

# **ASTROCHIMICA E VITA, UN' IPOTESI MODULARE**

Accademia Pontaniana, Napoli  
Nota del socio ord. non res. Bruno J.R.Nicolaus [1,2]  
30 Giugno 2005

## **PREFAZIONE**

La materia dell'Universo è costituita da elementi chimici, la cui sintesi stellare viene interpretata come processo antientropico, realizzatosi a spese del forte incremento di entropia cosmica derivante dall'irraggiamento stellare.

Viene prospettato e dibattuto che la chimica del carbonio, principale costituente degli organismi viventi, sia iniziata nelle stelle carbonacee con la formazione di vari radicali metinici ed idrocarburi tra cui l'acetilene. Grazie alla sua grande reattività, quest'ultima si sarebbe presto trasformata secondo uno schema modulare in polimeri lineari, ciclici ed eterociclici, eruttati successivamente nelle nebulose interstellari. A questi materiali, tra i più diffusi dello spazio, vengono attribuite alcune funzioni chiave, quale quella di accumulatori di energia chimica e di serbatoi spaziali di carbonio, idrogeno e azoto. Da questi si ricavano nei grani interstellari per foto scissione e combinazione varie molecole biogene, che potrebbero aver contribuito alla nascita della vita sulla Terra. Quest'ultima e decisiva fase viene interpretata come fenomeno spazio - planetario seppure fondamentalmente terrestre ed è caratterizzata da un'ulteriore tendenza alla riduzione dell'entropia locale, alimentata dall'incremento di entropia dell'ambiente planetario e dall'irraggiamento solare.

Questa straordinaria avventura, dal *Big Bang* fino al cervello e alla mente umana, attraverso i meandri, i misteri, le tante ipotesi e teorie dell'astrochimica, mette in evidenza l'eccezionalità del fenomeno < vita > nell'economia generale dell'universo ed il prodigio della < coscienza > nell'economia della stessa vita.

Viene dibattuto infine, come la materia vivente tenda alla massima diffusione possibile, salvaguardando il proprio genoma tramite un complesso sistema digitale e come la nascita in tempi così brevi di questa pluralità di organismi complessi, riduca la casualità dell'evoluzione a favore di esiti coordinati e coerenti. All'incremento generale di entropia del cosmo, la vita e la coscienza dell'uomo contrappongono una costante evoluzione verso organizzazione ed informazione: ciò che va perso dalla materia a livello cosmico si ritrova concentrato nel cervello dell'uomo, quale mirabile immagine virtuale e rovesciata di ciò che ci circonda.

## **INTRODUZIONE**

Seppur difficile da immaginare e definire esattamente come e quando, ad un certo momento, gli ominidi si evolsero dalla vita puramente vegetativa del mondo animale, acquisirono coscienza del mondo circostante e di se stessi, cominciarono ad osservare con crescente attenzione i fenomeni della natura e i loro collegamenti. Non c'è dubbio che fu il firmamento brulicante di stelle splendenti nelle limpide notti a stimolare tra i primi misteri la sua innata curiosità. Alternando osservazione ad adorazione e meditazione, l'uomo iniziò a mettere in relazione alcuni aspetti del clima, come precipitazioni, temperature ed il gioco delle maree, col movimento delle costellazioni e l'avvicendamento delle fasi lunari. Nonostante strumentazione carente e modeste conoscenze, nascevano così su basi del tutto empiriche astrologia e astronomia, da annoverare tra le prime invenzioni dell'uomo. Queste discipline, basate sull'osservazione della natura, nacquero molto prima di Galileo e del suo metodo sperimentale e raggiunsero ammirevoli livelli presso popoli tra loro indipendenti e distanti, quali i Sumeri, gli Assiro-Babilonesi, gli Egizi, i Greci, i Maya, gli Aztechi, gli Incas, i Cinesi, gli Indiani, gli Arabi, ecc. L'ubiquità del fenomeno e la similarità di

risultati e conclusioni indicano come il pensiero scientifico segua nel suo sviluppo globale un modello unitario, determinato dalla natura e struttura mentale, secondo modi e maniere indipendenti dalla latitudine e dalle culture.

Dall'astronomia si sviluppò la cosmologia, che prospettava problemi di più ampio respiro, come struttura e futuro dell'intero universo. Superato l'approccio iniziale speculativo, la cosmologia si è quindi evoluta in scienza empirica, grazie a nuove tecnologie dei mezzi di osservazione, come telescopi ad ampio spettro, radioastronomia e spettroscopia [3]. Astro-chimica ed astro-fisica studiano oggi la composizione ed evoluzione dell'universo a grande scala, partendo dal presupposto che le leggi chimiche e fisiche, stabilite sperimentalmente sulla terra, abbiano validità universale oggi, come miliardi di anni fa, a miliardi di anni luce di distanza. Si tende perciò a costruire sulla base di queste ipotesi un modello, il quale confermi l'universalità delle scienze fisiche a posteriori e su base obiettiva. Questo modello giocoforza causale è solo parzialmente consistente per ora, costringendoci a navigare tuttora nel mare profondo delle ipotesi e facendo prevedere che questa situazione perduri ancora per molto.

Al tradizionale modello geocentrico, secondo il quale è l'attività vulcanica la fucina dove si è sviluppata, dai primordi fino alle molecole biologiche, tutta la chimica terrestre oggi emerge e si affianca una visione cosmocentrica, secondo la quale molti di questi processi chimici sarebbero avvenuti ed avverrebbero tuttora nelle profondità dello spazio che ci circonda.

## LA FUCINA SPAZIALE

< C'era una volta, circa 14 miliardi di anni fa, una pallina terribilmente densa e incandescente il cui grande scoppio avrebbe dato origine al nostro universo, con i suoi ammassi e le sue galassie, con stelle solari e pianeti; e su almeno uno di questi ultimi sarebbe un giorno comparsa la vita >. Così descriveva succintamente Giulio Giorello origini di vita e universo e teoria del *Big Bang* [4].

Seppure osteggiata da molti, questa teoria forma una valida base sulla quale sviluppare nuove ipotesi sulla vita e le sue origini. L'esplosione interessò simultaneamente spazio e tempo e segnò l'inizio di tutte le realtà fisiche. Attraverso un progressivo processo di espansione e raffreddamento, la temperatura iniziale di vari milioni di gradi scese ai 2,7°K di oggi. Nei primi istanti, dalla radiazione si formarono le particelle elementari come quark ed elettroni liberi i quali bloccavano il passaggio dei fotoni: l'universo non era perciò trasparente e sarebbe sembrato totalmente buio ad un ipotetico osservatore esterno. Poco dopo, alla fine dei primi tre minuti, la temperatura, scesa a meno di 3000°K, permetteva la formazione di atomi di idrogeno, per combinazione di protoni ed elettroni, passando così dall'era dell'energia pura a quella della materia. Sulla base di vari dati, oggi si ritiene che in tutte le stelle avvengano ininterrottamente processi di fusione nucleare con conversione di idrogeno in elio ed emissione di energia radiante. L'energia di fusione può alimentare una stella per miliardi di anni in mirabile equilibrio tra forza di gravità e pressione di radiazione. Quando la temperatura della stella è sufficientemente alta, i nuclei di elio si fondono ulteriormente, formando prima carbonio e poi ossigeno, azoto, neon ed altri elementi leggeri. Per motivi termodinamici, la catena delle reazioni nucleari spontanee si conclude nelle stelle con la formazione del ferro [5], mentre nelle supernovae, dove vengono liberate in forma esplosiva enormi quantità di energia, si formano elementi chimici più pesanti, come l'oro, il piombo, l'uranio, ecc. Tutti questi, dai più leggeri ai più

pesanti, verranno quindi proiettati nello spazio dalle esplosioni delle supernovae, dove si mescoleranno ai detriti di altre generazioni di stelle più vecchie [6].

E' evidente che questo 2% di materia presente nel cosmo e la stabilità del sole, in grado di bruciare con continuità e quasi senza alterazioni per miliardi di anni, hanno rappresentato due fattori essenziali per la nascita della vita.

Tale 2% di materia ha fornito gli elementi e le molecole necessarie all'assemblaggio dei mattoni della vita fino ai primi organismi mono- e pluricellulari [7], mentre il sole ha elargito l'energia per alimentare questa cascata di reazioni, che abbisognano di un apporto di energia esterna per poter evolvere. L'energia necessaria per formare o scindere un legame chimico è modesta, ammonta a solo 1 elettronvolt ( eV ) per atomo od elettrone. I fotoni che ci giungono dal sole posseggono proprio un'energia di quest'ordine di grandezza, essendo così in grado di innescare e condurre in porto tutte le reazioni chimiche proprie dell' assemblaggio vitale, come ad esempio la fotosintesi [8]. Il numero di fotoni presenti nell'universo (da 100 milioni a 20 miliardi per ogni particella nucleare) è in grado di produrre qualsivoglia reazione chimica. L'organizzazione della materia inanimata in materia vivente è un processo complesso, il quale procede attraverso reazioni concatenate, passando da composti semplici a quelli più complessi (teoria degli ipercicli di Eigen ).

Per realizzare la formazione o la scissione di un legame chimico è necessario che vengano soddisfatte alcune condizioni essenziali, come affinità concentrazione e temperatura. Ciò significa che due composti reagiranno tra loro se avranno un'affinità reciproca adeguata e se temperatura (energia di attivazione) e concentrazione (cinetica) saranno sufficienti a garantire l'innesco ed il mantenimento della reazione [9].

L'essere ed il divenire della materia obbediscono a leggi chimiche e più si sale sulla scala della complessità, maggiori saranno i vincoli da rispettare e minori i gradi di libertà a disposizione.

La materia vivente è composta da quattro elementi principali: carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto. Tra questi, il primo riveste tale importanza, da potersi affermare a ragione che **la chimica della vita terrestre è la chimica del carbonio**.

Tra gli altri possibili elementi, candidati a svolgere questo ruolo ( p.e. il silicio), il carbonio è stato avvantaggiato dalle proprietà chimico fisiche di alcuni derivati:

Per ossidazione del carbonio si ottiene anidride carbonica (  $C + O_2 \rightarrow CO_2$  ) una sostanza gassosa solubile in acqua, facilmente riciclabile e che gioca un ruolo basilare nella fotosintesi delle piante e quindi in tutti i processi vitali, i quali hanno la caratteristica di essere sistemi in equilibrio dinamico.

Da un altro elemento che mostra molte analogie chimiche col carbonio, il silicio, si ottiene per ossidazione biossido di silicio (  $Si + O_2 \rightarrow SiO_2$  ) il minerale più diffuso sulla terra, ben noto nella sua forma cristallina come quarzo. Il biossido di silicio è solido, insolubile, inerte e non facilmente riciclabile. Questa differenza di proprietà chimico fisiche rappresenta verosimilmente il motivo principale per il quale la materia vivente terrestre è composta da carbonio e non da silicio.

Il metabolismo della materia vivente conduce a tre prodotti finali: anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), acqua (H<sub>2</sub>O) ed ammoniaca (NH<sub>3</sub>). In condizioni standard, il primo e l'ultimo sono gassosi, mentre l'acqua è liquida ma evapora con facilità: i tre prodotti possono quindi mescolarsi facilmente nell'atmosfera, facilitando il proprio riciclo su tutto il pianeta. E' questa possibilità di riciclo facile e dinamico a condizionare, in ultima analisi, l'esistenza della vita terrestre.

Sulla base delle attuali conoscenze, nulla possiamo dire invece sulla eventualità che una vita analoga o paragonabile chimicamente a quella terrestre, si sia sviluppata in passato o si svilupperà in futuro anche altrove, nell'universo. Secondo una intuizione antropocentrica, la quale ha profondamente influenzato il pensiero dell'uomo, la culla della vita rimane la Terra. Ad oggi, non si può provare su base obbiettiva il contrario, anche se aumenta di giorno in giorno l'evidenza della presenza nello spazio di strutture chimiche, identiche a quelle della materia vivente. Da qui, nasce affascinante l'ipotesi che lo spazio sia, se non della vita la culla, almeno la fucina di quei mattoni, dai quali prima o poi si è evoluta la materia vivente terrestre.

## **FRUTTI DEL CASO**

Angosciato dai mille pericoli di un ambiente ostile, l'uomo ha sempre cercato protezione e sicurezza, fino ad inventarsi un universo fatto a propria misura. Da Tolomeo e da altri antichi avevamo ereditato un quadro rassicurante con la terra al centro ferma e tranquilla, baciata dal sole, accarezzata dalla luna, sorvegliata e quasi protetta dagli altri pianeti; l'uomo affidato ad una divina Provvidenza benigna fino all'estremo giudizio.

Copernico Galileo e Newton, ci hanno brutalmente risvegliati da questo sogno idilliaco, durato millenni. Di colpo, ci siamo ritrovati su una terra piroettante attorno al sole e con esso in fuga per l'universo, in balia di buchi neri, raggi cosmici, asteroidi e comete [10]. Oggi sappiamo o pensiamo di sapere, che l'universo tende alla massima dispersione ed al livellamento termico o congelamento e che è frutto improvviso di una catastrofe immane, dal nome sinistro, il *Big Bang*. Al di là della nostra galassia, che avevamo scambiato per espressione immutevole dell'ordine eterno, si susseguono apocalittici drammi sconosciuti agli antichi: collisioni di astri e comete, esplosioni, nascita e morte di stelle e pianeti, scontri tra gigantesche galassie, annichilimento di energia e materia. Il sole e le stelle, la cui luce amica guidò per secoli fiduciosi naviganti e viandanti, non sono che bombe, bombe all'idrogeno alimentate da reazioni nucleari frenetiche, eppure predestinate a spegnersi tutte, prima o poi. L'inconscia paura di un seppur ipotetico giudizio universale ha ceduto il passo alla razionale certezza di una inevitabile fine:

Fine del mondo, fine dell'ego, fine del tutto.

L'universo una volta tutt'ordine e pace, ci appare ora in preda a gigantesche manifestazioni nucleari. L'azzurro del cielo, sede dell'Olimpo e dei nostri ideali di perfezione più alti, è teatro di novae e supernovae minacciose, di radiazioni mortali, di venti stellari, di bombardamenti incessanti da parte di particelle letali.

Dagli spazi interstellari ci giungono lampi di luce più o meno visibile, attraverso dense nubi formate da gas e spazzatura cosmica. In queste nubi, che prima o poi collasseranno in stelle e pianeti, nascono alla rinfusa composti chimici inanimati, molecole organiche semplici, ma anche complesse. Sono questi i mattoni dai quali probabilmente si formeranno sulla terra carboidrati, lipidi, proteine e le tante macromolecole, successivamente assemblate in cellule ed organismi viventi [11].

Nessuno può affermarlo con assoluta certezza, anche se questa visione costruita su intuizioni, dati sperimentali e tanta fantasia, appaia viepiù accattivante.

Ci venne insegnato, che l'uomo era stato creato nell'ambito di un grande progetto celeste, a sembianza di Dio. Ora scopriamo di essere un semplice frutto del caso: si dice che alcuni milioni di anni fa un meteorite gigante sia caduto sulla terra offuscando il sole e provocando buio e gelo profondi, o che una supernova sia esplosa tanto vicino, da bruciare il pianeta con radiazioni letali. Il cataclisma, sempre si dice, condannò a morte dinosauri e gran parte delle specie viventi, mentre avrebbe creato una nicchia più adatta ai mammiferi. Da questa e dal caso perciò, gli ominidi presero l'abbrivio e da loro l'*Homo Sapiens*.

## LO SPAZIO INTERSTELLARE, SCRIGNO OSCURO DELLA VITA

<Un universo popolato da un numero infinito di soli, intorno ai quali ruotano tanti pianeti, popolati da creature, dotate di intelletto non differente da quello umano. Una così sterminata vastità del cosmo finirà per cancellare non solo la centralità della terra, ma anche quella dell'uomo...>Giordano Bruno, 1548-1600

Lo spazio non è vuoto come si credeva una volta, ma contiene materia, distribuita tra stelle, pianeti, nebulose e galassie. Gran parte di questa materia, composta da idrogeno (70%) ed elio (28%) allo stato gassoso, formatasi a seguito del *Big Bang*, riempie lo spazio in modo uniforme. Solo una minima parte (2%), costituita da polvere cosmica è distribuita alla rinfusa nello spazio interstellare oppure in modo aggregato tra comete, meteoriti, asteroidi e pianeti. La polvere cosmica (ISM, inter stellar medium) è formata da cenere, eruttata nello spazio da stelle morte da tempo: è da questa cenere che sono nate e nasceranno nuove generazioni di stelle e pianeti [12]. Nello spazio sono stati identificati vari elementi come ossigeno, carbonio, azoto, nichelio, zolfo, silicio, alluminio, ferro oltre ad un centinaio di molecole organiche semplici e complesse (**PAH** da *Policyclic Aromatic Hydrocarbons* ).

E' opinione corrente di vari scienziati, che gran parte di questi derivati del carbonio si sia formata nei grani interstellari, tramite complesse reazioni chimiche di foto scissione e foto sintesi. Il carbonio e l'idrogeno deriverebbero da fotolisi dei PAH, l'ossigeno dalla foto demolizione di acqua ghiacciata, l'azoto per foto scissione di ammoniaca, pure presente nei grani in forma ghiacciata. Seguendo questa ipotesi, le molecole chiave per la sintesi della materia vivente verrebbero sintetizzati nello spazio dai PAH, i quali sono a loro volta composti da carbonio ed idrogeno, concatenati in strutture esagonali policicliche. Secondo questa tesi, avvalorata peraltro dalla identificazione spettroscopica dei PAH nello spazio [13] e da simulazioni eseguite in laboratori terrestri [14], invece della terra sarebbe lo spazio il laboratorio nel quale fu sintetizzata almeno una parte o gran parte delle molecole necessarie alla formazione della materia vivente. Partendo da questi presupposti, per spiegare come si possa arrivare alle strutture più complesse, è stato ipotizzato un processo sequenziale [2], riconducibile a otto stadi modulari principali, dei quali i primi sei avverrebbero nello spazio (1-6) e gli ultimi due sul nostro pianeta (7-8): :

0. Formazione di idrogeno ed elio a seguito del *Big Bang*;

1. Nucleosintesi stellare di carbonio, ossigeno, azoto ed altri elementi leggeri;

2. Susseguente sintesi stellare, di idrocarburi aromatici formati da carbonio ed idrogeno (tra cui i PAH), di acqua formata da idrogeno ed ossigeno (H<sub>2</sub>O) e di ammoniaca formata da azoto ed idrogeno (NH<sub>3</sub>);

3. Espulsione di queste sostanze nello spazio cosmico;

4. Foto scissione in piccoli frammenti dei PAH, nei grani interstellari;

5. Fotosintesi di molecole organiche molto reattive da questi frammenti, acqua ed ammoniaca, nei grani interstellari;

6. Eventuale trasferimento sulla terra di queste molecole organiche semplici e loro derivati più complessi, tramite comete, asteroidi e meteoriti;

7. Sintesi terrestre di bio-monomeri e polimeri dalle molecole organiche di origine cosmica e/o terrestre

8. Assemblaggio evolutivo di queste strutture chimiche in materia vivente.

Secondo questo schema, la sintesi di molti composti chimici di base avviene nello spazio interstellare, in accordo con quanto determinato per via spettroscopica, mentre la fase di assemblaggio in materia vivente resterebbe retaggio del nostro pianeta. A prima vista, questo iter sembra razionale e del tutto accettabile, ma ad un esame più approfondito emergono aspetti tutt'altro che trascurabili e tali da mettere in forse tutto il processo, la cui attuazione richiederebbe comunque tempi astronomici. Vale quindi la pena di soffermarsi su alcuni di questi punti:

- La temperatura dei grani interstellari varia secondo la loro ubicazione. Quelli vicini a stelle attive raggiungono temperature di migliaia di gradi, quelli lontani temperature vicine allo zero assoluto. La temperatura rappresenta un parametro critico per la velocità di ogni reazione chimica e per la stabilità dei composti coinvolti. A temperatura molto elevata ogni legame tende a scindersi ed ogni molecola a dissociarsi. Sulla superficie dei grani più caldi verrebbero preferite allora reazioni veloci in fase gassosa, in quelli più freddi reazioni lente in fase solida.
- L'esposizione a fonti di energia radiante è fondamentale per le reazioni foto-chimiche. Nelle nebulose vi sono zone più o meno esposte alle radiazioni cosmiche, o più o meno schermate, e quindi zone adatte e zone non adatte a reazioni di foto-scissione e foto-sintesi.
- La concentrazione dei reagenti nei grani è talmente bassa, da rendere irrilevanti le probabilità di incontro simultaneo ed efficace tra due, tre o più molecole. Non è facile immaginare, come si possano formare, in queste condizioni, molecole semplici o addirittura complesse, la maggior parte delle quali contiene due, tre o quattro elementi (carbonio, idrogeno, ossigeno ed azoto).

Queste problematiche cinetiche e di altra natura stendono un'insostenibile velo d'incertezza sull'ipotesi ampiamente sostenuta, che i PAH spaziali siano i prodotti chiave, da cui derivano le altre molecole organiche terrestri, tra cui quelle biologiche. Sembra più verosimile, che parte delle molecole organiche semplici come acido cianidrico, acetilene, etilene, ecc. derivino da sintesi prevalentemente stellare, invece che da foto-scissione dei PAH nei grani.

## **UN'IPOTESI MODULARE**

Oggi sappiamo che nello spazio c'è materia e che molte delle molecole identificate si trovano sulla terra, che le nebulose sono grosse discariche nere di spazzatura cosmica, giganteschi cumuli di cenere, dai quali nasceranno nuove stelle e pianeti e che la vita e noi stessi siamo fatti perciò di cenere e polvere di stelle.

Nelle stelle carbonacee, dall'idrogeno si può formare per nucleosintesi il carbonio. Se non sopravvengono altre reazioni, il carbonio viene eruttato tal quale nello spazio intrastellare, dove è stato in effetti identificato nelle sue quattro forme principali (fuliggine, grafite, diamante, fullereni). Considerata la gran quantità di idrogeno

presente e la temperatura elevata, parte del carbonio reagirà con l' idrogeno dando luogo a radicali ed idrocarburi semplici insaturi altamente reattivi (radicale metinico, metilenico, metilico, acetilene, etilene, ecc.). Questi composti tenderanno a stabilizzarsi reagendo o con se stessi per dimerizzazione e polimerizzazione o con altri composti affini, dando così inizio ad un numero sterminato di molecole organiche semplici e complesse, sostanzialmente derivate dall' acetilene e dai radicali metinico e metilenico [2].

I PAH sono composti binari a base di carbonio ed idrogeno, concatenati in anelli esagonali e possono essere considerati dei polimeri, formati nelle stelle giganti da acetilene e derivati. Sulla terra essi si ritrovano nei catrami della distillazione di carbone e petrolio [15] e sono facilmente sintetizzabili in laboratorio per combustione di acetilene [16].

L'acetilene presente nello spazio, si può preparare in laboratorio da idrogeno e carbone ad alta temperatura. Si tratta di un composto molto reattivo, formato da due soli atomi di carbonio ed idrogeno ( $C_2H_2$ ), che tende a reagire con se stessa in un processo chiamato polimerizzazione, dando luogo a strutture più stabili, tra le quali vale la pena di citare il Nero di Acetilene, un pigmento organico ottimo conduttore dell' elettricità. In precedenti lavori, abbiamo ipotizzato l'esistenza di questo pigmento nero nelle nubi interstellari, dove potrebbe giocare un ruolo di rilievo nel trasferimento di cariche elettriche, contribuendo a causarne il colore scuro. Esso rappresenta, nell'ambito dell'ipotesi modulare, un < magazzino spaziale > di carbonio, dal quale è possibile ricavare per fotolisi e fotosintesi frammenti chimici adatti alla sintesi di monomeri biogeni.

Le stelle carbonacee sono ricche di carbonio, idrogeno ed azoto. E' facile immaginare come nel corso di reazioni chimiche stellari, ed in maniera analoga alla formazione dei PAH, si siano formati anche degli eterocicli azotati ( composti ciclici a base di carbonio, idrogeno ed azoto). In effetti nella cometa Halley sono stati identificati, dal progetto spaziale PUMA, vari eterocicli di fondamentale importanza per la chimica biologica ( pirrolo, piridina, pirimidina, imidazolo, e forse purina e adenina ) [17].

Molti di questi composti, come ad esempio il pirrolo e l'indolo, tendono a polimerizzare in maniera analoga all'acetilene [18], formando polimeri neri, che abbiamo chiamato brevemente **PHB** (*Polycyclic Heterocyclic Blacks*, o eterocicli policiclici neri ).

I PHB rappresentano dei moduli compatti, con i quali vengono trasportate simultaneamente miscele ternarie di carbonio, idrogeno ed azoto. Da questi moduli è possibile ricavare, per foto dissociazione e combinazione, molecole organiche azotate e ossigenate identiche a quelle che compongono gli organismi viventi.

Polimeri strutturalmente simili ai PHB esistono anche sulla terra, dove sono stati ampiamente studiati. Sappiamo quindi che sono molto sensibili ad ossigeno, luce e raggio LASER, il quale ultimo provoca una vera e propria esplosione della struttura.

E' pertanto verosimile, che nei grani interstellari, i PHB subiscano reazioni simili, con formazione di frammenti organici identici a quelli ottenuti nei laboratori terrestri.

I grani, nei quali è aggregata la polvere interstellare, mostrano interessanti proprietà ottiche (diffrazione ed assorbimento di radiazioni elettromagnetiche e corpuscolari ),

elettriche ( spostamento di cariche ed effetto fotoelettrico) e  
chimiche ( catalisi di reazioni foto chimiche, dissociazioni e combinazioni ).

I grani si comportano come piccoli laboratori spaziali dove avvengono delicate reazioni: materiali complessi come i PAH ed i PHB vengono scissi in frammenti e questi ricombinati in molecole ossigenate ed azotate. Si possono formare così svariati composti organici chiave come alcoli, aldeidi, acidi carbossilici, ammine, nitrili, amminoacidi, fenoli ed altri importanti derivati funzionali del carbonio.

La materia vivente è composta da carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto. Per potersi formare, è necessario che i componenti si incontrino, in luogo e tempo adatti, a temperature compatibili con la stabilità dei legami, rispettando le leggi dell'affinità e della cinetica.. Gli elementi chimici provengono da sintesi stellare e/o cosmica e spesso si ritrovano in forma combinata più stabile, come molecole:

- Il carbonio, come polvere di carbone, fuliggine, grafite, diamante, fullereni, mono- e biossido di carbonio, metano, etilene, acetilene, radicali metinici, ecc.;
- l'idrogeno, tal quale o come acqua;
- l'ossigeno, tal quale o come acqua;
- l'azoto, tal quale o come ammoniaca, monossido e biossido di azoto.

I PAH ed i PHB rappresentano forme condensate di carbonio/idrogeno e rispettivamente carbonio/idrogeno/azoto. Impacchettati in moduli solidi, questi elementi vengono trasferiti dalle stelle alle nebulose senza disperdersi ( idrogeno e azoto per natura gassosi, sono intrappolati nelle maglie di un reticolo molecolare solido). Con la polimerizzazione dell'acetilene viene quindi raggiunto un duplice scopo: compattare gli elementi chiave ed accumulare energia chimica. Nelle nubi interstellari, i polimeri vengono scissi ed i loro frammenti ricombinati con radicali ossigenati e/o azotati provenienti dai ghiacci di acqua ed ammoniaca.

I PHB sono buoni conduttori, mostrano un pronunciato effetto fotoelettrico (trasformazione di luce in corrente) e giocano un ruolo nell'evoluzione delle nubi stellari. Nell'evoluzione della chimica cosmica, riteniamo che i PHB svolgano un triplice ruolo, come:

- **Strutture di supporto:** proprietà meccaniche, elettriche ed ottiche (trasferimento di cariche, diffrazione ed assorbimento di radiazioni, trasformazione di luce in corrente elettrica);
- **Accumulatori:** di energia chimica;
- **Magazzini spaziali:** di carbonio, idrogeno, azoto sotto forma di moduli compatti solidi, da cui ricavare frammenti molecolari semplici (mattoni per biogenesi).

Ruoli analoghi vengono svolti sul pianeta da vari polimeri organici, mettendo in risalto la stretta parentela tra chimica terrestre e spaziale e la presenza di un principio architettonico, che sembra organizzare la materia vivente ed interstellare secondo un principio di aggregazione unitario.

Le reazioni dello spazio e delle stelle appartengono alla chimica prebiotica e sono parzialmente paragonabili a quelle che siamo soliti condurre nei laboratori terrestri. Nelle stelle le reazioni si svolgono ad altissima temperatura e pressione in ambiente riducente: sito ideale per le combinazioni tra carbonio, idrogeno e azoto. L'ossigeno non è stato determinato in forma libera ma solo combinata ed è probabile che, laddove presente venga subito catturato con formazione di acqua, o degli ossidi di carbonio ed azoto [19].

La chimica dello spazio si svolge nei grani, a temperature vicino allo zero assoluto o localmente più alte secondo l'ubicazione; in sistemi solidi sotto l'azione di radiazioni, in presenza di acqua ed ammoniaca ghiacciate. In queste condizioni, i legami dovrebbero scindersi e riformarsi con precisione, mancando quasi del tutto le oscillazioni termiche di fondo, ma secondo tempi

astronomici. Nelle zone più calde prevarranno entro certi limiti reazioni in fase gassosa o adsorbita, più paragonabili a quelle terrestri. Non è escluso che potrebbero innescarsi così anche reazioni di equilibrio, con formazione di molecole polifunzionali (alcuni amminoacidi semplici sono stati identificati nello spazio).

La chimica dell'era biotica, quella della materia vivente, è più sofisticata. E' la chimica degli enzimi in funzione anti radicalica: ama temperature moderate come quella del nostro corpo, ambiente acquoso, atmosfera ricca di ossigeno, il più aggressivo tra gli elementi presenti sul nostro pianeta.

Nonostante alcune differenze vistose, le "tre chimiche", stellare spaziale e terrestre, sembra siano governate dalle stesse leggi, accomunate dallo stesso principio universale: < *Natura enim simplex est* >.

## **LABORATORIO SPAZIALE E TERRESTRE**

Come abbiamo visto prima secondo analisi spettroscopiche, i grani interstellari sono composti da un nucleo di silicio ricoperto da un mantello di acqua ed ammoniaca ghiacciate. Intrappolati in questa calotta, si trovano strutture organiche complesse derivate da polimerizzazione di molecole reattive, eruttate dalle stelle. Questi materiali sottoposti a radiazioni cosmiche ad alta energia, vengono scissi e ricombinati nei grani, i quali fungono da supporto per reazioni in fase solida, gassosa e forse liquida, realizzando scissioni e combinazioni selettive su bersagli molecolari fotosensibili.

La frammentazione dei materiali neri interstellari porta a radicali liberi, in grado di captare l'ossigeno dalle molecole d'acqua ghiacciata: nascono così nuovi composti ossigenati, azotati e misti, prodotti chiave per la sintesi di monomeri e polimeri di importanza biologica.

La formazione stellare dei vari elementi chimici leggeri e pesanti, prima sintesi di materia organizzata e trasformazione di energia pura in energia chimica, rappresenta come fenomeno antientropico una eccezione al generale aumento di entropia del cosmo. Gli elementi tendono a loro volta a trasformarsi in strutture più organizzate, molecole semplici e complesse, obbedendo alle leggi di affinità e valenza. Ciò significa che ogni elemento potrà combinarsi con elementi per i quali abbia una certa affinità, solo in rapporti prefissati (valenza), mentre i due parametri affinità e valenza vengono determinati dalla struttura elettronica dei singoli elementi.

Per esempio:

Se bruciamo del carbone in un'atmosfera di ossigeno ( $O_2$ ) si formeranno sempre e solo monossido (CO) e/o biossido ( $CO_2$ ) di carbonio. Ciò significa che il carbonio ha affinità per l'ossigeno e che reagirà con lui sempre e solo nel rapporto 1:1 oppure 1:2, secondo la quantità di ossigeno presente, obbedendo alla sua valenza chimica.

Se facciamo scoccare una scintilla in una miscela di idrogeno ( $H_2$ ) ed ossigeno ( $O_2$ ) avverrà un'esplosione con formazione di acqua ( $H_2O$ ). Ciò dimostra che i due elementi hanno grande affinità e che reagiscono nel rapporto 2:1.

Le leggi della valenza e dell'affinità hanno valore universale, rispettando un principio

organizzativo unitario e globale della materia.

La chimica di stelle e spazio mette in evidenza come l'organizzazione della materia passi attraverso fasi di maggiore e minore complessità, che si alternano nel tempo:

1. reazioni nucleari → sintesi di elementi → sintesi di molecole →
2. polimerizzazioni stellari → ( PAH,PHB,Nero di acetilene )
3. scissioni in frammenti → combinazione dei frammenti → e così via.

Dal semplice al complesso, dal complesso al semplice per tornare ad un complesso con livello di organizzazione superiore, secondo un processo antientropico definito. Nei primi cinquecento milioni di anni, la terra è stata bombardata innumerevoli volte da piccoli pianeti, asteroidi, comete ed altri residui della nebulosa solare. Le tracce di questi apocalittici scontri sono tuttora palesi nei crateri piccoli e grandi, scoperti in varie contrade. A parte i danni meccanici causati da questa "pioggia" spaziale, è verosimile che con essa siano arrivate sul nostro pianeta molecole organiche stivate nei grani delle nubi interstellari. Si veniva a creare così sulla crosta terrestre, nelle acque marine e lacustri una miscela di reagenti pronta per ulteriori combinazioni. Nell'era prebiotica proseguivano sulla terra reazioni chimiche già abbozzate nello spazio e se ne sviluppavano altre adeguate alle nuove condizioni ambientali. La temperatura passava dallo zero quasi assoluto dello spazio alle miti temperature terrestri. Le molecole non più congelate nei grani, erano divenute mobili e superattive, con gran possibilità di rimescolamento nelle acque agitate da intense maree. Le possibilità cinetiche di scontro e reazione con specie molecolari differenti aumentavano decisamente. Il mezzo di reazione ora liquido e debolmente acido, favoriva la dissoluzione di sostanze basiche (ammine) e le reazioni di addizione e condensazione (aldeidi + nitrili → amminoacidi), mentre l'ambiente riducente salvaguardava dall'ossidazione prodotti sensibili (aldeidi, alcoli, fenoli, ecc.). L'acqua schermava i raggi UV, partecipando a reazioni di idrolisi ed idratazione. Nuove possibilità di assemblaggio in strutture complesse venivano create all'interfaccia solido/liquido solido/gas tra reagenti disciolti o gassosi con matrici inorganiche (argilla,pirite) e organiche (melanine).

Per scissione dell'acqua si formavano radicali ossigenati altamente reattivi, dando l'avvio a reazioni e nuovi composti: iniziava così **l'era dell'ossigeno**.

L'aumento della temperatura stimolava, nel nuovo ambiente terrestre, reazioni finora bloccate per energia di attivazione carente. Una miriade di ioni metallici, liberi o legati ad opportune matrici, pullulava nell'ambiente marino e lacustre: nasceva la catalisi chimica, che nell'era biotica avrebbe dato l'abbrivio agli enzimi.

La "provetta prebiotica" divenne sempre più grande, si dilatò a dismisura: abbracciava oramai laghi mari ed oceani: la zuppa biologica era pronta per ospitare la vita.

La chimica cosmica ha improntato il mondo terrestre, plasmando il mondo vivente secondo principi architettonici comuni.

Ovunque avvengono reazioni chimiche: le piante e certi batteri fissano energia solare trasformandola in energia chimica (fotosintesi); altri organismi decompongono la materia vivente in strutture più semplici sfruttando l'energia ivi contenuta. In ogni cellula si susseguono processi chimici concatenati (riduzioni, ossidazioni, idrolisi, sintesi, ecc.).

L'architettura biochimica degli esseri viventi si basa su pochi pilastri elementari (carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, zolfo, fosforo, ecc.), ma si ramifica in una moltitudine di composti molecolari: quelli binari a base di solo carbonio ed idrogeno (idrocarburi); quelli ternari a base di carbonio, idrogeno, ossigeno (carboidrati, polisaccaridi, grassi, ecc.); quelli quaternari a base di carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto (amminoacidi, polipeptidi, proteine, acidi nucleici, alcaloidi, lipoproteine, ecc.) e così via.

Gli esseri viventi posseggono caratteristiche uniche come riproducibilità e specificità di singole strutture, dotate di stretto rapporto tra struttura e ruolo biologico.

La stupefacente varietà di forme viventi e l'individualità dei vari organismi possono venir ricondotte all'individualità di alcune macromolecole, le proteine. Eppure queste non sono che combinazioni e permutazioni di pochi amminoacidi, sempre gli stessi da svariati milioni di anni.

In tutti gli organismi, gli alimenti si trasformano in anidride carbonica, acqua ed ammoniaca attraverso pochi passaggi. Produzione ed utilizzazione dell'energia da parte delle cellule si basano sullo stesso meccanismo nelle tante specie animali, dai protozoi fino ai mammiferi.

## **ORIGINI LONTANE ED INCERTE**

Le domande sulle origini della vita, dell'essere umano, della terra e dell'universo sono già presenti presso le antiche culture con insistenza talvolta ossessiva.

Estendendosi a concetti più astratti, come spazio, tempo, bene e male molte soluzioni furono proposte, forse tante quante sono le stesse culture. Teorie, ipotesi e credenze si sono rincorse nel volgere dei secoli, fino a culminare in due grandi visioni, che fanno capo al Creazionismo e al Darwinismo.

Il Creatore è stato spesso raffigurato con sembianze umane e come un Essere capace di dar vita e forma a tutte le cose. La Creazione è stata quasi sempre immaginata e raffigurata con descrizioni riecheggianti fenomeni naturali. A volte originata da un uovo, a volte da un fiore o dalle onde spumeggianti del mare; a volte librandosi sulle ali di un uccello o accompagnata da un tuono, da un lampo di luce, da un fragoroso rullar di tamburi; altre volte da dolcissima musica.

Queste antiche raffigurazioni riaffiorano nella scienza moderna: il tuono della Creazione viene oggi chiamato *Big Bang* (*Urknall*), mentre la < Musica del sole > recentemente scoperta [20], richiama alla mente armonie scaturenti dal profondo del cosmo.

Il ragguardevole successo della teoria evoluzionistica è dovuto a fattori scientifici e sociologici e le sue radici affondano con profondità nell'empirismo dell'era moderna. Si basano su fatti obiettivi, su rilevazioni sperimentali e sui più recenti sviluppi di biochimica e genetica, le quali hanno identificato un meccanismo di trasmissione dell'ereditarietà comune a tutti gli esseri viventi e coerente con i presupposti di Darwin (1859), contribuendo inoltre ad aumentarne la credibilità.

La possibilità di spiegare razionalmente lo sviluppo della vita, ha trovato inoltre terreno fertile nelle società borghesi di stampo illuministico ed in quelle marxiste leniniste del secolo scorso.

Superate le schermaglie tra evoluzionisti e creazionisti [21,22], resta irrisolto il teorema di cosa sia la vita stessa (stato di vita) e quali siano le sue origini. Più accessibile, seppur controversa, appare invece una definizione esauriente di cosa faccia la vita.

Sul nostro pianeta, la vita si basa sulla chimica del carbonio e viene definita:

*< come uno stato comune della materia presente sulla superficie terrestre e negli oceani, formato da combinazioni complesse di quattro elementi principali (carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto) oltre a zolfo, fosforo e tracce di altri > [23].*

Questa definizione è insoddisfacente, non essendo in grado di spiegare la differenza che c'è tra una semplice provetta ripiena di agenti chimici alla rinfusa ed un organismo vivente, il quale è composto dagli stessi agenti in forma altamente organizzata. Le proteine dei viventi non sono semplici sequenze di aminoacidi combinati a caso, bensì vettori di informazioni codificate secondo specifiche sequenze e conformazione delle catene polipeptidiche. Né un organismo può venir

considerato vivente, solo perché formato da proteine, acidi nucleici ed altre macromolecole. In analogia, noi siamo in grado di distinguere tra un rumore, formato da un'accozzaglia di frequenze sonore, ed una melodia musicale, nella quale varie frequenze si succedono secondo regole estetiche precise, fino ad arrivare alla grande musica polifonica ed orchestrale.

La definizione di vita è quindi legata a quello che fanno gli organismi viventi, in

contrapposizione a quelli morti.: A questo fine, proponiamo un approccio multifattoriale per definire cosa faccia la vita, basato sull'applicazione di dieci parametri, i quali permettono di discriminare tra esseri viventi e non viventi. Per venir definito vivente, un organismo deve quindi soddisfare i dieci assiomi seguenti, nessuno escluso:

1. rivestono una forma definita e costante ;
2. sono costituiti da unità fondamentali (cellule), affini per struttura e funzione;
3. posseggono la proprietà di costruirsi e mantenersi a spese delle sostanze chimiche e dell'energia, che ricavano dall'ambiente;
4. mantengono rapporti continui col mondo esterno (scambio di informazioni) e sono in grado di reagire a determinati stimoli;
5. salvaguardano l'informazione genetica nell'ambito di ciascuna specie;
6. non sono perenni, dato che ciascun individuo è destinato a scomparire a conclusione di un ciclo vitale predeterminato, dando vita ad altri individui (orologio biologico) ;
7. tendono alla massima diffusione possibile [24] ;
8. tendono all'aumento di organizzazione e complessità a spese dell'energia dell' ambiente;
9. sono sensibili a vari parametri ambientali (temperatura, radiazioni, pressione, ecc.) e la vita è solo possibile in un ambito di temperature ben definito.
10. I viventi si generano sempre e solo da viventi;

La salvaguardia dell'informazione genetica permette di conservare l'informazione sfidando l'incremento generale del caos (entropia), grazie ad un complesso sistema digitale, quale è quello cromosomico. Questo, a differenza delle nostre tecnologie elettroniche basate su due alternative 1 e 0, ne adotta ben quattro: **A, G, C, T** ( **A**denosina, **G**uanina, **C**itosina, **T**imina), le quali rappresentano le lettere del linguaggio digitale dei viventi. Questo linguaggio ha dimostrato una stupefacente capacità nel conservare accuratamente i caratteri ereditari delle singole specie, nel permettere, visti gli ordini di grandezza dei fenomeni, mutazioni spontanee di tipo quantistico, nel difenderli dagli agenti esterni più svariati, nel renderli capaci di procurarsi l'energia dall'ambiente, nel cercare l' ambiente più idoneo e nel moltiplicarsi al massimo.

Forse per la prima volta nella storia del Cosmo, ci si trova di fronte alla capacità da parte di alcune catene molecolari di perpetuarsi a spese dell'energia captata dall'ambiente circostante, salvaguardando le informazioni necessarie alla formazione di individui successivi. Si tratta di una sorta di sfida all'universale tendenza all'incremento di disordine ed entropia, che ha trovato il massimo trionfo nella mente umana, con la sua capacità di coordinamento razionale e di slancio creativo, fino alla conquista dell'autocoscienza.

Alcuni ritengono che la sintesi della vita da materiale inanimato sarà realizzabile in futuro, facendo cadere le ultime frontiere tra mondo animato ed inanimato. Questo obiettivo non è stato finora raggiunto, nonostante si conosca parecchio sulla struttura delle cellule e siano disponibili i mattoni biochimici necessari al loro assemblaggio. In effetti, la sintesi della vita in provetta rappresenta un evento altamente improbabile, a causa della complessità della materia vivente, frutto di un processo evolutivo attraverso livelli sequenziali di crescente complessità, durato miliardi di anni. Il voler ripetere questo processo in laboratorio in tempi brevi e con approccio puramente casuale appare perlomeno improbabile ed è quindi facile predire che molto tempo resterà in auge il classico assioma : < *Viventes viventibus generantur* > [25]. Dai quark alle galassie e dai batteri agli ecosistemi planetari, la natura tende a maggior complessità ed organizzazione: le particelle atomiche in atomi e molecole; queste in monomeri e polimeri quindi in strutture ed organismi pluricellulari, che a loro volta daranno luogo a sistemi sociali ed ecologici. La nascita in tempi così brevi di questa pluralità di organismi e strutture riduce la casualità dell'evoluzione ed altera le possibilità di variazione a favore di esiti coordinati e coerenti, capaci di far prevalere l'ordine sul caos.

## **BIBLIOGRAFIA E NOTE**

[1] [bruno.nicolaus@virgilio.it](mailto:bruno.nicolaus@virgilio.it)

[2] B. J. R. Nicolaus, Giorgio Tangorra < *Dalle stelle al pensiero* > Atti della Accademia Pontaniana, Napoli LI (2002), pp. 325-349

[3] I radiotelescopi sono essenzialmente strumenti muniti di grandi antenne direzionali. Puntando il radiotelescopio verso una appropriata zona interstellare ed integrando il segnale ricevuto, è possibile rilevare se una molecola emette alla stessa frequenza. Specie chimiche come ioni e radicali sono relativamente stabili ed abbondanti in un ambiente rarefatto in condizioni di non equilibrio. In questa maniera, verranno stabilizzate nello spazio alcune molecole di difficile studio in laboratorio, rendendone possibile l'identificazione dalla terra.

[4] G. Giorello, << *Se il Big Bang fosse una favola*>> Corriere della sera, 25.08.2001, p. 30.

[5] Come tutti gli elementi biogeni, il carbonio subisce una serie di trasformazioni cicliche e passa continuamente dal mondo minerale a quello degli esseri viventi e viceversa. Tutto il carbonio degli esseri viventi proviene direttamente od indirettamente da quello dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) dell'atmosfera. Le stelle si formano per collasso gravitazionale di nubi di gas e polvere cosmica. Nelle prime fasi della loro vita, esse sono riscaldate dall'energia gravitazionale liberata nella contrazione, che si trasforma in energia termica. Ad un certo punto, la temperatura interna diventa abbastanza alta da innescare reazioni di fusione nucleare, che alimenteranno la stella fino ad esaurimento del combustibile, formato da idrogeno ed elio. Quando è bruciato l'idrogeno disponibile, si innesca la fusione di elio in carbonio; contemporaneamente

ma in misura molto minore, il carbonio capta elio, generando ossigeno. Esaurito l'elio, si innescano reazioni nucleari più massicce, che porteranno attraverso vari metalli pesanti fino al ferro. A questo punto, si arresta la catena dato che le altre reazioni sono endotermiche.

La differenza di composizione dei pianeti del nostro sistema solare dipende dalla temperatura della nebulosa originaria, che è più elevata nelle vicinanze del sole che non in periferia.

[6] Le supernovae sono stelle che esplodendo raggiungono una luminosità simile a quella di un'intera galassia. Nella Via Lattea sono state registrate due o tre supernovae ogni secolo. Famose quella denominata 1987, che inondò la terra con una pioggia di neutrini di incredibile densità e quella descritta da Keplero nel 1604.

[7] Le molecole organiche semplici tendono ad organizzarsi in molecole più complesse, glicerina, acidi grassi, amminoacidi, zuccheri, ecc., chiamati anche biomonomeri. Questi tendono a loro volta ad organizzarsi in macromolecole dotate di funzioni vitali, lipidi, proteine, carboidrati, lignine, tannini, ecc., soprannominati biopolimeri.

[8] Le energie coinvolte nelle reazioni nucleari sono un milione di volte più alte che nelle normali reazioni chimiche, pari a circa un milione di eV per ogni nucleo atomico (1 kg di plutonio ha pressappoco l'energia di un milione di chili di tritolo). Le forze chimiche che tengono assieme gli atomi nelle molecole (legami chimici covalenti ed ionici) sono milioni di volte più deboli delle interazioni forti che tengono assieme protoni e neutroni nei nuclei. Noi non percepiamo le interazioni forti, a differenza delle forze elettromagnetiche e gravitazionali, perché il loro raggio d'azione è molto breve (10 alla -13 cm). Le interazioni forti tra nuclei diversi non hanno virtualmente effetto nelle molecole, dove i nuclei sono quasi un milione di volte più distanti tra loro (10 alla -8 cm). Se gli elettroni di atomi e molecole fossero sensibili alle reazioni forti, non avremmo né chimica né biologia, ma solo fisica nucleare.

[9] I 92 elementi naturali presenti sulla terra e nel cosmo sono materia con livello di complessità già elevato. Reagendo tra di loro, questi elementi tendono a raggiungere livelli di organizzazione superiori. Ogni elemento non è in grado di reagire con qualsiasi altro elemento, anche se si trovasse in condizioni favorevoli, come ad esempio lo scontro tra due atomi. La formazione di un legame nuovo avviene solo, se l'affinità chimica tra i due componenti sarà tale da renderlo stabile. Due elementi affini potranno reagire tra di loro, ottemperando alle leggi della valenza chimica, che stabilisce quanti atomi di un elemento possano legarsi ad un altro ed in quale configurazione spaziale. Abbiamo così elementi affini che possono reagire tra di loro ed altri non affini che non producono alcuna reazione. Reattività ed affinità dipendono dalla configurazione degli elettroni periferici degli elementi e sono prevedibili su base teorica.

[10] La terra orbita attorno al sole ad una velocità di 30 km/sec; il sistema solare viene trasportato nello spazio dalla rotazione della nostra galassia (Via Lattea) ad una velocità di ca. 250 km/sec.

[11] Si stima che 4,5 miliardi di anni fa, si siano formate terra e luna. Successivamente, si sono verificati intensi bombardamenti di meteoriti, mentre le prime forme di vita sono comparse tra i 4,4 ed i 3,8 miliardi di anni. Attorno ai 3 miliardi, si pensa si siano

formati i primi organismi in grado di eseguire processi di fotosintesi e di liberare ossigeno nell'atmosfera. Si è sviluppata solo più tardi (ca. 2 miliardi di anni) un'atmosfera ricca di ossigeno, capace di sostenere i primi organismi eterotrofi. Da carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto presenti nell'atmosfera primitiva, si formarono, sotto l'azione congiunta di radiazioni scariche elettriche e temporali, una miriade di molecole organiche dilavate poi dalle piogge ed accumulate nei mari e nei laghi. La presenza di sostanze organiche in oggetti extraterrestri suggerisce che i componenti essenziali dei biopolimeri potrebbero essersi formati ca. 4 miliardi di anni fa, attraverso reazioni non biologiche nello spazio (J.Oroe, <<*Stage and mechanisms of prebiological organic synthesis*>> in S.W.Fox, <<*The origins of prebiological systems*>>, Accad.Press N.Y. (1965), pp. 137-171).

Resta aperto il problema di come si sia passati dai composti organici molto semplici alle proteine funzionali e al sistema informativo a base di acidi nucleici (DNA), il quale garantisce riproduzione e conservazione di funzioni. Pur non disponendo di prove sufficienti, si suppone che i catalizzatori primitivi dei primi composti siano stati le argille, gli ammassi di pirite e forse le melanine (Blois in op.cit.). L'universalità del codice genetico in tutti gli organismi viventi rappresenta uno degli argomenti più convincenti a favore dell'unicità dell'origine di tutti gli esseri viventi.

[12] P. Ehrenfreund, S. B. Charnley, <<*Organic molecules in the interstellar medium, comets and meteorites: a voyage from dark clouds to the early earth*>> Ann. Rev. Astronomy and Astrophysics (2000), 38, pp. 427-483.

[13] L.J. Allamandola, M.P. Bernstein, S.A. Sandford, in <<*Astronomical and biochemical origins and the search for life in the universe*>> Ed. CB Cosmovici, S. Bowyer, D. Wertheimer, pp. 23-47, Editrice Compositori, Bologna (1997).

[14] Si distinguono tre tipi di nebulose: scure, traslucide e diffuse. Tutte le nebulose si modificano nel tempo e si arricchiscono di nuovo materiale eruttato da stelle morenti. Le nebulose scure, ricche di molecole organiche, sono la fonte principale di nuovi pianeti. cfr. L.J. Allamandola, A.G. Thielens, J.R. Baker, in *Astrophys. J.* (1985), 290, p. 125.; P. Ehrenfreund, op.cit. ; Ohishi and Kaifu, (1998), *Faraday Discussion* 109, pp. 205-16, Cambridge UK: Roy. Soc. Chem.; Winnewisser and Kramer: *Space Science Reviews* 90, (1999), pp. 181-202 .

[15] Il bitume è costituito da miscele di idrocarburi ( naturali od ottenuti per pirolisi dei grezzi di petrolio o miscele di entrambi), di consistenza solida o semisolida e colore scuro fino al nero. Il petrolio è costituito da miscele fluide di idrocarburi naturali solidi, liquidi e gassosi. Il petrolio ed il carbone provengono da una progressiva decomposizione di sostanze organiche per lo più di origine vegetale, attraverso un procedimento naturale che interessa intere ere geologiche.

[16] K. H. Homann, <<*Fullerenes and soot formation - new pathways to large particles in flames*>> *Angew. Chemie ind. ed.* (1998), 37, pp. 2434-2451; R.G. Harvey, <<*Polycyclic aromatic hydrocarbons*>> Wiley-VCH, New York 1997.

[17] Tra i corpi celesti più primitivi, si annoverano le comete, formatesi nella regione dei pianeti giganti da residui di planetesimi. La loro composizione è interessante perché indicativa delle loro origini e delle condizioni delle nebulose protosolari. Le comete sono oggetti di meno di 10 km di diametro fatte di ghiaccio e polvere cosmica

(chiamate anche palle di neve sporca). Si muovono su orbite eliocentriche a grande distanza dal sole. Avvicinandosi a questo, si riscaldano e perdono acqua e polvere, le quali formeranno la coda della cometa. cfr. P. Ehrenfreund et al., op.cit. p. 26.; Fl .Whipple, Ap.J . 111, (1950) pp. 375-94.

[18] G.M. Badger, Progr.org.chem. 3, (1965) pp. 1- 40.

[19] L'acqua si può formare ovunque nel cosmo, laddove si trovino atomi di idrogeno ed ossigeno ed una sufficiente energia di attivazione, grazie alla grande affinità tra questi due elementi. La presenza di acqua è stata rilevata dal satellite ISO (Infrared Space Observatory, 1995), in lontane regioni di formazione stellare, in stelle evolute, in galassie distanti, nonché nel sistema solare. La ritroviamo nell'atmosfera di Marte, Venere e Giove, nei corpi delle comete, nei satelliti e anelli dei pianeti giganti. Si ritiene che vi sia acqua anche sotto la superficie di Europa, uno dei satelliti di Giove. Probabilmente Marte e Venere avevano in passato notevoli quantità di acqua (forse più della terra stessa), perduta nel corso dei tempi per mutazioni climatiche (fluttuazioni dell'asse di rotazione). Sulla terra l'acqua è presente allo stato liquido, solido e gassoso; in altri luoghi del sistema solare solo sotto forma di ghiaccio o vapore. Lo stato liquido è stato favorito sulla terra dalla costanza della temperatura terrestre, dalla presenza di un'atmosfera permanente e dalla stabilizzazione dell'asse di rotazione da parte della luna. E' più che verosimile, che la presenza di acqua liquida sia stata di fondamentale importanza per la nascita della vita. T. Encrenaz, <<L'acqua nel sistema solare>> Le Scienze, 396 (2001), pp. 34-43; cfr. M.P. Bernstein, A.Scott, A. Sandford, L.J. Allamandola, <<Dallo spazio, le molecole della vita>>, Le Scienze, 373 (1999) pp. 34-42; E.L.O. Blakes, <<The astrochemical evolution of the interstellar medium>>, Twin Press, Astronomy Publishers, 1997; M. Bernstein et al., <<UV irradiation of polycyclic aromatic hydrocarbons in ices: production of alcohols, quinones and ethers>> Science 283, (1999) pp. 1135-1138.

[20] Secondo l'eliosismologia, la massa solare oscilla con frequenze discrete, originate da risonanze di onde acustiche stazionarie all'interno del sole. Analogamente, si osservano risonanze di onde acustiche negli strumenti musicali come il violino. Si tratta di tonalità o della "musica del sole". Lo studio del fenomeno permette di valutare la temperatura all'interno del sole, il suo futuro e le modalità di formazione degli elementi leggeri, i quali compongono i pianeti e la materia vivente.

[21] T.M. Birra, <<Evolution and the myth of creationism. A basic guide to the facts in the evolution debate>> Stanford Univ. Press, Stanford, 1990; R. Jessberger, <<Kreationismus: Kritik des modernen Antievolutionismus>> P. Parey, Berlin/Hamburg, 1990; D.B. Mc Kown, <<The mythmaker's magic, behind the illusion of creation science>> Prometheus, Buffalo N.Y. 1993]

[22] Le origini del creazionismo risalgono agli inizi del XX secolo. Esse furono gettate da movimenti fondamentalisti americani nell'intento di combattere le teorie evoluzioniste. Esse partono dal presupposto che la creazione descritta nella Bibbia sia l'unica vera spiegazione della formazione del mondo. Nei tribunali americani sono stati condotti senza successo vari processi, al fine di proibire l'insegnamento delle teorie dell'evoluzione nelle scuole (Tennessee 1925, Arkansas 1980, Corte Suprema 1987). Nonostante l'esito negativo di tutti questi procedimenti, sono stati fondati enti morali, che propugnano tesi antievoluzioniste ("Creation Research Society", "Institute for

Creation Research” San Diego, CA. Movimenti analoghi, seppure di consistenza difficilmente valutabile, esistono in paesi islamici e nella Russia postsovietica.

[23] LA PICCOLA TRECCANI, XII (1997), p. 868, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma .

[24] B. J.R. Nicolaus << *Globalizzazione una sfida biologico culturale* >> Atti della Accademia Pontaniana, Napoli L (2001) in corso di stampa.

[25] Una soluzione del problema potrebbe venire dalla scoperta di fattori biochimici in grado di limitare i gradi di libertà di un processo evolutivo casuale, riportandolo ad un processo parzialmente predeterminato.

Sembra verosimile che la natura abbia escogitato nel lontano passato “scorciatoie biologiche” analoghe accorciando i tempi di una evoluzione puramente casuale.

Considerando il lasso di tempo relativamente breve intercorso tra la comparsa della vita ad oggi, si ha in effetti difficoltà ad accettare l’ipotesi di un processo puramente casuale.