

Nemesis

Giuseppe Veneziano

(Osservatorio Astronomico di Genova)

Il Sole ha una compagna? Può sembrare una domanda un po' strana, ma periodicamente viene riproposta, in base a questa o quella scoperta. Noi generalmente conosciamo il nostro Sole come una stella singola, di media grandezza, di colore giallo e mediamente distante da noi 150 milioni di chilometri (corrispondente ad una Unità Astronomica, U.A.). Subito dopo, nella scala delle distanze, viene *Proxima Centauri*, una stellina appartenente ad un sistema formato in realtà da tre astri: Alfa Centauri, Beta Centauri e Proxima Centauri. Questo sistema è posto a circa 4,3 anni-luce dal Sole (corrispondenti a 250 mila U.A.). Le tre stelle ruotano attorno ad un loro comune baricentro, per cui per alcuni periodi la stella più vicina è la Proxima, per altri periodi è invece la stella Alfa.

In questi ultimi tempi, gli sforzi congiunti di tre discipline scientifiche ben lontane tra loro, sembrerebbero fare acquistare nuova credibilità ad una vecchia idea: che anche il Sole abbia una compagna. Questa compagna, chiamata *Nemesis*, si troverebbe in un'orbita molto eccentrica con un periodo di circa 26-28 milioni di anni. Chiaramente questa è solo un'ipotesi, dal momento che finché la nuova stella non verrà effettivamente osservata non si potrà mai parlare di vera e propria scoperta. Quindi, la disquisizione che andremo ad affrontare nel seguito sull'ipotetica esistenza di Nemesis, si basa esclusivamente su dati teorici e sperimentali, ma non su dati osservativi. Affronteremo tale argomento dal punto di vista dell'astronomia, da quello della geologia dei crateri da impatto terrestri e da quello della paleontologia.

1. Nemesis: l'ipotesi astronomica.

Il Sole è una stella doppia? La domanda andrebbe forse riformulata nella seguente: quante stelle doppie o multiple ci sono nella nostra galassia? Attorno al 1980, l'astronomo americano H. A. Abt condusse uno studio statistico su numerose stelle aventi caratteristiche fisiche del tutto simili a quelle del Sole allo scopo di stabilire un limite inferiore, cioè una stima "prudente", che potesse indicare la frazione minima di stelle che risultano legate ad una o più compagne. Da tale studio è risultato che, mediamente, su 100 sistemi osservati 45 risultano singoli, 46 doppi, 8 tripli ed 1 quadruplo. Ora, se si tiene conto anche di ogni stella che compone i sistemi multipli, ci sarebbero 45 stelle singole ogni 92 stelle appartenenti a sistemi binari, ogni 24 stelle appartenenti a sistemi tripli e ogni 4 stelle appartenenti a sistemi quadrupli. Ciò vuol

dire che, statisticamente parlando, circa 3 stelle su 4 hanno una compagna. Questa stima, anche se notevolmente approssimata, è comunque estremamente significativa.

La questione non è di scarso rilievo perché ci permette di stabilire quali sono ad esempio i meccanismi che portano alla formazione di nuove stelle a partire dalle nubi molecolari o a sviluppare calcoli più precisi per verificare se un sistema planetario, come ad esempio il nostro, potrebbe sopravvivere su orbite dinamicamente stabili quando è sottoposto ai mutevoli campi gravitazionali di due o più stelle. Molti astronomi ritengono che non sia possibile avere orbite planetarie stabili in sistemi binari o multipli per tempi superiori a 3-4 miliardi di anni. Ciò spiegherebbe la ragione del perché la vita abbia trovato condizioni favorevoli sulla Terra (che orbita stabilmente attorno ad una singola stella, il Sole) e di come il fenomeno della “vita” non sia una regola nella Galassia, ma piuttosto una eccezione.

È possibile quindi che il Sole abbia una compagna? Ammesso che questa compagna ci fosse, non dovrebbe essere troppo massiccia, né troppo vicina, né troppo luminosa, né troppo calda, né troppo grande, né troppo veloce...perché altrimenti, con le attuali strumentazioni di cui disponiamo, ci saremmo già dovuti accorgere della sua presenza. Quindi man mano che il tempo passa e che gli strumenti si affinano sempre più, si affievoliscono anche le speranze di trovarla. Eppure, nonostante tutto, almeno in due occasioni l'ipotesi che Nemesis esista davvero si è riaffacciata.

Nel 1984, nel corso delle analisi preliminari dei dati raccolti dal telescopio orbitante infrarosso IRAS (acronimo di Infra-Red Astronomical Satellite), ci si è accorti dell'esistenza di un grandissimo numero di sorgenti fino ad allora sconosciute. Di queste sorgenti, molte, osservate a mesi di distanza, avevano mostrato di cambiare posizione, seppure di poco. Ciò significa che sarebbero oggetti relativamente vicine. La maggioranza sono stati identificate come asteroidi, ma tra le migliaia di queste sorgenti la cui natura è ancora dubbia potrebbe nascondersi il decimo pianeta del sistema solare (il fantomatico pianeta X) o anche una debole e relativamente fredda nana rossa che accompagna discretamente il nostro Sole nel suo viaggio siderale. Ma riprenderemo più avanti l'analisi delle probabili caratteristiche fisiche dell'ipotetica compagna della nostra stella. Analizzeremo invece per prima un'altra e più suggestiva ipotesi, quella elaborata da due gruppi di ricercatori, i quali mettono in relazione l'esistenza di Nemesis addirittura con la scomparsa repentina dalla scena planetaria dei dinosauri e dei grandi rettili, avvenuta, geologicamente parlando, circa 65 milioni di anni fa.

2. Nemesis: l'ipotesi geologica.

Negli anni a cavallo tra il 1975 ed il 1980, il fisico Luis Alvarez (premio Nobel 1968), suo figlio, il geologo Walter Alvarez, ed i loro colleghi Frank Asaro e Helen Michel dell'università della California a Berkeley, scoprirono in Italia, nella gola del Bottaccione, vicino a Gubbio, un singolare sottile strato di argilla rossa in mezzo a due strati di pietra calcarea. I due sedimenti calcarei divisi dal sottile strato scuro risultarono appartenere al periodo Cretaceo e al periodo Paleoceno. Analizzando i fossili dei foraminiferi (comunissimi microrganismi marini) si accorsero che vi era un drastico cambiamento: gli strati inferiori (corrispondenti al più antico periodo Cretaceo) erano pieni di fossili piccoli e grandi; negli strati superiori invece (corrispondenti a quelli più recenti del Paleoceno) si potevano rinvenire solo i foraminiferi più piccoli. Quelli più grandi sembravano essere stati letteralmente cancellati.

Era chiaro che, in concomitanza con il depositarsi del sottile strato scuro, gran parte della microscopica fauna marina era scomparsa. Tenendo conto che questo straterello scuro coincideva anche con il periodo dell'estinzione dei dinosauri, Luis e Walter Alvarez ed i loro collaboratori fecero un'analisi chimica dettagliata di quei sedimenti scuri.

Basandosi su misurazioni di spettroscopia nucleare, essi rilevarono che le abbondanze degli elementi chimici riscontrate nei depositi superiori ed inferiori erano simili a quelle dello strato scuro, tranne che per un elemento: l'iridio.

L'iridio è un elemento chimico appartenente al gruppo del platino, ha una densità 22 volte superiore a quella dell'acqua, ed è molto raro sulla crosta terrestre costituendone solo una parte su dieci milioni. Questa rarità va ricercata nel fatto che, essendo l'iridio un elemento pesante, la maggior parte d'esso è sprofondato verso il centro della Terra quando questa era ancora allo stato fluido. Nello strato scuro di Gubbio si riscontrò invece abbondanze di iridio da 30 a 160 volte maggiore di quella normale. In particolare, Luis Alvarez e colleghi dimostrarono che la concentrazione di iridio contenuta nella colonna stratigrafica, rimaneva praticamente costante per periodi di milioni di anni, sia prima che dopo il confine tra Cretaceo e Paleoceno, ma aumentava enormemente in un breve intervallo (meno di 30 mila anni), corrispondente alla transizione tra i due periodi geologici. Arrivarono quindi alla conclusione che il materiale contenente una così alta percentuale di iridio non poteva essere di origine terrestre, ma qualcosa doveva averlo trasportato sul nostro pianeta.

Ricerche eseguite in 36 varie località degli Stati Uniti, Haiti, Spagna, Danimarca, Nord Africa, Unione Sovietica, Nuova Zelanda e addirittura dal fondo degli oceani Atlantico e Pacifico, confermarono che il sottile strato ricco di iridio era presente un po' ovunque, il che portò a pensare che la Terra, circa 65-70 milioni di anni fa, ne era stata letteralmente avvolta, proprio nel periodo in cui non solo i grandi dinosauri e i piccoli foraminiferi si estinsero, ma addirittura il 70 per cento di tutte le specie allora viventi sul nostro pianeta.

In un primo tempo si cercò la causa nell'esplosione di una supernova, ipotesi che cadde in seguito a considerazioni di tipo chimico oltre che astronomico: la composizione dello straterello scuro di Gubbio faceva pensare a materiale di tipo planetario piuttosto che di tipo stellare. Gli unici oggetti nell'ambito del sistema solare ad avere queste caratteristiche erano gli asteroidi del gruppo Apollo-Amor, oggetti che solitamente hanno orbite che intersecano quella terrestre. La probabilità che un asteroide di questo tipo di circa 10 chilometri di diametro impatti sul nostro pianeta sono statisticamente prevedibili in media ogni 100 milioni di anni. La polvere sollevata dall'impatto avrebbe raggiunto in breve tempo gli strati alti dell'atmosfera avvolgendo la Terra in un velo scuro impenetrabile ai raggi solari. Il rapido calo della temperatura avrebbe spezzato le varie catene alimentari causando danni ed alterazioni irreversibili. L'oscurità avrebbe arrestato la fotosintesi uccidendo le piante sulla terra ed il fitoplancton negli oceani. Gli erbivori sarebbero così morti di fame ed i carnivori avrebbero seguito la stessa sorte in breve tempo. Quando la polvere si sarebbe infine depositata, dopo parecchi mesi, la maggior parte delle specie viventi si erano praticamente estinte.

La storia di questa ipotesi, però, è stata segnata da veri e propri scontri scientifici (e non solo) tra astrofisici e paleontologi. Questi ultimi infatti sono quelli che hanno sollevato i maggiori dubbi. Essi asseriscono che l'estinzione dei dinosauri non è stata repentina, ma si è protratta nel tempo per molti secoli o addirittura per migliaia di anni. Vediamo come.

3. **Nemesis: l'ipotesi paleontologica.** **Evoluzione, selezione naturale ed estinzioni biologiche.**

Charles Darwin nella sua opera "The Origin of Species" (L'origine della specie), pubblicata nel 1859, affermò che il destino più probabile per una nuova specie animale è quello di estinguersi. Sembra quindi che il fenomeno delle estinzioni sia una costante nella storia della vita. Queste in generale sono le basi dalle quali i biologi ed i paleontologi sono partiti per contrastare le ipotesi di Alvarez e colleghi.

Il fenomeno delle estinzioni percorre, secondo questi, due linee generali: la *background extinction* e l'*estinzione di massa*.

La *background extinction*, letteralmente "estinzione di sottofondo", è un fenomeno marginale ma continuo e protratto nel tempo che interessa l'estinzione di poche specie animali. Di tanto in tanto però questo fenomeno si accentua enormemente, dando luogo alle *estinzioni di massa*, durante le quali, in un tempo relativamente breve, scompaiono dalla faccia del pianeta, non solo singole specie, ma intere famiglie, ordini e classi di animali.

Secondo i paleontologi, alla fine del Cretaceo vi fu una estinzione di massa ma selettiva; scomparvero infatti interi gruppi di animali assai differenti tra loro per complessità, abitudini dietetiche ed habitat, mentre altri gruppi di animali non scomparvero affatto. Accanto ai dinosauri, per esempio, vivevano i coccodrilli e le tartarughe; i paleontologi quindi si chiedono: perché alcune specie sopravvissero mentre altre si estinsero? Questa selettività dell'estinzione costituisce uno dei principali ostacoli alle ipotesi di tipo catastrofico. Infatti: come può essere una catastrofe selettiva? Può un asteroide scegliere le proprie vittime?

Per spiegare l'anomala concentrazione di iridio nelle rocce analizzate da Alvarez e colleghi, i paleontologi avanzano l'ipotesi che questa sia stata causata da intense attività vulcaniche. Nel 1983 si è riscontrata infatti una insolita concentrazione di questo elemento dopo l'eruzione del vulcano Kilauea, nelle isole Hawaii, che tenderebbe a confermare questo fatto. Ma nonostante le intense ricerche fatte, sono poche le sezioni geologiche in grado di fornire informazioni soddisfacenti a rispondere alle molte problematiche che si presentano. Anche i paleontologi quindi non hanno un quadro completo degli avvenimenti.

Comunque, scontri a volte anche aspri hanno contrassegnato i confronti tra paleontologi e biologi da una parte, ed astronomi dall'altra. Perché questi contrasti? Il paleontologo Stephen Jay Gould ammise che l'ipotesi avanzata da Alvarez aveva aggiunto nuovo lievito allo studio dell'estinzione e dell'evoluzione, poiché poteva ridurre l'importanza della competizione fra le specie. È vero che gli astronomi non sono attualmente in grado di sviluppare la teoria *meteoritica* di Alvarez fin nei minimi dettagli, ma è probabile che studiando meglio le possibili conseguenze a lungo termine sull'ambiente terrestre di un impatto asteroidale, si possa dare una spiegazione anche al carattere selettivo dell'estinzione. L'ipotesi di Alvarez si presentò come un qualcosa al di fuori del paradigma fino ad allora accettato nelle scienze biologiche e paleontologiche; minò le basi stesse dell'evoluzione.

David Jablonski, dell'università dell'Arizona, commentando la scoperta di Alvarez sul periodico americano *Nature*, concluse che "...per molte piante e molti animali l'estinzione fu improvvisa e in qualche modo speciale. Quindi le estinzioni in massa non sono semplicemente effetti cumulativi di estinzioni graduali. Qualcosa di insolito deve essere realmente accaduto."

Quanto affermato da Jablonski vale specialmente per i grossi dinosauri: la loro scomparsa relativamente improvvisa contraddice il punto di vista comunemente accettato del lento progredire dell'evoluzione. Proprio questa potrebbe essere la ragione dell'accanimento con cui i biologi ed i paleontologi si sono lanciati contro le ipotesi di Alvarez, vedendo in esse un pericolo per le loro stesse teorie e basi scientifiche.

Comunque, il fatto che, specialmente in questi ultimi anni, scienziati di varie discipline tra cui astronomi e paleontologi si stiano impegnando spalla a spalla superando le proprie posizioni scientifiche, costituisce già un dato positivo. Infatti, è solo da una collaborazione interdisciplinare che potrà uscire qualcosa di nuovo che possa infine dare una spiegazione più concreta ad una delle pagine più arcane del nostro pianeta.

I reperti fossili registrano però altri fenomeni di estinzione di massa. L'analisi delle estinzioni avvenute negli ultimi 300 milioni di anni, indicherebbe che questi fenomeni si sono ripetuti numerose volte nella storia del nostro pianeta. Ma quello che più stupisce è che tali eventi sembrano ripetersi con una significativa ciclicità, con un periodo di circa 28 milioni di anni.

I geologi confermano che un ciclo analogo si ritrova analizzando l'età dei maggiori crateri da impatto¹ che ancora l'erosione e la tettonica non sono riusciti a cancellare dalla superficie del nostro pianeta. Tra l'altro, in un altro di questi eventi (quello tra Eocene ed Oligocene), è stata pure misurata un'anomala abbondanza di iridio.

È chiaro che una periodicità così regolare non può essere spiegata con eventi casuali

4. Nemesis: ritorno all'ipotesi astronomica.

È un dato di fatto che gli asteroidi o i nuclei di comete sono caduti effettivamente in passato sulla Terra ed è logico quindi attendersi che vi possano cadere in futuro.

Il nostro pianeta reca ancora oggi i segni di giganteschi impatti avvenuti in un lontano passato, tra questi il *Meteor Crater* in Arizona (vedi immagini) ed il *Red Crater* nell'Africa sud-occidentale.

Più recente è invece l'impatto avvenuto in Russia il 30 giugno 1908, dove un grande meteorite (alcuni ritengono che si trattasse di un piccolo nucleo cometario) si è abbattuto nella zona del fiume *Podkamennaia Tunguska*, in Siberia. Questo, frantumandosi prima di raggiungere il suolo, provocò eccezionali devastazioni in un raggio di circa 30 chilometri. In questa zona sono stati ritrovati alberi completamente calcinati e abbattuti da un'onda d'urto atmosferica estremamente potente. Le ricostruzioni in laboratorio hanno dimostrato che il bolide era esploso a 8 chilometri di altitudine. Dal suo effetto distruttivo si è calcolata l'energia sviluppata dall'impatto, stimata tra i 2 ed i 20 megatoni, vale a dire da 100 a 1000 volte l'energia della bomba atomica di Hiroshima. Ricostruendo la sua traiettoria, è stato possibile dimostrare

¹ L'età di un cratere viene stimata dalla composizione degli isotopi di elementi radioattivi nelle rocce o dal confronto della disposizione degli strati geologici nelle rocce costituenti il cratere e nelle rocce circostanti.

che il meteorite proveniva dalla direzione del Sole ad una velocità di circa 200.000 km/h e, malgrado pesasse 100.000 tonnellate, il suo diametro doveva misurare non più di 60 metri.



Nelle foto: due immagini del Meteor Crater nei pressi della località di Cañon Diablo in Arizona (U.S.A.). Il suo diametro misura 1300 metri ed è profondo circa 200 metri.

Gli impatti sopra descritti indicano che le conseguenze di un simile evento non sono di poco conto. Quali effetti potrebbe produrre sugli esseri viventi la caduta di un corpo (meteorite o cometa) di circa 10 chilometri di diametro? Questa è infatti la stima del diametro del corpo celeste che avrebbe colpito la Terra, calcolata in base alle stime della quantità di iridio rilevata da Alvarez e colleghi. Ma se è vero che il responsabile delle estinzioni di massa fu un meteorite come spiegare la ciclicità di tali eventi?

Una teoria a questo riguardo fu avanzata nel 1984 da Michael Rampino e da Robert Stothers della NASA (l'ente spaziale americano). Essa si ricollegava al moto oscillatorio del Sole rispetto al piano della galassia. Ogni 66 milioni di anni circa, la traiettoria del Sole oscilla sopra e sotto il piano galattico attraversando per due volte una zona ricca di dense nubi interstellari. Questa teoria chiama in causa anche una zona che circonda i confini del nostro sistema solare, la cosiddetta *nube di Oort* (dal nome dello scienziato che ne ha proposto l'esistenza) posta attorno al Sole ad una distanza stimata tra le 10 e le 50 mila Unità Astronomiche². In essa orbiterebbero almeno 10.000 miliardi di nuclei cometari³, la cui massa complessiva è inferiore alla massa di Giove. Ogni 33 milioni di anni, quindi, le dense nubi interstellari che il sistema solare attraversa vengono a contatto con la nube di Oort, sconvolgendo la traiettoria di numerose comete. Queste perturbazioni orbitali fanno sì che i nuclei cometari inizino un lungo viaggio verso l'interno del sistema solare e quindi anche verso il nostro pianeta. Questa teoria incontra però delle opposizioni da parte di alcuni astronomi, i quali ritengono che l'ipotesi del moto oscillatorio del Sole sia basata su dati di fatto molto aleatori. Inoltre la composizione isotopica dell'iridio dimostra che il meteorite responsabile dell'estinzione dei dinosauri apparteneva al sistema solare, escludendo così l'ipotesi che il moto del Sole nel piano galattico, possa indurre la cattura di pianetini o di altre scorie interstellari.

Un'altra ipotesi, proposta in base a ricerche effettuate indipendentemente da Marc Davis e Richard Muller (università della California a Berkeley), Piet Hut (Institute for Advanced Study,

² L'Unità Astronomica equivale a circa 150 milioni di chilometri, cioè la distanza media tra il Sole e la Terra.

³ Secondo recenti studi i nuclei delle comete sarebbero composti da rocce e detriti tenuti insieme da gas ghiacciati.

Princeton), Daniel Whitmire (University of Southwestern Louisiana), Albert Jackson (Computer Sciences Corporation), Richard Schwartz e Philip James (University of Missouri), tira in ballo la presenza di una stella compagna del Sole. Questa, di massa pari a 0,1 masse solari sarebbe posta su di un'orbita molto eccentrica che la porterebbe ad un afelio (distanza massima dal Sole) di 150 mila Unità Astronomiche e ad un perielio (distanza minima dal sole) di 30 mila Unità Astronomiche, con un periodo di circa 26 milioni di anni ed una eccentricità di 0,7. Tale eccentricità è elevata se paragonata alle orbite dei pianeti, ma non tanto da risultare statisticamente improbabile, se confrontata con l'orbita delle comete. Questa orbita, inoltre, è sufficientemente stabile da permettere la ripetizione del fenomeno con la regolarità osservata: il campo gravitazionale delle stelle vicine riuscirebbe infatti a modificare solo gradualmente il periodo ed il perielio dell'orbita. Anche in questo caso, il passaggio di quest'astro attraverso la nube di Oort porterebbe lo scompiglio tra i nuclei cometari, convogliandone, per effetto gravitazionale, un considerevole numero verso il centro del sistema solare. Ad un astro così distruttivo, non poteva essere dato che il nome della dea della distruzione: Nemesis.

Il fatto che Nemesis non sia visibile neanche con i più sofisticati strumenti, ha portato i fautori di questa teoria a stimare la sua massa in circa un decimo di quella del nostro Sole, il che la porrebbe in quella categoria di stelle note come *nane rosse* e *nane brune* di tipo spettrale M (o al massimo K), quindi una stella a bassa luminosità superficiale, che attualmente sarebbe molto lontana, nei pressi dell'afelio. Questo vuol dire che se Nemesis esiste davvero la rivedremo nei pressi del Sole solo tra circa 13-14 milioni di anni. Per allora si sarà forse già estinto (o autodistrutto) anche il genere umano?

Maggio 1996

Bibliografia

De Amici, Giovanni 1984	<i>Nemesis: una compagna per il Sole?</i>	L'Astronomia, n° 35, lug-ago
Di Cesare, Vittorio 1985	<i>Meteoriti sulla protostoria</i>	L'Astronomia, n° 48, ottobre
Lamberti, Corrado	<i>Un sole solo?</i>	Corso di Astronomia, Fabbri Ed. vol. IV, pag. 768
Piazzo, Sergio	<i>L'astronomo principiante: le meteore</i>	ARS, Ass. di Ricerca Scientifica n° 2, gennaio-aprile 1990
Veneziano, G. – Firrisi, A.	<i>Che fine hanno fatto i dinosauri? (1)</i>	ARS, Ass. di Ricerca Scientifica n° 3, maggio-agosto 1990
Veneziano, G. – Firrisi, A.	<i>Che fine hanno fatto i dinosauri? (2)</i>	ARS, Ass. di Ricerca Scientifica n° 4, settembre-dicembre 1990