfera signifi-

cativa sono esattamente quattro: Terra, Venere, Marte e Titano.

Venere, con 0,82 masse terrestri, ha un'atmosfera molto più densa di quella della Terra (ma è inabitabile per altre ragioni). Marte, con 0,11 masse terrestri, ha un'atmosfera molto rarefatta che, pur essendo significativa, può bastare a tollerare al massimo le forme di vita più semplice. Titano, con 0,02 masse terrestri, ha un'atmosfera forse un po' più significativa di Marte, che però deve la sua esistenza solo al fatto che Titano è molto al di là del campo d'azione dell'ecosfera.

All'interno dell'ecosfera un mondo può avere un'atmosfera adeguata anche se non ha una massa come quella della Terra; basta però che abbia più massa di Marte. 0,4 masse solari potrebbero essere sufficienti.

Dentro o vicino all'ecosfera del Sole ci sono quattro mondi di grande dimensione: la Terra, Venere, Marte e la Luna. Ci sono anche corpi di dimensioni trascurabili, come i due satelliti di Marte, e ingressi periodici di asteroidi e comete, ma possiamo ignorarli tutti. Di questi quattro la Terra e Venere hanno masse maggiori dello spartiacque 0,4, Marte e la Luna minori.

Usando il principio di medietà e considerando questa situazione un campione rappresentativo della situazione dell'intero universo, passiamo concludere che solo metà di tutti i mondi che ruotano in ecosfere adeguate attorno a stelle adatte hanno masse idonee all'abitabilità.

Un mondo che fosse nell'ecosfera e avesse una massa adeguata avrebbe automaticamente molte caratteristiche simili a quelle terrestri. Per esempio, sarebbe troppo caldo per avere rilevanti quantità di materie ghiacciate allo stato solido, e allo stato liquido o gassoso il suo campo gravitazionale non sarebbe abbastanza intenso da trattenerlo. Quindi un mondo della massa adeguata giacente nell'ecosfera sarebbe composto primariamente di roccia, o di roccia e metallo, come tutti i mondi del sistema solare interno.

L'acqua, questo materiale ghiacciato che si scioglie e bolle alla temperatura più alta, il più comune, il più facile a combinarsi con sostanze rocciose, è, per tutt'e tre queste ragioni, il ghiaccio più facile ad essere trattenuto. Quindi è molto probabile che mondi di massa adeguata giacenti nell'ecosfera abbiano in superficie quantità d'acqua allo stato gassoso, liquido e solido. È probabile che siano almeno in parte coperti da oceani.

Insomma, un mondo che giacesse all'interno dell'ecosfera e avesse la massa adeguata sarebbe «simile alla Terra». Se un mondo su due dell'ecosfera è simile alla Terra, ecco la nostra settima cifra:

7 *Numero di stelle simili al Sole, Popolazione I, di seconda genera-*

zione, della nostra Galassia, con un'ecosfera utile al cui interno giri un pianeta simile alla Terra: 1 miliardo 300 milioni.

Anche un pianeta simile alla Terra in termini di temperatura e struttura potrebbe essere inabitabile per una o più ragioni minori. Potrebbe non essere molto adatto a tollerare la vita se, per esempio, fosse soggetto a grandi estremi di condizioni ambientali.

Supponiamo che un pianeta abbia una distanza media dal Sole che lo ponga proprio al centro dell'ecosfera, ma anche un'orbita particolarmente eccentrica. A un estremo dell'orbita potrebbe avvicinarsi tanto al Sole da valicare di molto il limite interno dell'ecosfera, mentre all'altro potrebbe allontanarsi tanto da cadere molto fuori del limite esterno. Un simile pianeta avrebbe un'estate corta e incredibilmente torrida, che potrebbe far bollire gli oceani, e un inverno lungo e incredibilmente rigido, durante il quale gli oceani potrebbero accennare a gelare.

È immaginabile che si possa sviluppare una vita in grado di resistere a tali estremi, ma sembra ragionevole supporre che tutte le probabilità siano negative.

Questi estremi diminuirebbero le possibilità di formazione della vita anche se l'asse di rotazione del pianeta fosse così inclinato sulla verticale, relativa al suo piano di rivoluzione attorno alla stella, da tenere la maggior parte del pianeta alla luce del Sole per metà anno e al buio per l'altra metà.

Inoltre, se un pianeta ruota molto lentamente, il giorno e la notte sono tanto lunghi da portare a indesiderabili temperature estreme.

Se un pianeta è un po' sopra la massa adeguata può trovarsi a raccogliere tanta acqua da rendere il suo oceano planetario, coprendo tutta o quasi la terra asciutta. Anche se potesse ugualmente sviluppare la vita, non potrebbe fare altrettanto con l'intelligenza, e noi non stiamo cercando solo la vita, ma anche l'intelligenza.

Se al contrario il pianeta fosse un po' sotto la massa adeguata, e raccogliesse poca acqua, il mondo sarebbe pressoché desertico e la vita potrebbe svilupparsi al massimo entro un certo limite, raggiungendo livelli di complessità insufficiente.

L'atmosfera potrebbe poi funzionare male in diversi sensi, bloccare troppa luce solare o troppo pochi raggi ultravioletti, oppure potrebbe non andar bene la superficie, esserci troppi vulcani attivi o troppi terremoti. O ancora, potrebbe essere lo spazio adiacente a non funzionare, oppure esserci bombardamenti meteorici troppo intensi.

Nessuno di questi difetti sembra molto probabile. Dopotutto, tra i pianeti del nostro sistema solare, solo due (Mercurio e Plutone) hanno orbite significativamente ellittiche, uno solo (Urano) ha un'inclinazione assiale enorme, e due soli (Mercurio e Venere) una rotazione molto lenta, e così via.

E anche se ognuno di questi difetti è in sé improbabile e può colpire solo un pianeta simile alla Terra su dieci o meno, tutti messi insieme fanno salire la probabilità.

Possiamo quindi (intuitivamente) ipotizzare che solo un pianeta simile alla Terra su due le assomigli in ogni particolare importante, abbia cioè un giorno e una notte ragionevolmente lunghi, stagioni che non raggiungano estremi assurdi, oceani non troppo estesi né troppo ristretti, una crosta non troppo instabile, né troppo geologicamente inerte, eccetera.

Pianeti di questo genere possono essere chiamati «del tutto simili alla Terra», o più semplicemente «abitabili». In questo modo non dovremo più specificare che stiamo parlando di stelle simili al Sole, o di seconda generazione, di stelle Popolazione I, di ecosfere. Il termine «abitabile» comprende necessariamente tutto.

Se un pianeta simile alla Terra su due è abitabile, ecco la nostra ottava cifra:

8 *Numero di pianeti abitabili della nostra Galassia: 650 milioni.*

Sembra un numero alto, e naturalmente lo è, ma da anche la misura della nostra prudenza. Significa che nella nostra Galassia solo una stella su 460 può vantare un pianeta abitabile. E, soprattutto, è un numero più prudente di quello proposto da alcuni eminenti astronomi. L'astronomo americano Carl Sagan (1935), uno dei principali ricercatori della possibilità dell'intelligenza extraterrestre, ipotizza che nella Galassia ci siano fino a un miliardo di pianeti abitabili.

IX
La vita

Generazione spontanea

Una logica - speriamo - stringente, e le prove migliori che siamo riusciti a raccogliere, ci hanno portati a una conclusione da togliere il fiato: nella nostra sola Galassia ci sono 650 milioni di pianeti abitabili, e quindi più di

due miliardi di miliardi in tutto l'universo. Ma che valore ha dal punto di vista di questo libro? Se questi pianeti non hanno vita, la loro abitabilità non vale alcunché.

Se non possiamo dire qualcosa di ragionevole sulla possibilità che un pianeta abitabile ospiti effettivamente la vita, i nostri calcoli sull'intelligenza extraterrestre sono a un punto morto.

Per andare avanti dobbiamo volgerci di nuovo a qualcosa che conosciamo, all'unico pianeta abitabile che *sappiamo* ospitare la vita: la Terra. In altre parole, per poter dire qualcosa di sensato sulla vita nei pianeti abitabili in genere, dobbiamo essere in grado di dire qualcosa di sensato su come la vita si è affacciata sulla Terra.

Le prime speculazioni sull'esistenza della vita sulla Terra assunsero invariabilmente che fosse stata creata da qualche agente non naturale, in genere un dio o un semidio. Il racconto più diffuso nella nostra tradizione occidentale è quello di un'umanità creata nella stessa serie di atti divini che crearono l'universo.

In sei giorni il lavoro era fatto. Il primo giorno Dio creò la luce, il secondo la Terra e il mare, il terzo la vita vegetale, il quarto i corpi celesti, il quinto la vita animale del mare e dell'aria, il sesto la vita animale della Terra. Come ultimo atto di creazione, il sesto giorno venne messa alla luce l'umanità.

La vita, creata in tre giorni diversi, si pensava che fosse nata in specie separate («after bis kind», secondo il suo genere, come recita la Bibbia del re Giacomo.[34]) Presumibilmente le stesse specie che erano arrivate fino ai tempi contemporanei. Si credeva che nessuna specie fosse stata aggiunta alla prima creazione, e nessuna tolta.

Quanto alla data, la Bibbia non la specifica; l'abitudine di datare con rigorosa precisione è un'acquisizione piuttosto tarda nella letteratura storica. Da alcuni frasi bibliche si è però dedotto che la creazione fosse collocata poche migliaia di anni prima. La data precisa delle lezioni della Bibbia del re Giacomo è il 4004 a.C., calcolata dal teologo irlandese James Ussher (1581-1656).

Mentre si pensava che il mondo (o i vari mondi) fosse stato creato una volta per tutte, era opinione diffusa nei tempi più antichi che non dovesse essere per forza così per la vita.

Effettivamente, è un atteggiamento ragionevole. Dopotutto, mentre

34 Versione riformata inglese del 1611 (*N.d.T.*)

nella storia umana non c'era nessuna prova visiva di creazione di mondi, sembrava esserci prova visiva di creazione di cose viventi senza l'intervento di precedenti cose viventi.

A volte i topi di campagna fanno i piccoli in buchi scavati in depositi di grano, e i buchi possono essere imbottiti di batuffoli di lana di scarto. Quando il contadino ci arriva sopra, facendo scappare la madre topo e trova solo topini appena nati, piccoli, senza pelo e ciechi, può arrivare alla conclusione più naturale del mondo: ha interrotto un processo nel quale si stavano formando topi da grano marcito e lana ammuffita.

Lasciate marcire della carne: ci compariranno sopra delle piccole larve vermiformi. Altrettanto, può sembrare che le rane nascano dalla melma dei fiumi.

Se le cose vanno così per varie specie di parassiti, potrebbero funzionare allo stesso modo per ogni specie di organismo, forse meno per quelle più grandi e complesse, come cavalli, aquile, leoni e esseri umani.

Con una certa audacia si poteva pensare che il racconto della Genesi fosse una favola, che questa sorta di «generazione spontanea» dei viventi da antecedenti non viventi potesse spiegare la comparsa *originaria* della vita. Le varie specie potrebbero essersi formate a poco a poco, prima le più semplici poi le più complesse, con gli esseri umani, è abbastanza naturale, per ultimi.

Applicando lo stesso ragionamento ai pianeti abitabili in genere, dobbiamo pensare che anch'essi formano naturalmente la vita. Su tutti ci sarebbe vita.

Ammesso che l'ipotesi della generazione spontanea regga a una verifica ravvicinata, ma non regge.

Il primo colpo alla teoria venne nel 1668 da un poeta e fisico italiano, Francesco Redi (1626-1697). Redi notò che la carne marcia non solo produceva mosche, ma le attirava. Allora si chiese se c'era un rapporto tra le mosche di prima e quelle di dopo. E fece un esperimento.

Fece marcire dei pezzi di carne in piccoli vasi. Alcuni li lasciò aperti, altri li coprì con una garza. Le mosche erano attratte da tutti, ma potevano entrare solo in quelli aperti. I pezzi di carne su cui le mosche si erano posate, produssero larve, quelli protetti dalla garza, che le mosche non erano riuscite a toccare, no, anche se erano marciti altrettanto in fretta ed esalavano un odore altrettanto forte.

L'esperimento di Redi dimostrava chiaramente che le larve, e in seguito le mosche, nascevano dalle uova depositate sulla carne marcia da una

precedente generazione di mosche. Non si trattava di generazione spontanea, ma di una normale nascita da uova (o seme).

Proprio mentre Redi faceva le sue dimostrazioni un biologo olandese, Anton van Leeuwenhoek (1632-1723), seguendo con tenacia un proprio hobby molava piccole e perfette lenti (microscopi primitivi) con cui poteva vedere cose piccolissime, ingrandendole per facilitare la visione.

Nel 1675 scoprì qualcosa di vivo nell'acqua stagnante, qualcosa di troppo piccolo per essere visto a occhio nudo. Erano i primi «microorganismi». Quelli scoperti da van Leeuwenhoek portano ora il nome di «protozoi», dal greco «primi animali». Nel 1680 scopri che il lievito era costituito da minuscole cose viventi, ancora più piccole della maggior parte dei protozoi, e nel 1683 osservò cose viventi ancora più piccole, quelle che adesso chiamiamo «batteri».

Da dove venivano quelle microscopiche cose viventi?

Si inventarono brodi in cui i microorganismi potevano moltiplicarsi. E si vide che non era necessario cercare microorganismi da metterci dentro. Un brodo poteva essere pulito e filtrato finché alle lenti del microscopio non appariva più nulla. Ma aspetta un momento e guarda ancora: inevitabilmente è pullulante di vita. (E, soprattutto, risultò che erano i microorganismi a far marcire la carne, anche quando non ne erano stati immessi.)

Forse la generazione spontanea non riguarda le specie visibili ad occhio nudo. Ma potrebbe riguardare i microorganismi, sostanze vitali molto più semplici delle piante e degli animali della vita di tutti i giorni. E infatti così sembrava.

Ma nel 1767 ecco il lavoro di un biologo italiano, Lazzaro Spallanzani (1729-1799). Non si limitò a bollire il brodo, ma sigillò il collo della beuta. La coltura, bollita, e sigillata, non sviluppava nessuna forma di vita microscopica: una volta rotto il sigillo, la vita cominciava in breve a pullulare.

Il sigillo, tenendo fuori l'aria, agiva come la garza di Redi, e le conclusioni dovevano essere analoghe a quelle di Redi. L'aria attorno a noi è piena di creature microscopiche, invisibili, più piccole e più difficili da individuare anche delle uova delle mosche. Queste particelle di vita aerea cadono nel brodo lasciato aperto all'aria e lì si moltiplicano. (Spallanzani isolò un singolo batterio e vide che si moltiplicava dividendosi semplicemente in due. Se queste sostanze vitali vengono tenute fuori dal brodo, la vita non si forma.)

Nel 1836 un biologo tedesco, Theodor Schwann (1810-1882), andò anche più in là. Mostrò che bastava scaldare l'aria per uccidere ogni forma

di vita che potesse contenere, e il brodo restava sterile anche se aperto.

I partigiani della teoria della generazione spontanea obiettarono che il calore poteva uccidere qualche «principio vitale» indispensabile alla formazione della vita dalla materia inanimata. Scaldare il brodo e sigillarlo avrebbe impedito la produzione della vita. Ed esporre del brodo riscaldato a dell'aria scaldata non avrebbe fatto di meglio. Ma nel 1864 il chimico francese Louis Pasteur (1822-1895) produsse l'argomento decisivo: bollì un brodo di carne finché non fu sterile dentro una beuta con un collo lungo e sottile, che piegò prima in basso poi in alto, come una esse orizzontale. Non lo isolò né lo chiuse in alcun modo. Lasciò la coltura esposta all'aria fredda.

L'aria poteva penetrare liberamente nel recipiente e venire a contatto con la coltura. Se avesse portato un «principio vitale» sarebbe stato il benvenuto. A non potere entrare erano la polvere e le particelle microscopiche in genere, che si depositavano sul fondo della curva del collo.

Il brodo non generò microorganismi, né diede alcun segno di vita. Ma appena Pasteur ruppe il collo d'oca, permettendo alla polvere e alle particelle di raggiungere la coltura, i microorganismi comparvero subito.

Con questo, l'idea della «generazione spontanea» sembrò morta per sempre.

L'origine della vita?

Quando fu chiaro che la generazione spontanea *non* esisteva e che ogni vita - per quanto era dato notare agli esseri umani - veniva da vita precedente, divenne molto difficile dire come avesse avuto origine la vita sulla Terra - o su qualunque altro pianeta.

La conversione fu simile a quella che avvenne per le teorie sull'origine dei sistemi planetari. Finché ci si attenne a una teoria evoluzionista come l'ipotesi nebulare di Laplace, fu facile supporre che i sistemi planetari fossero comuni, e che ogni stella ne avesse uno. L'ipotesi nebulare era in un certo senso la generazione spontanea dei pianeti.

Ma una teoria catastrofica della formazione dei pianeti implicava un evento così raro che portò a considerare i pianeti stessi eccessivamente rari; si era tentati di pensare che il nostro sistema planetario non avesse compagni da nessuna parte.

Allo stesso modo la sconfitta della generazione spontanea e l'affermarsi dell'ipotesi che la vita venisse *solo* da vita precedente che veniva *solo* da

vita ancora più precedente, e così via in una catena senza fine, portò a pensare che le forme di vita originarie non potessero essere sorte che da qualche evento miracoloso. In questo caso, anche se i pianeti abitabili fossero stati tanti quante le stelle, la Terra avrebbe potuto benissimo essere l'unica a ospitare la vita.

Ma proprio mentre Pasteur tagliava le gambe alla generazione spontanea, venne un libro a sollevare un po' la situazione. Nel 1859 il biologo inglese Charles Robert Darwin (1809-1882) pubblicò *L'origine delle specie.*

Qui si dimostrava esaurientemente una teoria evoluzionista secondo la quale le varie specie viventi non erano separate e distinte dall'inizio. Sotto la pressione dell'aumento della popolazione e della selezione naturale, tutte le cose viventi subivano graduali mutamenti; nuove, e presumibilmente più adatte specie, si sviluppavano dalle vecchie. Quindi molte e diverse specie possono avere un progenitore comune, e, se si risale abbastanza indietro, può darsi che la vita sulla Terra si sia sviluppata tutta da una singola forma di vita primordiale.

La teoria incontrò molte opposizioni, ma alla fine i biologi l'accettarono.

Significava che non si doveva più spiegare la creazione separata di ognuna dei milioni di specie viventi conosciute. Ne bastava una, anche semplice. Questa forma semplice originaria, prodotta dalla generazione spontanea, avrebbe potuto, attraverso i processi evolutivi, dar vita a tutte le altre, anche quelle complesse, anche agli esseri umani.

Naturalmente, se la generazione spontanea era proprio impossibile, la produzione di una forma di vita, quanto quella di milioni, era un miracolo.

D'altro canto, i biologi non avevano fatto che dimostrare che forme di vita conosciute non potevano generarsi spontaneamente nei tempi brevi del laboratorio. Supponiamo una forma di vita davvero semplice, molto più semplice di tutte quelle conosciute, con un lungo periodo di tempo e un intero pianeta a sua disposizione: non potrebbe alla fine generarsi?

La chiave sta nella frase «lungo periodo di tempo». I processi casuali di successo e insuccesso dell'evoluzione avevano bisogno di molto tempo (lo ammettevano anche gli evoluzionisti). Ce n'era abbastanza da generare una forma di vita semplice e sviluppare poi le miriadi di forme complesse?

Al tempo di Darwin gli scienziati avevano abbandonato l'idea di un pianeta di non più di 6000 anni, e parlavano tranquillamente dell'età della Terra in termini di milioni di anni, ma sembrava ancora troppo poco per l'evoluzione.

Finché verso il 1890 si scoprì la radioattività, e che l'uranio produceva piombo con una lentezza quasi incredibile. Perché un pezzetto di uranio si mutasse in piombo ci volevano 4 miliardi e 500 milioni di anni. Nel 1905 il chimico americano Bertram Borden Boltwood (1870-1927) suggerì che il grado di disintegrazione radioattiva della roccia avrebbe detto da quanto tempo si era solidificata.

Per calcolare l'età delle varie parti della Terra, dei meteoriti e recentemente delle rocce lunari, si sono usati mutamenti radioattivi di ogni genere, e oggi si è d'accordo nel valutare che la Terra e il sistema solare in genere abbiano circa 4 miliardi 600 milioni di anni.

Indizi di questa notevole età ce n'erano già nei primi decenni del secolo, e si fece strada la possibilità che ci fosse stato abbastanza tempo per l'evoluzione, ammesso che la vita potesse partire in qualche modo spontaneamente.

Ma è possibile questo inizio spontaneo?

Purtroppo, quando si iniziò a capire quanto fosse antica la Terra, si cominciò anche a capire quanto fosse complessa la vita, e le possibilità della generazione spontanea sembrarono diminuire ancora.

I chimici del XX secolo scoprirono che le molecole delle proteine, che sono peculiari della vita, erano composte da lunghe catene di elementi costitutivi più semplici, detti «amminoacidi». Ogni proteina doveva avere ogni singolo atomo - su migliaia di atomi diversi, anche milioni in qualche caso - collocato esattamente al posto giusto per fare convenientemente il proprio lavoro. Andando avanti scoprirono anche che un tipo di molecole ancor più fondamentale, quello degli «acidi nucleici», era ancora più complicato delle molecole delle proteine. E soprattutto che acidi nucleici diversi e diverse proteine, insieme con mole- cole più piccole di ogni genere, si intrecciavano in complicate catene di reazioni.

La vita, anche quella apparentemente semplice dei batteri, era enormemente più complicata di quanto si immaginasse all'epoca delle polemiche sulla generazione spontanea. Anche la più semplice forma di vita immaginabile avrebbe dovuto formarsi da proteine e acidi nucleici; e come avrebbero potuto *questi* nascere da materia morta? Nonostante l'evoluzione, l'origine della vita sulla Terra sembrava più che mai quasi un miracolo.

Certi scienziati abbandonarono il campo e si lavarono le mani del problema. Nel 1908 il chimico svedese Svante August Arrhenius

(1859-1927) pubblicò un libro, *Il divenire dei mondi,*[35] sull'origine della vita. Vi sosteneva l'universalità della vita e faceva l'ipotesi che fosse un fenomeno comune nell'universo.

Avanzava poi l'idea che potesse essere contagiosa. Quando le cose viventi semplici della Terra formano spore, il vento le porta nell'aria a germogliare in altri luoghi. Alcune possono venire soffiate dalla sua forza cieca in alto nell'atmosfera, argomentava Arrhenius, nello spazio aperto. Là potrebbero andare alla deriva per milioni di anni nel vacuum, spinte dalle radiazioni del Sole, protette da una pellicola dura e impenetrabile, tenendosi orgogliosamente stretta la scintilla della vita. Finché una spora incontra un pianeta idoneo e senza vita, un pianeta su cui la vita avrà inizio da essa.

Arrhenius suggeriva in realtà come fosse iniziata la vita sulla Terra. Da spore provenienti dallo spazio, spore nate su qualche altro mondo che poteva restare ignoto per sempre.

Contro quest'ipotesi si possono sollevare diverse obiezioni. Si può calcolare il numero di spore che dovrebbero lasciare un mondo perché una abbia una ragionevole possibilità di incontrare un altro mondo nel corso della vita dell'universo, ed è un numero spropositatamente alto.

Inoltre è improbabile che delle spore possano sopravvivere al viaggio nello spazio. Le spore dei batteri sono molto resistenti al freddo, anche ad estremi di freddo; ci si potrebbe persino aspettare che sopravvivano al vacuum. Che quelle anche più

dure possano vivere per tutto il tempo necessario a essere trasportate da un sistema planetario all'altro è dubbio, ma facciamo pure conto che almeno qualcuna ci riesca. Quello che sappiamo con certezza però, è che le spore sono molto sensibili alla luce ultravioletta e alle altre radiazioni forti.

Sulla Terra, dove l'aria forma una coperta che filtra la maggior parte dei raggi energetici del Sole, possono evitarle; e al tempo di Arrhenius non si sapeva ancora neppure in che misura queste radiazioni energetiche riempiano l'universo. Le radiazioni emesse da qualunque stella nella sua ecosfera ucciderebbero spore vaganti originariamente adattate a vivere sotto una protettiva copertura atmosferica. E le particelle dei raggi cosmici le ucciderebbero anche nelle profondità dello spazio.

Arrhenius pensava che la pressione delle radiazioni spingesse le spore lontano da una stella, nello spazio. Adesso sappiamo che è molto più

35 Società editrice libraria, Milano 1909. (*N.d.T.*)

probabile che sia il vento solare ad agire così. Comunque, qualunque cosa spinga la spora fuori da una stella verso altre, innanzitutto la respingerebbe al suo avvicinarsi a un'altra stella, e le impedirebbe di arrivare su un pianeta contenuto nella sua ecosfera.

Per concludere, l'idea che la Terra sia stata seminata di spore da altri mondi è troppo improbabile.

E poi, a cosa serve spiegare l'origine della vita sulla Terra facendo appello alla vita da altri pianeti? Si dovrà sempre spiegare l'origine della vita sull'altro pianeta. E se è potuta nascere lì in qualche modo naturale, senza bisogno di un miracolo, potrebbe essere nata allo stesso modo sulla Terra.

Ma come? Ancora negli anni Venti i biologi non erano riusciti a trovare nessun meccanismo naturale.

La Terra primitiva

Un'obiezione alla generazione spontanea della vita sulla Terra è: se la vita ha potuto formarsi dalla non-vita nel lontano passato, avrebbe dovuto farlo anche dopo, anche adesso. Se non capita mai di vedere niente del genere ora, non dovremmo concludere che non capitava neanche allora? La fallacia dell'argomentazione è evidente. La Terra primitiva, precedente alla vita, doveva sicuramente avere caratteristiche diverse da quelle attuali. In questo caso non possiamo ragionare dei fatti di oggi basandoci su quelli di allora. Cose inverosimili adesso, e che quindi non avvengono, potevano essere del tutto verosimili, e quindi avvenire, *allora.*

Una differenza evidente tra la Terra moderna e la Terra primitiva, ad esempio, è che quella moderna ha la vita, la Terra primitiva no. Ogni sostanza chimica che nascesse spontaneamente sulla Terra di oggi, avviandosi verso il livello di complessità che potrebbe farla considerare protovita, sarebbe sicuramente cibo per qualche animale, e finirebbe inghiottita. Sulla Terra primitiva e senza vita le stesse sostanze tenderebbero a sopravvivere - almeno non finirebbero mangiate - e avrebbero la possibilità di diventare ancora più complesse, e infine vive.

Poi, la Terra primitiva potrebbe aver avuto un'atmosfera diversa dall'attuale.

Quest'ipotesi fu avanzata per la prima volta negli anni Venti dal biologo inglese John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964). Supponendo che il carbone era di origine vegetale, la vita vegetale si doveva rifornire del carbonio dall'anidride carbonica dell'aria. Quindi, prima della comparsa della

vita, tutto il carbonio del carbone doveva esere nell'aria sotto forma di anidride carbonica. Inoltre, l'ossigeno dell'aria è prodotto dalle stesse reazioni a mediazione vegetale che assorbono l'anidride carbonica e collocano gli atomi di carbonio nei composti del tessuto vegetale.

Quindi l'atmosfera primitiva della Terra non era composta di azoto e ossigeno, ma di azoto e anidride carbonica (un'ipotesi che appare ancora più logica oggi di quando fu avanzata, perché oggi sappiamo che le atmosfere di Venere e Marte sono costituite in gran parte di anidride carbonica.)

E se non c'era ossigeno nell'aria, ragionò Haldane, non doveva esserci ozono (una forma di ossigeno ad alta energia) nell'atmosfera superiore. Ora, è soprattutto l'ozono che blocca la luce ultravioletta del Sole. Quindi i raggi ultravioletti raggiungevano la Terra primitiva in quantità molto superiore di oggi.

Alle condizioni primitive l'energia della luce ultravioletta sarebbe servita a combinare molecole di azoto, anidride carbonica e acqua in composti sempre più complessi, fino a sviluppare gli attributi della vita. A questo punto sarebbe entrata in gioco la normale evoluzione, ed eccoci arrivati.

Quello che era possibile sulla Terra primitiva con abbondanza di luce ultravioletta e anidride carbonica, senza ossigeno che stroncasse i composti complicati né cose viventi che li mangiassero, non lo sarebbe ora con la sua scarsità di luce ultravioletta e anidride carbonica e la sua sovrabbondanza di ossigeno e vita. Quindi l'attuale assenza di generazione spontanea non vieta che fosse presente sulla Terra primitiva.

Quest'ipotesi fu sostenuta da un biologo sovietico, Aleksandr Ivanovic Oparin (1894). La sua *L'origine della vita,*[36] pubblicata anch'essa negli anni Venti ma tradotta in inglese solo nel 1937, fu la prima dedicata interamente a questo argomento. Divergeva da Haldane solo nell'ipotizzare che l'atmosfera primitiva fosse pesantemente idrogenata, ovvero che contenesse idrogeno sia da solo sia in combinazione con carbonio (metano), azoto (ammoniaca) e ossigeno (acqua).

L'atmosfera di Oparin acquista senso alla luce di quanto sappiamo oggi sulla composizione dell'universo in generale, e del Sole e dei pianeti esterni in particolare. Gli scienziati contemporanei pensano che la vita sia comparsa nell'atmosfera di Oparin, formata di ammoniaca metano e vapore acqueo (Atmosfera I). L'azione dei raggi ultravioletti del Sole avrebbe scisso le molecole d'acqua liberando l'ossigeno, che avrebbe reagito con

36 Boringhieri, Torino (*N.d.T.*)

l'ammoniaca e il metano per produrre l'atmosfera di Haldane, di azoto anidride carbonica e vapore acqueo (Atmosfera II). Infine, l'azione fotosintetica delle piante verdi avrebbe generato l'atmosfera attuale, di azoto ossigeno e vapore acqueo (Atmosfera III).

Tuttavia, i discorsi sulla generazione spontanea della vita sulla Terra primitiva degli anni Venti e Trenta erano pura speculazione. Non erano sostenuti dalla minima prova.

Inoltre, mentre Haldane e Oparin, entrambi atei, potevano allegramente divorziare la vita da Dio, altri se ne sentirono offesi, e si diedero da fare per dimostrare che non c'era modo di spiegare l'origine della vita fuori del miracoloso, che non si poteva ridurla al risultato di collisioni fortuite di atomi.

Un biofisico francese, Pierre Lecomte du Noüy, affrontò l'argomento in *L'uomo e il suo dentino*[37] pubblicato nel 1947. Tutta la complessità della molecola delle proteine era già stata scoperta, e Lecomte du Noüy tentò di dimostrare che se i vari atomi di carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto e zolfo si fossero disposti in ordine puramente casuale, sarebbe stato troppo improbabile che arrivassero anche a una sola molecola proteica del tipo associato alla vita; l'intera durata della vita dell'universo non sarebbe bastata a offrire più che una insignificante possibilità che questo potesse accadere. Il caso, sosteneva, non poteva render conto della vita.

Per dare un esempio degli argomenti che sosteneva, pensiamo a una catena proteica composta da un centinaio di amminoacidi. Ognuno di questi potrebbe essere di venti varietà diverse. Il numero di catene proteiche *diverse* possibili è 10^{130}: cioè 1 seguito da 130 zeri.

Immaginiamo che per formare una di queste catene ci sia voluto solo un milionesimo di secondo, e che ogni milionesimo di secondo dalla nascita dell'universo ne sia stata formata *a caso* una diversa ogni mille miliardi di scienziati: la possibilità che avremmo di formare una particolare catena associata alla vita sarebbe solo uno su 10^{95}, una possibilità talmente infinitesimale che non ha senso prenderla in considerazione.

E, soprattutto, sulla Terra primitiva non partiremmo dagli amminoacidi, ma da composti più semplici come il metano e l'ammoniaca, e per dare inizio alla vita dovremmo formare un composto molto più complicato di una catena di un centinaio di amminoacidi. La possibilità che si arrivi a qualcosa su un singolo pianeta in pochi miliardi di anni è quindi quasi

37 Bompiani, Milano 1949. *(N.d.T.)*

zero.

Gli argomenti di Lecomte du Noüy sembravano solidissimi, e molti se ne lasciarono e tuttora se ne lasciano convincere facilmente.

Eppure sono sbagliati.

L'errore di Lecomte du Noüy è presumere che non ci sia altro fattore guida che il puro caso, che gli atomi possano mettersi insieme in qualunque modo. Mentre in realtà le combinazioni degli atomi sono guidate da ben note leggi fisiche e chimiche, e quindi la formazione di composti complessi a partire da quelli semplici è costretta entro regole severamente restrittive, che limitano fortemente il numero delle diverse possibilità combinatone. E, soprattutto, nelle molecole complesse come quelle delle proteine e degli acidi nucleici, non c'è una sola molecola particolare associata alla vita, ma un'infinità di molecole diverse.

In altre parole, non dipendiamo solo dal caso, ma dal caso guidato dalle leggi di natura, e questo dovrebbe bastare.

Lo si potrebbe verificare in laboratorio? Nel 1952 il chimico americano Harold Clayton Urey (1893) incitò un giovane studente, Stanley Lloyd Miller (1930) a condurre il necessario esperimento.

Miller cercò di riprodurre le condizioni primitive della Terra, ipotizzando l'Atmosfera I di Oparin. Cominciò con una miscela chiusa e sterile di acqua, ammoniaca, metano e idrogeno, una versione semplice e in miniatura dell'atmosfera e dell'oceano primitivi. Poi usò una scarica elettrica come fonte di energia, una minuscola versione del Sole.

Fece circolare la miscela sotto la carica per una settimana, e poi l'analizzò. Già il primo giorno la miscela originariamente incolore era diventata rosa, e alla fine della settimana un sesto del metano con cui Miller era partito si era trasformato in molecole più complesse. Tra queste c'erano glicina e alanina, i due amminoacidi più semplici che ricorrono nelle proteine.

Gli anni che seguirono questo esperimento chiave videro altri esperimenti simili, con variazioni nei materiali di partenza e nelle fonti d'energia. Invariabilmente si formavano molecole più complesse, a volte identiche a quelle dei tessuti viventi, a volte soltanto loro parenti. Si formò «spontaneamente» in questo modo una stupefacente varietà di molecole chiave dei tessuti viventi, cui i calcoli semplicistici del tipo di quelli di Lecomte du Noüy non avevano dato praticamente nessuna possibilità di formazione.

Se questo era possibile in piccoli volumi su tempi brevissimi, cosa sarebbe potuto accadere in un intero oceano, in molti milioni di anni?

Era anche impressionante che tutte le possibilità prodotte in laboratorio

da collisioni casuali di molecole e assorbimenti *casuali* di energia (sempre guidati dalle leggi di natura conosciute) sembrassero andare sempre in direzione della vita quale-noi-la-conosciamo ora. Sembravano non prodursi trasformazioni importanti che puntassero definitivamente in qualche direzione chimica diversa.

Era come se la vita fosse un prodotto inevitabile di tipi di reazioni chimiche ad alta probabilità; si sarebbe detto che non avesse potuto evitare di formarsi sulla Terra primitiva.

Meteoriti

Naturalmente non possiamo essere sicuri che gli esperimenti organizzati dagli scienziati riproducano le reali condizioni primitive. Farebbe molto più effetto studiare la materia primordiale stessa - se avessimo qualche modo di farlo - e trovarvi composti formatisi in processi non-vitali, composti, per cosi dire, sulla strada della vita.

L'unica materia primitiva che possiamo studiare qui sulla Terra è quella dei meteoriti, che colpiscono di quando in quando la superficie del nostro pianeta. Gli studi delle loro trasformazioni radioattive dimostrano che hanno più di quattro miliardi di anni, e quindi datano dall'infanzia del sistema solare.

Sono stati analizzati circa 1700 meteoriti, 35 dei quali pesanti più di una tonnellata l'uno. Ma quasi tutti sono, come composizione chimica, di nichel-ferro o pietra, e non contengono nessun elemento fondamentale della vita. Quindi non ci danno utili informazioni sul problema della sua origine.

Restano però meteoriti di un tipo raro, nere e spesso in briciole, le «condridi carbonacee». Contengono una piccola percentuale di acqua, composti di carbonio, eccetera. Il problema e che sono molto più fragili degli altri tipi di meteoriti, e anche se forse sono comuni nello spazio esterno, pochi sopravvivono al duro viaggio attraverso l'atmosfera e alla collisione con la solida terra. Se ne conoscono meno di due dozzine.

Perche possano esserci utili le condriti carbonacee dovrebbero essere studiate appena cadute. Ogni sosta prolungata sul suolo produce una contaminazione con la vita terrestre o i suoi prodotti.

Fortunatamente, due di questi meteoriti furono visti cadere e li si esaminò quasi subito. Uno cadde vicino a Murray, nel Kentucky, nel 1950, e un altro esplose sopra Murchison, in Australia, nel settembre 1969.

Nel 1971, dai frammenti di Murchison vennero separate piccole quantità di diciotto amminoacidi diversi. Sei erano varietà frequenti nella proteina del tessuto vivente; gli altri dodici erano imparentati a queste chimicamente, ma ricorrevano di rado o mai nel tessuto vivente. Il meteorite di Murray diede risultati analoghi. Le concordanze tra i due, caduti agli antipodi del mondo e a 19 anni di distanza, erano impressionanti.

Verso la fine del 1973 furono rilevati anche acidi grassi. Differiscono dagli amminoacidi perché hanno catene di atomi di carbonio e idrogeno più lunghe e mancano di atomi d'azoto. Sono gli elementi costitutivi del grasso del tessuto vivente. Vennero identificati diciassette acidi grassi diversi.

Come mai si trovarono molecole organiche del genere in meteoriti? Si tratta forse del prodotto di un pianeta esploso?[38] Le condridi carbonacee vengono da una crosta planetaria che ha ospitato la vita e ne conserva ancora le tracce?

Non sembra probabile. Ci sono strumenti per giudicare se è possibile o no che i composti scoperti nei meteoriti abbiano avuto origine in cose viventi.

Gli amminoacidi (tutti tranne il più semplice, la glicina) ricorrono in due varietà, una delle quali è l'immagine speculare dell'altra. Portano la sigla L e D. Le due varietà hanno le stesse proprietà chimiche ordinarie, cosicché quando i chimici preparano gli amminoacidi dai loro atomi costituenti, si formano sempre eguali quantità di L e D. Ma quando si usano gli amminoacidi per produrre proteine, per ottenere risultati stabili bisogna usare solo un gruppo, o solo l'L o solo il D. Sulla Terra la vita si è sviluppata usando solo l'L (probabilmente per nulla di più significativo del caso), cosicché gli amminoacidi D ricorrono molto raramente in natura.

Se gli amminoacidi dei meteoriti fossero tutti L o tutti D, ci sarebbe da sospettare fortemente che nella loro produzione fossero implicati processi vitali simili ai nostri. Ma le condriti carbonacee hanno rivelato eguali quantità di L e D, e questo significa che si sono formate in processi estranei alla vita quale noi la conosciamo.

Allo stesso modo, gli acidi grassi dei tessuti viventi si formano dall'addizione di un numero variabile di composti di due atomi di carbonio, quindi quasi tutti gli acidi grassi dei tessuti viventi hanno un numero pari di atomi di carbonio. Quelli con atomi di carbonio dispari non sono

38 È una vecchia e sensazionale teoria ormai difficilmente accettata.

caratteristici del nostro tipo di vita, mentre hanno la stessa probabilità di formarsi di quelli con atomi di carbonio pari nelle reazioni chimiche che non implicano la vita. Nel meteorite di Murchison gli acidi grassi pari e dispari sono in misura pressoché uguale.

I composti delle condriti carbonacee non sono vita, si sono formati *in direzione* del nostro tipo di vita, e gli sperimentatori umani non hanno avuto niente a che vedere con la loro formazione. In conclusione, gli studi meteoritici tendono ad avallare gli esperimenti di laboratorio, ad avvalorare l'ipotesi che la vita sia un fenomeno naturale, normale, addirittura inevitabile. Sembra che gli atomi tendano a unirsi per formare composti in direzione del nostro tipo di vita ogni volta che ne hanno la minima possibilità.

Nubi di polvere

Fuori del sistema solare abbiamo le stelle, ma come terreni fertili per la vita le abbiamo scartate. Se potessimo ispezionare le superfici fredde dei pianeti che ruotano loro attorno, forse...

Ma non possiamo; però *c'è* nello spazio esterno della materia fredda che abbiamo la possibilità di rilevare, della materia che riempie lo spazio interstellare sotto forma di gas rarefatto e polvere.

La materia interstellare fu rilevata per la prima volta a cavallo del secolo grazie a certe lunghezze d'onda luminose provenienti da stelle lontane che venivano assorbite dagli atomi occasionali che vagavano per le vastità dello spazio. Negli anni Trenta si arrivò a capire che l'elemento interstellare conteneva una grande quantità di atomi, probabilmente ogni tipo di atomo cotto all'interno di stelle e trasmesso nello spazio in esplosioni supernovae.

La densità della materia interstellare è così bassa che sembrava naturale supporre che fosse composta quasi interamente da singoli atomi e nient'altro. Dopotutto, perché due atomi si combinino per formare una molecola bisogna prima che collidano, e i vari atomi sono così sparsi nello spazio interstellare che, perché i loro moti casuali li portino l'uno contro l'altro, ci vogliono tempi eccessivamente lunghi.

Eppure nel 1937 si scoprì che delle stelle splendenti viste attraverso scure nubi di gas e polvere avevano particolari lunghezze d'onda disperse che denunciavano un assorbimento da parte di combinazioni carbonio-idrogeno (CH) o carbonio-azoto (CN). Era la scoperta dell'esistenza di mo-

lecole interstellari.

Certo, il tipo di combinazione CH e CN può formarsi e mantenersi tale solo a densità molto basse. Si tratta di combinazioni di atomi molto attive, che si assocerebbero subito ad altri atomi, se ne avessero a immediata disposizione. È proprio perché la Terra abbonda di altri atomi che CH e CN non si trovano in natura come tali sul nostro pianeta.

Le righe scure dello spettro visibile non rivelarono nelle nubi di polvere interstellare nessun'altra combinazione.

Ma dopo la II guerra mondiale la radioastronomia divenne sempre più importante. Gli atomi interstellari possono emettere o assorbire onde radio di lunghezze caratteristiche - il che richiede molta meno energia dell'emissione o assorbimento di luce visibile, e quindi avviene più di frequente. Con appositi radiotelescopi, l'emissione o l'assorbimento di onde radio può essere facilmente rilevato, e i composti responsabili possono essere identificati.

Nel 1951, ad esempio, si rilevò un'emissione di onde radio caratteristica degli atomi d'idrogeno; per la prima volta la presenza di idrogeno interstellare veniva osservata direttamente, e non semplicemente dedotta.

Si scoprì che, dopo l'idrogeno, gli atomi più comuni nell'universo erano l'elio e l'ossigeno. Gli atomi di elio non aderiscono a nessun altro, ma quella d'ossigeno sì. Possibile che non ci fossero combinazioni ossigeno-idrogeno (OH) nello spazio? Avrebbero dovuto emettere onde radio su quattro particolari lunghezze d'onda, e nel 1963 per la prima volta ne furono rilevate due.

Ancora all'inizio del 1968 le combinazioni di atomi scoperte nello spazio esterno non erano che tre: CH, CN e OH. Tutte combinazioni di due atomi, che sembravano nate da collisioni occasionali e fortuite di atomi singoli.

Nessuno si aspettava che la molto più improbabile combinazione di tre atomi si fosse formata a un grado rilevabile, ma nel 1968 si scoprirono in nubi interstellari emissioni di onde radio caratteristiche dell'acqua e dell'ammoniaca. L'acqua ha una molecola di tre atomi, due d'idrogeno e uno di ossigeno, (H_2O) e l'ammoniaca di quattro, uno di azoto e tre di idrogeno (NH_3).

Fu una sorpresa assoluta; il 1968 vide la nascita di quella che ora chiamiamo «astrochimica».

Infatti, una volta scoperti i composti di più di due atomi, la lista

s'allungò rapidamente. Nel 1969 si scoprì una combinazione di quattro atomi che comprendeva l'atomo di carbonio. Era la formaldeide (HCHO). Nel 1970 la prima combinazione di cinque atomi, il cianoacetilene (HCCCN). Lo stesso anno si scoprì la prima combinazione di sei atomi, l'alcool metilico (CH_3OH). Nel 1971 la prima combinazione di sette atomi, il metilacetilene (CH_3CCH).

E così via. Nello spazio interstellare sono state scoperte ormai oltre due dozzine di diversi tipi di molecole. Il meccanismo con cui si sono formate non è ancora chiaro. Ma ci sono.

E anche nello spazio esterno la direzione di formazione sembra essere quella della vita.[39] Da da pensare infatti che sia nei meteoriti sia nelle nubi interstellari si formino catene di carbonio, e che non ci sia traccia di molecole complesse che non comprendano il carbonio. È una prova a favore della nostra ipotesi che la vita (quale-noi-la-conosciamo) implica sempre composti di carbonio.

Ogni esperimento - di laboratorio, sui meteoriti e sulle nubi interstellari - sembra avallare le ipotesi Haldane-Oparin. La vita è iniziata spontaneamente sulla Terra primitiva, e tutto sembra indicare che sia iniziata rapidamente, e che le reazioni in questa direzione fossero inevitabili.

Quindi presto o tardi inizierà su *ogni* pianeta abitabile.

Quando è iniziata la vita

Ma quanto presto o quanto tardi significa «presto o tardi»? Quando è iniziata la vita sulla Terra?

La nostra conoscenza delle antiche forme di vita della Terra ci viene quasi interamente dallo studio dei fossili - residui di conchiglie, ossa, denti, legno, squame, anche materia fecale - sopravvissuti almeno in parte alle devastazioni del tempo, e abbastanza da dirci qualcosa sulla struttura, l'aspetto, persino il comportamento degli organismi di cui fecero parte.

I fossili possono essere datati in vari modi; i più antichi di cui disponiamo in abbondanza sono del periodo cambrico (cosiddetto perché le prime

39 L'astronomo inglese Fred Hoyle (1915) ne è rimasto tanto impressionato da ipotizzare che nelle comete (che hanno in qualche modo la composizione delle nubi interstellari) si formino composti abbastanza complessi da avere le proprietà della vita; che si siano formati gli equivalenti dei virus e che quindi le comete, mandandone di nuovi nell'atmosfera, possano essere la causa delle epidemie che affliggono di quando in quando la Terra. È un'ipotesi interessante, ma non si vede come la si possa prendere sul serio.

rocce di questo periodo ad essere studiate erano nel Galles, la romana Cambria.)

I fossili cambrici più antichi hanno 600 milioni di anni; la tentazione era di dedurre che la vita sulla Terra avesse approssimativamente quell'età. Ma ora sappiamo che la Terra ha 4 miliardi 600 milioni di anni, quindi sarebbe rimasta per 4 miliardi di anni senza vita. Perché cosi a lungo? E se la vita non è apparsa per tanto tempo, perché sarebbe apparsa all'improvviso dopo? Perché la Terra non è rimasta senza vita?

Inoltre, all'epoca dei primi fossili cambrici la vita è già molto diffusa, complessa e varia. Tutte le testimonianze parlano di vita marina, certo, non d'acqua dolce né di terra. Inoltre, è tutta vita invertebrata. I primi cordati (vertebrati) - il gruppo cui apparteniamo - sarebbero apparsi solo cento milioni di anni dopo.

Ma ciò non toglie che la vita che c'è ha già forme avanzate. Nel periodo cambrico sono state trovate migliaia di specie di trilobiti, artropodi complessi del tutto simili agli odierni limuli. È impensabile che siano spuntati dal nulla e che si siano divisi in tante specie. Prima del periodo cambrico devono essersi susseguite lunghe ere di vita più semplice. Perché allora non ne abbiamo nessuna testimonianza?

La risposta più probabile è che la vita più semplice non fosse molto adatta a fossilizzarsi. Mancava di quelle parti - gusci, ossa - che sopravvivono facilmente. Eppure, nonostante tutto, tracce di vita precedente *sono* state trovate.

Negli anni Sessanta il botanico americano Elso Sterreberg Barghoorn (1915), lavorando su rocce molto antiche, capitò su deboli tracce di carbonio che, come riusci a dimostrare, rappresentavano residui di vite microscopiche.

Queste deboli testimonianze di vita microscopica vengono fatte ora risalire a 3 miliardi 200 milioni di anni fa, e probabilmente per questa vita si dovrebbe andare ancora indietro di qualche centinaio di milioni di anni.

Possiamo quindi concludere che forme di vita riconoscibili esistevano quando la Terra aveva un miliardo di anni.

Intuitivamente, sembra ragionevole. Non è difficile immaginare che nel primo mezzo miliardo di anni il pianeta fosse in uno stato molto instabile. La crosta doveva essere attiva e vulcanica, e l'oceano e l'atmosfera in via di formazione: la Terra si stava raffreddando dal calore della condensazione iniziale, e i suoi componenti si separavano. Il secondo mezzo miliardo di anni può esere stato tutto dedicato a una lenta evoluzione chimica, la for-

mazione di sempre più numerosi composti complessi sotto la sferza della luce ultravioletta del Sole. Finché, passato un miliardo di anni dalla formazione del pianeta, ecco qua e là delle piccole e semplici particelle di vita.

Il Sole resterà nella sequenza principale per un totale di 12 miliardi di anni circa, un tempo che possiamo considerare medio per le stelle simili al Sole. Quindi la Terra - e i pianeti abitabili in genere - durerà come sede di vita per un totale di 12 miliardi di anni. Ciò significa che il miliardo di anni trascorso perché sul nostro pianeta apparisse la vita, rappresenta solo l'8 percento della sua esistenza totale come pianeta vivibile. In base al principio di medietà, possiamo quindi dire che sui pianeti abitabili la vita appare dopo l'8 percento circa della loro esistenza come pianeti abitabili.

Supponiamo che nelle nostre periferie della Galassia, passata la prima raffica di formazione stellare della sua infanzia, le stelle si siano formate a un ritmo stabile.

Non è soltanto una supposizione: è stato provato che delle stelle sono nate in tempi recenti. Le stelle giganti di classe spettrale O e B devono essersi formate un milione di anni fa o meno, altrimenti non sarebbero più nella sequenza principale. E se delle stelle hanno potuto formarsi nell'ultimo miliardo di anni, devono esserci state formazioni di stelle sempre, anche ora. Almeno nelle regioni galattiche, dove le nubi di polvere e gas (la materia prima delle stelle) sono abbondanti; e queste regioni si trovano proprio alle periferie delle galassie, le uniche zone, come abbiamo visto, dove può esserci vita.

Ma non è solo la ragione a dirci che delle stelle si stanno formando ora. Forse stiamo assistendo a un processo del genere. Negli anni Quaranta l'astronomo olandese americano Bart Jan Bok (1906) attrasse l'attenzione su certe nubi opache di polvere, compatte, isolate e più o meno sferiche (ora dette «globuli di Bok»), e ipotizzò che fossero in fase di condensazione in stelle e sistemi planetari. Prove ulteriori sembrano avallare quest'ipotesi. Sagan calcola che nella nostra Galassia nasca ogni anno una media di dieci stelle.

Supponendo, allora, che le stelle si formino a un ritmo stabile, possiamo dire che l'*x* percento dei pianeti abitabili non ha ancora speso l'*x* percento della sua esistenza. In altre parole, il 50 percento dei pianeti abitabili non ha ancora speso il 50 percento della sua esistenza, il 10 percento dei pianeti abitabili non ha ancora speso il 10 percento della sua esistenza, e così via.

Questo significa che l'8 percento dei pianeti abitabili non ha ancora

speso l'8 percento di esistenza di cui avrebbe bisogno per formare la vita, cioè ha meno di un miliardo di anni.

L'altra faccia del discorso è che il 92 percento dei pianeti abitabili è abbastanza vecchio da aver sviluppato la vita. E questo ci da una nona cifra:

9 *Numero dei pianeti della nostra Galassia che hanno generato la vita: 600 milioni.*

Vita multicellulare

Anche se la vita è comparsa presto nella storia della Terra, per lungo tempo i suoi progressi sono stati molto lenti.

È probabile che nei primi due miliardi di anni le forme dominanti fossero batteri e alghe verdazzurre. Si trattava di piccole cellule, molto più piccole di quelle che compongono il corpo umano e quello delle piante e animali che ci sono familiari. Inoltre, le cellule batteriche e le alghe verdazzurre non avevano nuclei distinti che racchiudessero le molecole dell'acido desossiribonucleico (DNA) che controllano la chimica e la riproduzione delle cellule.

La differenza tra questi due tipi di cellule consisteva nel fatto che le alghe verdazzurre erano capaci di fotosintesi (cioè di usare l'energia della luce solare per convertire l'anidride carbonica e l'acqua nei componenti del tessuto), e i batteri no. I batteri erano costretti a procurarsi energia a spese di composti organici già esistenti (o in certi casi sfruttando altri tipi di trasformazioni chimiche).

Benché le alghe verdazzurre formassero i componenti del loro tessuto tramite l'energia solare, sfruttarono anche trasformazioni chimiche simili a quelle usate dai batteri. Queste trasformazioni chimiche non fornivano molta energia. E quindi la crescita e la moltiplicazione delle cose viventi, per non parlare della loro evoluzione in varie specie più avanzate, fu estremamente lenta. Infatti le trasformazioni chimiche di oggi, che sprigionano molta energia, richiedono tutte l'uso dell'ossigeno; e l'atmosfera della Terra primitiva era praticamente priva di ossigeno.

La fotosintesi delle alghe verdazzurre produceva sì piccole quantità d'ossigeno, ma la dispersione di queste minuscole cellule e la loro debole attività rendeva queste quantità piccolissime.

Comunque, pur molto lentamente, l'evoluzione avanzava. Circa un miliardo e 500 milioni di anni fa, quando la vita sulla Terra aveva già più di 2

miliardi di anni, fecero la loro com- parsa le prime cellule fornite di nuclei. Si trattava di grandi cellule, del tipo oggi esistente, con chimiche più efficienti, capaci di condurre la fotosintesi a velocità superiori.

Voleva dire che l'ossigeno iniziava a entrare nell'atmosfera in quantità percettibile, e che l'anidride carbonica cominciava a diminuire. 700 milioni di anni fa, quando la vita sulla Terra aveva quasi tre miliardi di anni, l'ossigeno dell'atmosfera era intorno al 5 percento.

Le forme di vita animale nascente, ancora composte di cellule singole, che, come i batteri, usavano come fonte d'energia trasformazioni chimiche piuttosto che la luce solare, cominciarono a sviluppare la capacità di usare l'ossigeno libero dell'atmosfera. La combinazione di composti organici e ossigeno libera venti volte più energia che il consumo della stessa massa di composti organici puro e semplice.

Con abbondanza di energia a propria disposizione, la vita animale - e vegetale - poté muoversi più velocemente, vivere più attivamente e con maggiore efficienza, riprodursi di più ed evolversi in più direzioni diverse. Poteva anche usare energia in modi che prima sarebbero stati uno spreco. E si evolse in organismi in cui le cellule aderivano l'una all'altra e si specializzavano. Nacquero organismi multicellulari, e di conseguenza tessuti tenaci e resistenti che li sorreggessero e servissero da àncora ai muscoli.

Tessuti così tenaci si fossilizzarono con facilità; così 600 milioni di anni fa (l'età dei fossili) sembrò che una vita multicellulare, avanzata e complessa, spuntasse dal nulla.

Queste forme di vita complesse non fecero la loro comparsa prima che la Terra avesse 4 miliardi di anni, prima che fosse trascorso un terzo della sua esistenza totale.

Se, secondo il principio di medietà, questa caratteristica è comune ai pianeti totalmente simili alla Terra, allora un terzo di essi è troppo giovane per avere più che una vita unicellulare. Ma due terzi hanno una vita multicellulare varia e complessa.

E questo ci fornisce una decima cifra:

10 *Numero dei pianeti della nostra Galassia che hanno generato una vita multicellulare: 433 milioni.*

Vita terrestre

Per quanto una forma di vita diventi complicata e specializzata, se non è intelligente non ha nessun interesse per noi, nell'ottica di questo libro.

E non può diventare intelligente se non sviluppa un cervello grande (o un suo equivalente, ma non ne conosciamo, almeno sulla Terra) e per questo sembra necessario lo sviluppo di organi manipolatori di qualche genere. E di parecchi organi sensori elaborati.

È il flusso di impulsi che penetra nel cervello dall'universo esterno, e la ri-chiesta di organi manipolatori che reagiscono a questi impulsi, che spinge le risorse del cervello alla loro piena capacità e oltre, e conferisce valore di sopravvivenza a ogni suo aumento di dimensione e complessità. Se un cervello piccolo è già sufficiente a far fronte ai bisogni di coordinamento delle informazioni che un organismo raccoglie, un cervello più grande non è di nessun vantaggio; un cervello più grande non farebbe che richiedere la produzione di tessuti molto complessi, inutili e dissipatori d'energia. Se invece il cervello è usato per capacità, un cervello più grande può fare di più, e vale molto di più.

Da questo punto di vista il mare è ideale come incubatore di vita, ma molto limitato come incubatore d'intelligenza. Il senso di maggior valore e più ricco d'informazione che possiamo immaginare in un organismo vivente (senza scivolare nella fantasia) è k vista. Sott'acqua la vista è limitata, perché l'acqua as-sorbe la luce molto più dell'aria. Nell'aria la vista è un senso a lunga portata, in acqua a breve.

Inoltre, la necessità di una forma affusolata per potersi muovere velocemente in un elemento viscoso come l'acqua toglie, come abbiamo già detto all'inizio, ogni possibilità di sviluppare organi manipolativi. Le manipolazioni degli organismi marini implicano in genere soltanto la bocca, la coda, o il peso del corpo, e raramente sono delicati.

Un'eccezione è rappresentata dal polpo e parenti. Il polpo ha sviluppato un apparato di tentacoli agili e sensibili che gli permettono una raffinata manipolazione dell'ambiente, e quando vuole muoversi velocemente può trascinarli dietro acquistando una forma affusolata. Inoltre ha un'ottima vista, la più vicina a una vista vertebrata di cui disponga una creatura non vertebrata.

Ma per quanto possiamo restare ammirati dall'intelligenza del polpo, non c'è dubbio che è ben lungi dall'esserlo abbastanza da produrre quella che chiamiamo civiltà.

Naturalmente ci sono animali marini molto più intelligenti del polpo - lontre di mare, foche, pinguini - ma si tratta sempre di creature della terraferma, riadattatesi in un secondo tempo all'acqua. Anche le balene e i delfini hanno tra i loro antenati animali terrestri, e non c'è dubbio che il cer-

vello dei cetacei si sia sviluppato nel periodo in cui questi abitavano la terraferma.

Per il livello d'intelligenza che ci interessa dobbiamo quindi prendere in considerazione gli organismi terrestri, capaci di una vista di lunga portata, estremamente ricca e dettagliata, che possano sviluppare organi manipolatori, e che vivano nell'ossigeno libero, in modo da poter dominare il fuoco e sviluppare una tecnologia.

Eppure, quando la vita era tutta marina l'ambiente terrestre le era estremamente ostile, quanto per noi lo spazio. Ma noi nel conquistare lo spazio possiamo almeno usare la nostra tecnologia, e inventare marchingegni artificiali di protezione. La vita marina, centinaia di milioni di anni fa, dovette sviluppare le sue protezioni, nel lento corso dell'evoluzione, come parte del proprio corpo.

Dovette vincere varie difficoltà.

Nel mare gli organismi non hanno da temere la sete e la siccità; sono sempre circondati dall'acqua, lo sfondo chimico essenziale alla vita. Sulla terraferma invece la vita è una continua battaglia per non perdere acqua; bisogna conservarla, o sostituirla bevendo.

Nel mare è facile assorbire l'ossigeno dall'acqua in cui è sciolto. Sulla terra dev'essere prima sciolto nel liquido che riveste i polmoni, e poi assorbito, facendo in modo che i polmoni non si asciughino nel processo.

Nel mare si possono depositare le uova nell'acqua, e lasciare che si sviluppino e schiudano senza bisogno di cure (o con cure minime) in un habitat congeniale. Sulla terra le uova hanno bisogno di un guscio che impedisca la fuoruscita dell'acqua e nello stesso tempo permetta il libero ingresso dei gas, affinché l'ossigeno possa raggiungere l'embrione in sviluppo.

Nel mare la temperatura varia di poco. Sulla terra ci sono punte di caldo e freddo.

Noi mare la gravità è quasi nulla. Sulla terra è potente, e gli organismi, per non essere condannati a strisciare, devono sviluppare arti robusti, che possano sollevarli.

Non c'è da meravigliarsi che anche quando la vita marina fu cresciuta per energia e complessità, le ci siano voluti centinaia di milioni di anni per conquistare la terra.

Ma la conquistò. La pressione della competizione costrinse organismi di vario genere a trascorrere sempre più tempo sulla terraferma, finché furono in grado di viverci più o meno sempre.

Circa 370 milioni di anni fa il suolo fu invaso dalle prime piante. Era stato sterile e morto per 4 miliardi e 250 milioni di anni, e ora le sue rive iniziavano a colorarsi di un pallido verde.

Nel giro di poche decine di milioni di anni, le piante furono seguite dagli animali. Insetti e ragni - i primi animali realmente di terraferma - fecero la loro comparsa circa 325 milioni di anni fa. Poi apparvero vermi e lumache. I primi vertebrati interamente di terra - i rettili primitivi - fecero la loro comparsa 275 milioni di anni fa.

A 4,3 miliardi di anni di vita, il 36 percento della sua esistenza, la Terra era ricca di vita terrestre. Per il principio di medietà possiamo quindi dire che il 64 percento dei pianeti abitabili hanno una ricca vita terrestre. E abbiamo la nostra undicesima cifra:

11 *Numero di pianeti della nostra Galassia che hanno una ricca vita terrestre: 416 milioni.*

Intelligenza

Ma anche se una specie è di terraferma non è detto che sia intelligente. Tuttora il bestiame da pascolo non è particolarmente brillante.

Eppure, è possibile notare un regolare progredire dell'intelligenza, un costante sviluppo del cervello. I mammiferi, che apparvero per la prima volta circa 180 milioni di anni fa, rappresentarono in fin dei conti un passo avanti dell'intelligenza rispetto ai rettili.

L'ordine dei primati, le cui prime testimonianze risalgono a 75 milioni di anni fa, si sviluppò in direzione della specializzazione di occhi e cervello. Circa 35 milioni di anni fa i primati si divisero da un lato nelle scimmie minori e nei lemuridi, meno intelligenti, e dall'altro nelle scimmie maggiori, più intelligenti.

Circa 8 milioni di anni fa si sviluppò una specie particolarmente intelligente, quella dei primi «Ominidi». 600 000 anni fa circa c'era già l'*homo sapiens,* e 5000 anni fa gli esseri umani inventarono la scrittura: iniziava la storia scritta, e almeno in alcune parti del mondo la civiltà era in piena fioritura.

Quando apparve la civiltà, la Terra aveva 4 miliardi 600 milioni di anni; era trascorso cioè il 40 percento circa della sua esistenza. Il che, secondo il principio di medietà, significa che il 40 percento dei pianeti abitabili non sono abbastanza vecchi da aver sviluppato una civiltà, e il 60 percento *sì.*

E questo ci da una dodicesima cifra:

12 *Numero di pianeti della nostra Galassia che hanno sviluppato una civiltà tecnologica: 390 milioni.*

In altre parole, nella Galassia di oggi una stella su 770 ha brillato sullo sviluppo di una civiltà tecnologica.

Ma possiamo andare anche un po' più in là. Dall'invenzione della scrittura alla prima avventura nello spazio della nostra civiltà sono passati 5000 anni. Volendo brillare per ottimismo, supponiamo che la nostra civiltà duri per tutto il tempo che la Terra potrà reggere la vita - per altri 7,4 miliardi di anni - e che per tutto questo tempo la tecnologia continui a progredire.[40]

Diciamo quindi che la durata media di una civiltà è di 7,4 miliardi di anni (più avanti nel libro avremo da dire qualcosa di più a questo proposito) e che per arrivare al volo spaziale ci vogliono 5000 anni. Questo significa che per arrivare al volo spaziale passa appena l'1/1 500000 di una civiltà, e il resto del tempo è tutto un progresso tecnologico oltre questo livello. O, da un altro punto di vista, che solo una civiltà della nostra Galassia su 1 500 000 è così arretrata da essere appena al volo spaziale o da non esserci ancora arrivata. Tutte le altre sono più avanzate della nostra.

Cioè, su 390 milioni di civiltà della Galassia solo 260 sono così indietro come noi, un numero insignificante. Tutte le altre (cioè quasi tutte) sono più avanti.

Insomma, ci troviamo ad aver calcolato non solo le possibilità di intelligenza extraterrestre, ma anche le possibilità di intelligenza extraterrestre sovrumana.

X
Altre civiltà

Il nostro satellite gigante

In un certo senso, le nostre speculazioni sull'intelligenza extraterrestre sono approdate a una nota trionfante. Facendo del nostro meglio per produrre stime e ipotesi prudenti e ragionevoli, siamo arrivati a ipotizzare un universo incredibilmente ricco d'intelligenza. Proprio qui nella Galassia, sono entrate nella civiltà 390 milioni di nostre compagne, a condividere la

40 Naturalmente nel corso del tempo il nostro aspetto fisico non potrà non cambiare, per l'evoluzione o l'ingegneria genetica deliberatamente introdotta dagli esseri umani; ma questo non ha influenza sulla linea dell'argomentazione.

grande avventura di apprendere e speculare.

Se queste civiltà fossero sparse in eguai misura nelle periferie Popolazione I, la distanza tra due civiltà confinanti sarebbe in media di 40 anni luce circa. Non molto su scala cosmica.

Ma c'è una domanda, che in un certo senso rovina tutto.

Dove sono?

Se la nostra Galassia ospitasse davvero centinaia di milioni di civiltà avanzate, potrebbero benissimo essersi avventurate oltre i loro mondi, aver stretto alleanze, aver formato una Federazione galattica e mandare emissari alle altre Federazioni attraverso gli spazi intergalattici. E soprattutto dovrebbero averci visitati. Perché invece no?

Dove sono?

È un enigma che può avere diverse soluzioni. Può darsi, per esempio, che l'analisi condotta in questo libro sia sbagliata in qualche punto chiave, e che quindi non ci siano mondi abitabili oltre alla nostra Terra.

Quasi ogni gradino dell'analisi potrebbe nascondere un errore, frutto della nostra limitata conoscenza. Forse le binarie sono molto più comuni di quanto pensiamo, e hanno un'influenza assai più negativa sulla formazione dei pianeti. In questo caso, le stelle singole simili al Sole potrebbero essere pochissime, e altrettanto pochi i sistemi planetari.

Può darsi che l'ecosfera sia angusta, come risulta da alcune stime, e che in questo sottile guscio di spazio attorno a una stella, il solo che potrebbe permettere l'abitabilità, non sia venuto a trovarsi quasi nessun pianeta.

Può darsi che per qualche ragione ancora incomprensibile sia molto raro che si formino pianeti della massa della Terra, può darsi che un sistema planetario dopo l'altro sia composto da pianeti troppo grandi e troppo piccoli, che non ci siano pianeti della giusta misura praticamente da nessuna parte.

Può darsi che sia un incredibile caso cosmico che il nostro mondo abbia raccolto acqua liquida in quantità adeguata, e che gli altri fattori siano quello che sono; può darsi che il nostro sia l'unico pianeta abitabile della Galassia o addirittura dell'universo.

Ma finora non abbiamo ragioni per pensare che le cose stiano così. La motivazione può arrivare da un momento all'altro, anche domani per quello che ne sappiamo. Ma finché non arriva non abbiamo altra scelta che seguire la nostra linea di ragionamento, e vedere se riusciamo a trovare una spiegazione alla mancanza di prove positive dell'esistenza di altre civiltà.

Ma l'errore potrebbe non essere frutto della nostra ignoranza. Potrebbe venire da qualcosa di assolutamente evidente, ma di cui non abbiamo tenuto conto. Qualcosa di così non comune riguardo al Sole, al suo sistema planetario, o alla stessa Terra, da impedirci di usare il principio di medietà.

Per quanto riguarda il Sole e il sistema planetario in generale non conosciamo niente del genere. Può essere unico in una decina di modi diversi, ma nessuno di cui appaia l'evidenza. Per la Terra però è diverso. Qui abbiamo qualcosa di assolutamente non comune, di cui finora non abbiamo tenuto conto, qualcosa che adesso dobbiamo considerare come una possibile risposta al problema di dove sono i nostri visitatori spaziali.

Il fattore non comune è il satellite della Terra, la Luna.

Ho già detto che l'associazione Terra-Luna, grazie alla dimensione straordinaria della Luna in rapporto al mondo cui gira attorno, è il fatto più vicino nel sistema solare a un doppio pianeta.[41] La massa della Luna è 1/81, o 0,0123 quella della Terra. La tavola seguente da la massa dei satelliti d'ogni pianeta del sistema solare in termini relativi alla massa del loro pianeta.

Terra (1 satellite)	0,0123
Nettuno (2 satelliti)	0,0013
Saturno (10 satelliti)	0,00025
Giove (13 satelliti)	0,00024
Urano (5 satelliti)	0,00010
Marte (2 satelliti)	0,00000002
Plutone (nessun satellite)	
Venere (nessun satellite)	
Mercurio (nessun satellite)	

Prendendo la massa di ogni satellite relativa alla massa del pianeta cui gira attorno, la Luna è 6,5 volte più massiccia di tutti gli altri messi insieme.

Da questo punto di vista la Luna è assolutamente non comune, e rende l'immagine della formazione della Terra completamente diversa da quella

41 Questo fatto può essere modificato dalla scoperta, avvenuta nel 1978, di un satellite di Plutone, Caronte. Questi ha una massa di 1/10 di quella di Plutone, cosicché i due formano un doppio pianeta quasi come Terra e Luna. I due però sono piuttosto piccoli, sicché l'argomentazione a questo punto è valida se applicata a corpi di grandezza simile a quella della Terra.

degli altri pianeti.

Tutti i pianeti tranne la Terra sembrano essersi formati attorno a un punto di condensazione centrale con al massimo diversi insignificanti nodi di materia alla periferia, così piccoli in rapporto al punto di condensazione centrale che è difficile pensare che possano avere influito in qualche modo sulla formazione del pianeta principale.

Ma per quanto riguarda la Terra, e *solo* la Terra, sembra ci siano state *due* condensazioni, una molto più grande dell'altra, ma non tanto da renderla significante.

Prendiamo Venere e la Terra, così simili per massa e costituzione, eppure così diversi per condizione di superficie attuale. È possibile spiegare almeno in parte questa attuale differenza col fatto che Venere s'è formato in una condensazione e la Terra in due? La Luna formandosi ha sottratto della materia in qualche modo decisivo che ha fatto mutare lo stato chimico o fisico della Terra dando inizio a una evoluzione geologica diversa da quella di Venere? Una diversità dapprima minima, ma che ha finito per far diventare la Terra un pianeta freddo con un oceano e un'atmosfera a paragone rarefatta, mentre Venere è divenuto un pianeta caldo, senza acqua liquida e con un'atmosfera molto densa?

Può darsi che la doppia condensazione che formò il doppio pianeta Terra-Luna sia un caso eccezionalmente raro, e che quindi abbiamo sbagliato a dire che nell'ecosfera di una Terra simile al Sole un pianeta su due è simile alla Terra. Per esserlo dovrebbe avere un satellite simile alla Luna, e questo è praticamente impossibile. Senza un satellite simile alla Luna potremmo avere al massimo un pianeta simile a Venere.

Se le cose stessero così, dovremmo concludere che nell'universo non ci sono in pratica pianeti abitabili, e che la Terra è uno scherzo di natura. Di intelligenze extraterrestri non ce ne sarebbe una, e quindi il silenzio dello spazio, la mancanza di loro notizie non dovrebbe sorprendere.

Ma gli argomenti che abbiamo posto a fondamento di queste tesi sono inequivocabili? Che influenza ha avuto la formazione della Luna su quella della Terra? Cosa può aver fatto per diminuire la densità atmosferica della Terra, aumentare la sua riserva d'acqua, prevenire un effetto serra galoppante?

A queste domande non esiste ancora una risposta adeguata.

Inoltre, le differenze tra Venere e la Terra possono trovare una razionalizzazione apparentemente più probabile di quella che passa attraverso la Luna.

Venere è più vicina al Sole della Terra, e di molto. Il processo di fotolisi per cui i raggi ultravioletti del Sole scindono le molecole d'acqua in idrogeno e ossigeno ne risulta accelerato; grazie alle temperature più alte dovute alla vicinanza del Sole, l'idrogeno fugge rapidamente, e l'ossigeno si combina col melano presente per formare acqua e anidride carbonica. Il processo, continuando, finisce per generare un'atmosfera densa composta soprattutto di anidride carbonica, che accelera l'effetto serra e produce il pia-neta Venere quale lo conosciamo.

Restano da risolvere molti particolari, ma è molto più credibile che la differenza tra Venere e Terra sia una differenza di distanza dal Sole piuttosto che di natura e presenza di un satellite.

In attesa di prove ulteriori non sembra quindi che ci sia ragione di negare l'esistenza di molti pianeti abitabili, in grado di ospitare la vita. Ma, ammesso questo, non abbiamo ancora parlato della peculiarità dell'esistenza della Luna.

Il nostro satellite catturato?

L'esistenza della Luna come satellite della Terra è così strana che alcuni astronomi hanno ipotizzato che non sia nata come satellite, ma sia stata catturata dalla Terra. Se quest'ipotesi fosse esatta potrebbe avere un effetto pressoché fatale sulla nostra speranza di trovare delle altre civiltà.

A favore della tesi che la Luna sia un corpo catturato c'è il fatto che è così grande e così lontana dalla Terra. Inoltre la sua orbita giace su un piano in cui in genere i pianeti girano attorno al Sole, e molto meno vicino al piano equatoriale della Terra, dove sappiamo per esperienza che è più facile che giri un satellite. Tutti elementi che possono far pensare che sia nato come piccolo pianeta piuttosto che come satellite.

C'è poi il fatto che la Luna ha una composizione un po' diversa da quella della Terra. La sua densità è solo 3/5 di quella terrestre, e non ha un nucleo di metallo. In questo la sua struttura è molto più simile a quella di Marte. È possibile che la Luna si sia formata da quella parte della nube originaria di polvere e gas da cui si formò Marte, piuttosto che la Terra?

Inoltre, la Luna scarseggia molto più che la Terra di quegli elementi solidi che si liquefano a temperature relativamente poco elevate e che quindi possono essere evaporati. La Luna abbonda poi di frammenti vetrosi, formati da sostanze rocciose liquefattesi e di nuovo solidificatesi, che sono invece rari sulla Terra. Queste due caratteristiche sembrerebbero indicare che

la Luna sia stata esposta, forse per un periodo considerevole, a temperature più alte di quelle attuali della Terra (e della stessa Luna).

È possibile che la Luna, formatasi nello stesso processo che formò Marte, abbia avuto per qualche ragione un'orbita molto eccentrica? Forse arrivava vicina al Sole quasi come Mercurio, e se ne allontanava quasi come Marte. Questo ne spiegherebbe la superficie mercuriana e l'interno marziano.

A un certo punto è successo qualcosa che ha permesso alla Terra di catturare la Luna durante uno dei suoi avvicinamenti.

Nessuno degli argomenti a favore dell'ipotesi che la Luna sia un corpo catturato è inequivocabile. Non lo è la dimensione, perché i satelliti del sistema solare che secondo gli astronomi sono stati sicuramente catturati sono tutti minuscoli. La distanza della Luna dalla Terra potrebbe essere il risultato dell'azione di marea; la sua orbita non è eccentrica come quella degli altri satelliti sicuramente catturati; l'inclinazione del suo piano di rivoluzione rispetto al piano equatoriale del suo pianeta non è accentuata come quella del satellite di Nettuno, Tritone.

Quanto alla diversa composizione, è possibile che i metalli si siano con-densati per primi e che quando la Luna cominciò a condensarsi lontana dal luogo della prima condensazione, la nube dalla quale si formò fosse quasi tutta rocciosa. Per spiegare il gran calore cui è stata esposta la sua superficie è sufficiente ricordare che la Luna, a differenza della Terra, non ha un'atmosfera e un oceano che respingano i raggi solari.

E, soprattutto, il meccanismo che avrebbe permesso alla Terra di catturare un corpo della dimensione della Luna è molto ingarbugliato, e gli astronomi non sono riusciti a suggerirne uno credibile, davvero capace di produrre una cosa del genere.

Ma neppure gli argomenti contro l'ipotesi che la Luna sia un satellite catturato sono inequivocabili. Gli astronomi non sono ancora riusciti ad arrivare a niente di definitivo a questo riguardo. La Luna può essere un satellite catturato come no.

Ammettiamo, per amor di argomentazione, che la Luna *sia* un satellite catturato, e vediamo dove quest'ipotesi ci porta.

Tanto per cominciare, *quando* potrebbe essere stata catturata?

Non possiamo dirlo. Potrebbe essere stata catturata 4 miliardi di anni fa, non molto dopo la formazione dei due corpi e prima che qualunque vita apparisse sulla Terra. Potrebbe essere stata catturata 4 milioni di anni fa, non molto prima che apparissero sulla Terra i primi ominidi.

Ma finché guardiamo solo la Luna non abbiamo modo di dirlo. Guardiamo anche la Terra. La storia della Terra mostra qualche rivoluzione improvvisa che possa essere messa in rapporto e sul conto della cattura della Luna?

Cosa sappiamo della comparsa della vita sulla superficie emersa della Terra? Le terre asciutte furono colonizzate stranamente tardi: mentre la vita si presentò nell'oceano forse un miliardo di anni dopo la formazione del pianeta, perché apparisse sulla terra asciutta dovettero passare 4,2 miliardi di anni. Se equipariamo i 12 miliardi di anni di durata della Terra come pianeta abitabile ai 70 anni di vita dell'essere umano, la vita marina iniziò quando la Terra aveva 6 anni, e la vita terrestre quando ne aveva 25. Perché questa differenza?

È possibile che le maree abbiano avuto qualcosa a che vedere con l'inizio della vita fuori dell'acqua?

Il periodico salire e scendere dell'acqua sulla riva avrebbe portato con sé la vita. Si sarebbe lasciato dietro delle pozze d'acqua in cui qualche forma di vita avrebbe potuto crescere. E le sabbie melmose avrebbero potuto diventare gli anfitrioni della vita. L'adattamento avrebbe permesso alle forme di vita di resistere alla relativa aridità tra un'alta marea e l'altra, trascinandosi sempre più avanti sulla spiaggia, fino a riuscire a vivere senza più immergersi nell'acqua.

È possibile che nel primitivo oceano senza maree di una Terra senza Luna, questo passaggio fra vita marina e vita terrestre non ci fosse, e che la vita terrestre non si sia sviluppata per 3 miliardi di anni?

È possibile che nel primitivo oceano senza maree di una Terra milioni di anni fa, e che le conseguenti improvvise maree abbiano tanto percorso la roccia sedimentaria in formazione da cancellarne le primitive tracce fossili, contribuendo a far sembrare così improvvise le forme di vita delle rocce cambriche?

Ed è possibile che un paio di centinaia di milioni di anni di maree siano riusciti a spingere la vita fuori dell'acqua rendendo possibile l'intelligenza e la tecnologia?

Anche in assenza della Luna, la Terra non è proprio senza marea. Anche il Sole produce maree, e se non ci fosse la Luna le sole maree del Sole raggiungerebbero l'altezza di circa un terzo di quelle attuali.

Si potrebbe obiettare che il Sole non avrebbe potuto fare abbastanza, e aggiungere che la Luna avrebbe potuto agire più in passato che ora.

Gli effetti di marea rallentano la rotazione della Terra, quindi le fanno

perdere del momento angolare di rotazione. Ma il momento angolare non può andare perso, può soltanto essere trasferito: in questo caso, dalla rotazione della Terra alla rivoluzione Terra-Luna. La Terra e la Luna si allontanano lentamente una dall'altra, compiendo moti più ampi attorno al loro mutuo centro di gravità, e quindi guadagnano momento angolare.

Se guardiamo indietro nel tempo, scopriamo che 400 milioni di anni fa, quando iniziò il passaggio dalla vita marina alla vita terrestre, il giorno doveva essere più corto, e la Luna più vicina. Gli anelli di crescita dei coralli fossili dell'epoca dimostrano che il giorno durava 21,8 ore circa e la rivoluzione della Luna 21 giorni (il che significa che distava dalla Terra solo 320 000 chilometri).

Sapendo che l'effetto di marea è inversamente proporzionale al cubo della distanza, possiamo calcolare che l'altezza delle maree lunari di 400 milioni di anni fa era pari a 1,66 di quella di oggi e a 1,44 delle attuali maree lunare e solare messe assieme. Con maree alte una volta e mezzo quelle attuali, e del 10 percento più veloci nel salire e scendere, grazie al giorno più breve, la spinta verso la vita fuori dell'acqua potrebbe essere stata molto più efficace di quanto lo sarebbe oggi.

Potremmo quindi concludere che la Terra, adempiendo all'arduo compito di catturare la Luna (così arduo che gli astronomi non riescono ad immaginare come potrebbe averlo fatto) rese possibile l'esistenza della vita terrestre.

Quando abbiamo calcolato quante miriadi di pianeti abitabili ci sono, non abbiamo tenuto conto di quanto pochi sono quelli che potrebbero aver catturato un grande satellite - che avrebbe dovuto trovarsi al posto giusto per essere preso -, e che quindi pochissimi potrebbero aver sviluppato la vita sulla superficie asciutta, e da questa il tipo d'intelligenza e tecnologia che stiamo cercando.

Ma neppure quest'argomento a favore dell'unicità della Terra nell'avere vita fuori dell'acqua, e quindi intelligenza e tecnologia, è inequivocabile. Non abbiamo bisogno di una Luna catturata per spiegare l'apparire della vita sulla Terra emersa. È probabile che nei miliardi di anni che videro la presenza della vita nel mare e non sulla Terra, le maree lunari, per quanto alte, non possano aver prodotto il passaggio della vita sulla superficie asciutta.

Per la maggior parte della sua esistenza, l'atmosfera della Terra ha contenuto non più di una minima percentuale di ossigeno libero. Il che significa che nelle sue zone superiori non c'erano strati di ozono, e quindi i rag-

gi ultravioletti del Sole potevano raggiungere la superficie terrestre in grande quantità.

L'energia ultravioletta è nemica della vita, in quanto tende a disgregare le complesse molecole sulle quali la vita stessa si regge. Ma questo non riguardava la vita nell'oceano, che poteva scendere abbastanza in profondità da ricevere un'energia ultravioletta sufficiente ma non eccessiva.

Fuori dell'acqua invece non era tanto facile sfuggire ai raggi mortali del Sole; cosicché il suolo rimase morto, sterilizzato dalla luce solare.

Ancora all'inizio del cambrico, 600 milioni di anni fa, l'atmosfera della Terra non conteneva il 5 percento d'ossigeno. Però questa percentuale stava aumentando velocemente, e si andava formando uno strato d'ozono sempre più denso. I raggi ultravioletti venivano bloccati in misura sempre maggiore, e a partire da 400 milioni di anni fa non raggiunsero più la superficie della Terra in quantità letale. Per la prima volta il fragile tessuto vivente spinto sulla spiaggia dalla marea non veniva subito ucciso. Lentamente la superficie asciutta veniva colonizzata.

Questa spiegazione del ritardo con cui apparve la vita fuori dell'acqua è molto più convincente di quelle che implicano la cattura della Luna.

Sembra quindi che dobbiamo abbandonare l'idea che la Luna abbia svolto un ruolo centrale nello sviluppo della civiltà. Che un pianeta abitabile abbia un grande satellite, un piccolo satellite, un satellite catturato, parecchi satelliti o nessun satellite, questo non dovrebbe avere alcuna influenza, almeno a giudicare dalle prove disponibili,[42] sullo sviluppo della vita e dell'intelligenza sulla terraferma. Allora, dove sono?

Intelligenza

Se ammettiamo che esistano tanti pianeti abitabili quanti ne abbiamo calcolati, e tutti con vita terrestre, siamo sicuri che su ognuno si debba sviluppare per forza una specie intelligente?

O sbagliamo ad applicare il principio di medietà a questa fase delle valutazioni? Forse lo sviluppo dell'intelligenza sulla Terra è un caso incredibilmente fortunato, e anche se la Galassia e l'universo pullulano di vita, anche di vita terrestre, forse l'intelligenza e quindi le civiltà sono totalmente assenti. A parte la nostra.

---

42 Devo sottolineare che le «prove disponibili» sono frammentarie e vaghe. Una prova può venire a spezzare da un momento all'altro - forse anche domani - la catena logica di questo libro in qualunque punto.

Lo sviluppo di una specie intelligente richiede forse condizioni quasi impossibili? Cosa richiede?

Prima di tutto, una specie intelligente dev'essere piuttosto grande, perché deve sviluppare un grande cervello, ma non deve esserlo troppo, nel senso che il corpo non deve sovrastare il cervello.

L'essere umano è più intelligente del suo parente maggiore, il gorilla, e indubitabilmente più intelligente dell'ancora più grande (e ora estinto) gigantopiteco, il primate più grande che sia mai esistito, per quanto ne sappiamo.

Ma l'essere umano è uno dei quattro primati più grandi attualmente esistenti, e questi quattro sono tutti più intelligenti dei primati più piccoli, dal gibbone in giù. E, soprattutto, l'*homo sapiens,* la specie più intelligente degli ominidi, è anche la più grande.

Tra i mammiferi non primati, i più intelligenti sono gli elefanti e i delfini, anch'essi animali grandi. Il polpo, il più intelligente degli invertebrati, è tra gli invertebrati più grandi; il corvo, forse il più intelligente degli uccelli, è tra gli uccelli più grandi.

Questa grandezza dev'essere una delle ragioni del ritardo con cui l'intelligenza si è stabilita sulla Terra, e presumibilmente su ogni pianeta analogo; ci vuole molto tempo perché i processi ciechi dell'evoluzione sviluppino una specie abbastanza grande da ospitare un cervello sufficiente.

La difficoltà aumenta ancora se si pensa che il cervello è il tessuto dall'organizzazione di gran lunga più complessa; è più facile aumentare la massa e la complicazione di qualunque tessuto che non del cervello. Quindi ci sono molte più specie dal corpo grande e dal cervello piccolo di quelle equilibrate.

La formazione di un corpo grande con un cervello adeguato, non potrebbe essere tanto difficile da diventare quasi impossibile?

Naturalmente potremmo obiettare che i vantaggi dell'intelligenza sono tali che la tendenza verso di essa è irresistibile. Dopo tutto, è l'intelligenza a garantire gli esseri umani contro ogni forma di vita abbastanza grande, armata e maligna da distruggerli se non fossero intelligenti. Nessun forte predatore può tenerci testa. Anzi, dobbiamo fare degli sforzi particolari per evitare l'estinzione delle specie più forti e magnifiche, e malgrado tutti i nostri sforzi possiamo fallire. Il potere della nostra intelligenza è troppo grande per essere mitigato e reso mansueto.

Ma non facciamoci ingannare dall'orgoglio, la nostra intelligenza non è solo un vantaggio. Ci sono anche degli svantaggi. Se un organismo intelli-

gente dev'essere relativamente grande, bisogna che sia in numero relativamente piccolo. E che viva a lungo per trarre vantaggi dalla sua intelligenza (se muore prima di avere appreso abbastanza, la sua intelligenza è sprecata); quindi deve riprodursi con una certa lentezza.

Se una specie intelligente deve competere con altre specie che, non intelligenti, possono permettersi d'essere piccole, numerose, feconde, e di vivere poco, la specie intelligente si trova in grave svantaggio. Tutto fa pensare che l'evoluzione assegni il premio (della sopravvivenza) alla qualità della fecondità più che a qualunque altra cosa. I piccoli delle specie intelligenti sono pochi e assolutamente indifesi, finché il loro cervello straordinariamente complesso, incapace di raggiungere uno sviluppo adeguato in un periodo fetale anche protratto, non si è sviluppato a sufficienza. Se succede qualcosa prima che possano a loro volta riprodursi, va perso un enorme investimento di tempo e fatica biologica e sociale.

Una specie piccola e non intelligente può generare migliaia o anche milioni di uova, da cui nasceranno miriadi di piccoli capaci di vivere indipendentemente dai genitori. La maggior parte finirà divorata, ma l'investimento per ognuno di essi è trascurabile, e qualcuno sopravviverà senz'altro.

Ma, soprattutto, vivere poco ed essere prolifici significa evolversi a velocità vertiginosa. Gli insetti, l'esempio più comune di organismi fecondi e dalla vita breve, si sono evoluti in specie più numerose di tutti gli altri organismi messi insieme e, secondo qualsiasi criterio tranne quello della nostra vanità, sono il gruppo di organismi più vincente del mondo.

Neppure l'umanità, al suo attuale apice di intelligenza e tecnologia, può sconfiggere gli insetti. Possiamo distruggere senza fatica elefanti e balene, ma gli insetti, che consumano gran parte delle nostre riserve di cibo, ci sfidano. Possiamo ucciderne a miliardi, ma ce ne sono sempre di più per sostituire i morti. Se usiamo dei veleni, quei pochi che riescono a resistere ne generano subito miliardi di altri, tutti resistenti come loro. Noi usiamo il cervello, loro la fecondità, e vincono loro.

Se poi mettiamo da parte gli esseri umani, l'intelligenza è anche meno vincente. Né il gorilla né lo scimpanzé sono specie granché vincenti. Non possono certo stare alla pari del topo quando si fa strada in un mondo ostile. E sembra proprio che l'elefante non sia vincente come il coniglio. Né la balena come l'aringa.

Si può obiettare che l'intelligenza è sostanzialmente un vicolo cieco dell'evoluzione? Che in definitiva gli svantaggi superano i vantaggi finché

non si raggiunge un livello critico, passato il quale alle specie intelligenti sarà permesso di far valere almeno qualche spettacolare forma di dominio sul mondo?

Forse questo livello critico è così difficile da raggiungere attraverso e oltre gli svantaggi dell'intelligenza in genere, che gli ominidi della Terra ci arrivarono solo per uno straordinario colpo di fortuna, che non si è ripetuto in nessun altro caso.

Ma tutto questo non convince.

Osservando l'evoluzione sulla Terra, sembra di notare una tendenza all'aumento delle dimensioni e delle complessità. (A volte, certo, con eccessi che portano a marce indietro.) E, soprattutto, l'aumento della complessità sembra quasi sempre implicare un aumento d'intelligenza in vasti gruppi di viventi.

Anche tra gli insetti, almeno tre gruppi, formiche api e termiti, sono insetti sociali. Invece di crescere come singoli grandi e complessi, rimangono individualmente piccoli, ma formano grandi e complesse società, che nell'insieme sembrano molto più intelligenti dei piccoli singoli organismi che le compongono.

Se l'intelligenza cresce nello sviluppo di molti e diversi gruppi di specie, e anche in due forme molto diverse - nell'individuo e nella società - si deve supporre che presto o tardi qualche intelligenza supererà il livello critico.

Insomma, il peso dell'evidenza, almeno quella che abbiamo finora, ci obbliga a pensare che l'intelligenza, e un'intelligenza sufficiente a produrre una civiltà, sia, dato un tempo sufficiente, uno sviluppo più o meno inevitabile su un pianeta abitabile.

Estinzione

E siamo ricondotti alla stessa domanda. Se non c'è ragione di negare lo sviluppo di centinaia di milioni di civiltà nella nostra Galassia, perché questo silenzio? Perché nessuna si rivela?

La risposta può risiedere nel fatto che finora siano sorte proprio così tante civiltà? Non ci siamo ancora chiesti quanto possa durare una civiltà dopo essere nata.

È un punto importante. Supponiamo che ogni civiltà viva relativamente poco e poi finisca. Vorrebbe dire che se potessimo esaminare tutti i pianeti abitabili dell'universo, in molti la civiltà potrebbe non essere ancora nata.

E in molti di più potrebbe essersi già estinta. Solo su pochissimi pianeti troveremmo una civiltà così recente da non essere ancora giunta all'estinzione.

Più la durata media delle civiltà è breve, più ed sarà difficile trovare dei mondi in cui una civiltà sia sbocciata e non ancora morta, e meno saranno le civiltà *in essere* ora, o in un qualunque momento dato della storia dell'universo.

Allora, forse le civiltà hanno la caratteristica di autolimitarsi, e se nessuna si è mai rivelata, può essere che la loro presenza vicina non duri abbastanza da essere avvertita.

C'è qualche ragione di credere che le civiltà abbiano vita breve? A giudicare dall'unica che conosciamo, la nostra, la ragione è purtroppo più che evidente.

La nostra civiltà ha un futuro incerto, perché, in poche parole troviamo difficile (forse impossibile) cooperare per risolvere i nostri problemi. Siamo una specie troppo litigiosa, e sembra che giudichiamo i nostri conflitti locali più importanti della sopravvivenza complessiva.

In un certo senso, tutti gli esseri viventi sono costretti ad essere litigiosi. Le capacità riproduttive sono tali che ogni specie, riproducendosi liberamente, può superare in breve i suoi approvvigionamenti di cibo, per quanto abbondanti siano.[43] All'interno di ogni specie ci sarà sempre di conseguenza una corsa al cibo. La gara può non essere diretta e non implicare uno scontro, ma la sopravvivenza di alcuni significherà comunque (e dipenderà dalla) non sopravvivenza di altri. Anche le piante si contendono a viva forza e senza rimorsi la luce del Sole.

La civiltà è in pericolo non perché gli esseri umani sono litigiosi, ma perché lo sono molto più delle altre specie. A questa situazione possiamo trovare diverse ragioni, e ognuna ha a che vedere con l'intelligenza - purtroppo - perché questo può voler dire che tutte le specie capaci di produrre una civiltà devono essere per forza smodatamente litigiose.

Per esempio, grazie alla loro intelligenza gli esseri umani sono più coscienti di tutte le altre specie dell'esistenza di quella gara.

43 Quando ci mettiamo a calcolare quanto ci vorrebbe perché un virus, un batterio, una coppia di mosche, di gatti, di esseri umani, anche di elefanti, generassero una prole di massa pari a quella della Terra - ammettendo una libera riproduzione con cibo illimitato, e morti solo di vecchiaia - risultano sempre tempi ridicolmente brevi. Nel caso degli esseri umani, se partiamo da una coppia e la moltiplichiamo a un ritmo globale di 3,3 percento all'anno - più che adeguato alle capacità umane - la sua discendenza raggiungerà la massa totale della Terra in 1600 anni.

Per gli esseri umani non si tratta semplicemente di combattere per conquistarsi un po' di cibo quando hanno fame o per difendere una preda quando l'hanno conquistata. Si tratta di elaborare un programma di ampio respiro per avere la meglio sugli altri.

Nelle altre specie la lotta per il cibo dura finché uno non riesce a portarselo alla bocca; allora il perdente se ne va a cercare qualcos'altro. Scomparso il cibo, non c'è più ragione di lottare.

Negli esseri umani, intelligenti, capaci di previsione, e quindi di capire cosa significa la morte per inedia, e quanto questa possa essere alle porte, è molto più facile che la lotta per il cibo sia violenta, duri a lungo e porti gravi danni e morte. E anche quando uno è sconfitto e scacciato senza grave danno per se stesso e il vincitore si è mangiato il cibo, la lotta può non essere finita.

L'essere umano è abbastanza intelligente da portare rancore. Il perdente, ricordando l'offesa alle proprie possibilità di sopravvivenza, può darsi da fare per uccidere il vincitore con l'astuzia, tendendogli un'imboscata, o stringendo delle alleanze, se non ci riesce affrontandolo di petto. E questo anche se non ci guadagna niente direttamente, anche se non aumenta le sue possibilità di sopravvivenza, ma solo per rabbia al ricordo del torto subito.

È difficile che altre specie oltre all'essere umano si uccidano per vendetta (o per impedire la vendetta, perché i morti non parlano e non tendono imboscate). Non è che gli esseri umani siano più malvagi degli altri animali, ma sono più intelligenti, e hanno ricordi abbastanza duraturi e precisi per dar senso al concetto di vendetta.

Inoltre, le altre specie hanno ben pochi motivi di contrasto oltre al cibo, al sesso e alla sicurezza dei piccoli. Mentre negli esseri umani, con la loro intelligente capacità di prevedere e ricordare, quasi ogni cosa può far scoppiare il desiderio del possesso e la rivalità. Perdere o non riuscire a conquistare qualche accessorio può essere motivo di una controversia che porterà alla violenza e alla morte.

E mentre gli esseri umani si avvicinano alla civiltà e la raggiungono, sviluppano una cultura sempre più materialistica, in cui il possesso di quantità di cose diverse viene considerato un valore. Lo sviluppo della caccia rese oggetti di valore le scuri di pietra, le lance, gli archi e le frecce. L'inizio dell'agricoltura diede alla terra molto più valore di quanto ne avesse mai avuto prima. La nascente tecnologia moltiplica le proprietà, e quasi ogni cosa - dal bestiame alle ceramiche, a pezzi di metallo - significa benessere economico e status sociale. E gli esseri umani finiscono per

avere infiniti motivi per attaccare, difendere, ferire e uccidere.

Inoltre il progresso della tecnologia comporta automaticamente un aumento del potere del singolo di commettere violenza. Non si tratta solo della scelta di costruire spade piuttosto che aratri. Sì, certi prodotti della tecnologia sono fatti per uccidere, ma quasi *ogni* prodotto può essere usato per uccidere, se c'è collera o paura. Una bella pentola pesante, che di solito serve agli scopi più pacifici, può essere usata per rompere una testa.

E il processo va avanti all'infinito. Gli esseri umani dispongono ormai delle armi più micidiali che abbiano mai avuto, eppure continuano a produrne di sempre più mortali.

Possiamo concludere che è impossibile che una specie diventi intelligente senza arrivare a capire il significato della competizione, a prevedere i pericoli che comporta perdere, a elaborare un'infinità di cose materiali e astrazioni immateriali su cui disputare, e a sviluppare a questo scopo armi sempre più potenti.

Quindi, quando si arriva al punto in cui le armi create dalla specie intelligente sono cosi potenti e distruttive da superare la .rapacità della specie di guarire e ricostruire, la civiltà arriva automaticamente alla sua fine.

Ora sembra che l'*homo sapiens* abbia percorso tutta la scala, si trovi di fronte a una situazione per cui una guerra termonucleare globale potrebbe portare la civiltà alla fine, forse per sempre.

E anche se evitiamo una guerra termonucleare, gli altri effetti concomitanti di una tecnologia in sviluppo cui è stato permesso dispiegarsi senza una guida abbastanza attenta e intelligente, potrebbero portarci allo stesso risultato. Una crescita senza fine della popolazione combinata a un calo delle riserve d'energia e ielle risorse materiali provocherebbe inevitabilmente un periodo ii fame crescente, che potrebbe portare alla disperazione di una guerra totale. La contaminazione dell'ambiente può diminuire le possibilità di sopravvivenza sulla Terra, avvelenandola con le scorie radioattive delle nostre centrali nucleari, con quelle chimiche delle fabbriche d'automobili o con qualcosa di così banale come l'anidride carbonica che produciamo bruciando carbone e petrolio (e che può provocare un effetto serra galoppante).

O ancora, la civiltà può crollare semplicemente per violenza interna, senza l'orrore termonucleare, quando le costruzioni della civiltà cadono a pezzi sotto le tensioni dell'aumento della popolazione e del degradarsi degli standard di vita. Già lo vediamo nella marea montante del terrorismo.

Bene, supponiamo che vada sempre così in tutti i mondi. La civiltà na-

sce, il progresso tecnologico si accelera fino allo stadio della bomba nucleare, e la civiltà muore in uno scoppio, o, forse, in un lamento.

Continuiamo a prenderci come media, e diciamo che su ogni pianeta abitabile con una durata potenziale di vita di complessivi 12 miliardi di anni, una specie intelligente appare dopo 4 miliardi 600 milioni di anni e, nel corso di 600 000 anni costruisce lentamente una civiltà e velocemente la distrugge, mandando il pianeta in rovina al punto che non può più produrre nessuna civiltà ulteriore.

Questo vorrebbe dire che su 650 miliardi di pianeti abitabili della nostra Galassia, solo 32 250 si troverebbero in quel periodo di 600 000 anni in cui una specie intellettualmente equivalente all'homo *sapiens* sta dispiegandosi in potenza.

Circa 540 ospitano una specie intelligente che, almeno nelle zone più avanzate del pianeta, pratica l'agricoltura e vive in città.

In 270 la specie intelligente ha sviluppato la scrittura, in 20 la scienza moderna, in 10 è avvenuto un equivalente della rivoluzione industriale, e in due (solo due!) è stata sviluppata l'energia nucleare e queste due civiltà sono naturalmente prossime a estinguersi.

E su 390 milioni circa di pianeti analoghi ci sono segni di una civiltà estintasi da un secolo a diversi miliardi di anni prima.

Stando così le cose, anche se la nostra valutazione di centinaia di milioni di civiltà nella nostra Galassia è giusta, non c'è da meravigliarsi che non ne abbiamo notizia.

Cooperazione

Quest'analisi, pur deprimente, non sembra del tutto incontrovertibile. La litigiosità non è l'unico fattore da prendere in considerazione negli esseri umani. C'è anche un elemento di cooperazione e persino di altruismo.

Se l'intelligenza consente agli esseri umani di ricordare le offese e di lavorare per vendicarle, permette anche di partecipare dei sentimenti altrui, comprendere e perdonare. E anche se ha un cuore duro come una pietra, un essere umano può apprezzare per motivi di puro egoismo i vantaggi della cooperazione.

Dopo tutto, se è vero che un colpo in testa può abbattere un concorrente e permetterti di mangiare tutto il cibo disponibile al momento, dividerlo e riunire le capacità per cercare altro cibo può aumentare le possibilità a lungo termine di sfuggire alla fame.

La storia umana offre innumerevoli esempi di dedizione disinteressata alla famiglia, agli amici, alla tribù e anche a ideali astratti. Innumerevoli uomini e donne hanno posto un'infinità di considerazioni al di sopra della soddisfazione immediata dei desideri e persino della vita.

E se gli altruisti hanno sempre rappresentato una minoranza nella storia umana, la loro influenza è stata spropositata al numero.

Anche la più litigiosa di tutte le attività umane, la guerra organizzata, non potrebbe essere portata avanti aldilà della mischia comune se non fosse certo che i soldati si difenderebbero l'un l'altro e rischierebbero quotidianamente le loro vite a vantaggio l'uno dell'altro.

Il risultato è che le unità politiche dell'umanità (società in cui la violenza è sottoposta a severe costrizioni e a punizioni organizzate) hanno teso col tempo a crescere in dimensione e popolazione.

Le tribù cacciatrici di qualche centinaio di individui hanno ceduto il passo a comunità agricole, a città-stato, a imperi sempre più estesi. Un sesto della superficie terrestre è ormai sotto il regime centralizzato del governo sovietico di Mosca. Un quinto della popolazione mondiale è sotto il regime del governo di Pechino. Un terzo della ricchezza del mondo è sotto il controllo del governo americano di Washington.

Si può pensare che la tendenza naturale sia a un'unità politica che comprenda l'intero pianeta e tutta la sua popolazione e ricchezza.

Per il momento sembrano essercene ben pochi segni. Le nazioni del mondo non riconoscono nessuna legge al di sopra della propria volontà e sono pronte a muoversi guerra se lo decidono, e alcune lo decidono. E soprattutto le coercizioni interne possono crollare, e possono scatenarsi a vari livelli la guerra civile o il terrorismo.

Ma resta un fatto, indubbio, che dall'avvento della bomba nucleare c'è stata una crescente riluttanza a rischiare la guerra. Dal 1945 non ci sono più state guerre tra le maggiori potenze, e non si è lasciato che guerre minori le coinvolgessero direttamente.

Inoltre si è sempre più coscienti che la sovrappopolazione, l'inquinamento, l'esaurirsi delle risorse e l'alienazione umana rappresentano dei pericoli per l'intero globo, e le soluzioni dovranno essere prese su scala globale. Una coscienza che sembra farsi strada contro voglia: si può quasi udire lo stridore di frustrazione dei denti dei popoli di tutto il mondo, messi di fronte alla irritante necessità di dimenticare offese e sospetti per poter imparare a cooperare.

L'umanità può fallire. Le forze della violenza possono sopraffare quelle

della cooperazione; o ancora, possiamo avere indugiato troppo, e anche se ci sforziamo con tutto il cuore di cooperare, può essere troppo tardi per impedire che la civiltà crolli sotto il cumulo delle pressioni. Ma anche se saremo sconfitti. non sarà per fatalità, né senza opporre resistenza; daremo battaglia.

Comunque vada, la partita può giocarsi sul filo. Possiamo morire dopo esserci quasi salvati. Possiamo sopravvivere dopo aver provato l'agonia.

E forse, per il principio di medietà, la partita si gioca sul filo per tutte le civiltà. Alcune, per imprevedibili casi della storia, del carattere, o anche della biologia, possono avere meno possibilità di noi, altre di più.

Se consideriamo il nostro caso vicino al punto di equilibrio, e pensiamo di avere la stessa probabilità di sopravvivere o di morire, allora possiamo supporre che metà delle civiltà della Galassia sopravviveranno al tipo di crisi che ci troviamo oggi ad affrontare.

Naturalmente, la nostra crisi attuale non è l'unica crisi mortale cui una civiltà possa trovarsi di fronte. Possono presentarsi pericoli esterni. Una supernova può esplodere nel raggio di pochi anni luce, e le radiazioni danneggiare seriamente i microorganismi genetici di una civiltà. O un asteroide può entrare in collisione con il pianeta. O la stella cui gira attorno avere spasmi di instabilità.

Come possono presentarsi pericoli interni, che non possiamo prevedere facilmente non avendo ancora raggiunto lo stadio di civiltà in cui ce li troveremo di fronte. Pensiamo a una civiltà che abbia risolto tutti i suoi problemi e raggiunto una piattaforma di sicurezza stabile e moderata; potrebbe scivolare verso la distruzione per noia.

Può darsi che ogni società, per quanti problemi risolva, arrivi presto o tardi alla fine.

In questo caso, quale sarebbe la durata media delle civiltà? È una domanda cui non abbiamo una risposta logica da dare. N'é possiamo fare congetture sensate. Non lo sappiamo.

Si potrebbe supporre che, non avendo ricevuto la visita di nessuna civiltà avanzata, la durata delle civiltà *debba* essere breve.

Ma prima di abbracciare una conclusione così scoraggiante potremmo provare a ipotizzare una lunga durata, e vedere se il silenzio dei nostri cugini intelligenti possa avere qualche altra ragione logica. Torneremo all'ipotesi della breve durata - dovremo tornarci - se non riusciremo a trovare nessun'altra ragione. Diciamo allora che prima di arrivare, per una ragione o per un'altra, alla fine, una civiltà duri in media un milione di anni. Perché

un milione di anni? Perché è una cifra tonda, e perché è alta in termini umani e bassa in termini planetari.

Inoltre, è giusto presumere, come ho fatto, che quando una civiltà è morta, è morta per sempre? Che il suo pianeta non potrà più ospitarne un'altra?

Forse no. Anche se l'umanità saltasse in aria e contaminasse di radioattività la terra, l'acqua e Paria, col tempo la radioattività diminuirebbe, qualche tipo di vita potrebbe resistere. Un milione di anni dopo l'altro la Terra potrebbe risanarsi, i processi biologici riconcentrare le proprie risorse, l'evoluzione generare nuove e fiorenti varietà di vita. Finché un'altra specie intelligente potrebbe sviluppare un'altra civiltà.

E questa soluzione sarebbe tanto più probabile se una società umana, dopo aver vissuto a lungo, morisse non per violenza, ma per qualche equivalente sociale della vecchiaia.

Possiamo quindi supporre senza fatica che nel giro di un miliardo di anni ci sarebbe una seconda civiltà, che vivrebbe ancora il suo milione di anni prima di morire. Potrebbero esserci civiltà di seconda, di terza, di quarta generazione, fino alla decima, prima che la stella del pianeta lasci la sequenza principale.

Non c'è nessuna prova che le cose stiano così. Sembra non esserci dubbio che la nostra attuale civiltà sia la prima della Terra. Non c'è nessun segno di una civiltà preumana[44] e, per quello che sappiamo dell'evoluzione della vita sul nostro pianeta, non si vede che specie viventi preumane avrebbero potuto sostenerla.

Resta comunque intuitivamente facile pensare che una simile successione di generazioni potrebbe esistere. Potrebbe anche essere che la stessa civiltà morente provveda alla propria successione, o attraverso la formazione genetica di qualche specie semiintelligente, o attraverso la creazione di intelligenza artificiale

Contando tutte le civiltà consecutivamente presenti, possiamo stabilire che la durata totale media della civiltà su un pianeta, nel tempo della permanenza della sua stella nella sequenza principale, potrebbe essere di dieci milioni di anni.

È una valutazione piuttosto prudente. Significa che la civiltà coprirebbe solo 1/740 del periodo di abitabilità - a partire dalla nascita della prima civiltà - di un pianeta simile alla Terra. Significa che solo una stella su 576

44 Anche se accettiamo storie del tipo di quella di Atlantide, si tratterebbe di ica versione appena un po' più antica della civiltà umana.

000 brilla su una civiltà tuttora in essere. Avendo stimato che siano venute alla luce 390 milioni di civiltà, la nostra tredicesima cifra è:

13 *Numero di pianeti della nostra Galassia in cui è in essere una civiltà tecnologica: 530 000.*

Esplorazione

Anche dopo aver tenuto in conto la mortalità delle civiltà, nella nostra Galassia ne restano in essere più di mezzo milione. Non possiamo quindi non chiederci di nuovo: dove sono?

Non dobbiamo sopravvalutare la loro vicinanza solo perché sono nella nostra Galassia. Non sono affatto nostri vicini di casa.

Nelle periferie della Galassia dove abbiamo stabilito che debbano esistere le civiltà, la distanza tra due stelle vicine non unite dalla gravità in sistemi multistellari è di circa 7,6 anni luce.

Se solo una stella su 570 000 brilla su una civiltà avanzata tuttora in essere, la distanza media tra due civiltà è 7,6 anni luce moltiplicato per la radice cubica di 570000, cioè 630 anni luce circa.

L'impossibilità di superare distanze così grandi è forse la risposta più fondata di tutte quelle avanzate finora per cercare di spiegare perché non riceviamo visite da altre civiltà.[45] Forse ognuna, per quanto avanzata, è isolata nel proprio sistema planetario, e di visite non è neanche il caso di parlare.

Può darsi però che i viaggi interstellari sembrino difficili solo al nostro attuale livello tecnologico. Un secolo fa raggiungere la Luna ci sarebbe sembrato impossibile e avremmo giudicato i jet e la televisione fantasie da folli. Eppure adesso sono cose così comuni che non ci facciamo nemmeno più caso.

Facciamo passare un altro secolo - o un altro millennio del milione d'anni di durata della nostra civiltà - e forse i viaggi nterstellari saranno diventati facili e di ordinaria amministrazione.

Discuteremo i pro e i contro più avanti: intanto facciamo l'ipotesi che per il mezzo milione di civiltà della Galassia i viaggi interstellari siano una realtà, che viaggiare da un sistema planetario all'altro non sia un problema. Perché allora non sono venuti a trovarci?

Può darsi che avventurandosi una dopo l'altra nello spazio, le civiltà

45 Parleremo più diffusamente delle difficoltà dei viaggi interstellari nel prossimo capitolo.

s'incrocino ed entrino in conflitto. Anche ammesso che, per uscire nello spazio, abbiano sviluppato un'unità politica su scala planetaria, perché non potrebbero essere scoppiate guerre tra i mondi?

Volendo essere ancora più drammatici, possiamo immaginare civiltà che si uccidono a vicenda, ordigni che fanno saltare in aria interi pianeti, invenzioni che portano le stelle a lasciare la sequenza principale.

Ma sono ipotesi cui non credo. Civiltà che hanno operato per eliminare la violenza nella madrepatria dovrebbero avere imparato il valore della pace. E non potrebbero averlo dimenticato tanto in fretta, appena uscite dal pianeta.

È poi improbabile che la lotta andrebbe a finire come quella dei gatti di Kilkenny,[46] che le civiltà si annientino l'un l'altra finché non ne rimanga nessuna. Le più avanzate potrebbero vincere e stabilire il proprio dominio su regioni sempre più estese della Galassia. Le più antiche potrebbero addirittura, perseguendo una crescita imperiale, prendere possesso di decine, centinaia, migliaia di pianeti abitabili, prima che questi possano sviluppare delle civiltà indigene, e farle quindi abortire per sempre

Tutti i 500 000 mondi abitabili potrebbero ospitare delle civiltà, ma queste potrebbero appartenere tutte a una decina di «nazioni galattiche», in pace a denti stretti tra loro. Oppure la più antica o la più potente potrebbe essersi mossa alla conquista di tutti i mondi, facendo abortire le civiltà non ancora nate, annientando o rendendo schiave quelle più recenti e fondando un «impero galattico».

Ma in questo caso, perché non siamo abortiti noi, perché nor ci hanno conquistati, resi schiavi, annientati? Dove sono questi orrori imperial-galattici?

Forse sono in marcia. La Galassia è così immensa che forse non ci hanno ancora raggiunti.

Ma non è affatto probabile. La Galassia si è formata 15 miliardi di anni fa. Le stelle realmente grandi non brillano per moltissimi milioni di anni prima di esplodere, quindi quando la Galassia ha compiuto un miliardo di anni, più o meno, le sue periferie devono aver avuto un numero crescente di stelle simili al Sole di seconda generazione. Se si aggiungono altri quattro miliardi di anni - il tempo perché le civiltà si sviluppino - si ha che alcune di esse potrebbero essere uscite nello spazio per espandersi da dieci

46 Favola irlandese di due gatti che lottano l'uno contro l'altro finché non rimi*-gono che le code. *(N.d.T.)*

miliardi di anni.

La circonferenza della Galassia è di 315 000 anni luce circa, quindi per andare da un punto ai suoi antipodi - anche prendendo la via più lunga, seguendo il bordo in una o nell'altra direzione - ci saranno poco più di 150 000 anni luce. Il che significa che per fare il giro della Galassia in dieci miliardi di anni, una civiltà in espansione non avrebbe che da coprire, ogni anno, in media, circa la distanza tra la Terra e il Sole, non di più.

Questo *una* civiltà; se ce ne sono di più il ritmo di colonizzazione aumenta. Anche supponendo velocità relativamente poco elevate, ogni angolo abitabile della Galassia dovrebbe essere stato esplorato in lungo e in largo, ammesso che siano stati sviluppati i mezzi per i viaggi interstellari.

Perché allora non sono arrivati da noi?

Può darsi che gli siamo sfuggiti, che nella folla delle stelle non ci abbiano visto.

Difficile. Il nostro Sole è, naturalmente, una stella simile al Siile, e dubito che in dieci miliardi di anni di osservazione possa re sfuggita una sola stella del genere in tutta la Galassia.

Allora, se i viaggi interstellari sono una possibilità reale, dobbiamo aver ricevuto visite; e se non siamo stati conquistati e colonizzati, se la nostra civiltà indipendente non ha subito ingerenze di nessun tipo, non possono esserci state visite di imperialisti galattici.

Le civiltà in espansione possono anche essere più benigne. Possono permettere per principio a tutti i pianeti abitabili di sviluppare la loro vita a loro modo. Possono, per principio, stabilire le loro basi e cercare le loro risorse su sistemi planetari privi di pianeti abitabili, possono usare mondi simili a Marte o alla Luna.

Può darsi che le varie civiltà abbiano formato una Federazione galattica, e che il nostro sistema planetario sia posto, diciamo cosi, sotto la sua tutela, che si aspetti che abbia generato una civiltà indigena e sviluppi le caratteristiche richieste per esserne membro.

Per quello che ne sappiamo è possibile che delle navi spaziali ci tengano sotto osservazione. (L'astronomo di origine austriaca Thomas Gold [1920] ha avanzato l'ipotesi, probabilmente giusta, che le prime navi da ricognizione siano sbarcate sulla Terra quando era ancora un pianeta giovane e sterile, e che la vita terrestre sia nata dal contenuto batterico dei rifiuti o scorie che si lasciarono dietro. Una sorta di reincarnazione dell'ipotesi di Arrhenius, di una Terra seminata di spore extraterrestri.)

È possibile? È immaginabile che le varie civiltà non siano in rapporti di

conquista?

Si può pensare che mezzo milione di civiltà accostino l'universo in mezzo milione di modi diversi, producano mezzo milione di linee di sviluppo culturale e scientifico, mezzo milione di tipi d'arte, letterature e divertimenti, comunicazioni e intelligenze. Alcune possono essere capaci di trasmettere e ricevere superando le distanze tra specie intelligenti e, per quanto trasmettano e ricevano poche cose, ogni specie diventa migliore e più esperta. Infatti una tale fecondazione incrociata può aumentare le probabilità di vita di ogni civiltà che vi partecipa.

Visite

Se delle civiltà extraterrestri hanno visitato la Terra e, per principio, ci hanno lasciati sviluppare liberi e indisturbati, possono averlo fatto tanto di recente da trovare degli esseri umani e da esserne notate?

In fondo in tutte le culture ci sono leggende di esseri dotati di poteri sovranormali, che creano gli esseri umani e li guidano nei primi passi, insegnando loro vari rudimenti di tecnologia. Queste leggende di dèi non possono essere nate dalla vaga memoria di esseri extraterrestri che visitarono la Terra in epoche non troppo remote? Se non la vita, non potrebbe essere stata seminata dallo spazio esterno la tecnologia? Gli extraterrestri non potrebbero aver fatto di più che permettere alla civiltà di svilupparsi? Non potrebbero averla anche aiutata?[47]

È un pensiero affascinante, ma non è sorretto da nessuna prova minimamente convincente.

Gli esseri umani non hanno certo bisogno di visite dallo spazio esterno per creare leggende. Abbiamo leggende elaborate, con appena un vaghissimo nocciolo di verità, su persone come Alessandro il Grande e Carlo Magno, attori fino in fondo umani del dramma storico.

Persino un personaggio di pura finzione come Sherlock Holmes è stato investito di vita e realtà da milioni di persone in tutto il mondo, e il fiume di storie che si continuano a raccontare sul suo conto è senza fine.

Inoltre, l'idea che qualche forma di tecnologia sia sorta nella storia umana all'improvviso, o che qualche manufatto fosse troppo grande e complesso per gli esseri umani dell'epoca da dover per forza presumere l'intervento di una cultura più sofisticata, non convince per niente.

47 È il motivo centrale del film di fantascienza *2001 Odissea nello spazio.*

Quest'ipotesi drammatica ha avuto la sua più recente incarnazione nei libri di Eric von Däniken. Trova ogni genere di opera antica o troppo grande (come le piramidi d'Egitto) o troppo misteriosa (come i segni sulla sabbia del Perù) per essere di mano dell'uomo.

Ma gli archeologi non dubitano neppure per la costruzione delle piramidi che la tecnica raggiunta nel 2500 a.C., più ingegno umano e muscoli, non fosse sufficiente! È un errore pensare che gli antichi non fossero intelligenti esattamente come noi. La loro tecnologia era più primitiva, i loro cervelli no.

Tutto quello che secondo von Däniken è misterioso, e quindi suggerirebbe un'intelligenza extraterrestre, gli archeologi affermano di poterlo spiegare in modo del tutto umano, e molto più convincente.

Insomma, anche se nulla vieta che delle civiltà extraterrestri possano aver visitato la Terra nel passato, anche in quello recente, nulla dimostra che davvero l'abbiano fatto; le prove addotte dai vari entusiasti sono, per quanto possiamo giudicare, assolutamente senza valore.

Ma l'ipotesi di visite di antichi astronauti non è ancora l'ultima del genere. Innumerevoli voci parlano di visite extraterrestri *ora.*

Succede in genere che qualcuno veda qualcosa che non sa spiegarsi e - lui o altri per lui - lo spieghi come una nave spaziale, spesso dicendo «Cos'altro può essere?», come se la sua ignoranza fosse un fattore decisivo.

Gli esseri umani fanno esperienza di cose che non sono capaci di spiegare da quando sono nati. Più un essere umano è sofisticato, e vasta la sua esperienza, più deve aspettarsi l'inesplicabile, e accoglierlo come un'interessante sfida, qualcosa da indagare con equilibrio, se possibile, e senza saltare a conclusioni. La regola è cercare la più semplice e banale spiegazione che si accordi ai fatti e accettare di passare a spiegazioni più complesse ed eccezionali (con crescente riluttanza) solo quando non c'è niente di meglio. E se si finisce per restare senza una spiegazione plausibile, ebbene ci si resti; di solito l'osservatore smaliziato ha imparato a vivere in compagnia dell'incertezza.

Gli esseri umani semplici e di limitata esperienza non hanno pazienza con gli enigmi e chiedono soluzioni, spesso cogliendo al volo cose che gli arrivano all'orecchio, se soddisfano il bisogno umano apparentemente primario di sensazionale ed emozionante.

Per cui, quando uomini di una società che crede ad angeli e demoni vedono luci o tuoni misteriosi, questi vengono invariabilmente interpretati

come angeli e demoni, o spiriti dei morti o qualunque altra cosa del genere.

Nel XIX secolo si parlava di aeronavi. Dopo la II guerra mondiale, quando i discorsi sulla missilistica raggiunsero il pubblico, si parlò di navi spaziali.

Quindi scoppiò la moda moderna dei «dischi volanti» (da una delle prime relazioni, del 1947) o più sobriamente *Unidentified Flying Objects* (oggetti volanti non identificati), solitamente abbreviato in UFO. Che esistano oggetti volanti non identificati è fuori discussione. Chi vede le luci di un aereo, e non ha mai visto prima le luci degli aerei, ha visto un UFO. Chi vede il pianeta Venere distorto perché basso sull'orizzonte o dalla foschia, e lo prende per qualcosa di molto più vicino, ha visto un UFO.

Ci sono migliaia di avvistamenti di UFO ogni anno, molti dei quali sono semplici scherzi; molti sono onesti, ma suscettibili di una spiegazione prosaica. Pochissimi sono onesti e del tutto misteriosi.

Gli avvistamenti onestamente misteriosi lo sono, in genere, solo a causa dell'insufficienza dei dati. Quanti dati può raccogliere uno che vede qualcosa che non può capire, e lo vede all'improvviso e per poco, e si emoziona o spaventa sempre di più nel vederlo?

Gli entusiasti, naturalmente, considerano questi misteriosi avvistamenti testimonianze di navi spaziali extraterrestri. Considerano tali anche avvistamenti per niente misteriosi, quali errori lampanti e persino scherzi. Alcuni riferiscono di essere stati addirittura a bordo di navi spaziali extraterrestri.

Ma finora non c'è nessuna ragione per pensare che qualche UFO avvistato sia una nave spaziale extraterrestre. Non che una nave spaziale extraterrestre sia inconcepibile; potrebbe saltarne fuori una domani e saremmo costretti ad accettarla. Ma finora non c'è alcuna prova plausibile.

Gli avvistamenti di UFO che sembrano più onesti e attendibili parlano solo di luci misteriose. Quando diventano più sensazionali, sono anche più inattendibili, e tutti i resoconti di «incontri del II o del III tipo» sembrano non avere nessun valore.

Gli extraterrestri di cui si è riferito sono sempre stati descritti con un aspetto sostanzialmente umano, il che è così improbabile che non vale nemmeno la pena di soffermarcisi. Le descrizioni delle stesse navi spaziali e dei congegni scientifici degli alieni denunciano di solito una grande familiarità con i film di fantascienza più primitivi, e una totale ignoranza della vera scienza.

Insomma, se concediamo che i viaggi interstellari siano di facile praticabilità, dobbiamo per forza pensare che la Terra venga visitata, o sia stata visitata o venga aiutata o almeno venga lasciata sola da una Federazione di benevole civiltà.

Ma niente di tutto ciò sembra provato. È forse più sicuro pensare che i viaggi interstellari non siano facili o non siano del tutto.

La conclusione del ragionamento di questo capitolo è quindi che delle civiltà extraterrestri *esistono,* probabilmente in gran numero, ma *non* ci hanno visitati, molto probabilmente perché le distanze interstellari sono troppo grandi per poter essere superate.

XI
L'esplorazione dello spazio

Le prossime mete

Se la chiave del paradosso dell'esistenza di molte civiltà nell'universo in cui, stando alle apparenze, siamo soli, sta nella presunta difficoltà dell'esplorazione dello spazio, esaminiamo questo problema più da vicino.

Dopo tutto, gli uomini hanno messo in orbita il primo oggetto, dando ini-zio all'«Era spaziale», solo il 4 ottobre 1957. E prima che l'era spaziale compisse dodici anni erano sulla Luna. È un inizio piuttosto promettente. E ora andremo ancora più lontano, non c'è dubbio.

In un certo senso ci siamo già andati. Degli apparecchi si sono posati dolcemente sulla superficie di Venere e Marte, e hanno mandato sulla Terra fotografie e altri dati. Sonde hanno sfiorato senza posarsi le superfici di Mercurio e Giove, e anch'esse ci hanno mandato fotografie e dati. Mentre scrivo, delle sonde sono in viaggio per Saturno e oltre.

Questa profonda penetrazione di strumenti, senza il coinvolgimento diretto di esseri umani, non ha, tuttavia, il glorioso alone di impresa compiuta che associamo alla mistica dell'esplorazione. Possono gli esseri umani *stessi,* distinti dai loro strumenti inanimati, muovere verso mondi più lontani della Luna?

Purtroppo, la Luna non è un precedente particolarmente felice. È così vicina alla Terra che non può che darci una falsa fiducia, tentarci a sottovalutare le distanze dell'esplorazione spaziale.

La Luna è così vicina alla Terra che bastano solo tre giorni per raggiungerla, in confronto ad esempio alle sette settimane che occorsero a Colom-

bo per attraversare l'Atlantico.

Andando sulla Luna, abbiamo fatto solo il passo più microscopico nella vastità dello spazio. A rigor di termini, non abbiamo nemmeno lasciato la Terra, perché la Luna è schiava dell'influenza gravitazionale terrestre quanto una mela su un albero, come s'accorse Isaac Newton tre secoli fa.

Di quando in quando piccoli corpi - una cometa, un asteroide - arrivano nel raggio di qualche milione di chilometri dalla Terra, da dieci a cinquanta volte la distanza della Luna. Ma il corpo più vicino a noi di una certa dimensione, oltre alla Luna, resta il pianeta Venere.

E nel suo punto di massima vicinanza Venere dista sempre dalla Terra 40 milioni di chilometri in linea retta, 105 volte più della Luna.

Ma non possiamo aspettarci che una nave spaziale segua una linea retta tra le orbite dei pianeti. La rotta più semplice è un'orbita ellittica che parta dalla Terra e tagli l'orbita di Venere quando il pianeta sta per arrivare al punto d'intersezione.

Le sonde che abbiamo lanciato verso Venere hanno impiegato sette mesi a coprire la distanza. È vero però che gli è stata impressa un'accelerazione alla partenza e poi si è lasciato che proseguissero il viaggio per forza d'inerzia. Il tempo ha poca importanza per un oggetto inanimato.

Per un equipaggio invece il tempo *ha* importanza. Il viaggio deve durare meno, e il modo più semplice è aumentare le velocità.

Nel corso della storia, gli esseri umani hanno cancellato più di una distanza aumentando la velocità. Ho già detto che agli astronauti occorsero tre giorni per raggiungere la Luna, mentre Colombo impiegò sette settimane per attraversare l'Atlantico, nonostante che la distanza tra la Terra e la Luna sia quasi 80 volte la larghezza dell'Atlantico.

È che gli astronauti hanno viaggiato a una velocità media 1300 volte superiore a quella di Colombo. Bene, moltiplichiamo questa velocità ancora per 70, e ci vorranno solo tre giorni per raggiungere Venere.

Un modo per ottenere la velocità necessaria è quello di imprimere a una nave spaziale un'accelerazione 70 volte superiore a quella di un razzo lunare, usando motori a razzo con capacità propulsive 70 volte superiori. Ma anche se costruissimo motori così potenti e fossimo disposti a consumare tanto combustibile, resta il fatto che il corpo umano è in grado di tollerare al massimo questa - non poi tanto alta - accelerazione. Quella richiesta per lanciare la nave spaziale verso Venere ucciderebbe gli astronauti all'istante.

L'alternativa è usare un'accelerazione non superiore a quella richiesta

dai lanci lunari, e aumentarla in seguito a un livello sopportabile per un tempo prolungato. In questo modo la nave spaziale andrebbe sempre più veloce fino a metà strada. Poi si potrebbe dirigere il getto del razzo nell'altra direzione e, con una decelerazione prolungata e graduale, ridurre la velocità della nave per l'appuntamento con Venere.

Ma per accelerare e decelerare ci vorrebbe tempo, e quindi il viaggio durerebbe molto più di tre giorni. E, soprattutto, accelerazioni e decelerazioni richiedono energia; diminuire il tempo richiesto per un viaggio significa sempre aumentare il consumo di energia. Se gli astronauti viaggiano a una velocità media 1300 volte superiore a quella di Colombo, il loro consumo totale d'energia è molto superiore a 1300 volte quello di Colombo.

Non conosciamo modi per sganciare la diminuzione del tempo dal consumo d'energia e, se la nostra intelligenza delle leggi di natura è giusta, non è nemmeno concepibile. Tra le richieste del corpo umano in materia d'accelerazione e quelle dell'economia umana in materia di consumo d'energia, i primi voli umani per Venere - se mai ce ne saranno - non dureranno meno di quattro mesi.

È già successo che degli uomini siano rimasti nello spazio per quasi quattro mesi, ma in stazioni spaziali tipo Skylab, negli immediati dintorni della Terra, con possibilità di soccorso quasi immediato. Passare 120 giorni nello spazio in alloggi angusti, mentre ogni istante ti porta più lontano da casa, è davvero un azzardo psicologico.

E, soprattutto, arrivati nei dintorni di Venere, non ci sarebbe nessuna possibilità di posarsi sulla sua superficie quasi rovente. L'esplorazione dovrebbe essere condotta da sonde senza equipaggio lanciate dalla nave spaziale, che rimarrebbe in orbita attorno a Venere prima di iniziare altri quattro mesi di viaggio di ritorno.

Ma se ad esplorare la superficie di Venere devono essere sonde senza equipaggio, le stesse sonde possono benissimo farsi anche tutto il viaggio dalla Terra, e parecchie l'hanno già fatto. I vantaggi di una sonda lanciata e di segnali ricevuti da un equipaggio di una nave madre difficilmente giustificherebbero l'esperienza traumatica di più di otto mesi consecutivi nello spazio.

Mercurio, il pianeta più vicino al Sole, è più lontano da noi di Venere; non si avvicina a mai meno di 80 milioni di chilometri (il doppio di Venere).

Ma Mercurio almeno offrirebbe un approdo agli astronauti di lunga

distanza; si può immaginare che si posino sul lato notturno del pianeta, e quindi avrebbero parecchie settimane per esplorarne la superficie, prima che l'avanzare dell'alba li costringa a ripartire.

Il volo per Mercurio porterebbe però gli astronauti a soli 75 milioni di chilometri dal Sole. I raggi solari sarebbero oltre quattro volte più concentrati che nei dintorni della Terra. Il rischio rappresentato dall'aumento delle radiazioni sarebbe probabilmente troppo alto rispetto al possibile vantaggio di un volo umano confrontato a uno strumentale.

Se i viaggi verso il Sole non offrono mete idonee, come sono quelli dalla parte opposta al Sole?

In questa direzione il pianeta più vicino è naturalmente Marte. Si avvicina alla Terra fino a 58 milioni di chilometri circa. Più di qualunque altro pianeta a parte Venere. Viaggiando verso Marte i raggi solari diventano sempre meno intensi. Inoltre è un mondo freddo, e può essere esplorato finché si vuole e all'aria aperta (con qualche ovvia protezione contro i raggi ultravioletti lasciati filtrare dalla rarefatta e inefficace atmosfera marziana).

Ma il viaggio di andata e ritorno per Marte durerebbe certamente più di un anno. E anche se si potesse spezzarlo con un intervallo più o meno lungo di permanenza sul pianeta che, dopo la Terra, è il più confortevole del sistema solare, non c'è dubbio che si forzerebbe la resistenza umana al limite. E oltre Marte? Per arrivare agli asteroidi più grandi o ai satelliti dei pianeti giganti si dovrebbero coprire le distanze molto maggiori del sistema solare esterno; la sola andata durerebbe anni e anche decenni. Viaggi umani di simili durate non sembrano per ora possibili.

Quindi, oltre alla Luna, ci resta solo Marte, come meta di una certa dimensione, e solo come possibilità limite.

Colonie spaziali

Da un punto di vista pratico i nostri iniziali trionfi nello spazio sembrano quindi contar poco. Si direbbe che siamo confinati al sistema Terra-Luna per tutto il futuro prevedibile.

Ma potrebbe essere così solo per quello che ho dato per scontato, e cioè che la base delle esplorazioni spaziali debba essere la Terra. Non ci sono alternative?

Se siamo confinati al sistema Terra-Luna, l'unica alternativa possibile sembra essere la Luna. Supponiamo di stabilire una base lunare complessa,

che permetta di costruire navi spaziali e raccogliere combustibile. La Luna ha una velocità di fuga molto inferiore a quella della Terra, quindi un lancio dalla sua superficie richiederebbe minore energia. Il che vuol dire che ne resterebbe di più per l'accelerazione e la decelerazione, e la durata di eventuali viaggi sarebbe minore. Non tanto tuttavia da renderli possibili.

Un momento però. Siccome noi, e tutte le forme di vita che conosciamo, viviamo sulla superficie di un mondo, siamo portati a considerare innaturale qualunque condizione diversa. Nel 1974 il fisico americano Gerard Kitchen O'Neill (1927) suggerì l'alternativa di insediamenti artificiali nello spazio. Non era un'idea del tutto nuova; la fantascienza l'aveva già usata; ma non era mai stata avanzata prima in modo così dettagliato.

O'Neill propose anche due punti, non sulla Luna, ma lontani come la Luna.[48]

Immaginiamo la Luna allo zenit, esattamente sopra la nostra testa. Tracciamo nel cielo una linea che dalla Luna scenda all'orizzonte in direzione est. Uno dei due punti si trova a due terzi della linea, un terzo sopra l'orizzonte alla stessa distanza della Luna. Tracciamo un'altra linea che scenda dalla Luna all'orizzonte in direzione ovest. L'altro punto si trova a due terzi di questa linea, un terzo sopra l'orizzonte e alla stessa distanza della Luna.

Mettiamo un oggetto in entrambi i punti: formerà un triangolo equilatero con la Luna e la Terra. Dalla Luna alla Terra ci sono 384 400 chilometri. La stessa distanza ci sarà dagli oggetti alla Luna e alla Terra.

Cos'hanno di speciale questi due punti? Già nel 1772 l'astronomo italo-francese Joseph-Louis Lagrange (1736-1813) dimostrò che qualunque piccolo oggetto in quei punti sarebbe rimasto sostanzialmente stazionario rispetto alla Luna. Questa girava attorno alla Terra; e l'oggetto avrebbe fatto altrettanto, in modo da tenere il passo con la Luna. Le gravità in concorrenza della Terra e della Luna l'avrebbero tenuto dov'era.

Se l'oggetto non fosse stato esattamente sul punto, avrebbe oscillato avanti e indietro in «librazione» attorno a esso. Questi due punti sono detti «punti di Lagrange» o «punti di librazione».

Lagrange ne scoprì in tutto cinque, ma tre non hanno nessuna rilevanza pratica perché rappresentano una condizione di non stabilità. Un oggetto, per restare immobile rispetto alla Luna, dovrebbe rimanere esattamente sul punto. Una volta spinto anche minimamente in fuori, andrebbe alla deriva

48 A questo proposito vedasi il volume di O'Neill *Colonie umane nello spazio,* Mondadori, Milano 1978. (*N.d.R.*)

senza possibilità di tornare. I due punti in cui, librazione a parte, rimarrebbe stabile, sono quelli che formano triangoli equilateri con la Luna e la Terra. Il punto a est è detto L4 e quello a ovest L5.

O'Neill suggerì di sfruttare questa presa gravitazionale e di costruire delle basi spaziali attorno ai due punti di librazione; basi che diverrebbero parti permanenti del sistema Terra-Luna; potrebbero consistere in sfere, o cilindri, o anelli, ed essere abbastanza grandi da ospitare da 10000 a 10 milioni di persone.

Gli uomini potrebbero vivere sulle superfici interne di questi oggetti, cui verrebbe impressa una rotazione abbastanza veloce da produrre un effetto centrifugo capace di trattenere ogni cosa e persona al suolo con una forza equivalente alla gravità di superficie della Terra. Questa superficie interna potrebbe poi essere progettata e costruita ad immagine del mondo che ci è familiare. Potrebbe essere ricoperta di terra, usabile per l'agricoltura e, in seguito, per l'allevamento. Ci sarebbero anche tutti i manufatti umani, edifici e macchine.

Lo scafo della base sarebbe fatto di metallo e vetro. La luce del Sole, riflessa da grandi specchi che accompagnerebbero la base in orbita, illuminerebbe l'insediamento, facendo di quello che altrimenti sarebbe una caver-na un mondo solatio. L'ingresso della luce potrebbe essere controllato da persiane, per consentire l'alternarsi del giorno e della notte, e tenere la temperatura della colonia a un giusto livello.

Quanto all'energia, verrebbe dal Sole, una forma d'energia abbondante, di facile uso, e non inquinante.

Gli insediamenti più grandi avrebbero una capacità d'aria sufficientemente densa da permettere cielo azzurro e nuvole. La loro superficie interna potrebbe essere in parte modellata in regioni montuose, montagne vere e proprie e non solo colline.

Verrebbero a costare parecchio, ma assai meno di quanto il nostro mondo spende per i suoi vari strumenti militari. Se la Terra è destinata a sopravvivere, dovrà praticare sempre di più la cooperazione a livello internazionale, e quegli strumenti sono destinati quindi ad arrugginirsi. La costruzione di insediamenti spaziali può benissimo essere un modo costruttivo di utilizzare i soldi e le persone ora impegnate nella guerra o nella preparazione alla guerra.

Inoltre, la spesa diminuirà col progredire delle tecniche di costruzione delle basi, e nella misura in cui i coloni spaziali si incaricheranno in prima persona, nella spinta naturale a espandere la loro area d'azione, della co-

struzione di ulteriori insediamenti.

Ma dove prenderemo tutti i materiali necessari? Il nostro pianeta scricchiola e s'incurva sotto il suo peso d'umanità; le sue riserve di risorse chiave zampillano e s'esauriscono; forse non potrebbe permettersi di rinunciare alle colossali quantità di forniture necessarie alle colonie spaziali. Ci vorrebbero da milioni a centinaia di milioni di tonnellate di materiali da costruzione per ogni insediamento.

Fortunatamente abbiamo la Luna. Un mondo completamente morto, senza nessuna vita indigena, per quanto semplice, i cui «diritti» vengano a turbare il nostro senso etico.

La Luna darà alluminio, ferro, titanio, vetro, cemento e altre sostanze necessarie alla costruzione della colonia, la cui superficie interna verrà ricoperta di terra lunare. Non solo la Luna offre tutti questi materiali in enormi quantità, ma lo sforzo richiesto per estrarli, contro la debole gravità lunare, sarebbe solo un ventesimo di quello richiesto sulla Terra. La fusione e tutte le altre lavorazioni chimiche potrebbero essere svolte nello spazio.

La Luna non soddisfa del tutto le necessità umane, certo. È povera di elementi volatili, di carbonio, azoto e idrogeno, essenziali al funzionamento della colonia. Per fortuna, la Terra non è povera di nessuno di questi elementi, e può benissimo permettersi di fornire le quantità iniziali. Che verrebbero conservate con cura e naturalmente riciclate, in modo da ridurre al minimo le riserve da sostituire. In seguito si sfrutteranno altre fonti di volatili, come le comete di passaggio, ad esempio.

Pericoli e difficoltà? Certo.

La possibilità che una meteora colpisca una colonia esiste, ma non è altissima. Sarebbe molto inferiore a quella dei terremoti e delle eruzioni vulcaniche della Terra, che a volte distruggono città.

Le radiazioni energetiche solari sono pericolose, ma non costituirebbero un problema per un insediamento protetto da alluminio, vetro e terra. Le particelle di raggi cosmici rappresentano un problema più serio, e lo scafo esterno della base dovrebbe essere abbastanza spesso da assorbirne la maggior parte.

L'effetto centrifugo della rotazione del cilindro non sarebbe esattamente uguale alla gravità terrestre. Sulla Terra l'attrazione gravitazionale non subisce alterazioni percettibili se ci solleviamo dalla superficie. All'interno della base in rotazione, invece, allontanati dalla superficie interna l'effetto centrifugo calerebbe di colpo, e scenderebbe a zero all'asse di rotazione.

Per ora non è possibile dire se un effetto gravitazionale così fluttuante sia a lungo andare pericoloso per il corpo umano, ma dalle esperienze finora compiute nello spazio possiamo sperare di no.

Perché si dovrebbero costruire colonie del genere? Gli esseri umani non varano grandi piani di costruzione per il puro piacere di farlo. La grande muraglia cinese fu costruita per respingere le orde dei barbari. Le piramidi d'Egitto perché le credenze religiose del tempo facevano pensare che preservare il corpo del sovrano fosse essenziale alla prosperità della nazione. Le cattedrali medievali per la maggior gloria di Dio.

La ragione degli insediamenti spaziali può sorgere dalla diminuzione delle nostre riserve di petrolio e dalla difficoltà di trovare una fonte d'energia abbastanza copiosa, sicura e durevole da sostituirlo.

Lo sfruttamento diretto della luce del Sole parrebbe una delle possibili soluzioni, e la luce del Sole può essere raccolta più efficacemente nello spazio che sulla superficie terrestre. Una centrale solare nello spazio potrà ricevere l'energia del Sole in tutta la sua estensione, non bloccata da fenomeni atmosferici. E girando in orbita sincronica sul piano equatoriale della Terra a un'altezza di poco più di 35 000 chilometri, sarà coperta dall'ombra del nostro pianeta solo per il 2 percento del tempo.

Un certo numero di centrali solari attorno alla Terra potrebbe risolvere per sempre i bisogni d'energia dell'umanità, e per di più dare alle nazioni della Terra una ragione positiva per cooperare, perché costruire e mantenere le centrali sarebbe letteralmente un salvagente eguale per tutti.

Se la necessità di queste centrali solari verrà riconosciuta e ci si darà da fare per realizzarle, gli insediamenti spaziali seguiranno naturalmente, per ospitare i lavoratori delle miniere lunari e degli stessi cantieri.

Le centrali d'energia saranno solo un inizio, che renderà possibile un uso sempre più esteso dello spazio; si potranno mandare in orbita osservatori, laboratori e intere fabbriche (molto più computerizzate e automatizzate di quelle terrestri).

Con tanta attività industriale e tecnologica nello spazio, la Terra potrà tornare a uno stato più desiderabile, con foreste, parchi, fattorie. Potremmo recuperare la bellezza della Terra senza perdere i vantaggi materiali dell'industria e della tecnologia avanzata.

Una volta stabilite nel corso delle prossime due generazioni le colonie spaziali - all'interno di un programma per far fronte al disperato bisogno di energia della popolazione della Terra - potranno risultarne certi vantaggi collaterali.

Con l'aumentare degli insediamenti, aumenterà lo spazio disponibile per gli uomini. Nel giro di un secolo le colonie potrebbero essere in grado di ospitare un miliardo di persone, e nel giro di due secoli ci sarebbe più gente nello spazio che sulla Terra.

Questa prospettiva non elimina la necessità di ridurre le nascite, perché se gli esseri umani continuano a moltiplicarsi al ritmo attuale in circa 9000 anni la massa totale dell'umanità eguaglierà quella dell'universo.

Soprattutto, non elimina la necessità di ridurre le nascite ora; perché ben prima di poter mandare nello spazio il primo miliardo di persone, la popolazione terrestre sarebbe aumentata di 25 miliardi: un disastro. Ma la presenza di colonie spaziali offrirebbe almeno una minima valvola di sfogo; la necessità che le nascite diminuiscano non è quantitativamente uguale con o senza insediamenti spaziali.

Oltre a dare un po' di spazio all'eccesso di popolazione, il germogliare di arcipelaghi spaziali renderà ancora più varie le culture umane. Ogni colonia potrebbe benissimo avere il suo specifico modo di vivere, in qualche caso anche distante dalla norma. Ogni colonia potrebbe avere i suoi stili d'abbigliamento, musica, arte, letteratura, sesso, famiglia, vita, religione e così via. Le possibilità di creatività in generale, e di progresso scientifico in particolare, sarebbero illimitate.

Potrebbero anche esserci aspetti di vita specificamente spazial-coloniali, impossibili da riprodurre sulla Terra.

Scalare le montagne delle colonie più grandi offrirebbe comodità e piaceri sconosciuti sulla Terra. Man mano che si sale l'attrazione verso il basso dell'effetto centrifugo prodotto dalla rotazione diminuisce, e sarebbe più facile arrampicarsi sempre più in alto. Inoltre l'aria non diventerebbe granché più rarefatta né più fredda. Infine, in aree ben delimitate sulle cime delle montagne, dove l'effetto centrifugo è particolarmente basso, la gente potrebbe volare con la forza dei propri muscoli, armata di ali di plastica stesa su leggeri telai, grazie alla densità dell'aria e alla debole attrazione verso il basso.

Navigatori spaziali

Ma nell'ottica del libro il valore prioritario delle colonie spaziali sarebbe questo: renderebbero possibile l'esplorazione del sistema solare. Non tanto per ragioni fisiche quanto per ragioni psicologiche.

Vediamole: tanto per cominciare, il volo spaziale è qualcosa di esotico

per gli abitanti della Terra, qualcosa che li porterebbe lontani dal mondo in cui vivono, in cui la vita ancestrale si è sviluppata lungo più di tre miliardi di anni.

Per i coloni dello spazio invece il volo spaziale sarebbe l'essenza della vita. I loro mondi sarebbero stati popolati grazie a voli spaziali, e il lavoro nelle miniere lunari e nei cantieri implicherebbe voli spaziali come norma.

Tra i sempre più numerosi insediamenti, si svolgerebbe anche del turismo.

Non avendo le colonie un'attrazione gravitazionale intrinseca percettibile, ed essendo tutte più o meno alla stessa distanza dal Sole, dalla Terra e dalla Luna, viaggiare da una all'altra richiederebbe ben poca energia. Sarebbe come lasciarsi scivolare su una superficie di ghiaccio.

Considerando il basso costo in energia e il fatto che le varie colonie potrebbero essere molto diverse per cultura l'una dall'altra - e quindi i visitatori avrebbero molto di cui divertirsi e a cui interessarsi - sarebbe perfettamente possibile per tutti i coloni compiere viaggi spaziali fin da piccoli, e perciò il concetto non avrebbe per loro nessuna carica di terrore.

E anche se i coloni volessero lasciare i punti di librazione, o trovandosi sulla Luna partirne, non ci sarebbe bisogno del potente getto d'accelerazione iniziale necessario per lanciare un razzo attraverso l'atmosfera per vincere la forte attrazione gravitazionale terrestre. Il che toglie di mezzo il maggiore inconveniente dei viaggi spaziali.

Quindi, mentre gli abitanti della Terra potrebbero tutto considerato esitare ad avventurarsi nello spazio, e solo pochissimi uomini hanno caratteristiche fisiche e di temperamento da esploratori spaziali, nelle colonie tutti potrebbero essere potenziali esploratori.

Inoltre, le condizioni del volo spaziale significano un mutamento radicale per gli abitanti della Terra. Noi siamo abituati ad aderire alla superficie esterna di un mondo molto grande, a mettere in ciclo cibo, aria ed acqua in un sistema così vasto che ne siamo a mala pena coscienti, e ad una intensità gravitazionale costante ovunque andiamo.

Per i coloni invece !e novità introdotte dal volo spaziale non sono affatto radicali. Prima di tutto vivono all'interno di un mondo, sono coscienti e abituati a un ciclo chiuso di cibo aria e acqua. E per loro un'attrazione variabile verso il basso è normale.

In poche parole, per i coloni intraprendere un prolungato volo spaziale significa trasferirsi da una nave spaziale a un'altra simile, anche se più piccola.

Questo non significa che un volo spaziale per una data meta sarebbe necessariamente meno lungo o meno noioso, ma solo che dovrebbero diminuire enormemente le difficoltà psicologiche. Un equipaggio di coloni potrebbe senza dubbio sopportare gli spazi angusti di una nave spaziale per tutto il lungo volo per Marte e oltre, molto più stoicamente ed efficacemente di un equipaggio di abitanti della Terra.

Ma anche qui dobbiamo chiederci: cosa spingerebbe i coloni spaziali attraverso il sistema solare?

La curiosità umana e il desiderio di sapere potrebbero garantire occasionali voli a lunga distanza, ma per un movimento di massa ci vorrebbe qualcosa di più.

Un qualcosa di più che non è difficile da trovare.

I punti di librazione dall'una e dall'altra parte della Luna non sono molto estesi, e potrebbero trovarsi in breve completamente occupati. Inoltre, coi costruire e popolare sempre nuovi insediamenti, l'emorragia di elementi volatili dalla Terra diverrebbe significativa, e la riluttanza dei terrestri a separarsene sempre più pronunciata.

Sarebbe opportuno cercare altri spazi per vivere e una fonte migliore di volatili. Il sistema solare interno è povero. La Luna e Mercurio non ne hanno, a Venere è impossibile accostarsi, e Marte, anche se è accostabile e ne possiede, può non essere una fonte dal punto di vista etico. Quando i coloni saranno pronti per viaggiare, forse ci saranno uomini su basi marziane, e i volatili in un certo senso apparterrebbero a loro.

Come ho già detto, di quando in quando passano comete vaganti, ricche di volatili, ma si tratta di una fonte intermittente che non da affidamento, e col crescere del numero degli insediamenti dipendere da essa sarebbe sempre più rischioso.

La meta più vicina, adatta a espandere lo spazio vitale delle colonie, è la cintura degli asteroidi. Le molte migliaia di asteroidi potrebbero fornire materiale da costruzione più facilmente estraibile che sulla Luna, e parecchi dovrebbero contenere notevoli quantità di volatili.

Può essere benissimo che nel XXII secolo i punti di librazione vengano considerati uno stadio meramente preliminare, e si pensi alla cintura degli asteroidi come a una vera casa degli insediamenti. Questi saranno più lontani e del tutto indipendenti dalla Terra, anche se naturalmente potranno restare in contatto radio e televisivo. Là ci sarà spazio a volontà per la costruzione di molti milioni di colonie senza che si creino affollamenti.

La spinta all'esterno potrebbe poi continuare; potrebbero essere costrui-

te cinture di colonie intorno a Giove e a Saturno, a distanze sufficienti per evitare i campi magnetici zeppi di particelle cariche.

Insomma, i coloni spaziali saranno i fenici, i vichinghi, i polinesiani dell'era spaziale, che si avventureranno in un mare assai più vasto a colonizzare nuove terre e isole.

Col XXIII secolo il sistema solare potrebbe essere stato esplorato in lungo e in largo, e nei luoghi favoriti disseminato di colonie umane. Come fonte adeguata d'energia c'è il Sole, se le sue radiazioni vengono opportunamente raccolte e concentrate, anche nelle remote vastità del sistema solare esterno, e come fonte alternativa dovrebbero esserci i reattori a fusione d'idrogeno.

Un trampolino

Questa ottimistica visione dell'esplorazione totale e, per così dire, dell'occupazione del sistema solare, si fonda in misura sorprendente sull'utilizzazione della Luna come trampolino.

Supponiamo che la Luna non sia presente nel cielo; che non si sia per qualche caso assolutamente improbabile formata insieme alla Terra, o non sia stata catturata da una Terra ormai avanti negli anni per un caso altrettanto improbabile. E pensiamo quanto questo avrebbe potuto influire sullo sviluppo tecnologico dell'umanità.

È stata la Luna a dare agli esseri umani la prima idea di pluralità dei mondi. È stata la sua dimensione e vicinanza a renderla un mondo interessante, e ad attirarci nello spazio verso una meta così attraente.

Senza la Luna i pianeti avrebbero potuto essere rivelati come mondi dai progressi tecnici dell'astronomia, ma avremmo cercato di sviluppare il volo spaziale se gli oggetti più vicini fossero stati Venere e Marte, e se il volo per il traguardo ragionevole più vicino avrebbe richiesto un viaggio di andata e ritorno di ben più di un anno?

Abbiamo bisogno di una meta facile su cui elaborare la tecnologia del volo spaziale, e della promessa di un successo possibile per mettercela tutta.

Naturalmente, gli esseri umani avrebbero potuto inviare razzi nello spazio e mettere in orbita attorno alla Terra degli uomini anche senza la presenza della Luna. Questi voli hanno molte altre funzioni oltre a quella di raggiungere la Luna. Il desiderio di studiare la Terra come un tutto, le sue risorse, la sua atmosfera e struttura climatica, la sua magnetosfera, la pol-

vere e i raggi cosmici fuori dell'atmosfera, l'osservazione del resto dell'universo da una posizione esterna all'atmosfera, l'utilizzazione dell'energia solare - tutto ci avrebbe stimolato alla missilistica e all'esplorazione dello spazio.

Se la Luna non avesse stimolato la nostra fantasia forse sarebbe stato tutto più difficile, ma con un po' di tempo in più avremmo potuto arrivarci lo stesso. Anche per quanto riguarda i voli verso e oltre la Luna, possiamo immaginare che senza la

Luna sarebbe successo lo stesso quello che è successo. Ci sarebbero state anche le sonde verso i pianeti più lontani.

Ma avremmo pensato anche alle colonie spaziali? Se sembrano già impossibili a tante «teste dure» adesso, quanto lo sembrerebbero di più se tutto il materiale da costruzione dovesse venire dalla Terra? Se fosse impossibile usare la Luna come fonte di materie prime?

E senza le colonie spaziali un'esplorazione vera e propria del sistema solare sarebbe a mio parere quasi impossibile.

Allora, se è vero che un grande satellite simile alla Luna è una caratteristica molto improbabile per un pianeta abitabile simile alla Terra, e che la Terra beneficia a questo riguardo di un rarissimo caso astronomico, dobbiamo chiederci se altre civiltà hanno mai sviluppato una capacità di volo spaziale superiore alla nostra attuale.

Le altre civiltà sono tutte confinate sui loro pianeti e negli immediati dintorni, capaci al massimo di lanciare sonde verso altri pianeti? A qualunque livello tecnologico siano arrivate? Si è tentati di pensarlo. Sarebbe una spiegazione semplice al fatto che l'universo sembri così vuoto anche se nella nostra sola galassia potrebbero esserci mezzo milione e più di civiltà.

E poi sarebbe alimento al nostro orgoglio. Grazie alla fortuna di avere la Luna, nel giro di un paio di secoli potremmo aver sviluppato una capacità di volo spaziale molto superiore a quella di altre civiltà, eventualmente anche molto più vecchie e da altri punti di vista più avanzate di noi. Grazie alla Luna saremo noi, alla fine, e non un'altra civiltà, a ereditare l'universo?

Ma non è molto credibile. Con uno sviluppo tecnologico un po' superiore al nostro, e spinta dal bisogno d'energia, una civiltà si lancerebbe senza dubbio in qualche modo nello spazio anche senza la presenza di una Luna. Ogni pianeta userebbe, a qualunque ragionevole costo, le proprie risorse, e i pianeti più vicini verrebbero raggiunti con voli diretti, anche se noiosi e difficili. Una volta fatto questo, per andare avanti ci sarebbero le risorse del pianeta vicino.

Forse ogni civiltà lo farebbe - non facilmente come noi - ma forse molto meglio, grazie alla maggiore intensità della sfida. Forse ogni civiltà sviluppa il volo spaziale ed esplora e colonizza il suo sistema planetario.

Allora, perché non ne abbiamo notizia? Perché nessuna civiltà è passata da noi?

Una visita non richiede solo la capacità di volare da un pianeta all'altro, ma da un sistema planetario all'altro, il che potrebbe rappresentare tutt'altro ordine di difficoltà.

XII
Il volo interstellare

La velocità della luce

L'oggetto visibile più lontano del nostro sistema solare è il pianeta Plutone. Sappiamo che ci sono comete che arrivano molto oltre Plutone, e che a queste distanze ce ne possono essere molti miliardi tutt'intorno al Sole. Ma nessuna cometa è mai stata vista oltre l'orbita di Plutone, né d'altronde oltre quella di Saturno. Possiamo quindi considerare l'ampiezza dell'orbita di Plutone il diametro del sistema solare visibile: 11 miliardi 800 milioni di chilometri.

È una distanza enorme, quasi 80 volte quella tra la Terra e il Sole. Eppure la distanza dalla stella più vicina, Alpha Centauri, è circa 3500 volte questo diametro.

Se si restringesse il sistema solare in modo da far cadere l'orbita di Plutone sull'equatore terrestre (riducendo quindi la distanza tra il Sole e la Terra a 160 chilometri), Alpha Centauri verrebbe a trovarsi alla distanza minima di Venere. E Alpha Centauri è la stella *più vicina.* Sirio è due volte più lontana, Procione due volte e mezza, Vega sei volte, Arturo nove volte, Rigel più di un centinaio di volte.

Queste distanze possono essere considerate anche da un altro punto di vista. Prendiamo la velocità della luce e delle radiazioni elettromagnetiche: raggi X, onde radio e così via. È di 299 792,5 chilometri al secondo. È importante, perché i nostri mezzi di comunicazione più veloci usano radiazioni elettromagnetiche. Non conosciamo segnali che viaggino a velocità superiori. Per andare dalla Terra alla Luna la luce - e ogni radiazione analoga - impiega 1,25 secondi. Questo significa che quando qualcuno dalla Terra parla a un astronauta sulla Luna, la risposta non può arrivargli

in meno di 2,5 secondi, anche se l'astronauta risponde all'istante, sentendo a malapena quanto gli viene detto.

Se chiamiamo «secondo-luce» la distanza che la luce copre in un secondo, la Luna è a 1,25 secondi-luce dalla Terra.

Per percorrere tutto il diametro dell'orbita di Plutone la luce impiega 10,93 ore. Immaginando due colonie spaziali ai lati dell'orbita, che cerchino di mettersi in comunicazione tra loro, il primo a parlare non può aspettarsi una risposta, *in ogni circostanza finora conosciuta,* in meno di 21,86 ore.

Quindi, il diametro del sistema solare visibile è di 10,93 «ore-luce», cioè 10,93 volte la distanza che la luce può coprire in un'ora.

Secondo questo metro Alpha Centauri, la stella più vicina, è a 4,40 anni luce, o 4,40 volte la distanza che la luce copre in un anno. Se qualcuno dalla Terra mandasse un messaggio a un pianeta attorno ad Alpha Centauri, e una risposta partisse nel medesimo istante in cui giunge il messaggio, per riceverla dovrebbe aspettare 8,8 anni.

Quanto alle altre stelle, Sirio è a 8,63 anni luce, Procione a 11,43, Rigel, che è ancora una stella relativamente vicina, a 540. Per ricevere una risposta da un pianeta attorno a Rigel, ci vorrebbero più di mille anni.

Potrebbe sembrare irrilevante rispetto al problema di raggiungere le stelle. Se la luce impiega 4,40 anni per arrivare ad Alpha Centauri, non basterebbe aumentare la nostra velocità fino a superare quella della luce, vincere in corsa il segnale arrivando alla meta in meno tempo della luce?

Ma, come rilevò per primo nel 1905 Albert Einstein (1879-1955) nella sua *Teoria speciale della relatività* nessun oggetto dotato di massa può superare la velocità della luce. Einstein stabilì questo limite in base a considerazioni puramente teoriche, e quando la sua tesi fu esposta, sembrò scontrarsi con i dettami del «buon senso» (e così sembra ancora a molti): ma ciò non toglie che sia vera. Il limite della velocità della luce è stato verificato in esperimenti e osservazioni a non finire, e per quanto riguarda la materia e l'universo che conosciamo non c'è il benché minimo ragionevole motivo per dubitarne.

Il «buon senso» che rende così difficile accettare il limite si basa sulla nostra esperienza dei fenomeni di tutti i giorni. Se spingiamo sempre di più un oggetto, notiamo che va sempre più veloce. Infatti la seconda legge del moto di Newton attesta specificamente che le cose stanno così, e che ad eguale spinta corrisponde sempre eguale accelerazione, indipendentemente da quanto l'oggetto vada già veloce. Sembrerebbe quindi che per quanta

velocità imprimiamo ad un oggetto, con una spinta supplementare possiamo imprimergliene sempre di più, e in effetti la cosa è stata confermata, in circostanze ordinarie, da osservazioni e misurazioni accurate.

Ma è perché qui abbiamo a che fare con oggetti che si muovono solo a una frazione minima della velocità della luce, e in queste condizioni la seconda legge di Newton regge alle misurazioni più precise che siamo in grado di compiere, e il «buon senso» regna sovrano.

Tuttavia, la verità è che se sottoponiamo un oggetto a una spinta imprimendogli un'accelerazione, e poi lo sottoponiamo a una seconda spinta identica alla prima, la quantità della seconda accelerazione *non è esattamente uguale* alla quantità della prima. Parte della forza della spinta va sì ad aumentare la velocità, ma parte invece va ad aumentare la massa.

A velocità ordinarie la forza che va ad aumentare la massa è così minima che risulta impossibile rilevarla. Ma col crescere della velocità diventa sempre maggiore, mentre diminuisce la parte di forza che aumenta la velocità, secondo una formula calcolata da Einstein. Quando la velocità è molto alta, la parte di forza che si trasferisce nella massa è così grande e la parte che aumenta la velocità così piccola che si comincia a notare che la seconda legge di Newton e il «buon senso» non valgono più.

Per conoscere oggetti abbastanza veloci da iniziare a mostrare l'imperfezione della seconda legge, gli scienziati dovettero aspettare l'inizio del XX secolo. I moti veloci allora scoperti erano quelli delle particelle subatomiche; accurati studi su questi minuscoli oggetti dimostrarono che l'equazione di Einstein sulla relazione tra forza e velocità era assolutamente esatta.

Nella misura in cui la velocità di un oggetto si avvicina a quella della luce, la forza a esso applicata che va ad aumentare la velocità diventa quasi nulla. Va quasi tutta ad aumentare la massa. L'oggetto in accelerazione diventa molto più massiccio, ma la sua velocità non aumenta pressoché più. Alla fine, anche applicando all'oggetto in accelerazione una quantità di forza infinita, si ottiene unicamente di dargli una massa infinita, e di riuscire ad aumentare la sua velocità solo fino a quella della luce.

Questo significa che anche se si potesse, con qualche congegno magico, raggiungere la velocità massima in un secondo, per arrivare ad Alpha Centauri occorrerebbero sempre 4,40 anni. E se si potesse decelerare a zero in un secondo, fare marcia indietro e accelerare al massimo in un secondo, per il viaggio di andata e ritorno ci vorrebbero sempre 8,80 anni.

In pratica, limitandosi a un'accelerazione tale da essere sopportabile al

corpo umano, per raggiungere quell'altissima velocità ci vorrebbe molto tempo. E altrettanto ne richiederebbe una decelerazione che permettesse di posarsi su un pianeta del sistema Alpha Centauri.

Ammesso di fare tutto il viaggio alla velocità della luce, l'accelerazione e la decelerazione aggiungerebbero un anno al tempo necessario per raggiungere una stella. Un secondo anno andrebbe aggiunto al ritorno, e un terzo, forse, per il tempo richiesto dall'esplorazione.

Perciò, contando accelerazione, decelerazione ed esplorazione, il tempo necessario per andare e tornare da qualunque stella è dato dalla velocità della luce più tre anni. Per raggiungere Alpha Centauri, esplorare il sistema e tornare ci vorrebbero 11,80 anni, e Alpha Centauri è, lo ripeto, la stella *più vicina.*

E, soprattutto, un'accelerazione e una decelerazione così lunghe, e una velocità così alta, implicano, come vedremo, serie difficoltà; è chiaro quindi che il viaggio interstellare è un progetto smisurato, che potrebbe benissimo sconfiggere le tecnologie più avanzate.

Ecco perché all'inizio di questo libro ho detto che la spiegazione più logica del perché la Terra non ha ricevuto visite mi sembra l'incapacità di tutte le civiltà a portare avanti con successo voli interstellari. Forse la difficoltà del volo interstellare è tale che nessuna civiltà extraterrestre è venuta in contatto fisico con un'altra, quindi ognuna è confinata, ora e per sempre, nel proprio sistema planetario. E noi nel nostro.

Oltre la velocità della luce

Ma non diamoci per sconfitti così in fretta. Forse c'è qualche modo per superare il limite della velocità della luce. Ho detto prima che «per quanto riguarda la materia e l'universo che conosciamo non c'è il benché minimo ragionevole motivo per dubitarne». Potrebbero forse esserci della materia o degli aspetti dell'universo che non conosciamo?

Prima di tutto, il limite della velocità della luce si applica ovviamente a oggetti che quando sono in stato di quiete rispetto all'universo, globalmente inteso, hanno massa. Nella definizione rientrano tutti i componenti degli atomi, e quindi noi stessi, le nostre navi e i nostri mondi. Questi oggetti sono obbligati a muoversi a una velocità inferiore a quella della luce, e solo una forza infinita può portarli fino alla velocità della luce stessa.

La nostra definizione sembrerebbe includere tutto, ma non è così. Ci sono oggetti che non hanno massa, o non ne avrebbero se fossero in stato

di riposo rispetto all'universo. Tra questi oggetti con «massa di riposo zero» ci sono i «fotoni», le unità di tutte le radiazioni elettromagnetiche. E poi i «gravitoni», le unità della forza gravitazionale, almeno in teoria, e infine parecchie varietà diverse di particelle dette «neutrini».

Tutte le particelle con massa di quiete zero devono sempre muoversi nel vuoto alla velocità esatta della luce, non meno né più. È perché la luce è composta di fotoni che viaggiano a questa velocità che noi parliamo di «velocità della luce».

Se delle particelle lente e con massa interagiscono in modo tale da produrre un fotone, questi sfreccia fuori istantaneamente alla velocità della luce, senza percettibile intervallo per l'accelerazione. Se al contrario un fotone viene assorbito da qualche particella con massa, la sua velocità svanisce istantaneamente, senza percettibile intervallo per la decelerazione.

Si è riflettuto a volte sulla possibilità di convertire, un giorno, tutte le particelle con massa di una nave, comprese quelle dell'equipaggio e dei passeggeri, in vari tipi di fotoni. Che partirebbero alla velocità della luce, senza il bisogno d'accelerare, e quindi senza consumare l'energia ordinariamente richiesta per raggiungere quell'accelerazione. In condizioni normali si muoverebbero in tutte le direzioni, ma potremmo immaginare di compiere la conversione in condizioni che producano un raggio laser di luce. Questa luce partirebbe allora tutta nella stessa direzione, quella, ad esempio, di Alpha Centauri. Arrivati ad Alpha Centauri i fotoni verrebbero riconvertiti nelle particelle originali, una riconversione che non richiederebbe decelerazione, né quindi l'energia normalmente necessaria per decelerare.

In questo modo una nave impegnata in un viaggio d'andata e ritorno per qualche data stella potrebbe risparmiare i due anni normalmente spesi per accelerazioni e decelerazioni e, cosa molto più importante, le grandi energie richieste.

Ma ci sono degli inconvenienti. In primo luogo si andrebbe ancora solo alla velocità della luce. Risparmiare due anni potrebbe voler dire qualcosa, ma soltanto per le stelle più vicine. Preventivando un anno per l'esplorazione, il viaggio di andata e ritorno per Alpha Centauri prevederebbe 9,4 anni invece che 11,4 - un risparmio significativo - ma quello per Rigel 1081 invece di 1083, che non è un risparmio significativo.[49]

Secondariamente, non sono affatto sicuro che si possa separare la velo-

49 Un viaggio di questo tipo presenta un aspetto, che adesso ometto, che lascia un po' più speranze; ne riparlerò più avanti.

cità dal consumo di energia, come ho detto con tanta leggerezza. Sospetto fortemente che se ci mettessimo a convertire della materia in fotoni, scopriremmo che la quantità di energia che dobbiamo consumare è uguale a quella che sarebbe stata necessaria per accelerare la materia sino a sfiorare la velocità della luce. Lo steso dicasi della conversione dei fotoni in materia, che richiederebbe tanta energia quanto la decelerazione della materia dalla velocità della luce. Quindi è probabile che il «motore fotonico» non ci farebbe risparmiare un tempo di cui valga la pena di parlare, né energia.

Inoltre, non ho la minima idea di come si potrebbe convertire la materia in fotoni e poi di nuovo in materia riproducendo nei minimi particolari tutte le caratteristiche della materia originale. (Si immagini di riprodurre un cervello umano, in tutta la sua complicazione, dopo averlo dissolto in fotoni. Anche chi potrebbe ritenere l'impresa concepibile non è in grado di dare la minima indicazione di un modo concreto per compierla.)

Inoltre le conversioni nell'una come nell'altra direzione dovrebbero essere assolutamente simultanee; se una parte di materia venisse convertita in fotoni anche un secondo dopo un'altra, i fotoni si spargerebbero su centinaia di migliaia di chilometri e potrebbe essere impossibile riconvertirli in oggetti compatti.

E anche se i fotoni venissero prodotti in assoluta simultaneità, come si potrebbe dirigerli nella direzione giusta, impedire che nel lungo viaggio rompano l'ordine, e poi riconvertirli con simultaneità parimenti assoluta?

Certo, due secoli fa la televisione sarebbe apparsa altrettanto impossibile e fuori discussione, ma il fatto che *alcune* cose che sembravano impossibili fantasie si siano rivelate dopo tutto possibili, non ci garantisce certo che *ogni* cosa che sembra una fantasia impossibile si *rivelerà* possibile.

In questo libro ho sempre preso la strada della prudenza, non ho mai accettato nulla che non fosse sorretto almeno da qualche prova, per quanto tenue. In questo caso non c'è niente che permetta di pensare che un viaggio fotonico possa essere messo in pratica, e finché qualcosa non verrà a dimostrare il contrario (e naturalmente potrebbe avvenire anche domani) devo concludere che, pur non potendo del tutto escluderlo, la sua possibilità mi sembra così vicina a zero, che possiamo ragionevolmente considerarla tale.

Potremmo aggirare l'ostacolo di convertire e riconvertire, e di dirigere il raggio di luce, lasciando tutte le particelle allo stato di particelle, ma

rimuovendo in qualche modo la loro massa. Una nave-equipaggio senza massa accelererebbe all'istante fino alla velocità della luce, e la manterrebbe. Appena restaurata la massa tornerebbe istantaneamente alla velocità originale. Sembra un'operazione molto più agevole della conversione in un raggio di fotoni.

Purtroppo non conosciamo nessun modo per rimuovere la massa, e non c'è nulla che permetta di pensare che un giorno ne troveremo uno. E se anche lo trovassimo otterremmo ancora soltanto di viaggiare alla velocità della luce.

Tutto quello che ho ipotizzato finora ci porta fino alla velocità della luce, non oltre.

Ma nel 1972 i fisici O.M.P. Bilaniuk, V.K. Deshpande, ed E.C.G. Sudershan fecero notare che le equazioni di Einstein permetterebbero l'esistenza di oggetti con una massa espressa da ciò che i matematici chiamano una «quantità immaginaria».

Perché le equazioni di Einstein restino valide, questi oggetti di «massa immaginaria» devono sempre muoversi a velocità superiori a quella della luce. Per questo il fisico americano Gerard Feinberg (1933) li ha chiamati «tachioni», dal greco «veloce».

Un oggetto di massa immaginaria ha proprietà molto diverse da quelli di massa ordinaria. Prima di tutto, più i tachioni hanno energia più sono *lenti.* Se si imprime una spinta a un tachione, dandogli energia supplementare, rallenta sempre più, finché, imprimendogli una spinta infinitamente forte, si può rallentarlo fino alla velocità della luce, ma mai di meno.[50]

Se invece si sottrae energia spingendo un tachione contro la direzione del suo moto o facendolo passare attraverso un elemento resistente, questi viaggia sempre più veloce, finché, a zero energia, si muove a velocità infinita rispetto all'universo in generale.

Immaginiamo un «viaggio tachionico». Supponiamo che le particelle subatomiche che compongono una nave e il suo contenuto siano convertiti nei corrispondenti tachioni. La nave decollerebbe all'istante, senza accelerare, a molte volte la velocità della luce, e potrebbe raggiungere una lontana Galassia in appena qualche giorno; allora i tachioni verrebbero ricon-

50 Il limite della velocità della luce esiste per i tachioni quanto per le particelle di massa ordinarie («tardioni»), ma nel caso dei primi è una base piuttosto che un tetto. Le particelle di massa zero (o «luxoni», dal latino «luce») vanno esattamente alla velocità della luce; un «muro di luxoni» segna il confine tra il nostro universo tardionico e l'ultra veloce universo tachionico.

vertiti nelle particelle originarie, e la nave e il suo contenuto tornerebbero a muoversi a velocità normali.[51]

Ecco finalmente un modo per superare il limite della velocità della luce, non fosse che...

Prima di tutto, noi non sappiamo se i tachioni esistono veramente. Certo, non violano le equazioni di Einstein, ma è sufficiente perché esistano? Oltre alle equazioni, ci possono essere altre considerazioni che ne impediscono l'esistenza. Alcuni scienziati, ad esempio, sostengono che i tachioni, se esistessero, permetterebbero la violazione della legge di causalità (la causa deve precedere nel tempo l'effetto), e questo assicura che non esistono. È vero che finora nessuno ha mai rivelato i tachioni, e finché questo non succede è arduo sostenere che esistano davvero; nessun aspetto delle loro proprietà sembra toccare il nostro universo obbligandoci a credere alla loro esistenza anche in assenza di rilevamento fisico.[52]

In secondo luogo, anche se i tachioni esistono, non abbiamo la minima idea di come si potrebbero trasformare in essi delle particelle normali e poi rovesciare il processo. Tutte le difficoltà del viaggio fotonico si ripresenterebbero moltiplicate per il viaggio tachionico; un errore di simultaneità di conversione disperderebbe ogni cosa non su centinaia di migliaia di chilometri, ma forse su centinaia di migliaia di anni luce.

Infine, anche se si riuscisse a fare tutto questo, temo che non si potrebbe superare la richiesta d'energia; per trasferire della materia da un capo all'altro della Galassia per moto tachionico ci vorrebbe tanta energia quanta per accelerare e decelerare, anzi, il viaggio tachionico potrebbe richiedere molta più energia, perché insieme alla distanza bisognerebbe sconfiggere anche il tempo.

Ma abbiamo un'altra possibile via d'uscita. Se la «materia che conosciamo» ci sconfigge, che dire dell'«universo che conosciamo»? Finché l'universo con cui avevamo a che fare era quello di Newton, dal movimento

---

51 I racconti di fantascienza sono soliti aggirare la barriera della velocità della luce ricorrendo a qualche aspetto dell'universo in cui questa barriera non esiste. È l'«iperspazio», o il «subspazio», ma comunque si chiami le caratteristiche che vi si immaginano sono quelle dell'universo tachionico.

52 Per 25 anni i fisici hanno accettato l'esistenza del neutrino anche se nessuno l'aveva mai individuato: la sua esistenza era necessaria per spiegare dei fenomeni osservati. Oggi i fisici accettano l'esistenza di particelle dette quark anche se nessuno le ha mai individuate, perché quest'esistenza è necessaria per spiegare dei fenomeni osservati. Non ci sono invece fenomeni osservati che richiedono l'esistenza dei tachioni, se non la manipolazione di equazioni.

lento e dalle piccole distanze, le leggi di Newton sembravano inattaccabili.

E finché l'universo con cui abbiamo a che fare è quello di Einstein, dalle basse densità e dalle deboli gravitazioni, le leggi di Einstein sembrano inattaccabili. Ma come siamo andati oltre l'universo di Newton, potremmo andare oltre anche l'universo di Einstein. Vediamo come.

Quando una grande stella esplode e si collassa, la forza del collasso e la massa del residuo che si collassa possono combinarsi per mettere in contatto le particelle subatomiche per poi frantumarle e portarle a un collasso senza fine, verso un volume zero e una densità infinita.

La gravità di superficie di una simile stella collassante arriva al punto che tutto può sprofondarvi, ma niente sfuggirle: è una sorta di «buco» senza fine nello spazio. Non sfuggendogli nemmeno la luce è un «buco nero», cui ho già accennato.

Si è soliti pensare che la materia che cade in un buco nero venga compressa all'infinito. Ma secondo alcune teorie se un buco nero ruota - come è facile - la materia che viene inghiottita può essere compressa fino a sbucare fuori da qualche altra parte, come il dentifricio, che schizza fuori da un buco sottile in un tubo compatto sotto una leggera pressione.

La materia potrebbe così coprire distanze enormi, anche milioni o miliardi di anni luce, in un periodo di tempo insignificante. Questi trasferimenti possono eludere il limite della velocità della luce perché avvengono in tunnel o su ponti che non hanno, strettamente parlando, le caratteristiche temporali dell'universo che ci è familiare. La via di transito viene a volte chiamata «ponte Einstein-Rosen», perché fu lo stesso Albert Einstein, col suo collaboratore di nome Rosen, a ipotizzarne nel 1930 la base teorica.

È possibile che un giorno i buchi neri rendano praticabili i viaggi interstellari o addirittura intergalattici? Ammesso che esistano in gran numero, usandoli in modo opportuno si potrebbe entrare in un buco nero al punto A, emergere al punto B - a grande distanza - quasi subito, viaggiare nello spazio normale fino al punto C, entrare in un altro buco nero, emergere quasi subito al punto D e così via. In questo modo si potrebbe andare da qualunque punto dell'universo a qualunque altro in un tempo ragionevolmente breve.

Naturalmente, si dovrebbe tracciare una mappa dettagliata dell'universo, segnando accuratamente le entrate e le uscite dei buchi neri.

Si potrebbe anche pensare che iniziati in questo modo i viaggi interstellari, i mondi che si trovano vicini all'entrata di un buco nero, crescerebbero e prospererebbero, e verrebbero stabilite delle stazioni spaziali ancora più

vicine.

Queste stazioni spaziali possono servire anche da centrali di energia, perché è probabile che l'energia irradiata dalla materia che cade in un buco nero sia enorme. Si potrebbero anche immaginare dei progetti spaziali per spostare della materia morta e inutile in un buco nero, al fine di aumentare la produzione di energia (come si alimenta una fornace).

Quest'ipotesi fornisce anche un'altra spiegazione al fatto che l'universo è pieno di civiltà extraterrestri, di cui però nessuna ha visitato la Terra. Può darsi che la Terra sia molto fuori mano rispetto alla rete dei buchi neri. Può darsi che le civiltà extraterrestri sappiano tutto di noi, ma trovino che non valiamo il tempo e la spesa di venirci a trovare.

Ma l'immagine appassionante di un universo crivellato di buchi neri trasformati in una super metropolitana per voli interstellari ha i suoi difetti.

In primo luogo non sappiamo quanti buchi neri ci siano nell'universo. Fuori dei centri delle galassie e degli ammassi globulari potrebbe esserce-ne solo mezza dozzina per galassia, per quanto ne sappiamo, e questi non sarebbero di nessuna utilità tranne che per pochi sistemi planetari vicini a un'apertura, nessuno dei quali potrebbe contenere un pianeta abitabile.

Secondo, non è affatto sicuro che la materia che entra in un buco nero emerga altrove. Molti astronomi non danno nessun credito a questa teoria.

Terzo, anche se la materia che entra in un buco nero emerge altrove, niente può entrarci senza essere ridotto in frantumi, a polvere di particelle subatomiche o ancor meno, dagli incredibili effetti di marea e dal campo gravitazionale straordinariamente intenso del buco nero. Può darsi che qualche tecnologia avanzata trovi un modo di scansare tutti gli effetti gra-vitazionali e di evitare che la nave spaziale serva da combustibile alla for-nace buco nero o venga fatta a pezzi dalle maree, ma per il momento sem-bra impossibile anche in teoria.

Alla luce in cui ci appare oggi l'universo, non sembra esserci nessuna ragionevole speranza di superare il limite della velocità della luce.

Non ci rimane che vedere cosa possiamo fare a velocità inferiori.

Dilatazione del tempo

Un fenomeno peculiare predetto dalle equazioni di Einstein (e verifica-to da studi sulle particelle subatomiche in accelerazione) è che il ritmo con cui il tempo sembra avanzare rallenta con la velocità. Si chiama «dilatazio-ne del tempo».

Su una nave spaziale in moto veloce tutto sarebbe più lento: gli atomi, gli orologi, il metabolismo del tessuto umano. E siccome tutto si rallenterebbe con sincronismo perfetto, l'equipaggio non sarebbe soggettivamente cosciente del mutamento. Gli sembrerebbe semplicemente che tutto il mondo circostante si acceleri. (Come non ci si accorge del moto su un treno che entra senza scosse in una stazione; sono la stazione e la campagna che sembrano muoversi all'indietro.)

Il rallentare del tempo diventa più marcato quando ci si muove sempre più veloci rispetto all'universo in generale, finché, quando si raggiunge una velocità di 293 800 chilometri al secondo - lo 0,98 della velocità della luce - il ritmo del passare del tempo è solo un quinto di quello che sarebbe se la nave spaziale fosse ferma. Se ci si avvicina ancora di più alla velocità della luce, il ritmo del passare del tempo continua a calare, finché, quando si arriva nel raggio di qualche chilometro al secondo dalla velocità della luce, è quasi zero.

Supponiamo di essere in una nave spaziale che stia accelerando a 1-g, cioè a un ritmo che ci farebbe sentire spinti contro il retro della nave con la stessa forza con cui la gravità ci spinge contro la superficie della Terra. A questa accelerazione ci sentiremmo perfettamente normali. Il retro della nave sembrerebbe il basso, e il davanti l'alto.

Nel giro di un anno circa la nave avrebbe quasi raggiunto la velocità della luce, e anche se ogni cosa a bordo fosse ai nostri occhi normale, il mondo di fuori apparirebbe molto strano. Non si potrebbero più vedere molte stelle: la luce di quelle davanti si sposterebbe nella gamma dei raggi X e diventerebbe invisibile (la nave dovrebbe essere munita di difese contro le loro radiazioni). La luce di quelle dietro si sposterebbe nella gamma delle onde radio e diverrebbero anch'esse invisibili.

Se la gente a bordo misurasse la velocità sulle distanze coperte, avrebbe l'impressione di andare molto più veloce della luce, perché una settimana sarebbe forse sufficiente per coprire la distanza tra due stelle lontane 10 anni luce. Se noi potessimo vederli dalla Terra noteremmo che in realtà per coprire questa distanza la nave ci mette poco più di dieci anni, ma al rallentato senso de! tempo dell'equipaggio dieci anni sembrerebbero lunghi appena una settimana.

Usando la dilatazione del tempo, una nave spaziale coprirebbe distanze enormi in tempi che parrebbero alla gente a bordo relativamente brevi. In quelli che per loro sarebbero 60 anni arriverebbero alla Galassia di Andro-

meda, lontana 2 miliardi 300 milioni di anni luce.[53]

La dilatazione del tempo risolve il problema?

Temo di no: presenta qualche difficoltà. Prima di tutto, per tenere un'accelerazione di 1-g (o una decelerazione di 1-g) per un lungo periodo di tempo ci vogliono, come ho già detto, enormi quantità di energia.

Supponiamo il modo più efficace per ottenere energia, l'interazione di eguali quantità di materia e antimateria. Una miscela del genere realizza il reciproco annullamento e la totale conversione della materia in energia. Una simile reazione sprigionerebbe, per una data massa di combustibile, 35 volte più energia di una fusione d'idrogeno, e se esiste qualche modo per ottenere più energia, per il momento non siamo neppure in grado d'immaginarlo.

Bene, accelerare una tonnellata di materia a 0,98 volte la velocità della luce significherebbe convertire in energia circa 25 tonnellate tra materia e antimateria o, contando due accelerazioni e due decelerazioni, 100 tonnellate per un viaggio di andata e ritorno. Se si usasse come metodo di propulsione una fusione d'idrogeno, ci vorrebbero qualcosa come 3500 tonnellate d'idrogeno. In altre parole, per portare una tonnellata di materia ad Alpha Centauri e ritorno - appena una tonnellata - occorrerebbe dieci volte più energia di quanta la popolazione terrestre consuma oggi in un anno.

Forse per ottenere l'energia richiesta si potrebbe fare a meno di combustibile. Il fisico anglo-americano Freeman John Dyson (1923) fa notare che una nave spaziale in volo attorno a un pianeta come Giove può ricevere un'enorme accelerazione senza nessun effetto negativo sulla salute degli astronauti, in quanto ogni atomo della nave e del suo contenuto verrebbe accelerato allo stesso modo (tranne un insignificante effetto di marea). Infatti le sonde gioviane *Pioneer 10* e *Pioneer 11* sono state accelerate in questo modo, a spese della grande riserva di energia gravitazionale di Giove, e ottenendo così abbastanza velocità da essere scagliate fuori dal sistema solare.

Possiamo immaginare navi spaziali in viaggio per qualche stella lontana passare ogni tanto accanto a un pianeta gigante per averne enormi au-

53 Se un viaggio fotonico fosse possibile, il ritmo del passare del tempo per i viaggiatori sarebbe uguale a *zero*. Ogni viaggio, anche ai confini dell'universo, parrebbe durare un istante. Per quanto la dilatazione del tempo faccia pensare agli astronauti d'andare veloci, non potranno mai superare un raggio di luce. Possono impiegarci solo 60 anni per raggiungere la galassia di Andromeda, ma una volta là scopriranno che secondo i loro parametri di misura un raggio di luce c'è arrivato 60 anni prima.

menti di velocità, *se* ci fossero pianeti giganti al posto giusto, il che non sembra affatto probabile.

Un altro modo di figurarsi un guadagno d'accelerazione che faccia a meno di combustibile è immaginare un raggio laser diretto su una grande «vela» che circondi la nave spaziale. Il raggio verrebbe puntato in continuazione sulla vela da un corpo adeguato del sistema solare, e agirebbe come una spinta portante imprimendo alla nave un'accelerazione stabile. Ma naturalmente il laser consumerebbe per restare in azione le grandi quantità d'energia non consumate dalla nave (quando si tratta d'energia non c'è modo di spezzare il cerchio). Inoltre, man mano che la nave si allontana dalla base, diventerebbe sempre più difficile mantenere la mira. Infine, il laser non potrebbe essere usato per la decelerazione, a meno che qualcuno non puntasse un altro compiacente raggio dal punto di destinazione nella direzione opposta.

Ma se nessun metodo che faccia a meno di combustibile va bene, e una nave che viaggi alla velocità della luce deve usare combustibile, forse non è necessario che se lo porti dietro. Potrebbe essere capace di raccoglierlo lungo la strada. Dopotutto, lo spazio interstellare non è veramente vuoto, non è un vuoto assoluto. Ci sono atomi di materia qua e là, soprattutto idrogeno.

Nel 1960 il fisico americano Robert W. Bussard ipotizzò che l'idrogeno potesse essere raccolto dalla nave spaziale nell'aprirsi la strada attraverso lo spazio. Sarebbe una sorta di «autoreattore interstellare»; ma poiché lo spazio contiene molto meno materia dell'atmosfera terrestre, la nave dovrebbe trarla da un volume di spazio molto maggiore, comprimerla ed estrarne energia per fusione.

Dove ci sono nubi di polvere e gas e la densità della materia è massima, il raccoglitore di campioni della nave dovrà avere un diametro, per essere efficace, di almeno 125 chilometri. Nel limpido spazio interstellare di 1400 e nello spazio galattico di 140 000.

Anche immaginandole fatte dei materiali più leggeri, la massa di questi raccoglitori sarebbe proibitiva. Come si potrebbero portare questi materiali nello spazio? Oppure, quanto tempo e fatica ci vorrebbe per montarli usando materia già presente nello spazio?

E anche se il problema dell'energia venisse in qualche modo risolto con metodi che non siamo assolutamente in grado di prevedere, resta il fatto che una nave enorme che viaggi a una velocità molto vicina a quella della luce è in una posizione particolarmente vulnerabile. Potrebbe non esserci il

pericolo di colpire una stella, ma è facile che lo spazio sia piuttosto pieno di corpi relativamente piccoli, da pianeti a sassolini.

Dal punto di vista della nave,.qualunque oggetto dell'universo che le si avvicini lo farà alla velocità della luce. E sarà impossibile evitarlo, perché qualunque immaginabile annuncio dell'avvicinamento (raggi X o altro) viaggerà solo alla velocità della luce, e l'oggetto arriverà insieme al messaggio. Come il rumore di una collisione, che non arriva prima della collisione stessa.

E qualunque oggetto massiccio che colliderà con la nave, essendo la velocità dell'uno rispetto all'altra quella della luce, lascerà un foro netto all'entrata, all'uscita e in tutte le intersezioni. In poco tempo la nave potrebbe diventare un colabrodo.

Anche se facciamo conto che non ci siano particelle di una certa dimensione, anche se supponiamo che il volume di gas attraversato sia composto solo di gas molto rarefatto, è sufficiente a creare dei problemi.

Se la nave spaziale va sempre più veloce, gli atomi dello spazio interstellare la colpiscono con frequenza e forza sempre maggiori.

Dal punto di vista della nave spaziale le particelle in arrivo sfioreranno la velocità della luce, il che le renderà a tutti gli effetti raggi cosmici.

In condizioni ordinarie l'intensità dei raggi cosmici non è particolarmente letale. Degli astronauti sono rimasti nello spazio per più di tre mesi consecutivi e sono sopravvissuti benissimo. Ma una nave che si muova nello spazio interstellare alla velocità della luce, colpita da ogni particella in arrivo con l'intensità dei raggi cosmici, sarà soggetta a un'intensità di radiazioni di molte centinaia di volte superiore a quella prodotta dai moderni reattori nucleari.

Alcuni scienziati pensano che questa interferenza della materia interstellare sarà sufficiente da sola a impedire che la nave spaziale raggiunga velocità superiori a un decimo di quella della luce, e a questa velocità la dilatazione del tempo è molto scarsa.

Anche se tutte le difficoltà venissero superate resta un altro problema, giacente nel cuore stesso della relatività. Il senso del tempo rallentato riguarda solo gli astronauti, *non* chi è rimasto sul pianeta base.

Con accelerazioni e decelerazioni di 1-g, e una piena dilatazione del tempo, un viaggio alla stella Deneb e ritorno durerà per gli astronauti vent'anni (anche preventivando un anno per l'esplorazione nel sistema di Deneb). Ma al ritorno sulla Terra saranno trascorsi 200 anni. Un'andata e ritorno all'altro capo della Galassia parrà durare agli astronauti 50 anni, ma

intanto sulla Terra ne saranno trascorsi circa 400 000. (Lo stesso vale in misura anche maggiore nel caso del viaggio fotonico.)

Basta questo a dare la sensazione che gli abitanti della Terra (o di qualunque altro pianeta) non faranno certo una buona accoglienza alla proposta di investire nell'esplorazione stellare tramite la dilatazione del tempo. È già abbastanza difficile che la gente sia disposta a privarsi adesso por avere qualcosa di desiderabile o anche d'essenziale tra trent'anni. Non credo che si possa pensare che investirebbe uno sforzo enorme in qualcosa che le ritornerà dopo centinaia o centinaia di migliaia di anni.

Considerando allora il fabbisogno d'energia, il pericolo di radiazioni e la differenza di tempo, la nostra prudenza ci fa pensare che la dilatazione del tempo non è un mezzo praticabile, né fisicamente né psicologicamente, per raggiungere le stelle.

Velocità di crociera

Tutti i modi per viaggiare alla o anche oltre la velocità della luce sembrano essere impraticabili: non ci rimane che vedere cosa possiamo fare a basse velocità.

Avremmo dei vantaggi, naturalmente: il fabbisogno di energia non sarebbe esorbitante, e lo spazio interstellare non sarebbe pericoloso. Ma resta lo svantaggio del tempo.

Supponiamo di accelerare una nave spaziale a 3000 chilometri al secondo. È una velocità molto alta rispetto a quelle cui siamo abituati: per andare dalla Terra alla Luna basterebbero due minuti. Ma è solo un centesimo della velocità della luce; la dilatazione del tempo sarebbe trascurabile, e per andare e tornare da Alpha Centauri, la stella più vicina, ci vorrebbero quasi 900 anni.

C'è qualche condizione alla quale un viaggio di 900 anni sarebbe compatibile?

Supponiamo che gli astronauti siano immortali. In questo caso possiamo presumere che lasciarsi trasportare a destinazione e tornare (con intervalli relativamente insignificanti per l'accelerazione e la decelerazione), per 900 anni, rappresenterebbe una frazione trascurabile di una vita protratta all'infinito, e non sarebbe un problema.

Ma anche se immortali gli astronauti devono mangiare, bere, respirare ed eliminare rifiuti. Il che rende necessaria una complessa infrastruttura vitale che dovrebbe funzionare senza intoppi per quasi mille anni. Non è

inimmaginabile, ma è sicuramente costoso.

Inoltre, bisogna che gli astronauti abbiano qualcosa che gli tenga occupata la mente. Potrebbe essere molto difficile reggere per quasi mille anni in spazi relativamente angusti senza possibilità di cambiare compagnia. Forse non è troppo cinico supporre che l'omicidio e il suicidio vuoterebbero la nave ben prima che il viaggio si compia: è molto più facile immaginare una vittoria sulla morte che sulla noia.

E naturalmente non c'è nulla che faccia pensare - almeno finora - che potremo mai raggiungere l'immortalità.

Ma forse possiamo aggirare alcune delle difficoltà dell'immortalità sostituendola con una morte temporanea seguita da resurrezione. In altre parole, supponiamo di ibernare gli astronauti e metterli in animazione sospesa, riportandoli in vita solo quando è in vista la destinazione.

In questo caso la nave spaziale può procedere a basse velocità, evitando gli inconvenienti di un viaggio alla velocità della luce, mentre gli astronauti restano ignari del passare del tempo come nel caso della dilatazione. Un viaggio di migliaia di anni passerebbe per loro in un batter d'occhio, e si presume che al ritorno non sarebbero invecchiati in modo percettibile. Così non ci sarebbe bisogno di una infrastruttura vitale troppo sofisticata, né di tenere gli astronauti occupati per vincere la noia del lungo viaggio.

Ma ci sono delle ovvie difficoltà. Il problema di ibernare un essere umano senza ucciderlo e riportarlo poi in vita con successo non sembra (per ora) avere molte speranze di soluzione.

E anche se riuscissimo a farlo, la possibilità di tenere un corpo ibernato con la sua scintilla di vita intatta, potrebbe benissimo essere soggetta a limiti di tempo. Potrebbe essere impossibile mantenerlo per tutto il lungo viaggio tra le stelle. E se riuscissimo a fare anche questo, dovremmo equipaggiare la nave con qualche sistema assolutamente sicuro che mantenga lo stato di ibernazione (una nuova l'orma di infrastruttura vitale) e riporti automaticamente gli astronauti in vita al momento giusto. Un congegno capace di risvegliare alla vita dopo qualche secolo di sonno non è una cosa facile da immaginare.

Le difficoltà sono enormi, e anche se non possiamo affermare che non saranno mai superate - dato un tempo adeguato - non possiamo neppure essere sicuri che il problema sarà senz'altro risolto.

Inoltre, mentre gli astronauti sono in animazione sospesa, e quindi restano estranei al passare del tempo e dell'età, così non è per quelli della Terra che li hanno lanciati, a meno che non si sottoponga ad ibernazione

l'intera popolazione terrestre, idea che possiamo accantonare come ridicola. Questo significa che, esattamente come nel caso della dilatazione del tempo, gli astronauti torneranno generazioni dopo, e subiranno un profondo «shoc da futuro».

Ci sarebbero dei problemi anche nel caso dell'immortalità. Se gli astronauti sono immortali, lo saranno anche gli abitanti del pianeta, e al ritorno dal lungo viaggio gli astronauti potranno riferire agli stessi che li hanno lanciati secoli prima. Ma la vita sulla nave e sul pianeta avrà certamente seguito strade molto diverse, e i due gruppi di uomini saranno stranieri gli uni agli altri.

In tutti i casi finora ipotizzati il ritorno a casa degli astronauti sembra molto improbabile. Nell'intraprendere l'esplorazione delle stelle si dovrebbe pensare di non rivedere più né astronauti né navi. Si potrebbero trasmettere e ricevere messaggi per secoli e millenni, ma questo sarebbe tutto.

Ci saranno esseri umani disposti ad andare in esilio per sempre? Il pianeta sarà disposto a sostenere la spesa di lanciare degli esseri intelligenti per non riceverne altro che occasionali messaggi in un futuro lontano?

In questo caso non sarebbe più economico, meno difficile e più produttivo lanciare verso le stelle delle sonde automatiche? L'astronomo Ronald N. Bracewell (1921) suggerì già nel 1960 che altre civiltà potrebbero aver usato questa strategia.

Noi stessi abbiamo imboccato questa strada per quanto riguarda i pianeti. Mentre gli astronauti sono riusciti ad andare solo fino alla Luna, sonde automatiche si sono posate su Marte e Venere, e sono andate oltre Mercurio e Giove. Grazie ad esse abbiamo acquisito molte nuove conoscenze, e anche se fossimo dell'idea che l'esplorazione umana sarebbe meglio, dobbiamo ammettere che dove l'esplorazione umana è impossibile, le sonde sono un ragionevole sostituto. Finora hanno dato risultati niente affatto trascurabili.

Potremmo quindi lanciare sonde stellari. La spesa sarebbe ancora enorme, ma molto inferiore a quella richiesta per lanciare esseri umani. Potremmo indulgere ad accelerazioni maggiori, eliminare le infrastrutture vitali necessarie ad astronauti vivi o ibernati, e non preoccuparci del benessere psicologico dell'equipaggio. Non dovremmo neppure temere lo shoc del futuro; non c'è nessuna ragione che una sonda automatica debba fare ritorno, e anche se tornasse non le importerebbe di certo che siano passate delle generazioni.

Possiamo immaginare civiltà avanzate che lanciano sonde molto sofi-

sticate, ma senza dubbio ci sono dei limiti. Più la sonda è sofisticata, più dovrebbe essere difficile e dubbio tenerla in funzione. È arduo supporre che qualcosa di realmente elaborato continui a lavorare senza errori per migliaia o anche milioni di anni (anche la civiltà più avanzata non potrebbe certo alterare la seconda legge della termodinamica o il principio d'indeterminazione).

Spingendo l'ipotesi a un estremo potremmo immaginare ad esempio un equipaggio di avanzati robot, intelligenti come esseri umani, che esplorino l'universo come gli esseri umani non potrebbero fare. Ma se i robot fossero *così* intelligenti, non potrebbero risultare anch'essi vulnerabili alle malattie dell'intelligenza: noia, depressione, ira, omicidio e suicidio?

Potrebbe allora essere necessario attenersi a una via di mezzo, lanciare sonde munite di congegni abbastanza elaborati da fornire le informazioni più utili e interessanti possibili, ma abbastanza semplici da durare nei secoli. Ma è ovvio che questa via di mezzo vorrebbe dire navi pilotate da congegni molto meno intelligenti degli esseri umani.

E anche questa può essere una risposta al perché non abbiamo ricevuto visite da altre civiltà. Forse ne abbiamo ricevute, ma non da organismi viventi. Delle sonde potrebbero essere passate dal sistema solare e aver trasmesso dei messaggi sulla natura e le caratteristiche del Sole e dei suoi pianeti, e in particolare sul fatto che il sistema ospita un pianeta abitabile. Una che fosse passata abbastanza di recente potrebbe aver riferito di una civiltà nascente.

Naturalmente non possiamo stabilire la frequenza di tali passaggi, o quando sia avvenuto l'ultimo, né se tutte le sonde appartenessero a una data civiltà.[54] Per quello che ne sappiamo, potrebbe anche essere che le sonde siano sopravvissute alle loro civiltà e trasmettano messaggi ormai inutili.

Mondi erranti

La prudenza con cui abbiamo esaminato la possibilità dei viaggi interstellari sembra escludere che sia concretamente possibile mandare degli organismi intelligenti da una stella all'altra; l'uso di sonde automatiche

54 È facile supporre che gli UFO che non sono scherzi o errori (ammesso che ce ne sia qualcuno che non rientra nell'una o nell'altra categoria) siano sonde, piuttosto che navi spaziali extraterrestri pilotate da organismi viventi. Non è inconcepibile, ma non c'è neppure niente che lo dimostri. Non ancora.

sembra la cosa migliore.

Ma finora siamo partiti dall'idea che un equipaggio di astronauti debba compiere l'intero viaggio di andata e ritorno alle stelle nel tempo di una vita umana, andando più veloce della luce, o attraverso la dilatazione del tempo, o grazie a vite più lunghe, o ancora usando l'ibernazione. E nessuno di questi metodi sembra praticabile.

Ma se abbandoniamo l'idea che il viaggio di andata e ritorno debba durare una sola vita umana?

Supponiamo di progettare un'astronave che arrivi fino ad Alpha Centauri, mettendoci secoli. E che gli astronauti non siano immortali né ibernati, ma vivano normalmente la loro vita.

Naturalmente, moriranno molto prima che il viaggio giunga a termine. Ma a bordo ci sono astronauti di entrambi i sessi, e da essi nasceranno dei bambini, e questi proseguiranno il viaggio, e così i loro bambini, e i bambini dei loro bambini, per molte generazioni, finché la destinazione non sarà raggiunta.[55]

È sempre necessaria una elaborata infrastruttura vitale, ma il problema di tenere gli astronauti occupati, di vincere la noia, può essere risolto. Avere dei bambini aiuta a passare il tempo. Le morti e le nascite rinnoveranno continuamente la compagnia, eliminando la noia implicita nel vedere per un periodo interminabile sempre le stesse facce. Inoltre i giovani nati a bordo non conosceranno nessun'altra vita - almeno personalmente - e presumibilmente non si annoieranno.

Ma c'è un viaggio che valga tanto? Ci saranno volontari disposti non solo a passare il resto della loro vita su un'astronave, ma anche a condannare i figli e i figli dei figli a vivere tutta la vita, dalla nascita alla morte, su un'astronave? E gli abitanti della Terra saranno disposti ad un investimento enormemente costoso che potrà rendere qualcosa solo ai loro discendenti, un migliaio di anni dopo?

La risposta a queste domande potrebbe essere un ovvio «no!». È facile pensare che la persona media sarebbe così inorridita a questo pensiero, che la sola formulazione di una simile domanda le parrebbe da manicomio.

Ma forse perché per tutto questo capitolo ho supposto (senza però mai dirlo) che il lungo viaggio alle stelle verrebbe intrapreso da ciò che intendiamo di solito per «navi», una specie di enorme transatlantico o qual-

55 Simili viaggi di generazioni furono ipotizzati nel 1951 da Lyman Spitzer; e nel 1941 lo scrittore di fantascienza Robert A. Heinlein, scrisse su questo argomento un breve romanzo, *Universo.*

cosa come le navi spaziali dei film.

Finché abbiamo a che fare con navi del genere è difficile, forse è impossibile, respingere le obiezioni sui viaggi lunghi generazioni, ma dobbiamo avere a che fare con cose del genere?

Alla fine del capitolo precedente avevo immaginato un sistema solare punteggiato di colonie spaziali, abbastanza grandi da costituire da sole comunità-mondi.

Queste colonie spaziali non avrebbero riserve di cibo e ossigeno nel senso comune del termine. Si manterrebbero grazie a un equilibrio ecologico capace di perpetuarsi all'infinito, data una sicura fonte d'energia e la sostituzione di quel minimo di materia perduto. Né avrebbero un equipaggio nel senso normale del termine. Sarebbero abitate da decine di migliaia, forse anche decine di milioni di persone, per le quali la colonia sarebbe il proprio pianeta.

La graduale esplorazione del sistema solare da parte dei coloni e la graduale estensione delle aree colonizzate alla cintura di asteroidi e oltre non potrebbe non allentare i legami emozionali che tratterrebbero i coloni alla terra ancestrale e anche al Sole.

Il solo fatto che per i coloni stabilitisi nella cintura di asteroidi e oltre, il Sole sarà enormemente più lontano e più piccolo, diminuirà la sua importanza. Il crescere della distanza, rendendo più difficile usarlo come fonte d'energia, li incoraggerà alla fusione dell'idrogeno, tanto più che nel sistema solare oltre Marte l'idrogeno abbonda. E questo renderà le colonie ancor meno dipendenti dal Sole.

Inoltre, più una colonia si allontanerà dal Sole, più le sarà facile sviluppare una velocità capace di farla uscire dal sistema solare.

Alla fine qualche colonia spaziale non troverà più nessuna ragione di girare e girare attorno al Sole per sempre e, usando qualche avanzato sistema di propulsione basato sulla fusione dell'idrogeno, evaderà dall'orbita portando la sua struttura e il suo contenuto di terra, acqua, aria, piante, animali e persone nell'ignoto.

Perché?

E perché no?

Forse per l'interesse alla cosa in sé. Per vedere cosa c'è oltre l'orizzonte. Per la curiosità, per l'impulso che ha portato l'umanità ad espandersi fin dalla sua nascita, che ha fatto sì che popolazioni si aprissero la strada attraverso i continenti ancor prima che iniziasse la civiltà, e che ora spinge gli uomini sulla Luna e oltre.

O potrebbe anche essere la pressione della popolazione in aumento. Col crescere degli insediamenti spaziali aumenterà la pressione sulle riserve d'idrogeno, e l'insofferenza per l'aumentata complessità dei rapporti tra le colonie.

Inoltre, il trauma del cambiamento sarebbe minimo. I coloni non abbandonerebbero la casa, se la porterebbero dietro. A parte il fatto che il Sole diventerebbe sempre più piccolo, e il contatto radio con le altre colonie sempre più difficile - fino a sparire entrambi del tutto - tra il girare per sempre attorno al Sole e l'errare per sempre nell'universo non ci sarebbero, per la popolazione della colonia, differenze di rilievo.

Né i coloni dovrebbero necessariamente temere che un riciclaggio imperfetto gli faccia lentamente perdere le loro risorse, o che l'idrogeno si esaurisca. Una volta divenuta un mondo libero, non legato a una stella, la colonia potrebbe trovare il combustibile nell'universo.

Potrebbe per esempio aprirsi la strada attraverso la nube di comete ai margini del sistema solare, dove se ne trovano un centinaio di miliardi nella loro forma originaria di piccoli corpi ghiacciati, e cercarsene una. Anche un «piccolo corpo» ha naturalmente un diametro di qualche chilometro, e conterrebbe abbastanza carbonio, idrogeno, azoto e ossigeno da compensare per molto tempo ogni perdita di volatile causata da un riciclaggio imperfetto, e da fornire per altrettanto tempo abbastanza idrogeno combustibile. (Dopotutto il mondo libero non accelererà né decelererà molto né molto spesso. Per la maggior parte del tempo proseguirà per inerzia.)

Una volta trovata una cometa, si potrà prenderla a rimorchio come fonte duratura di materia ed energia. Col tempo - e di nulla come il tempo il mondo libero sarà ricco - potrà rimorchiare una catena di comete.

Lasciata alle spalle la nube di comete, l'universo può non essere vuoto. Ci saranno altre stelle cinte da nubi di comete, e forse anche qualche corpo del tutto indipendente da stelle.

Un viaggio simile evita tutte le difficoltà che abbiamo elencate.

Il mondo libero si muoverà lento, quindi non ci saranno problemi di forza di resistenza del gas o di collisioni, né bisogno d'energia per grandi accelerazioni e decelerazioni. I suoi abitanti non dovranno essere né immortali né ibernati, potranno vivere una vita normale come la nostra, su un mondo vasto e pieno di gente, con uno scenario simile a quello della Terra, e un effetto centrifugo che produrrà una gravità di tipo terrestre. La luce del Sole dovrà essere artificiale, ma con questo è possibile convivere.

E, soprattutto, l'investimento del mondo libero e la sua costruzione non

ricadranno sulle spalle degli abitanti della Terra. Saranno gli stessi coloni spaziali a incaricarsene, come le città americane sono state costruite dagli americani, e non dalle nazioni europee da cui loro o i loro antenati provenivano. Il che significa che il mondo libero non dipenderà dalla disponibilità della Terra a investire.

I suoi abitanti non saranno neppure inibiti dal pensiero che i loro figli e i figli dei loro figli passeranno tutta la vita «a bordo di una nave», perché ce la passerebbero comunque. Né dal pensiero che al loro ritorno sulla Terra saranno passati migliaia o milioni di anni. È molto probabile che non sentiranno mai il bisogno di tornare sulla Terra.

Forse saranno molte le colonie che si trasformeranno in mondi liberi. Il sistema solare, dopo aver impiegato 4,6 miliardi di anni per sviluppare una specie abbastanza intelligente da elaborare una civiltà tecnologica capace di costruire colonie spaziali, potrà finalmente «andare in pensione». Potrà liberare dei mondi che errino in tutte le direzioni, ognuno col suo carico d'umanità in equilibrio ecologico con altre forme di vita.

Può anche darsi che a lungo andare il mondo madre, la Terra, conterà su scala cosmica solo come fonte dei mondi liberi. E potrà continuare a svolgere questa funzione finché, per una ragione o per l'altra, la sua civiltà non si esaurirà, non decadrà e finirà. Allora forse le colonie spaziali che non avranno scelto di lasciare il sistema solare si inaridiranno e decadranno, e solo i mondi liberi continueranno ad avere un'umanità vitale e in sviluppo.

Alla fine, dopo molte generazioni, può darsi che un mondo libero accosti una stella. Probabilmente non per caso. Senza dubbio i suoi astronomi studierebbero tutte le stelle nel raggio di moltissimi anni luce, e proporranno di avvicinarne una particolarmente interessante. Potrebbero studiare in questo modo le nane bianche, le stelle di neutroni, i buchi neri, le giganti rosse, le cefeidi variabili e così via, tutte da una prudente distanza di sicurezza.

Possono anche prediligere di accostare stelle simili al Sole, per indagare - forse con un po' di nostalgia - se possa esserci qualche civiltà. E forse non sentirebbero nessun desiderio di sbarcare su un pianeta simile alla Terra e assoggettarsi al modo di vivere all'esterno di un mondo, da tempo dimenticato e ora forse ripugnante. Su un mondo «esterno» il sistema di riciclaggio sarebbe così esteso da non poter essere controllato, il clima produrrebbe una serie di disagi per i suoi capricci, e la vita selvaggia non selezionata rappresenterebbe un disturbo.

Se ad una certa distanza dalla stella - sufficiente per avere tante materie ghiacciate quanto metalli e roccia, una cintura di asteroidi sarebbe l'ideale - ci fossero dei piccoli mondi, potrebbe essere l'ora di costruire da zero una nuova colonia spaziale, abbandonando la vecchia che, nonostante tutti i restauri, potrebbe ormai essere conciata male. (Sarebbe anche un'occasione per introdurre, dallo scafo alle strutture, nuove forme e progressi tecnologici.)

Potrebbe anche esserci la tentazione fortissima di fermarsi un po', per costruire una colonia dopo l'altra nella nuova cintura d'asteroidi.

I vantaggi sono ovvi. Per tutti i lunghi anni che il mondo libero ha vagato nello spazio, deve aver mantenuto un rigido controllo demografico. Adesso la popolazione avrebbe la possibilità di espandersi liberamente.

Inoltre, benché molto più grande di come immaginiamo di solito una nave spaziale, il mondo libero sarebbe abbastanza piccolo da dover imporre, per tutti questi lunghi anni, una certa uniformità di cultura e modo di vivere. La costruzione su un periodo di secoli di numerosi insediamenti spaziali nella cintura di asteroidi permetterebbe lo stabilirsi di culture molto diverse.

E naturalmente le nuove colonie spaziali finirebbero per spostarsi altrove come una nuova generazione di mondi liberi.

Potremmo quasi immaginare due forme alternative di civiltà: una di mondi liberi erranti per lo spazio, caratterizzata dal controllo della popolazione, l'altra di colonie spaziali stabili, attorno a una stella, caratterizzata dall'espansione della popolazione.

Ogni mondo libero errante per lo spazio finisce per perdere ogni contatto con la casa madre, le colonie spaziali, gli altri mondi liberi. Diventa una cultura solitaria e autosufficiente che sviluppa una propria letteratura, forme d'arte, di filosofia, di scienza, usi e costumi autonomi. Ed è probabile che nessun mondo libero riproduca esattamente la cultura di un altro. Ogni colonia di un nuovo sistema solare, ogni colonia che finisse per uscirne, produrrebbe una nuova esplosione di differenze.

Tali varianti culturali potrebbero rappresentare un'infinita ricchezza per l'umanità intera, di cui si potrebbe avere solo un debole accenno se si fosse confinati per sempre nel sistema solare.

Quando le orbite di due mondi liberi si intersecassero, le diverse culture avrebbero la possibilità di interagire.

Potremmo immaginare che ciascuno verrebbe individuato dall'altro a grande distanza, e il periodo dell'avvicinamento provocherebbe su entram-

bi una grande eccitazione. L'incontro implicherebbe senza dubbio un rituale di incomparabile importanza; non si sfrecerebbero accanto gridandosi saluti.[56]

Ciascuno avrebbe la propria documentazione, che ora potrebbe mettere a disposizione dell'altro. Ci sarebbe la descrizione dei settori di spazio visitati da un mondo ma sconosciuti all'altro. Si esporrebbero nuove teorie scientifiche e interpretazioni originali delle vecchie. Verrebbero discusse filosofie e modi di vivere diversi. Si scambierebbero letteratura, opere d'arte, manufatti e tecnologie.

Ci sarebbe anche la possibilità di un incrocio di geni. Uno scambio di popolazione (temporaneo o permanente) potrebbe essere il risultato più importante di ogni incontro del genere. Potrebbe rinvigorire biologicamente entrambi i popoli.

Certo, nel corso della lunga separazione potrebbero essere avvenute abbastanza mutazioni da rendere i due popoli infecondi. Si sarebbero evoluti in specie separate; ma anche in questo caso una fecondazione incrociata intellettuale potrebbe essere possibile (sempre che si superi l'inevitabile problema della lingua; anche se due mondi liberi fossero partiti dalla stessa lingua, potrebbero averla sviluppata in dialetti diversi.)

In questo modo l'umanità non sarebbe più una creatura della Terra o del sistema solare; apparterrebbe a tutto l'universo, e si lancerebbe in fuori, sempre in fuori, formando una varietà di specie imparentate, fino a quando l'universo, con incredibile lentezza, arriverà alla fine e, per un motivo o per un altro, non potrà più mantenere la vita da nessuna parte.

Ma, e le intelligenze extraterrestri? Ammesso che non dispongano di tecnologie da sogno che per il momento non possiamo neppure immaginare, è probabile che anch'esse abbiano imboccato la strada che vede nei mondi liberi una possibilità (forse l'unica) di mandare organismi viventi nello spazio interstellare.

Mondi liberi possono essere sorti da migliaia di pianeti diversi e forse alcuni girano per lo spazio, dentro e fuori la cintura di asteroidi di questa o quella stella, da miliardi di anni.

Può darsi che se delle civiltà extraterrestri sono venute a trovarci, lo abbiano fatto nella forma di mondi liberi. E in questo caso può darsi che non abbiano visitato la Terra, che potrebbe non interessarli molto, ma la

56 Si può pensare che certi mondi liberi possano essere isolazionisti, timorosi o sospettasi di altri mondi liberi, e che nel caso di un avvicinamento scelgano di cambiare direzione. Ma non sarebbe certamente frequente. Sono ottimista sulla curiosità delle creature intelligenti

nostra cintura di asteroidi.

Forse, quando le nostre colonie spaziali arriveranno alla cintura di asteroidi la scopriranno già occupata, oppure troveranno le tracce di mondi liberi presenti lì nel passato e partiti da tempo.[57]

Può anche darsi che i mondi liberi evitino per principio le stelle che hanno pianeti abitabili. Dopo tutto, per quello che interessa a un mondo del genere va bene quasi qualunque stella. Se è una gigante di vita breve, il mondo libero può starle abbastanza lontano per evitare le radiazioni, e per costruire nuove navi stellari dalla materia planetaria che riesce a trovare a questa distanza non gli ci vorranno probabilmente più di uno o due secoli. Anche la stella dalla vita più breve dura molte volte questo periodo. Se invece - come è molto più probabile - si trattasse di una stella piccola e fredda, bene, il mondo libero non avrebbe bisogno di lei per l'energia, ma solo per i corpi planetari che le girano attorno.

Se molte civiltà adottano questa tecnica, è più che possibile che qualche mondo libero umano, scendendo verso qualche sistema planetario, lo trovi già occupato da altri mondi liberi non umani.

Come è possibilissimo che due mondi liberi che passano nello spazio risultino abitati da popoli di due civiltà del tutto diverse. Un interscambio genetico sarebbe fuori discussione, naturalmente, ma la fecondazione incrociata intellettuale, se si riuscisse a superare la barriera della comunicazione, potrebbe essere incredibilmente ricca per entrambi.

Da quel momento della storia non si potrà non convincersi che è la natura della mente a rendere gli individui una famiglia, mentre le differenze di aspetto forma e modi sono del tutto insignificanti.

Può darsi che quando i mondi liberi umani cominceranno a muoversi verso l'esterno, si scopriranno parte di una vasta fratellanza d'intelligenze, dell'insieme di innumerevoli strade per le quali l'universo si è evoluto per divenire capace di capire se stesso.

E può darsi che insieme l'umanità e tutte le altre civiltà extraterrestri possano avanzare di più e più in fretta in quanto potrebbe fare ognuna da sola. Se c'è qualche possibilità di vincere quelle che oggi vediamo come leggi di natura, e di piegare l'universo al volere delle intelligenze che ha generato, le maggiori possibilità di successo staranno nell'unione degli

57 Con una immaginazione più fantastica si potrebbe anche ipotizzare che tra le orbite di Marte e di Giove girasse un pianeta vero e proprio, e che in un lungo periodo di tempo un mondo libero lo abbia smantellato per costruire un gran numero di colonie spaziali. La cintura di asteroidi sarebbe quello che hanno lasciato.

sforzi.

XIII
Messaggi

Trasmissione

Abbiamo concluso che nella Galassia possono benissimo esserci più di 500 000 civiltà, ma che l'unica possibilità che qualcuna emerga dal proprio sistema planetario passa attraverso l'uso di sonde interstellari o la forma di mondi liberi.

Nessuno dei due tipi di esplorazione richiede niente di necessario. La grande maggioranza o, perché no, la totalità delle civiltà possono semplicemente restare nei loro sistemi planetari. Le sonde interstellari che vengono lanciate possono non essere incaricate di posarsi su pianeti abitabili, ma soltanto di compiere osservazioni e stendere rapporti dallo spazio. I mondi liberi che passassero dalle nostre parti potrebbero essere più interessati a materiali ed energia per continuare il viaggio che a coinvolgersi con una civiltà stanziale.

È un modo per razionalizzare l'apparente paradosso per cui pur potendo essere la Galassia ricca di civiltà, non sappiamo ancora nulla di esse.

Ma in questo caso cosa dovremmo fare?

La risposta più semplice, e che implica il minimo problema, è non fare proprio nulla. Se le civiltà extraterrestri non possono o non vogliono venire da noi, potremmo badare ai fatti nostri e basta. Non manchiamo certo di problemi che ci tengano occupati.

La seconda possibilità è quella di mandare qualche sorta di messaggio per stabilire un contatto. Anche se una civiltà extraterrestre non è in grado di raggiungerci, o noi non siamo in grado di raggiungere loro, forse possiamo stabilire una comunicazione attraverso lo spazio; anche col semplice messaggio: «Noi siamo qui. Ci siete?».

È un impulso così normale che anche nel XIX secolo, quando si parlava ancora di vita su altri mondi del sistema solare, e si dava quasi per scontato che ci fosse una civiltà anche sulla Luna, furono proposti dei metodi di comunicazione.

Il matematico tedesco Karl Friedrich Gauss (1777-1855) propose di creare sentieri nelle foreste nella steppa dell'Asia centrale, in modo da formare un gigantesco triangolo rettangolo con dei quadrati costruiti su ogni

lato. Poi, all'interno del triangolo e dei quadrati, si sarebbe piantato del grano, per tinteggiare uniformemente le superfici. Una civiltà lunare o marziana ad esempio, studiando attentamente la superficie terrestre, avrebbe potuto vedere questa chiara esposizione del teorema di Pitagora, e concludere che sulla Terra c'era intelligenza.

L'astronomo austriaco Joseph Johann von Littrow (1781-1840) propose invece di scavare dei canali, far galleggiare sull'acqua del cherosene, e dargli fuoco di notte. Anche in questo caso sarebbero stati visti da altri mondi dei simboli matematici.

L'inventore francese Charles Cros (1842-1888) suggerì qualcosa di più elastico - un grande specchio capace di riflettere la luce verso Marte. Si sarebbe potuto usarlo in modo da lanciare l'equivalente del codice Morse, e in questo modo si sarebbero potuti mandare veri e propri messaggi. (Anche se, naturalmente, non sarebbero stati interpretati). L'interesse a stabilire una comunicazione con delle civiltà extraterrestri crebbe al punto che nel 1900, a Parigi, venne offerto un premio di centomila franchi alla prima persona che affrontasse con successo il compito. La comunicazione con Marte non valeva, però. Troppo facile per quella cifra, si pensava.

Tutte le proposte del XIX secolo sono naturalmente inutili, perché sulla Luna, Venere o Marte non ci sono esseri intelligenti, ed è dubbio che le semplici tecniche suggerite possano giungere oltre, ammesso che arrivino fin là. Tanto più che nel XIX secolo, con notevole ironia - abbiamo lanciato messaggi anche più spettacolari senza nessuno speciale sforzo da parte nostra.

L'invenzione della luce elettrica e la crescente illuminazione delle nostre città e strade ha reso sempre più luminose le notti terrestri, almeno sulle superfici emerse industrializzate e urbanizzate. Gli astronomi marziani che si sforzassero di interpretare la luce sempre più intensa proveniente dalla faccia buia della Terra giungerebbero inevitabilmente alla conclusione dell'esistenza di una civiltà terrestre... se su Marte ci fossero astronomi.

Le proposte del XIX secolo implicavano l'uso della luce perché era la radiazione più facilmente manipolabile allora conosciuta per attraversare il vuoto dello spazio. Ma sul volgere del secolo furono scoperte e utilizzate le onde radio (simili a quelle della luce, ma un milione di volte più lunghe). Già nel 1900 l'inventore jugoslavo-americano Nikola Tesla (1856-1943) propose di usare le onde radio per inviare messaggi ad altri mondi.

Non venne fatto nessun tentativo deliberato del genere, ma non ce n'era bisogno. Col passare dei decenni gli uomini produssero onde radio con

intensità sempre crescente. Quelle che potevano penetrarono gli strati superiori dell'atmosfera terrestre; il risultato è una sfera di onde radio che dalla Terra si dilata in ogni direzione.

Gli astronomi marziani, se si accorgessero di questa radiazione e notassero che diventa sempre più forte, non potrebbero non concludere che sulla Terra c'è una civiltà.

Ma con la seconda metà del XX secolo fu chiaro che nel sistema solare non c'erano civiltà, e che se dovevamo mandare messaggi dovevamo inviarli alle stelle.

Questo creava enormi complicazioni. Nel sistema solare almeno si capisce dove dirigere i nostri messaggi: a Marte, a Venere e così via. Mentre è impossibile dire quale stella sarebbe più opportuno prendere di mira.

Inoltre, perché le radiazioni dirette alle stelle mantengano un'intensità sufficiente, malgrado l'inevitabile dispersione sugli anni luce, per essere raccolte anche alla distanza della stella più vicina, devono avere molta energia.

Come ho già detto, noi mandiamo onde radio alle stelle senza volerlo. Le onde radio che hanno attraversato gli strati superiori della nostra atmosfera, si sono ormai espanse in una grande palla di decine di anni luce di diametro. Le frange più esterne sono già passate da molte stelle, e anche se la loro intensità è minima, è ragionevole pensare che potrebbero essere captate.

Ma segnali così deboli potrebbero non apparire, agli occhi di lontani astronomi, come la prova incontrovertibile dell'esistenza di una civiltà da qualche parte nei dintorni del nostro Sole. E anche se gli astronomi arrivassero a concludere che una civiltà debba esistere, sarebbe impossibile scomporre la complessa miscela dei segnali e trovarvi dei sensi.

Si potrebbero emettere appositamente delle radiazioni, caricandole di molte informazioni e imprimendo loro abbastanza forza da rimuovere ogni dubbio anche se il loro contenuto non potesse essere interpretato.

Il problema è che per il momento non disponiamo dell'energia per irradiare messaggi nello spazio, tanto più che non abbiamo la sicurezza di nessun obiettivo specifico, e non possiamo onestamente sperare in una risposta se non, nel migliore dei casi, dopo molti anni.

Non possiamo fare qualcosa che costi meno in termini di energia?

Potremmo mandare un messaggio materiale, qualcosa che possiamo lanciare ad arbitrio nello spazio senza spendere niente o quasi. Certo, un messaggio materiale sarebbe più difficile da dirigere di un raggio, e per

raggiungere una qualche meta specifica ci metterebbe molte migliaia di volte più tempo, ma almeno sarebbe nelle nostre attuali possibilità.

Il fatto è che un messaggio l'*abbiamo* mandato.

Il 3 marzo 1972 fu lanciata la sonda gioviana *Pioneer 10.* Passò da Giove nel dicembre 1973 - l'avvicinamento massimo è del 3 dicembre - con ottimi risultati: rimandò sulla Terra fotografie e altri dati che accrebbero enormemente la nostra conoscenza del pianeta gigante.

Se tutto fosse finito lì, se dopo aver passato Giove *Pioneer 10* si fosse dissolto, fosse esploso, o avesse semplicemente smesso di funzionare, avrebbe già ripagato il tempo, lo sforzo e il denaro speso in esso. Qualsiasi cosa potesse fare oltre la missione gioviana era, in un certo senso, tanto di guadagnato. Quindi dargli da portare in più un messaggio non costava praticamente niente.

Pioneer 10 portò un messaggio, che venne aggiunto all'ultimo minuto come una vera e propria bravata.

Si tratta di una piastra d'alluminio anodizzato in oro, 6x9 pollici (15,24x22,96 cm.), attaccata ai montanti del supporto dell'antenna.

Vennero incise sulla piastra le informazioni decise dagli astronomi americani Carl Sagan e Frank Donald Drake (1930). La maggior parte di esse risulterebbero assolutamente incomprensibili a chiunque, eccettuati pochissimi esseri umani. Comprendono particolari sull'atomo di idrogeno espressi in numeri binari, localizzano la Terra rispetto ai vicini pulsar,[58] dando i periodi dei pulsar in numeri binari. Poiché i pulsar si trovano in un dato punto solo in dati momenti, e poiché la loro rotazione rallenta e quindi avremmo il ritmo dato solo per un certo periodo di tempo, l'informazione dice dove esattamente si è trovata la Terra in rapporto al resto della Galassia a un dato momento della storia cosmica.

La piastra riporta anche un piccolo schema dei pianeti del sistema solare e indica lo stesso *Pioneer 10* e la sua traiettoria attraverso il sistema solare.

Ma l'elemento più notevole del messaggio è una rappresentazione schematica di *Pioneer 10* e, di fronte e in scala, di un uomo e una donna nudi (disegnati da Linda Salzman Sagan, moglie di Carl). Il braccio dell'uomo è alzato in quello che, si spera, sarà interpretato come un gesto di pace.

Se una specie intelligente captasse il messaggio, lo capirebbe? Essendo quasi certo (per quanto si può esserlo) che verrebbe captato solo da qualche nave spaziale o mondo libero, si può supporre che la specie avrà svi-

58 Vedi oltre, a pag 264.

luppato una tecnologia munita di concetti scientifici avanzati. Quindi dovrebbe cogliere il significato dei simboli puramente scientifici. Sagan fa notare che potrebbe essere invece il disegno dell'essere umano a farle perdere la testa, perché la specie potrebbe non avere mai incontrato nessuna forma di vita che gli assomigli. Forse non interpreterebbe neppure quei segni come la raffigurazione di una forma di vita.

Gli extraterrestri avrebbero anche lo stesso *Pioneer 10* da studiare, e in un certo senso potrebbe dir loro della Terra e dei suoi abitanti più della piastra.

Ma dove sta portando questa piastra *Pioneer 10*? Dopo essere sfrecciato attorno a Giove acquisendo energia dal grande campo gravitazionale del pianeta, nel 1984 oltrepasserà Plutone, a una velocità di 11 chilometri al secondo. Una velocità sufficiente per allontanarsi all'infinito dal Sole e vagare per miliardi di anni, a meno di non scontrarsi con un oggetto abbastanza grande da distruggerlo.

Gli ci vorranno circa 80 000 anni per allontanarsi da noi di una distanza pari a quella di Alpha Centauri. Ma per allora non si troverà comunque dalle parti di Alpha Centauri perché non sta andando in quella direzione.

Dopo tutto, *Pioneer 10* non è stato puntato su qualche stella particolare. È stato puntato verso Giove, in modo da fornirci il massimo d'informazioni su questo pianeta, e qualunque direzione abbia preso dopo aver abbandonato il sistema solare, be', è quella.

E la traiettoria di *Pioneer 10* non lo porterà abbastanza vicino da entrare nel sistema planetario di nessuna stella visibile per almeno 10 miliardi di anni. Naturalmente nel suo lungo viaggio potrebbe sfiorare prima o poi per puro caso un mondo libero. Ma anche questa eventualità è quasi nulla, e nessuno si aspetta seriamente che *Pioneer 10* arriverà mai nel raggio di qualche specie intelligente.

In questo caso, perché avremmo dovuto prenderci questo disturbo?

Prima di tutto è stato un disturbo davvero piccolo. E secondariamente prima o poi un nostro messaggio potrebbe pure essere raccolto, e anche se chi lo raccoglierà sarà troppo lontano per poterlo utilizzare, o se verrà raccolto quando l'umanità sarà da tempo estinta, avremo comunque lasciato qualche segno nell'universo.

Ci saremo lasciati dietro la prova che sul nostro piccolo mondo c'era una volta una specie intelligente, che fu - in grado di mettere insieme abbastanza capacità da scagliare un oggetto fuori del sistema solare. C'è di che esserne orgogliosi!

E poi possiamo moltiplicare le nostre possibilità di successo lanciando più d'un messaggio. Una piastra identica è stata collocata su *Pioneer 11* che finirà per lasciare il sistema solare su una rotta diversa da quella di *Pioneer 10.*

E nel 1977 sono state lanciate delle sonde contenenti tra l'altro numerose fotografie rappresentanti gli aspetti più vari della vita terrestre, insieme alla registrazione di una vastissima varietà di suoni prodotti sulla Terra.

Ricezione

Ovviamente passerà qualche tempo prima che si possa essere in grado di lanciare messaggi che siano qualcosa di più di passivi disegni indirizzati praticamente alla cieca.

Inoltre l'idea in se stessa di lanciare messaggi suscita qualche opposizione, il cui nocciolo sta nella domanda: «perché attirare l'attenzione?».

Supponiamo di annunciare la nostra presenza. Non staremmo puramente e semplicemente invitando civiltà più avanzate della nostra, finora ignare della nostra esistenza, a dirigersi a piena velocità verso di noi, per conquistare il nostro mondo, ridurci in schiavitù, o addirittura distruggerci?

Ma un'eventualità del genere mi sembra molto difficile. Ho già spiegato perché giudico molto probabile che le civiltà progredite oltre il nostro livello tecnologico siano pacifiche. E anche se non lo sono è molto facile che siano confinate ognuna nel proprio sistema planetario. Nel caso molto improbabile di una civiltà bellicosa e nello stesso tempo vagante liberamente per lo spazio, è facile che abbia esaminato tutte le stelle e sappia della nostra presenza. Infine, anche se per uno strano caso le fossimo sfuggiti, ci siamo già traditi con le nostre emissioni radio.

Per tutte queste ragioni, che si segnali o no, non fa differenza: eppure è difficile rispondere agli irragionevoli timori di chi assume la peggiore combinazione di possibilità. Supponiamo che ci *siano* civiltà maligne e bellicose come le peggiori della nostra, che *siano* in grado di spostarsi a piacimento nello spazio, che *stiano* cercando nuove prede e, finora, non sapessero della nostra esistenza. Dovremmo evitare di farci vedere? Restare assolutamente in silenzio?

Ma ammettendo quest'ipotesi, non dovremmo, pur evitando di farci vedere, cercare di scoprire il più possibile, per la nostra propria salvezza, su questi ipotetici mostri? Non dovremmo voler sapere dov'è il pericolo,

quanto potrebbe essere grave, qual è il modo migliore per difenderci o, se è impossibile, nasconderci?

In altre parole, cessando ogni sforzo per inviare messaggi (cosa che comunque non abbiamo la possibilità di fare) non dovremmo fare ogni sforzo per *riceverne!* Dopotutto, se riceviamo un messaggio, lo decifriamo e decidiamo che non ci piace, non siamo obbligati a rispondere.

Ma se scoprissimo un segnale, sapremmo riconoscerlo come tale? Cosa dovremmo cercare?

Potremmo fare gli ottimisti e dire che anche se non possiamo prevedere come sarebbero i segnali, se ce ne fossero li riconosceremmo. La scoperta di quella che sembrava una rete di canali su Marte fu un'assoluta sorpresa, eppure venne subito presa come il segno di un'alta civiltà.

Ma ormai sappiamo che se arriveranno segnali di vita da qualche parte, dovrà essere dai sistemi planetari di altre stelle (o forse anche da sonde automatiche o mondi liberi nello spazio interstellare). È probabile che qualunque segnale ricevessimo, arriverebbe da molti anni luce di distanza; il problema è se è ragionevole supporre che sia possibile lanciare segnali con abbastanza energia da farsi sentire a simili distanze.

Forse non dovremmo giudicare ogni civiltà col metro della nostra. Quello che a noi sembra un alto grado di energia potrebbe non sembrarlo affatto a civiltà più avanzate. Nel 1964 l'astronomo sovietico N.S. Kardasev suggerì che potessero esistere tre livelli di civiltà. Il Livello I è simile alla Terra, e può disporre delle intensità d'energia sprigionate da combustibili fossili. Il Livello II sarebbe capace di intercettare tutta l'energia della sua stella, venendo a disporre perciò di intensità d'energia un centinaio di migliaia di miliardi superiori a quelle de! Livello I. Il Livello III sarebbe in grado di intercettare tutta l'energia della galassia di cui fa parte, ottenendo intensità d'energia un centinaio di miliardi di volte superiore a quelle del Livello II.

Un segnale proveniente da una civiltà di Livello II potrebbe facilmente avere un contenuto d'energia sufficiente a renderlo rilevabile in ogni punto della sua galassia. Un segnale proveniente da una civiltà di Livello III potrebbe facilmente avere un contenuto d'energia sufficiente a renderlo rilevabile ovunque nell'universo.

Potremmo chiudere subito questo discorso dicendo che non captiamo segnali da nessuna parte; ma in primo luogo non siamo realmente in ascolto. Secondariamente, anche se i segnali si imponessero alle nostre coscienze, li riconosceremmo come tali?

Nel 1963, per esempio, l'astronomo olandese-americano Maarten Schmidt (1929) scoprì i quasar, oggetti straordinariamente luminosi e distanti, che mostrano irregolari variazioni di luminosità. Nel 1968 l'astronomo britannico Anthony Hewish (1924) annunciò la scoperta dei pulsar, che emettono regolari impulsi radio a intervalli molto brevi, ma che si allungano con estrema lentezza. A partire dal 1971 certe intense forme di raggi X, che variavano irregolarmente d'intensità furono ascritte all'esistenza dei buchi neri.

Questi oggetti non potrebbero essere fari di segnalazione di civiltà del Livello II e III? Certo, nel caso dei quasar e dei buchi neri le variazioni d'intensità sembrano del tutto irregolari, in quello dei pulsar del tutto regolari, e nessuno dei due sembra trasmettere il tipo d'informazione che denuncerebbe un'origine intelligente, ma forse è soltanto il frutto della nostra inadeguata capacità di comprensione.

Forse! Ma dalla posizione cauta di questo libro è un forse molto improbabile. Possiamo solo dire che finora non ci sono nell'universo fenomeni su larga scala - che implichino il genere di emissione d'energia caratteristico per intensità di stelle o galassie - che denuncino un qualunque contenuto di informazione dj origine intelligente. Finché non avremo questa prova, la nostra ipotesi va scartata.

Naturalmente, non è detto che un segnale debba essere un raggio emesso apposta; potrebbe essere una conseguenza del tutto involontaria dell'attività di una civiltà. Noi illuminiamo le nostre città e strade solo a beneficio e per la sicurezza degli esseri umani, eppure è un segnale per una civiltà extraterrestre abbastanza attenta e vicina da notarlo.

Se i canali marziani esistessero davvero, sarebbe solo per fornire alla civiltà marziana l'acqua di cui ha assoluto bisogno per l'irrigazione, ma la loro esistenza sarebbe per noi un segnale.

Allo stesso modo una civiltà più avanzata potrebbe fare qualcosa di abbastanza ciclopico da farsi notare a distanze interstellari.

Freeman J. Dyson ha ipotizzato che se gli esseri umani cominciassero a sfruttare ed esplorare lo spazio, potrebbero desiderare di moltiplicarsi fino al massimo consentito dell'energia solare. Ora la Terra blocca solo una minima frazione della luce del Sole, e quasi tutta l'energia delle sue radiazioni scivola oltre i corpi freddi del sistema solare per sfrecciare nel e attraverso lo spazio interstellare. Gli esseri umani potrebbero quindi arrivare a smantellare i vari corpi esterni del sistema solare per formare un gruppo di mondi liberi e disporli a conchiglia sferica attorno al Sole all'altezza del

bordo interno della cintura di asteroidi.

Tutta l'energia del Sole verrebbe assorbita e utilizzata dall'uno o dall'altro mondo libero. E naturalmente sarebbe reimmessa nello spazio dal lato oscuro di ognuno di essi, ma solo come raggi infrarossi. Da un'altra stella sembrerebbe un cambiamento di carattere dei raggi solari, dato che da una maggioranza di luce visibile si passa a una quasi totalità d'infrarossi. Il cambiamento prenderebbe forse un paio di secoli, meno di un istante su scala astronomica.

Se dalla nostra Terra vedessimo qualche stella - che stando alle nostre testimonianze brilla in modo stabile - iniziare improvvisamente a perdere luminosità e, in un istante, spegnersi, potremmo essere ragionevolmente sicuri di aver visto al lavoro l'intelligenza.

Be', forse, ma finora non abbiamo mai visto niente del genere.

Dobbiamo perciò concludere che: 1. siamo irreparabilmente incapaci di individuare dei segnali e potremmo benissimo non prendercene il disturbo; 2. nessuno emette alcun segnale e quindi potremmo disinteressarcene; 3. vengono lanciati dei segnali, ma il loro contenuto d'energia è ben lontano dall'essere sovrumano, ed essi stessi sono il frutto di una attività civile per niente sovrumana, e per individuarli dovremo fare un notevole sforzo.

È chiaro che non possiamo accettare la prima o la seconda conclusione prima di aver sottoposto a una onesta prova la terza.

Prendiamo dei segnali a bassa energia - ma abbastanza alta da essere rilevati - e vediamo che forma potrebbero avere.

Dovrebbero consistere in qualche fenomeno capace di attraversare le vaste estensioni dello spazio, e questi fenomeni si dividono in tre classi: 1. oggetti grandi come piastre, sonde e mondi liberi, 2. particelle subatomiche con massa, 3. particelle subatomiche senza massa.

Possiamo scartare subito gli oggetti grandi. Si muovono lentamente e sono estremamente inefficienti come portatori di informazione.

Le particelle subatomiche con massa possono essere divise in due sottoclassi, quelle senza carica elettrica e quelle con carica elettrica. Le particelle subatomiche con massa ma senza carica elettrica si muovono in genere lentamente, e quindi possiamo scartarle.

Le particelle subatomiche con massa e carica elettrica *possono* muoversi velocemente perché vengono accelerate dai campi elettromagnetici associati alle stelle e alle galassie globalmente considerate. Quindi nell'attraversare gli spazi interstellari e intergalattici arrivano molto vicino alla velocità della luce e, di conseguenza, sviluppano enormi energie.

Queste particelle subatomiche si trovano in effetti ovunque, e bombardano la Terra in continuazione e all'infinito. Sono dette raggi cosmici.

Ma c'è un problema: il fatto che queste particelle vengano accelerate dai campi elettromagnetici significa che subiscono una attrazione o una repulsione, e in entrambi i casi la loro traiettoria si curva. Più le particelle guadagnano energia, più le curve sono lievi, ma su grandi distanze anche la più lieve è importante. E, soprattutto, poiché le particelle con più energia curvano meno di quelle con minor energia, un raggio di particelle si disperde sempre di più.

I raggi cosmici ci bombardano da tutte le parti, ma i loro precedenti incontri coi campi elettromagnetici ci impediscono di dedurre dalla direzione del loro arrivo la loro provenienza. Non possiamo dire neppure se un gruppo che arriva assieme sia anche partito assieme. Perché un segnale abbia qualche utilità, deve arrivare in linea retta, non deve disperdersi né deviare; e questo elimina tutte le particelle subatomiche con massa.

Non ci rimangono che le particelle subatomiche senza massa, e di queste conosciamo solo tre classi generali:[59] neutrini, gravitoni e fotoni.

Essendo senza massa, tutte queste particelle viaggiano alla velocità della luce, non possono esserci messaggeri più veloci. È un punto a loro favore.

Inoltre, le particelle senza massa non hanno carica elettrica, e quindi i campi elettromagnetici non le influenzano. Le influenzano invece i campi gravitazionali, ma in misura rilevabile solo nelle regioni dove sono molto intensi. E anche in questo caso i raggi curverebbero all'unisono senza disperdersi. Poiché l'intensità del campo gravitazionale nello spazio è quasi ovunque trascurabile, le particelle senza massa ci arrivano tutte in linea sostanzialmente retta, e sostanzialmente senza disperdersi né deviare, anche quando partono da miliardi di anni luce di distanza. È un secondo punto a loro favore.

Nel caso dei neutrini, però, la ricezione è molto difficile, perché i neutrini interagiscono difficilmente con la materia. Un fascio di neutrini potrebbe passare attraverso molti anni luce di solido piombo, e verrebbe assorbita solo una piccola parte.

Certo, una *piccolissima* parte può essere assorbita anche da frammenti relativamente piccoli di materia, e si possono produrre molto facilmente così tanti neutrini che una minima quantità sarebbe sufficiente a portare un

59 Se anche ce ne fossero altre che non conosciamo, non rileveremmo comunque i loro eventuali messaggi.

messaggio.

Ma il tipo di reazioni nucleari che avvengono all'interno delle stelle genera neutrini. In una stella simile al Sole se ne producono in questo modo grandi quantità.[60] È difficile che una civiltà possa emettere più di un'insignificante frazione dei neutrini che produce la sua stella, quindi c'è il pericolo che qualunque messaggio lanci venga travolto dal volume molto superiore di neutrini emessi dalla stella. (È probabilmente una regola generale che il mezzo usato per trasmettere un messaggio debba potersi distinguere facilmente dallo sfondo. Non si può bisbigliare un messaggio in una stanza in cui avvengono lavorazioni rumorose.)

Ma forse una via d'uscita c'è. Mentre le reazioni di fusione che coinvolgono i nuclei d'idrogeno al centro delle stelle producono neutrini, le reazioni di fissione che disintegrano i nuclei massicci come quelli di uranio e torio producono particelle parenti dette anti-neutrini.

Anche gli anti-neutrini non hanno massa né carica, ma sono, per così dire, immagini speculari dei neutrini. Gli anti-neutrini, quando vengono assorbiti dalla materia, danno risultati diversi dai neutrini, e se una civiltà avesse l'accortezza di usare come messaggero un fascio di anti-neutrini potrebbe essere letto anche alla presenza di un grande flusso di neutrini.

Ma la difficoltà di intercettare queste particelle è tale che nessuna civiltà userebbe questo metodo se appena avesse qualcosa di meglio.

I gravitoni, le particelle del campo gravitazionale, non sono certo meglio. Un gravitone porta una quantità d'energia così minima che è ancora più difficile da intercettare di un neutrino. E, soprattutto, è molto più difficile da ottenere. Per produrre una radiazione gravitazionale anche appena appena rilevabile, usando la tecnologia di cui disponiamo oggi, ci vogliono masse enormi da accelerare - per rotazione, rivoluzione, pulsazione, collasso, eccetera - secondo una struttura che possa servire da codice. Si può fan-tasticare di una civiltà così avanzata da riuscire a far pulsare in alfabeto Morse una stella gigante, ma anche una civiltà così avanzata non inizierebbe un'impresa del genere se avesse qualcosa di più semplice.

E ci rimane l'ultima categoria dei sistemi di comunicazione, i fotoni.

---

60 A differenza di qualche anno fa, adesso non sono del tutto sicuro di questa affermazione. Negli ultimissimi anni si è cercato di rilevare i neutrini prodotti dal Sole, e ne sono stati rilevati molto meno di quanto si sarebbe dovuto. Gli astronomi non sono ancora arrivati a concludere cosa questo possa significare.

Fotoni

Tutte le radiazioni elettromagnetiche sono composte di fotoni; questi ricorrono in un'ampia gamma di energie,[61] da quelli estremamente energetici dei raggi gamma a onde cortissime, a quelli estremamente non energetici delle onde radio lunghissime. Se prendiamo una qualunque banda di radiazioni in cui l'energia raddoppia passando da un margine della banda all'altro (o la lunghezza d'onda raddoppia nella direzione opposta), abbiamo un'ottava. I raggi elettromagnetici sono compresi, in tutta la loro ampiezza, in linea di ottave, e la luce visibile occupa una posizione più o meno a metà strada.

Ogni oggetto che non abbia una temperatura pari allo zero assoluto emette fotoni su un'ampia gamma di energie. Relativamente pochi agli estremi della gamma e il massimo verso il centro. L'apice rappresenta fotoni di una certa energia, e con energia sempre maggiore con rallentare della temperatura.

Nel caso di oggetti molto freddi, vicini allo zero assoluto, la radiazione massima è molto spostata nella regione delle onde radiò. Nel caso di oggetti a temperatura ambiente, come noi ad esempio, è situata negli infrarossi a onde lunghe. Nel caso delle stelle fredde sono negli infrarossi a onde corte, anche se vengono emessi abbastanza fotoni di luce visibile da dare alle stelle un colore rosso. Nel caso di stelle simili al Sole l'apice è nella regione della luce visibile, in quello di stelle molto calde, negli ultravioletti, anche se vengono emessi abbastanza fotoni di luce visibile da farle apparire bianco-azzurre.

La maggior parte della gamma delle radiazioni elettromagnetiche non può penetrare la nostra atmosfera, ma la luce visibile sì, e la maggior parte degli organismi hanno evoluto organi sensori capaci di reagire a questi fotoni. In parole povere, vediamo.

Sulla Terra fruiamo dell'aiuto degli altri sensi, ma per quanto riguarda gli oggetti fuori della nostra atmosfera le uniche informazioni che ne abbiamo mai ricevute (fino a pochissimo tempo fa) ci sono arrivate dagli oggetti stessi attraverso fotoni di luce visibile.

È naturale, quindi, pensare a segnali dallo spazio esterno in termini di luce visibile. Noi *vediamo* i «canali» di Marte, e gli extraterrestri che guardassero la Terra *vedrebbero* i segni che noi potremmo deliberatamente

61 O lunghezze d'onda. Più l'onda è lunga, più l'energia è bassa; più l'onda è corta, più l'energia è alta.

tracciare sulla superficie del pianeta, o la nostra illuminazione notturna.

I segnali di luce rappresentano un grande passo avanti su quelli di neutrini o gravitoni. La luce si produce e si riceve facilmente. Si può immaginare una civiltà che emetta un raggio di luce di intensità eccezionale, e con un'intermittenza che lo faccia subito riconoscere come un prodotto dell'intelligenza. Se rappresentiamo ad esempio ogni colpo di luce con: *, potremmo ricevere in continuazione: ** - *** - ***** - ******* - ********** - ********** - **********. Riconosceremmo subito i primi membri della serie dei numeri primi, e non potremmo dubitare un istante di avere a che fare con un segnale di origine intelligente.

Ma ci sono dei problemi. Un raggio di luce abbastanza intenso da risultare visibile a distanze interstellari richiederebbe grandi energie, e comunque verrebbe completamente soffocato dalla luce della stella attorno a cui il pianeta gira.

Una civiltà di Livello II potrebbe sapere come far brillare e oscurare la stessa stella alla maniera di un segnale di indubbia origine intelligente, e una civiltà di Livello III potrebbe far brillare e oscurare un intero gruppo di stelle. Ma è pura speculazione. Non si è mai visto niente del genere, e poi non sarebbe necessario ricorrere a un marchingegno di segnalazione così maestoso, se possiamo trovare qualcosa di più semplice.

Se per esempio il segnale fosse un genere di luce che non si produce in natura? Quest'ipotesi sarebbe parsa sciocca prima del 1960, ma quell'anno il fisico americano Theodore Harold Maiman (1927) sviluppò il laser, che nel giro di un anno fu proposto come possibile portatore di messaggi interstellari.

Ogni luce prodotta in modo normale è «incoerente». Ricorre in un'ampia banda di energie-fotoni, e i diversi fotoni prendono in genere strade diverse. Per quanto cerchiamo di concentrarlo, un raggio di luce del genere si disperde in fretta, e mantenerlo abbastanza intenso da risultare rilevabile a distanze interstellari richiede energie quasi stellari.

In un laser, invece, si portano certi atomi a un alto livello di energia, e poi si lascia che la perdano in condizioni che producano una luce «coerente», cioè composta di fotoni tutti di eguali energie, e che si muovono tutti nella stessa direzione. Un raggio laser non si disperde e quindi può rimanere abbastanza intenso, con una data energia, da essere rilevabile a distanze molto maggiori di un raggio di luce normale. E, soprattutto, la luce di un raggio laser è facilmente identificabile allo spettroscopio, e la sua sola esistenza basta a indicare un'origine intelligente.

La luce laser si avvicina più di qualunque altra cosa finora menzionata a un mezzo di segnalazione efficiente, ma anche un segnale laser prodotto da qualche pianeta verrebbe soffocato, a grandi distanze, dalla luce della sua stella.

Una possibilità ipotizzata è: gli spettri delle stelle simili al Sole hanno numerose righe scure che rappresentano fotoni dispersi, fotoni preferenzialmente assorbiti da atomi specifici dell'atmosfera delle stelle. Supponiamo che una civiltà planetaria lanci un forte raggio laser esattamente al livello d'energia di una delle righe scure più prominenti dello spettro stellare. Il raggio illuminerebbe la riga.

Se studiando lo spettro di una stella scoprissimo che ha perso una delle righe scure caratteristiche di un certo gruppo di atomi della sua atmosfera, ma non le altre righe scure pure caratteristiche di quel gruppo di atomi, dovremmo concludere che il livello d'energia disperso è stato sostituito con mezzi artificiali. E questo denuncerebbe la presenza di una civiltà.

Non s'è mai visto niente del genere, ma prima di perderci di coraggio vediamo se per caso non ci sono mezzi di segnalazione ancora più semplici. Dopotutto, da nessuna civiltà ci si può aspettare che usi un metodo difficile se ne ha uno più semplice.

Microonde

Le radiazioni elettromagnetiche fuori della banda della luce visibile furono scoperte all'inizio del XIX secolo. Nel 1800 William Herschel scoprì, dal modo in cui un termometro veniva influenzato oltre il limite rosso della gamma della luce visibile, la banda infrarossa della luce solare. Nel 1801 il fisico tedesco Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) scoprì, dal modo in cui venivano provocate reazioni chimiche oltre il limite violetto della gamma della luce visibile, la banda di luce solare ultravioletta.

Queste scoperte non toccarono però granché l'astronomia. La maggior parte della banda ultravioletta e infrarossa non poteva penetrare l'atmosfera, e quindi dal Sole e dalle stelle ne arrivava a noi solo una piccola parte.

A partire dal 1864 Maxwell (che aveva elaborato la teoria cinetica dei gas) sviluppò la teoria dell'elettromagnetismo. Identificava per la prima volta la luce come una radiazione elettromagnetica e ipotizzava l'esistenza di molte ottave di questa radiazione su entrambi i lati della banda della luce visibile.

Nel 1888 il fisico tedesco Heinrich Rudolph Hertz (1857-1894) scoprì

una radiazione simile alla luce con lunghezze d'onda un milione di volte più lunghe, e quindi con livelli d'energia un milione di volte meno alti. Furono chiamate onde radio.

Le onde radio, grazie al loro basso contenuto d'energia, risultarono facili da produrre e, malgrado questo, inaspettatamente facili da ricevere. Le onde radio erano capaci, a differenza della luce, di penetrare ogni sorta di oggetti materiali. A differenza della luce potevano rimbalzare sugli strati di particelle cariche dell'atmosfera superiore, e quindi seguire la curvatura della superficie terrestre. Si poteva facilmente produrle in modo coerente, e quindi un raggio teso di onde radio era in grado di coprire grandi distanze, e si poteva facilmente modificarle perché portassero dei messaggi.

Tutte queste ragioni le rendevano ideali per comunicazioni a lunga distanza, e senza bisogno dei fili richiesti dal telegrafo e dalla cablografia. Il primo a usare onde radio in questo modo fu l'ingegnere italiano Guglielmo Marconi (1874-1937). Nel 1901 lanciò un segnale di onde radio attraverso l'Atlantico, che viene in genere considerato l'atto di nascita della radio.

A partire da quel giorno la radio divenne, sempre migliorata e perfezionata, un mezzo di comunicazione di crescente importanza. E si diffuse la convinzione che ogni civiltà tecnologica avrebbe preferito la comunicazione radio a qualunque altra.

Quindi, quando nel 1924 Marte venne a trovarsi più vicino del solito alla Terra, fu fatto qualche tentativo di captare segnali radio dalla presunta civiltà che aveva costruito i canali. Ma non si sentì niente.

In un certo senso non c'era da meravigliarsene. Gli strati di atomi carichi dell'atmosfera superiore che riflettevano le onde radio provenienti dalla Terra trattenendole nei dintorni della superficie invece di lasciarle trapelare nello spazio, avrebbero riflesso anche onde radio provenienti dallo spazio tenendole lontane dalla superficie terrestre.

Ma nel 1931 l'ingegnere radio americano Karl Guthe Jansky (1905-1950) che lavorava per i «*Bell Telephone Laboratories*», cercando di determinare la sorgente dei disturbi che interferivano con la tecnica in sviluppo della radio-telefonia rilevò un segnale strano. Un segnale che risultò provenire dal cielo. Era la prima indicazione dell'esistenza di un'ampia banda di onde radio corte, dette «microonde», capaci di penetrare facilmente l'atmosfera terrestre. Dal cielo potevamo ricevere due tipi di radiazioni elettromagnetiche: una stretta banda di luce visibile e una larga banda di microonde.

Nel dicembre 1932 fu dimostrato che le onde radio captate da Jansky provenivano dal centro galattico: la notizia prese i titoli di prima pagina del «New York Times». Alcuni astronomi, come Jesse Leonard Greenstein (1909) e Fred Lawrence Whipple (1906), si resero subito conto delle potenzialità della scoperta, ma c'era ben poco da fare. Mancavano strumenti adeguati a ricevere simili radiazioni. Un ingegnere radio americano, però, Grote Reber (1901), prese la faccenda sul serio. Costruì un apparecchio per captare le onde radio provenienti dal cielo (un «radiotelescopio»), e a partire dal 1938 studiò dal retro del suo giardino tutto il cielo che riusciva a raggiungere, per misurare l'intensità della ricezione di onde radio da zone diverse.

Durante la seconda guerra mondiale lo sviluppo del radar cambiò tutto. Il radar usava microonde, e quindi la tecnologia delle microonde fece rapidi progressi; dopo la guerra la radioastronomia divenne in breve un gigante, rivoluzionando la scienza quanto il telescopio ottico di Galileo tre secoli e mezzo prima.

In appena qualche decennio sono stati costruiti dei radiotelescopi in grado di captare microonde con una precisione molto maggiore di quella con cui si possa captare la luce. Si possono individuare sorgenti di microonde a distanze a cui è assolutamente impossibile per noi rilevare radiazioni luminose di energia in qualche modo equivalente. Ormai siamo in grado di captare microonde provenienti da qualunque stella della Galassia, anche se emesse con energia non superiore a quella di cui noi stessi disponiamo.

Inoltre si possono localizzare le sorgenti di microonde con grande esattezza, e differenziare le varietà di microonde con grande facilità. Ogni molecola emette o assorbe la sua specifica lunghezza d'onda, e questo rende possibile determinare la composizione chimica delle nubi di gas interstellare con grande precisione. E poi le microonde non vengono scoperte dalle radiazioni di fondo. Nella maggior parte del cielo l'intensità della loro irradiazione è inferiore a quella della luce, e anche dove abbondano sarebbe facile per una civiltà emettere una specifica lunghezza d'onda molto più forte dello sfondo naturale *per quella lunghezza d'onda.*

Questo significa che, se qualche civiltà sta cercando di trasmettere dei messaggi, arriverà senza dubbio alla conclusione che le microonde sono un mezzo migliore, più economico e più naturale della luce, o di qualunque altra cosa.

Finalmente abbiamo qualcosa che assomiglia a una risposta. Per trasmettere o ricevere messaggi attraverso gli abissi interstellari dobbiamo

usare le microonde.

Ma a che livello d'energia, o lunghezza d'onda, dobbiamo aspettarci che arrivi il messaggio? Gli apparecchi riceventi possono essere sintonizzati per ricevere una specifica lunghezza d'onda, e se il messaggio viene trasmesso in un'altra, andrà perduto. D'altro canto, cercare di sintonizzarsi su tutte le lunghezze d'onda possibili vorrebbe dire accrescere enormemente la difficoltà e la spesa dell'ascolto. Non possiamo leggere nelle menti extraterrestri, indovinare che lunghezza d'onda sceglierebbero?

Durante la seconda guerra mondiale l'astronomo olandese Hendrick Christoffell Van de Hulst (1918), impossibilitato a compiere osservazioni sotto l'occupazione nazista, fece qualche calcolo a tavolino e vide che gli atomi d'idrogeno freddi subivano a volte un mutamento di conformazione rispecchiato dall'emissione di una microonda con una lunghezza d'onda di 21 centimetri.

L'atomo di idrogeno singolo subisce questo mutamento molto raramente, ma dati tutti gli atomi d'idrogeno presenti nello spazio, in ogni momento ce ne sono moltissimi che mutano in questo modo, e quindi, se i calcoli di Van de Hulst sono giusti, le microonde prodotte dovrebbero essere rilevabili. Nel 1951 il fisico americano Edward Mills Purcell (1912) le captò.

L'atomo di idrogeno è predominante nello spazio interstellare, e quindi la lunghezza d'onda di 21 centimetri è una radiazione universale, captabile ovunque. Una civiltà che avesse raggiunto il nostro livello tecnologico non potrebbe non conoscere la radioastronomia, e avrebbe sicuramente strumenti predisposti a ricevere la lunghezza d'onda di 21 centimetri, anche se non si preoccupasse di ricevere nient'altro. E non c'è dubbio che trasmetterebbe messaggi su una lunghezza d'onda che potrebbe lei stessa ricevere e su cui avrebbe la certezza che ogni altra civiltà sarebbe sintonizzata.

Perciò nel 1959 il fisico americano Philip Morrison e il fisico italiano Giuseppe Cocconi (1914) suggerirono che, se si volevano cercare segnali di extraterrestri, bisognava cercare sulle lunghezze d'onda di 21 centimetri.

Questa è però la lunghezza di microonde in cui le radiazioni di fondo sono più forti e, potenzialmente, disturbano di più, soprattutto nella regione della Via lattea. Quindi, dovremmo forse guardare da qualche altra parte, a 42 centimetri, o a 10,5, perché raddoppiare o tagliare a metà la scelta ovvia è il modo più semplice di utilizzare i 21 centimetri come base senza usare proprio questa lunghezza d'onda.

Un'altra ipotesi è usare l'ossidrile, la combinazione biatomica di idrogeno e ossigeno che, dopo lo stesso idrogeno, è la più diffusa emittente di

microonde dello spazio interstellare. La sua emissione ha una lunghezza d'onda di 17 centimetri.

Poiché l'idrogeno e l'ossidrile insieme formano l'acqua, la zona di microonde compresa tra i 17 e i 21 centimetri di lunghezza fu talvolta chiamata «polla d'acqua» *(waterhole).* Il nome è particolarmente azzeccato, perché si spera che civiltà diverse trasmetteranno e riceveranno messaggi in questa zona, come diverse specie di animali vanno ad abbeverarsi alle polle d'acqua reali della Terra.

Il primo vero tentativo di ascolto sulla lunghezza d'onda celeste dei 21 centimetri, nella speranza di captare dei messaggi da civiltà extraterrestri, è del 1970. Fu condotto negli Stati Uniti sotto la direzione di Frank Drake, che lo chiamò «Project Ozma». Ozma è la principessa di Oz, il lontano paese celeste della famosa serie d'avventure per bambini. In fondo, gli astronomi stavano cercando di provare l'esistenza di paesi abitati anche più lontani, nel cielo, di Oz.

L'ascolto iniziò alle 4 del mattino dell'8 aprile 1960, senza nessuna pubblicità, poiché gli astronomi temevano il ridicolo. Continuò per un totale di 150 ore fino a tutto luglio, dopo di che il progetto si concluse. Gli ascoltatori erano all'erta per qualcosa che, su una banda molto stretta di lunghezze d'onda, sembrasse pulsare in modo né troppo regolare né troppo casuale. Non captarono niente del genere. Dopo il progetto Ozma ci sono stati sette o otto altri programmi dello stesso tipo, tutti a un livello anche più modesto del primo, negli Stati Uniti, in Canada e in Unione Sovietica. Non si sono avuti risultati positivi ma bisogna dire che finora la ricerca è stata molto breve e superficiale.

Naturalmente, gli astronomi non negano la possibilità di scoperte accidentali. Quando nel 1967 vennero scoperti i pulsar (minuscole, densissime stelle in rapida rotazione, residui di collassi conseguenti a esplosioni supernovae), per un breve momento lo stupefacente rilevamento di pulsazioni di microonde diede agli astronomi interessati l'inquietante idea di star ricevendo dei messaggi di origine intelligente. E si diede al fenomeno il nome di LGM *(Little Green Men,* «omini verdi»). Ma ben presto la pulsazione si rivelò troppo regolare per poter portare un messaggio, e si trovarono spiegazioni meno sensazionali.

Ma se si vuole portare avanti la ricerca di messaggi di civiltà extraterrestri con qualche ragionevole speranza di successo, bisogna dedicarvi molto più tempo che nel caso del *Project Ozma,* studiare molte più stelle, usare strumenti molto più elaborati. Insomma, bisogna varare un progetto

molto oneroso.

Dove?

Nel 1971 un gruppo della NASA diretto da Bernard Oliver propose quello che ha preso il nome di «*Project Cyclops*» (Progetto Ciclope).

Si tratterebbe di un grande spiegamento di radiotelescopi,[62] ognuno di cento metri di diametro, tutti predisposti a ricevere microonde della zona «polla d'acqua».

Lo spiegamento sarebbe composto da 1026 radiotelescopi, tutti schierati e pilotati all'unisono da un sistema elettronico computerizzato. Lavorando insieme equivarrebbero a un singolo radiotelescopio di 10 chilometri di diametro.

Lo spiegamento sarebbe capace di captare qualcosa di così debole come l'involontaria dispersione di microonde terrestri anche da una distanza di un centinaio di anni luce, mentre un segnale-messaggio emesso di proposito da un'altra civiltà potrebbe essere captato a una distanza di almeno mille anni luce. Forse la superficie terrestre non è il luogo più adatto per una operazione del genere. Se venisse compiuta nello spazio, o, ancor meglio, sul lato invisibile della Luna, i radiotelescopi sarebbero isolati da tutto o quasi tutto il rumore di fondo delle microonde della Terra.

Il *Project Cyclops* non è facile da realizzare, e certo non è economico. Si stima che la costruzione e la manutenzione dello spiegamento, e la ricerca in sé, costerebbe da 10 a 50 miliardi di dollari, anche supponendo che si arrivasse a computerizzare completamente l'ascolto, e quindi non si utilizzassero molte ore di lavoro.

Qualunque cosa possa rendere la ricerca più semplice e veloce sarebbe quindi d'aiuto. Ci saranno ad esempio dei luoghi nel cielo che potrebbero ripagarci la ricerca, dei luoghi dove sia più probabile che in altri trovare delle sorgenti di messaggi?

Dove potrebbero essere?

Primo, il luogo migliore per la ricerca è nei dintorni di qualche stella, dove potrebbe esserci una civiltà planetaria con abbondanza d'energia a sua disposizione. (Certo, potrebbero esserci segnali emessi da mondi liberi o sonde automatiche più vicine a noi di qualunque stella, ma è impossibile sapere dove si trovino questi oggetti e quindi non ci danno nessun obiet-

62 Il radiotelescopio è, metaforicamente parlando, un occhio tondo fisso al cielo. La parola «Ciclope» viene dal greco, e significa «occhio tondo».

tivo a cui puntare.)

Secondo, l'obiettivo dovrebbe essere una stella vicina piuttosto che una stella lontana: se un posto vale l'altro, il raggio di microonde sarà più intenso e più facile da captare più il sistema planetario da cui arriva sarà vicino.

Terzo, l'obiettivo dovrebbe essere una stella simile al Sole: è qui che ci aspettiamo che possano esserci dei pianeti abitabili.

Quarto, i primi obiettivi dovrebbero essere stelle singole: anche se sembra che le stelle binarie possano avere anch'esse pianeti abitabili, forse le possibilità nel caso di stelle singole sono maggiori.

Ci sono solo sette stelle singole simili al Sole nel raggio di due dozzine di anni luce:

Stella	*Distanza (anni luce)*	*Massa (Sole = 1)*
Epsilon Eridani	10,8	0,80
Tau Ceti	12,2	0,82
Sigma Draconis	18,2	0,82
Delta Pavonis	19,2	0,98
82 Eridani	20,9	0,91
Beta Hydri	21,3	1,23
Zeta Tucanae	23,3	0,90

Nessuna di queste stelle ha un nome familiare; le più conosciute sono in genere le più luminose, troppo grandi e di breve vita per essere idonee alla civiltà.

Le stelle visibili ad occhio nudo, anche se non eccezionalmente luminose, prendono in genere il nome dalla loro costellazione. A volte, vengono elencate in ordine di luminosità, o di posizione, usando le lettere dell'alfabeto greco (alfa, beta, gamma, delta, epsilon, zeta, eccetera) o i numeri arabi.

Le stelle della tavola precedente fanno parte delle costellazioni Eridanus (Fiume), Cetus (Balena), Draco (Drago), Favo (Pavone), Hydrus (Serpentario), e Tucana (Tucano).

Delle sette stelle citate tre, Delta Pavonis, Beta Hydri e Zeta Tucanae

sono così a sud nel cielo che è impossibile vederle dalle zone nord, dove l'astronomia è più avanzata e le attrezzature complesse sono più numerose. Quanto alla 82 Eridani, non è tanto a sud da essere invisibile, ma troppo vicina all'orizzonte perché sia agevole vederla.

I tre obiettivi più indicati sono quindi Epsilon Eridani, Tau Ceti, e Sigma Draconis. Il *Project Ozma* si concentrò, su suggerimento dell'astronomo russo-americano Otto Struve (1897-1963), su Epsilon Eridani e Tau Ceti.

Anche se queste sette stelle, e particolarmente le tre a nord, sono gli obiettivi oggi della prima fase della ricerca, non dovremmo fermarci di fronte a risultati negativi. Se ci sono sette obiettivi primari nel raggio di 23 anni luce, ce ne sono circa 500 000 in tutto alla portata dei mille anni luce del *Project Cyclops*.

L'ideale sarebbe sondarli tutti. Prima di darci davvero per vinti dovremmo scrutare tutto il cielo, nel caso ci fossero delle civiltà attorno a stelle insospettate, o arrivassero dei segnali da sonde o mondi liberi non molto lontani da noi ma di cui siamo ignari.

Dovremmo ascoltare anche lunghezze d'onda fuori della «polla d'acqua», perché non si sa mai.

Perché?

Ma bisogna chiedersi perché l'umanità dovrebbe mettersi ad ascoltare lo spazio alla ricerca di segnali da civiltà extraterrestri. Perché dovremmo spendere decine di miliardi di dollari col rischio di non trovare proprio niente?

E se, nonostante tutto il mio argomentare in questo libro, non ci sono civiltà extraterrestri?

O, pur essendoci, nessuna è così vicina da permetterci di captare i suoi segnali?

O, pur essendoci, non segnalano?

O, pur segnalando, lo fanno in un modo che ci sfuggirà?

O, se riceveremo segnali, non saranno interpretabili?

Sono tutte eventualità possibili; quindi supponiamo il peggio, che malgrado tutti i nostri sforzi non riusciamo a ricevere segnali riconoscibili da nessuna parte.

Avremo davvero buttato dalla finestra un sacco di soldi?

Forse no. Supponiamo che la realizzazione del *Project Cyclops* e il son-

daggio del cielo prendano in tutto venti anni e cento miliardi di dollari. Sono cinque miliardi di dollari all'anno in un mondo in cui le varie nazioni spendono un totale di 400 miliardi di dollari all'anno in armamenti.

E mentre i soldi spesi in armamenti stimolano solo l'odio e la paura e aumentano sempre più il pericolo che le nazioni della Terra si distruggano l'un l'altra, annientando, forse, tutta l'umanità, la ricerca dell'intelligenza extraterrestre avrebbe senz'altro su tutti noi l'effetto di stimolarci all'unità. La sola idea di altre civiltà avanzate oltre la nostra, di una Galassia piena di civiltà, non può non far risaltare la meschinità delle nostre dispute, farcene sentire tutta la vergogna, spingerci a seri sforzi di cooperazione. E se il fallimento della ricerca dovesse farci sospettare di essere l'unica civiltà della Galassia, non potrebbe questo aumentare il senso della preziosità del nostro mondo e di noi stessi, e renderci più riluttanti a rischiare tutto in dispute puerili?

Ma se faremo un buco nell'acqua i soldi saranno stati proprio buttati via?

Prima di tutto, l'approntamento degli strumenti del *Project Cyclops* avrà il risultato di insegnarci moltissime cose sulla radio-telescopia, e farà certamente avanzare di molti passi lo stato della disciplina ancor prima che venga fatta una sola osservazione del cielo.

In secondo luogo, è impossibile sondare il cielo con nuova competenza, precisione, con nuova perseveranza e potenza, e non scoprire sull'universo moltissime nuove cose che non hanno nulla a che vedere con civiltà avanzate. Anche se mancheremo di captare segnali, non ci troveremo comunque a mani vuote.

Impossibile dire che scoperte faremo, o in che direzione ci illumineranno, o come si dimostreranno utili, ma l'umanità (nei suoi momenti migliori) ha sempre apprezzato la conoscenza per se stessa. Questa capacità è uno dei modi per differenziare una specie più intelligente da una meno intelligente, e una cultura in progresso da una in decadenza.

Non dobbiamo neppure temere che alla fine la conoscenza debba essere apprezzata solo per se stessa. Usata con saggezza, la conoscenza è sempre servita nel passato all'umanità, e tutto lascia sperare che continuerà a servirle nel futuro.

Ma supponiamo di scoprire un segnale di qualche genere e di giudicare che dev'essere d'origine intelligente. Avrà grande valore per noi?

Forse non sarà affatto un segnale emesso apposta, forse nessuno sta cercando di attrarre la nostra attenzione o di dirci qualcosa. Potrebbe essere

un involontario straboccare di tecnologia, solo un miscuglio d'attività di tutti i giorni, come la palla di microonde che si espande in continuazione dalla Terra in tutte le direzioni.

Questo da solo - la semplice ricezione di un segnale che denuncia l'esistenza di una civiltà lontana, anche di un segnale da cui non possiamo trarre nessuna informazione - è, in un certo senso, più che sufficiente.

Si pensi al significato psicologico di una cosa del genere. Significa che da qualche altra parte esiste una civiltà[63] che - basterebbe la forza del segnale a dircelo - potrebbe essere più avanzata della nostra. Sarebbe la rincuorante notizia che almeno un gruppo di esseri intelligenti ha raggiunto il nostro livello tecnologico riuscendo a non distruggersi, anzi sopravvivendo e progredendo a livelli ancora più alti. E se l'hanno fatto loro, perché non possiamo farlo anche noi?

Se questo pensiero ci aiuta a non cadere nella disperazione affrontando l'enorme compito dell'umanità di risolvere i problemi che ci stanno immediatamente di fronte, questo da solo può aiutarci a dirigerci verso la soluzione. Potrebbe anche forse darci la prima chiave capace di inclinare la bilancia dalla parte della sopravvivenza allontanandola da quella della distruzione.

D'altronde non è possibile non ottenere altre informazioni oltre la mera esistenza del segnale. Anche se non portasse nessun messaggio intelligente, o nessuno che sappiamo interpretare, le sue caratteristiche potrebbero dirci a che velocità il pianeta che lo emette gira attorno alla sua stella e ruota sul suo asse, insieme forse ad altre caratteristiche fisiche che potrebbero essere di grande interesse e utilità per gli astronomi.

E supponiamo di riconoscere che nel messaggio *c'è* materiale utile; saremmo ancora in totale imbarazzo nel determinare cosa potrebbe significare.

Allora il messaggio sarebbe inutile? Naturalmente no. In primo luogo, sarebbe per noi un'interessante sfida, un gioco affascinante in sé. Anche senza arrivare a nessuna conclusione sugli specifici elementi d'informazione, potremmo raggiungere delle generalizzazioni sulla psicologia aliena - e anche questa è conoscenza.

Inoltre, anche le minime brecce nel codice sarebbero interessanti. Supponiamo, sempre per ipotesi, che il messaggio ci fornisca l'indicazione di

63 D'altro canto, se non scopriamo niente questo non dimostra che non esista niente. Forse stiamo cercando nel posto sbagliato, o nel modo sbagliato, o con la tecnica sbagliata, o tutt'e tre insieme.

una relazione che, se vera, potrebbe darci una nuova visione di qualche aspetto della fisica, anche se sembrasse banale. I progressi scientifici non avvengono nel vuoto. Quell'acquisizione potrebbe stimolare altre riflessioni e. alla fine, accelerare moltissimo il naturale processo col quale avanza la nostra conoscenza.

E se giungessimo a una comprensione più o meno particolareggiata del messaggio, potremmo forse dedurne se la civiltà che lo ha emesso è pacifica o no.

Se è pericolosa e bellicosa (un'eventualità molto improbabile a mio parere) la conoscenza che avremo guadagnata ci incoraggerà a non muoverci, a non rispondere, a fare il possibile per evitare ogni fuoriuscita nello spazio esterno di qualsiasi cosa possa indicare la nostra presenza. Se dovesse accadere il peggio, forse la conoscenza che guadagneremo potrà indicarci il modo migliore per difenderci.

Se invece giudicassimo che il messaggio proviene da una civiltà pacifica e benigna, o da una che, qualunque sia il suo atteggiamento, non può raggiungerci, potremmo decidere di rispondere, usando il codice imparato.

Certo, la civiltà potrebbe essere così lontana che, grazie al limite della velocità della luce, non potremmo aspettarci una risposta per, diciamo, un secolo. Ma aspettare non è un problema. Possiamo aspettare e andare avanti con le nostre faccende, così non avremo perso niente.

La civiltà avanzata, ricevendo la nostra risposta e scoprendo che qualcuno è in ascolto, potrebbe anche iniziare subito a trasmettere sul serio. Aspetteremmo un secolo, ma poi riceveremmo un corso accelerato su tutti gli aspetti della civiltà aliena.

È impossibile predire in che modo questa informazione si dimostrerà utile, ma è impossibile che sia inutile.

Infatti, se indulgiamo all'ipotesi fantastica che si possa vincere il limite della velocità della luce ed esiste una pacifica e benigna Federazione di civiltà galattiche, la nostra riuscita interpretazione del messaggio e la nostra coraggiosa risposta potrebbero significare il biglietto d'ingresso.

Chi lo sa?

Anche non tenendo conto della grande curiosità che ha sempre spinto gli uomini, e del grande interesse che non può non suscitare in tutti noi una domanda così fondamentale: se ci sono o no altre civiltà nell'universo oltre la nostra, mi sembra che qualunque cosa facciamo per cercare di dargli una risposta, ne ricaveremo un guadagno e un aiuto per noi stessi.

Quindi, per il bene di tutti noi, abbandoniamo i nostri inutili, interminabili litigi suicidi e non indugiamo davanti al compito vero che ci aspetta: sopravvivere, apprendere, espanderci, entrare in un nuovo livello di conoscenza.

Facciamo del nostro meglio per ereditare l'universo che ci aspetta; da soli, se sarà necessario, o insieme ad altri, se ci sono.

FINE

Indice

2 I La Terra
Spiriti, 3 - Animali, 7 - Primati, 11 - Cervelli, 13 - Fuoco, 15 - Civiltà, 17

19 II La Luna
Fasi, 19 - Un altro mondo, 22 - Assenza d'acqua, 25 - La beffa della Luna, 30 - Assenza d'aria, 22

36 III Il Sistema solare interno
Mondi vicini, 36 - Venere, 39 - I canali di Marte, 43 - Sonde marziane, 50

54 IV Il Sistema solare esterno
Chimica planetaria, 54 - Titano, 57 - Giove, 62

65 V Le stelle
Sotto-stelle, 65 - La Via Lattea, 69 - La Galassia, 72 - Le altre Galassie, 76

79 VI Sistemi planetari
L'ipotesi nebulare, 79 - Collisioni stellari, 82 - Di nuovo l'ipotesi nebulare, 85, - Stelle che ruotano, 86 - Stelle che oscillano, 90

93 VII Stelle simili al Sole
Stelle giganti, 93 - Stelle nane, 99 - Quelle giuste, 104

105 VIII Pianeti come la terra
Stelle binarie, 105 - Popolazioni stellari, 112 - L'ecosfera, 117 - Abitabilità, 121

125 IX La vita
Generazione spontanea, 125 - L'origine della vita?, 129 - La Terra primitiva, 133 - Meteoriti, 137 - Nubi di polvere, 139 - Quando è iniziata la vita, 141 - Vita multicellulare, 144 - Vita terrestre, 145 - Intelligenza, 148

149 X Altre civiltà
Il nostro satellite gigante, 149 - Il nostro satellite catturato, 153 - Intelligenza, 157 - Estinzione, 160 - Cooperazione, 164 - Esplorazione, 168 - Visite, 171

174 XI L'esplorazione dello spazio
Le prossime mete, 174 - Colonie spaziali, 177 - Navigatori spaziali, 182 - Un trampolino, 185

187 XII Il volo interstellare
La velocità della luce, 187 - Oltre la velocità della luce, 190 - Dilatazione del tempo, 196 - Velocità di crociera, 201 - Mondi erranti, 204

212 XIII Messaggi
Trasmissioni, 212 - Ricezione, 217 - Fotoni, 223 - Microonde, 225 - Dove?, 230 - Perché, 232