



Origine del sistema solare Teoria della Supernova

(di Stefano Novelli)

Indice

1. Premessa.....	2
2. La teoria della Supernova.....	2
3. Prove sperimentali.....	2
4. Isotopi nel sistema solare	2
5. Isotopi di Ossigeno nel sistema solare	3
6. Isotopi alieni al sistema solare	3
6.1. Isotopi alieni nelle Comete	3
6.2. Isotopi alieni nelle Meteoriti.....	4
6.3. La prova di Isotopi alieni sul Meteorite di Allende	4
7. Bibliografia e info. documento	5



1. Premessa

Una supernova può aver determinato l'inizio della condensazione della protonube primordiale che ha generato il sistema solare. A dimostrazione di questa teoria, prove della presenza di materiale alieno al sistema solare sono state trovate all'interno di meteoriti cadute sulla terra.

2. La teoria della Supernova

Secondo una delle numerose teorie, il sistema solare si sarebbe formato \cong 4.6 miliardi di anni fa in seguito all'esplosione di una supernova relativamente vicina ad una protonube molecolare gigante preesistente che, in seguito al collasso che ne è derivato, si è frantumata in tanti globuli (nuclei densi), da ognuno dei quali può essersi formata una stella con un proprio sistema planetario. Da uno di questi nuclei densi in continua contrazione, si è formato il sole con tutto il sistema dei pianeti. L'inizio della condensazione del materiale protoplanetario sarebbe stata indotta dall'onda d'urto generata dall'esplosione della supernova, dall'impatto con la nube. Il materiale del futuro sistema solare planetario proveniva in realtà da più supernove ed ognuna di esse ha contribuito con la propria componente di materia alla sua genesi: le varie stelle esplose hanno quindi apportato ognuna elementi diversi dall'altra in modo che la protonube è il risultato della somma delle singole iniezioni di materia prodotte da ogni stella esplosa. Ciò ha prodotto nel tempo un rimescolamento generale di tutta la massa, generando al contempo la dimensione finale e la composizione chimica media della protonube.

3. Prove sperimentali

Alcune prove sperimentali che alimentano la teoria della supernova provengono dallo studio di alcune meteoriti che sono cadute sulla terra e in particolare dall'analisi quali-quantitativa di alcuni isotopi (stabili e non soggetti al decadimento radioattivo) presenti in esse. Gli isotopi sono in realtà gli stessi elementi chimici che compongono la materia: hanno tutti lo stesso numero atomico, cioè lo stesso numero di protoni e di elettroni (in questo senso essi definiscono lo stesso elemento chimico e quindi caratteristiche chimiche abbastanza simili tra loro) ma presentano un diverso numero di neutroni nel nucleo e perciò si distinguono l'uno dall'altro per la loro massa atomica che è la somma dei protoni e dei neutroni del nucleo: così per esempio l'idrogeno che noi conosciamo è in realtà un insieme di 3 tipi di idrogeno cioè di 3 isotopi: il primo (idrogeno atomico) è formato da un protone, un elettrone e 0 neutroni (H1), il secondo (deuterio o idrogeno pesante) ha un protone, un elettrone e 1 neutrone (H2), il terzo (trizio) ha un protone, un elettrone e 2 neutroni (H3): tutti e tre i tipi di idrogeno hanno numero atomico 1 mentre il primo ha massa 1, il secondo 2 e il terzo 3.

4. Isotopi nel sistema solare

Gli studi condotti sulla terra su alcuni elementi, mostrano che le abbondanze relative degli isotopi stabili, al decadimento radioattivo, si mantengono costanti nel tempo con un notevole grado di precisione. Per esempio l'Ossigeno (8 protoni e 8 elettroni) ha 3 isotopi stabili, O_{16} , O_{17} , O_{18} i quali si distinguono per avere il primo 8, il secondo 9 e il terzo 10 neutroni: in questo senso la quantità totale di ossigeno terrestre è costituita per il 99,756% da O_{16} , per il 0,039% da O_{17} e per lo 0,205 % da O_{18} : questi rapporti si mantengono costanti sia che si consideri l'ossigeno atmosferico, che quello presente nell'acqua di mare, che nelle rocce ignee o sedimentarie. Naturalmente la quantità totale di ossigeno è diversa nelle diverse zone (per esempio $1m^3$ di aria contiene una quantità di ossigeno ovviamente diversa da quella presente in $1m^3$ di roccia) tuttavia l'ossigeno presente in $1m^3$ di aria e quello presente in $1m^3$ di roccia sono entrambi composti per il 99,756% da O_{16} , per il



0,039% da O_{17} e per il 0,205% da O_{18} . Questa costanza di abbondanze relative dipende dal fatto che questi isotopi stabili non subiscono un decadimento radioattivo né partecipano a reazioni nucleari per cui non si trasformano facilmente in altri elementi. Essendo inoltre chimicamente simili l'uno all'altro entrano indifferentemente in qualsiasi reazione chimica per cui le loro abbondanze relative all'interno dei pianeti solo raramente presentano leggere variazioni rispetto alla media del sistema solare.

5. Isotopi di Ossigeno nel sistema solare

Analisi di abbondanze isotopiche relative, eseguite contando gli isotopi dell'ossigeno, sono stati fatti anche sulle rocce lunari tramite le missioni Apollo ed hanno dimostrato che anche sulla luna vi sono per l'ossigeno, così come per altri elementi, gli stessi identici rapporti di quantità osservati sulla terra. In effetti la teoria più diffusa sull'origine del sistema solare ci fa ritenere che si osserverebbero probabilmente gli stessi rapporti isotopici, se fosse possibile esaminare materiali provenienti da qualsiasi altro pianeta del sistema solare. E' vero che gli studi condotti sui materiali lunari delle missioni Apollo non possono costituire in questo senso una conferma dal momento che studi recenti suggeriscono che la luna e la terra probabilmente si sono formate in seguito all'urto di 2 oggetti e alla loro conseguente fusione, ma è altrettanto vero che tutti i pianeti derivano dalla stessa protonube che, al momento della sua formazione, poco prima del collasso, ha rimescolato completamente le varie componenti di materia prodotte dalle singole supernove generando una composizione isotopica media ed omogenea.

6. Isotopi alieni al sistema solare

A causa del rimescolamento avvenuto all'interno della protonube, individuare la presenza di materiale alieno al sistema solare (come prova del risultato dell'esplosione di una supernova) all'interno dei pianeti è molto difficile; anche se non vi fosse stato il tempo per omogeneizzare la composizione e per esempio la supernova fosse esplosa nel luogo dove si è formata la terra, una anomalia nella composizione isotopica, avrebbe avuto tutto il tempo necessario per entrare negli infiniti cicli chimici dell'atmosfera, delle rocce, delle acque..... in modo da diluirsi sino ad un punto tale da non poter più essere evidenziata. Pertanto le prove alla teoria della supernova, e quindi degli isotopi alieni, dovrebbero essere ricercate con più successo, in quelle zone del sistema solare, che nel corso dei miliardi di anni, sono state sottoposte a relativi scarsi processi chimico-fisici, così da non cancellare, anzi, quasi congelare quella anomalia. Se si trovasse tale materiale anomalo, che evidenzia una % dell'abbondanza dei vari isotopi relativi significativamente diversa rispetto alle medie del sistema, tale materiale sarebbe alieno al sistema e non avrebbe fatto in tempo a rimescolarsi con esso.

6.1. Isotopi alieni nelle Comete

Uno dei candidati a mantenere inalterate le caratteristiche iniziali della composizione origine del sistema solare, possono essere le Comete. Questi corpi potrebbero essere un luogo importante per contenere isotopi primordiali poiché sono oggetti relativamente piccoli e isolati che, nel corso del tempo, non dovrebbero aver subito significativi processi chimico-fisici. Il problema delle comete è che sono (per lo meno sino ad ora) difficilmente raggiungibili.



6.2. *Isotopi alieni nelle Meteoriti*

Le meteoriti sono uno dei candidati ideali a mantenere inalterate le caratteristiche iniziali della composizione origine del sistema solare. Sono relativamente facili da recepire e studiare, e di continuo investono la terra. Costituiscono il materiale primitivo e poiché non raggiungono mai grandi dimensioni e sono molto isolate, non dovrebbero essersi avviati cicli chimici significativi e perciò, non determinando grande rimescolamento di materia, dovrebbero aver mantenuto costanti nel tempo le eventuali anomalie delle abbondanze relative dei vari isotopi primordiali presenti in esse. L'ossigeno è un elemento abbastanza comune e i rapporti isotopici (O_{16} , O_{17} e O_{18}) sono stati determinati regolarmente in un gran numero di materiali provenienti dal sistema solare. Tutte le misurazioni precedenti al meteorite di Allende concordano con l'ipotesi di una protonube solare completamente omogenea, cioè con il fatto che in tutto il sistema solare i rapporti isotopici degli elementi (non radioattivi) si sono mantenuti sufficientemente costanti.

6.3. *La prova di Isotopi alieni sul Meteorite di Allende*

Una anomalia negli isotopi dell'ossigeno fu riscontrata nel 1973 nel meteorite di Allende che cadde nel 1969 presso il villaggio di Pueblito de Allende nel Messico settentrionale. In particolare, nel materiale di Allende, si trovò che mentre il rapporto tra O_{17} e O_{18} non risultava modificato rispetto alla media del sistema solare, la quantità di O_{16} era più elevata, come se il meteorite avesse congelato al suo interno una quota parte di O_{16} aliena al sistema: in alcuni campioni la componente di O_{16} in eccesso arrivava al 5% del totale dell'ossigeno. L'aggiunta di questo 5% cambiava il rapporto isotopico solo di poco: dal 99,756% di O_{16} al 99,768%. Ciononostante il valore della quantità di O_{16} è in generale talmente costante da far ritenere significativa quella piccola differenza. Nella protonube, l'ossigeno in eccesso deve aver provocato delle disomogeneità, che però si sarebbero presto ridistribuite e rimescolate col resto della nube sino ad annullarsi, qualora l' O_{16} fosse stato presente sotto forma di gas. Più probabilmente l'ossigeno anomalo entrò perciò a far parte di qualche combinazione chimica all'interno di granuli solidi.

Per l'origine di questi granuli si possono fare 2 ipotesi:

A) potrebbero essere granuli primordiali, ovvero formati in tempi molto remoti dell'evoluzione della galassia. In questo caso la composizione dei granuli interstellari, cioè della polvere, dovrebbe essere diversa da quella del gas interstellare, ma tale differenza non sarebbe stata mai osservata nei corpi del sistema solare poiché all'interno di questo, sia i granuli sia il gas, avrebbero avuto tutto il tempo per rimescolarsi completamente.

B) è più probabile che questi granuli si siano aggiunti al momento della formazione del sistema solare (supernova) in modo da non avere avuto il tempo sufficiente per rimescolarsi con tutto il resto del sistema e che si siano inseriti all'interno delle prime meteoriti che si sono formate solo qualche milione d'anni dall'inizio della condensazione del nucleo denso protoplanetario (collasso della nube che forma il sistema solare) ed all'interno di queste (meteoriti) come "congelati". Nei pianeti questi granuli si sarebbero invece disgregati e ricombinati nel corso dei miliardi di anni.

Al momento, l'ipotesi B appare quella più ragionevole. Molto importante da non sottovalutare è che le analisi eseguite con gli isotopi stabili dell'Ossigeno non ci consentono di stabilire l'epoca, cioè quando i granuli in questione si sarebbero "congelati" all'interno delle prime meteoriti. In questo senso i risultati ottenuti con lo studio degli isotopi stabili dell'ossigeno rappresentano una prova attendibile solo della presenza di materiale alieno all'interno del sistema solare.



7. *Bibliografia e info. documento*

Revisione documento:

Rev. 01 del 15/09/2005

Bibliografia:

[1] **Le Scienze**, n.124, Dicembre 1978

[2] **Orione**, Maggio 2005.

[3] **"Fisica delle stelle"**, S.A. Kaplan Ed. Sansoni

[4] **"Astrofisica Stellare"**, di Vittorio Castellani Ed. Zanichelli

Autore articolo:

Stefano Novelli

Revisore Scientifico:

Leonardo Malentacchi