

Giovanni F. Bignami

I marziani siamo noi

Un filo rosso dal Big Bang alla vita

Chiavi di lettura a cura di
Federico Tibone e Lisa Vozza

indice

<i>Prefazione</i>	5
<i>Overture: Il derby uomo-universo</i>	8
1. Facciamo l'universo: luce e materia	21
2. Facciamo il resto dell'universo	41
3. Astronomia in cerca di pianeti alieni	65
4. Astronomia di contatto: l'universo ci invade	85
5. Astronomia di contatto: noi, gli invasori	103
6. Astronomia di contatto: polvere di comete	125
7. Dai mattoni alla casa: che cos'è mai la vita?	137
8. C'è qualcuno là fuori?	157
<i>Coda: Che cosa resta da scoprire?</i>	177
<i>Ringraziamenti</i>	187
15 miti da sfatare	188
Forse non sapevi che...	194
<i>Per saperne di più</i>	200
<i>Indice analitico</i>	202

1. L'universo è sempre esistito.

L'universo come lo conosciamo ha avuto origine dal Big Bang, il «Gran Botto» in cui si è formata anche la materia della quale siamo fatti noi. Sulla base di varie misurazioni astronomiche, e della teoria della relatività generale di Einstein, i cosmologi oggi stimano che il Big Bang sia avvenuto circa 13,7 miliardi di anni fa.

2. L'universo è infinitamente grande.

L'universo è molto grande e le osservazioni astronomiche indicano che sta continuando a espandersi. Le sue dimensioni però sono finite e sono determinate dalla quantità di materia e di energia che contiene al proprio interno.

3. Gli atomi di cui siamo fatti sono comparsi al momento del Big Bang.

Nei primi tre minuti dopo il Big Bang si sono formati soltanto i nuclei degli atomi più leggeri, idrogeno ed elio: questa è stata la fase della cosiddetta *nucleosintesi cosmologica*. I nuclei degli altri atomi più pesanti, che formano la materia della nostra vita quotidiana, sono stati prodotti invece da generazioni successive di stelle, con la *nucleosintesi stellare* (risultato della fusione nucleare) e con le esplosioni di supernova.

4. Tutta la materia nell'universo è come quella di cui siamo fatti noi.

Nel Big Bang si è formata anche «antimateria» con proprietà speculari alla «materia» ordinaria. Le parti-

celle nei due casi sono identiche ma hanno carica elettrica opposta, e se si incontrano si annichilano, distruggendosi e trasformando la massa in energia. Da qualche parte nell'universo potrebbero esistere stelle o galassie fatte di antimateria, che non sono mai venute in contatto con la materia del nostro tipo.

Inoltre negli ultimi decenni si è scoperto, sulla base di varie osservazioni astronomiche indirette, che la maggior parte della massa dell'universo è dovuta a una «materia oscura» per ora misteriosa, che non emette radiazioni ed è perciò invisibile ai nostri attuali strumenti.

5. Le stelle possono avere qualsiasi dimensione.

C'è un limite inferiore alle dimensioni delle stelle: una nube interstellare fatta principalmente di idrogeno, per poter «collassare» e dare inizio alle reazioni di fusione nucleare, deve avere una massa pari ad almeno 10^{29} kg. Probabilmente esiste anche un limite superiore: le più grandi stelle conosciute hanno una massa poche centinaia di volte maggiore di quella del nostro Sole.

6. Le stelle sono eterne.

Ogni stella nasce, brilla per un certo lasso di tempo e poi muore, spegnendosi gradualmente oppure esplodendo come supernova. La durata della vita di una stella dipende dalla sua massa quando si forma: le stelle più massicce emettono più energia, consumando rapidamente il proprio «combustibile nucleare», perciò hanno una vita più breve.

7. Il nostro Sistema solare, con numerosi pianeti che orbitano intorno a una stella centrale, è un caso unico nell'universo.

Grazie a recenti osservazioni astronomiche conosciamo centinaia di altri sistemi planetari intorno a stelle simili al Sole e ne stiamo scoprendo sempre di nuovi. Dunque è ormai chiaro che per una stella come il Sole avere pianeti è la regola, non un'eccezione.

8. Grazie alla scienza oggi sappiamo come si è formata la Terra.

Lo studio delle rocce terrestri e dei meteoriti ha permesso di stabilire con precisione *quando* si è formato il nostro pianeta: circa 4,67 miliardi di anni fa.

Non abbiamo invece ancora una comprensione dettagliata di *come* i pianeti si formino a partire dal disco di polveri che circonda una stella appena nata.

Le incertezze a questo riguardo sono aumentate con la scoperta dei sistemi planetari extrasolari: le loro caratteristiche spesso sono molto diverse da quelle del Sistema solare, il che sta costringendo gli scienziati a rivedere i modelli teorici tradizionali della formazione planetaria.

9. Sicuramente esistono pianeti extrasolari che ospitano la vita.

È possibile, e molti lo ritengono probabile, ma non è affatto certo. Nei dintorni di una stella, infatti, la vita come noi la conosciamo può svilupparsi soltanto in una limitata «zona abitabile», e soltanto una piccola frazione dei pianeti extrasolari si troverà per combi-

nazione proprio in quella zona. Inoltre per poter ospitare la vita un pianeta deve avere altre caratteristiche speciali, che non è detto siano frequenti: una massa sufficiente per trattenere un'atmosfera, un campo magnetico che schermi i raggi cosmici ionizzanti, una tettonica a zolle per riciclare gli elementi della crosta superficiale.

10. Non c'è vita al di fuori della Terra.

Non abbiamo ancora prove che la vita possa essersi originata anche al di fuori del nostro pianeta. Tuttavia alcune recenti scoperte – la presenza di aminoacidi nei meteoriti e nelle comete, l'esistenza di numerosissimi pianeti extrasolari – rendono più probabile il fatto che altra materia biologica possa esistere in luoghi diversi da quelli che conosciamo.

11. Nessun essere vivente può sopravvivere se è esposto al vuoto dello spazio interplanetario.

L'ambiente dello spazio è certamente molto ostile: mancano aria, acqua e nutrimento, e si è esposti a escursioni termiche estreme e a radiazioni di ogni tipo. Tuttavia tra i microrganismi che conosciamo esistono batteri robustissimi: un recente esperimento condotto sulla Stazione spaziale internazionale ha dimostrato che possono sopravvivere dopo un'esposizione di mesi allo spazio vuoto.

Le loro spore, nascoste per esempio nelle fessure interne di un meteorite, potrebbero teoricamente sopravvivere anche a lunghi viaggi nello spazio e così trasmettere la vita da un pianeta a un altro.

12. **In futuro l'umanità colonizzerà certamente pianeti di altre stelle.**

C'è un piccolo problema: le distanze cosmiche sono veramente gigantesche.

I viaggi più lunghi effettuati finora dall'uomo nello spazio interplanetario (quelli di andata e ritorno dalla Luna delle missioni Apollo) sono durati meno di due settimane. Con i sistemi di propulsione oggi esistenti o immaginabili, occorrerebbero mesi anche soltanto per raggiungere il pianeta Marte, e per arrivare alla stella più vicina al Sole bisognerebbe viaggiare per decine di migliaia di anni.

Forse l'umanità non riuscirà mai a sviluppare tecnologie che consentano di realizzare viaggi interstellari.

13. **Ci sono già stati contatti con civiltà aliene.**

È ormai certo che nel Sistema solare non ci sono forme di vita intelligente extraterrestre, e non esistono prove di contatti tra noi e civiltà aliene di pianeti extrasolari. Se quelle civiltà esistono in altre parti della nostra Galassia, non sarebbe impossibile in linea di principio comunicare con loro, via radio o attraverso segnali luminosi. Le enormi distanze e la necessità di trovare un linguaggio comune renderebbero però molto difficile l'impresa.

14. **Gli alieni hanno lasciato tracce delle loro discese sulla Terra.**

L'arrivo sulla Terra di alieni provenienti da pianeti in orbita intorno a un'altra stella è molto improbabile perché, come abbiamo visto, il viaggio – almeno secondo le nostre conoscenze attuali – richiederebbe tempi lunghissimi.

C'è chi ha invocato la presenza di alieni per spiegare la costruzione di monumenti impressionanti di alcune civiltà umane del passato; ma queste persone dimostrano di ignorare le capacità, la determinazione e la tenacia dei nostri avi.

15. **La scienza ha ormai risolto il mistero della vita.**

Anche le più recenti conquiste delle biotecnologie sono basate sull'assemblaggio di elementi biologici preesistenti o sull'imitazione sintetica di strutture dei viventi che si osservano in natura.

Nessuno fino a oggi è riuscito a creare un organismo vivente a partire da sostanze inorganiche, e nessuno sa spiegare in modo convincente come si sia originata la vita sulla Terra.

In realtà c'è di più: gli scienziati non hanno neppure ancora trovato una definizione chiara e univoca di che cosa sia la vita.

Abbiamo una «fotografia» dell'universo quando era molto giovane.

La scoperta della «radiazione fossile», residuo del Big Bang misurabile ancora oggi, ha permesso di visualizzare come la materia del cosmo primordiale fosse increspata da minuscole fluttuazioni, che hanno poi reso possibile la formazione delle galassie.

Non potremo mai vedere com'era l'universo appena nato.

Nei primi 380 000 anni dopo il Big Bang il cosmo era completamente opaco alla luce. In giro c'erano tantissimi fotoni, che però non potranno mai «illuminare» i nostri strumenti di osservazione: essi infatti venivano continuamente assorbiti da un mare di elettroni in moto libero e frenetico nel caldissimo universo primordiale.

La massa dell'universo è dovuta per lo più a un tipo di materia ancora sconosciuto.

Gli astronomi sono convinti che la materia a noi familiare sia soltanto una piccola parte della massa dell'universo; il resto è «materia oscura» che non emette radiazioni e non è perciò osservabile direttamente. Soltanto gli effetti gravitazionali dovuti a questa materia invisibile possono spiegare la forma osservata delle galassie e la loro disposizione in ammassi.

Le stelle sono fabbriche di elementi chimici.

Ogni stella quando nasce è fatta principalmente di idrogeno ed elio, il «combustibile nucleare» che do-

vrà bastarle per tutta la vita. La stella irradia energia perché con la fusione nucleare «brucia» l'idrogeno e l'elio, convertendoli in nuclei atomici più massicci. Così hanno origine gli elementi chimici più pesanti.

Gli elementi chimici più pesanti del ferro si formano per lo più quando le stelle esplodono.

Il processo della fusione nucleare non può produrre nuclei più massicci di quello del ferro.

Gli elementi chimici più pesanti (per esempio rame, mercurio, oro e uranio) si formano principalmente quando le stelle più grandi, morendo, implodono producendo l'immane esplosione stellare chiamata *supernova*.

Noi, così come tutto ciò che ci circonda, siamo polvere di stelle.

La tavola di Mendeleev, che ordina gli elementi chimici in base alle loro proprietà periodiche, costituisce una meravigliosa conquista della mente umana. Altrettanto meraviglioso è aver capito che quasi tutti gli elementi della tavola – con l'eccezione dell'idrogeno e dell'elio – sono stati sintetizzati dalle stelle.

Una parte di noi risale direttamente al Big Bang.

Per più della metà il nostro corpo è fatto di acqua, e ogni molecola di H₂O contiene due atomi di idrogeno, l'elemento chimico più leggero della tavola periodica di Mendeleev. Tutto l'idrogeno presente oggi nell'universo si è formato nei primi tre minuti successivi al Big Bang.

Non è un caso che il Sistema solare si sia formato miliardi di anni dopo il Big Bang.

Le prime stelle che si sono formate dopo la nascita dell'universo erano fatte praticamente soltanto dalla materia creata nel Big Bang (per l'80% idrogeno e per il 20% elio).

Generazioni successive di stelle – nel corso degli 8 miliardi di anni passati prima della formazione del Sole – hanno poi gradualmente arricchito l'universo di elementi chimici più pesanti.

E un sistema planetario come il nostro può formarsi soltanto a partire da una nube interstellare «metallica», ossia ricca di elementi pesanti.

Le stelle e i loro pianeti si formano praticamente insieme.

Quando una nube interstellare metallica dà origine a una stella, questa è circondata da un disco di polveri, residuo della nube, da cui i pianeti si formano nell'arco di pochi milioni di anni, un lasso di tempo brevissimo sulla scala degli eventi cosmici.

Gli astronomi oggi non studiano i corpi celesti soltanto a distanza, ma anche «assaggiandoli» direttamente.

L'*astronomia di contatto* si basa sull'analisi dei meteoriti, pezzi di Sistema solare che vengono a trovarci a domicilio, e sugli strumenti delle sonde che inviamo a toccare altri corpi celesti (pianeti, satelliti, asteroidi, comete) riportandone talvolta perfino qualche pezzetto a terra.

Ogni anno cadono sulla Terra parecchi quintali di sassi marziani.

Questi meteoriti, resti di antichi impatti di asteroidi o comete sulla superficie di Marte, arrivano sul nostro pianeta dopo aver vagato per lo spazio magari per milioni di anni.

Allo stesso modo molti pezzetti della Terra – residui di antiche collisioni cosmiche subite dal nostro pianeta – sono sicuramente in giro per il Sistema solare, e alcuni di essi finiscono per cadere su Marte.

Un analogo «scambio interplanetario» avviene anche con la Luna e con Venere.

Le comete raccontano la storia delle origini del Sistema solare.

I miliardi di comete che orbitano a enorme distanza dal Sole non hanno subito gli effetti del riscaldamento e del vento solare, perciò sono tuttora testimonianze incontaminate dell'epoca in cui si è formato il nostro sistema planetario.

Il loro studio *in situ* è l'obiettivo della missione europea Rosetta.

Di recente l'umanità ha «inquinato» il Sistema solare con microrganismi terrestri.

Le nostre sonde esplorative, specialmente agli inizi della ricerca spaziale, non venivano accuratamente sterilizzate prima del lancio.

Perciò schiere di batteri terrestri sono state inviate nello spazio e sui numerosi corpi celesti che le sonde hanno toccato.

Marte potrebbe ospitare, o aver ospitato in passato, forme di vita.

L'esplorazione del pianeta rosso ha dimostrato che in passato sulla sua superficie scorreva acqua liquida, e anche oggi nella tenue atmosfera di Marte è presente metano, che potrebbe avere origine dal metabolismo di organismi simili ai batteri terrestri.

Perfino nelle gelide regioni più esterne del Sistema solare ci sono ambienti potenzialmente favorevoli per la vita.

Titano, il più grande satellite di Saturno, è l'unica luna del Sistema solare ad avere una spessa atmosfera, che è ricca di molecole organiche.

Una luna di Saturno molto più piccola, Encelado, ospita forse acqua allo stato liquido.

E un oceano sotterraneo in movimento esiste probabilmente su Europa, una grande luna di Giove.

La vita è curiosamente asimmetrica sulla scala molecolare.

Molte molecole organiche possono esistere in due forme speculari tra loro, dette *levogira* e *destrogira*. In teoria le due forme dovrebbero essere ugualmente abbondanti, invece – nessuno sa perché – negli organismi terrestri non è così: negli aminoacidi predomina la forma levogira, negli zuccheri la forma destrogira.

La stessa misteriosa asimmetria è stata osservata negli aminoacidi arrivati dallo spazio esterno a bordo dei meteoriti.

Nel Sistema solare si trovano aminoacidi anche molto lontano dalla Terra.

Nel 2004 la sonda Stardust ha visitato la cometa Wild 2, ha raccolto un poco di polvere dalla sua chioma e l'ha riportata a terra. Nella polvere cometaria è stata trovata la glicina, il più semplice tra i venti aminoacidi usati dagli organismi viventi terrestri per assemblare le proteine.

Non è detto che i primi «mattoni della vita» si siano formati sulla Terra.

Sul nostro pianeta cadono ogni anno migliaia di tonnellate di materiale extraterrestre.

Molti meteoriti si sono rivelati ricchi di molecole organiche, in particolare aminoacidi, con caratteristiche chimico-fisiche identiche a quelle degli organismi viventi terrestri.

È possibile perciò che nel lontano passato i «mattoni della vita» siano arrivati sulla Terra dallo spazio: forse i marziani siamo noi.

Stiamo cercando la vita aliena anche con «intercettazioni galattiche».

Da cinquant'anni è attivo il progetto SETI (*Search for ExtraTerrestrial Intelligence*), che usa i radiotelescopi per cercare di identificare – finora senza successo – eventuali messaggi in codice inviati verso di noi da civiltà extraterrestri.

Tutti possono contribuire all'analisi dei dati, partecipando con il proprio computer al sistema di calcolo distribuito SETI@home.