

Varchiamo un confine (14/04/10)

La volta scorsa avevo accennato alla difficoltà nell'individuare molecole nelle nubi cosmiche per mezzo dei loro spettri. Soffermiamoci brevemente su questo problema, prima di procedere con la biologia cosmica.

Un atomo è sempre e comunque schematizzabile come un oggetto a simmetria sferica o quasi. Vuol dire che, nel suo spettro, saranno presenti solo righe corrispondenti a "salti" da un'orbita a un'altra. Per una molecola, le cose stanno diversamente. Infatti, una molecola non possiede una struttura sferica, ma è allungata e spesso asimmetrica, nel senso che non è possibile individuare, nello spazio tridimensionale, un asse rispetto al quale tutti gli atomi siano disposti linearmente. Dunque, a causa dell'allungamento, essa può vibrare come una molla. Poi, se non è simmetrica, può ruotare su sé stessa. Infine, può ruotare e vibrare in modo coordinato (tutti i "movimenti" di una molecola sono regolati dalla meccanica quantistica, e dunque quantizzati anch'essi). In sostanza, le righe di emissione di una molecola possono essere:

- 1) Vibrazionali
- 2) Rotazionali
- 3) Roto – vibrazionali.

Inoltre, senza poterci insistere più di tanto, questi modi di assorbimento o emissione di fotoni si presentano sotto forma di "bande", ovvero insiemi di righe che diventano sempre più frequenti e vicine avvicinandosi a una certa energia limite, e in prossimità di questa energia si addensano tanto da somigliare a uno spettro continuo. Ciò rende l'individuazione di molecole molto più difficoltosa di quella di atomi. Ma andiamo avanti, e varchiamo un confine.

Per anni abbiamo discusso di fisica di base, studiando le singole forze e particelle per mezzo delle due leggi fondamentali: meccanica quantistica e relatività, e abbiamo costruito il Modello Standard (più la relatività generale). A volte applicavamo il Modello all'elaborazione di sistemi un po' più complessi (protoni, atomi o, in qualche caso, strutture ancora più massicce come i buchi neri), utilizzando il *riduzionismo*, ovvero il criterio secondo cui il funzionamento di ogni struttura, per quanto complessa, è *riducibile* all'interazione tra particelle fondamentali regolata dal Modello Standard. Anche così non sono mancati punti interrogativi lasciati in sospeso, ma il criterio ha più o meno retto. Quest'anno abbiamo cominciato ad applicare il riduzionismo a sistemi molto più complessi: le stelle. L'abbiamo potuto fare per tre motivi: in primo luogo perché le stelle sono schematizzabili come sistemi a simmetria sferica, e dunque geometricamente semplici. In secondo luogo, i plasmi stellari obbediscono alla termodinamica, e infine perché vediamo intorno a noi una gran quantità di stelle, diverse per nascita ed età, e quindi è relativamente facile correlare il risultato dei calcoli teorici con quello che si vede in cielo. Il limite estremo di questo studio è stata l'esplosione di supernova: anche se ancora non abbiamo capito in dettaglio cosa permetta alla materia di essere espulsa nello spazio circostante, per lo meno abbiamo verificato come le abbondanze chimiche degli elementi espulsi corrispondano, con discreta approssimazione, a quello che avevano previsto i calcoli teorici. Però, oltre questo evento, comincia a essere sempre più difficile applicare il riduzionismo, e cioè la catena logica del "come si fa a passare da questa configurazione a quest'altra", avendo come configurazione iniziale il Modello Standard e un insieme di oggetti a cui applicarlo.

Un esempio? Le abbondanze delle molecole e dei radicali nelle nubi interstellari. Nella tabella della volta scorsa erano elencati circa 125 raggruppamenti atomici. Se noi conoscessimo densità e temperatura della nube, più le concentrazioni degli elementi chimici, le leggi di Lavoisier e le altre leggi della chimica dovrebbero permetterci di calcolare a tavolino quali molecole si formano, no?

No. E per diversi motivi. Uno di questi è la bassissima densità. Un altro, il bagno di fotoni in cui è immersa la materia. Infatti, in tali condizioni, la distribuzione di energia cinetica delle particelle interagenti chimicamente è ben lontana da quella di Boltzmann, per la quale valgono le leggi della chimica trovate in laboratorio. Le particelle sono molto disperse nello spazio, e le collisioni sono

rarissime, per cui non ce la fanno a distribuire tra loro l'energia cinetica che acquistano catturando fotoni. Anzi: stando così le cose, non ha neanche più senso di parlare di temperatura, poiché questa è una misura dell'energia cinetica media nel caso in cui si abbia una distribuzione di Boltzmann. Dunque, le leggi della chimica "normale", nello spazio, non valgono più. Ragioniamo allora sulle leggi della chimica. Queste non sono strettamente riduzionistiche, poiché le particelle considerate sono troppe per poter applicare il Modello Standard e vedere cosa succede. Sono piuttosto leggi di tipo olistico in senso lato. Dato un sistema complesso, al quale non si riesce ad applicare direttamente il Modello Standard perché ci sono troppe parti in gioco, si cercano ricorrenze statistiche e altri comportamenti "emergenti", e si costruiscono leggi di "secondo livello" come appunto quelle della termodinamica e della chimica. Intendiamoci: nessuno si sogna di affermare che queste leggi siano una novità assoluta, che non era prevista (anche se in modo molto nascosto) dal Modello Standard. Solo, non è conveniente adottare quest'ultimo allo studio dei fenomeni nei quali siano presenti troppi "pezzi", e quindi si applicano le "leggi seconde" perché sono più semplici. Purtroppo, questo metodo di lavoro si applica solo quando si lavori con i "pezzi" adeguati; quando non sono più soddisfatte le condizioni nelle quali sono state individuate le "leggi seconde", tutto salta, e bisogna ricorrere a uno dei due sistemi: o tornare al Modello Standard e calcolare in modo riduzionistico, o sperimentare nelle nuove condizioni per trovare nuove leggi seconde, sempre limitatamente al sistema studiato. La chimica nelle nubi interstellari si trova in questa condizione: o si cerca di calcolare quali aggregazioni di atomi si possano generare, partendo dal Modello Standard applicato a casi sempre diversi di densità, distribuzione di energia cinetica, flusso di fotoni di varia energia eccetera, o si cerca di ricreare in laboratorio situazioni analoghe per vedere cosa succede. Ma, qualunque sia la scelta, l'applicazione è difficilissima: nella teoria perché le particelle da considerare sono troppe e troppo complesse; in laboratorio, perché non si riescono a riprodurre le condizioni fisiche adeguate. Dunque, se vogliamo mantenere la possibilità di dire qualcosa di scientifico, dobbiamo valicare il confine tra il "calcolabile" e il semplicemente "ipotizzabile".

Naturalmente, anche l'ipotizzabile deve basarsi su fatti concreti. Uno di questi è l'osservazione: se certi raggruppamenti atomici ci sono, vuol dire che le condizioni locali sono tali da consentirli, e allora ci si arrabatta con un po' di chimica-fisica per capire come mai si possano costruire. Di solito, come conseguenza di questo tipo di calcoli, si può concludere che debbono essere presenti anche altri raggruppamenti, magari in quantità non osservabile, oppure osservabile con tecniche diverse. Se, cercando in modo opportuno, si trovano anche questi altri raggruppamenti, e nelle proporzioni previste, vuol dire che si è fatto un passo avanti sostanziale nella comprensione di ciò che avviene in quella nube. Un altro vincolo ovvio è quello delle "valenze chimiche": si possono solo creare composti che non contraddicano le basi della chimica elementare, e così via. Ma si noti bene: ho appena scritto "in quella nube". Infatti, poiché le condizioni fisiche e chimiche possono variare enormemente da una nube all'altra, e tra regioni diverse della stessa nube, questi risultati non sono generalizzabili.

In sostanza, d'ora in poi s'incontreranno spesso frasi dubitative del tipo: "Non si può escludere che..." oppure: "È probabile che..." e via discorrendo. La biologia cosmica e, più in generale, l'insieme di discipline che studiano la possibile esistenza di molecole organiche complesse nello spazio, sono scienze molto più "morbide" rispetto alla fisica, e non dovremo risentirci se, abituati a leggi di natura esprimibili con formule matematiche più o meno complicate, nel seguito ci dovremo accontentare di semplici "possibilità", pur se suffragate da un'impalcatura scientifica a volte piuttosto solida, a volte meno. Eviteremo comunque di fare affermazioni di tipo "brainstorming da osteria" e ci limiteremo a quelle da "brainstorming da Salotto Scientifico".

Però c'è un altro problema: io sono un fisico e non un chimico: con la chimica organica e la biochimica ho poca pratica...

La prossima volta, si parte direttamente con le più interessanti molecole organiche "prebiotiche" già osservate.