

Il documento è protetto da copyright. E' vietato qualsiasi ulteriore atto di utilizzazione (re-immissione in rete, diffusione, riproduzione in copia) senza la dovuta autorizzazione o citazione della fonte di provenienza.  
"www.duenote.it" di Pippo Panasci

### **La morte delle stelle**

Ogni stella, sia che abbia condotto un'esistenza dissipatrice sia che abbia vissuto nel più modesto anonimato, finirà col bruciare tutto il suo idrogeno, dopo di che si troverà con la regione centrale ricca di elio. Una volta esaurito l'idrogeno, la forza diretta verso l'esterno generata dalle reazioni nucleari scompare ed è la gravità a esercitare la sua attrazione inesorabile verso l'interno. Le parti interne della stella cominciano a contrarsi e a riscaldarsi. Per una stella come il Sole il riscaldamento interno produce per qualche tempo più energia quando l'idrogeno brucia immediatamente fuori del nucleo e le regioni più superficiali della stella sono spinte ancor più verso l'esterno, dando origine a quella che gli astronomi chiamano una gigante rossa. Fra cinque miliardi di anni il corpo del Sole si espanderà fino a superare l'orbita di Venere, inghiottendo i due pianeti più interni e bruciando la superficie della Terra.

Il nucleo della stella continua a contrarsi anche quando la parte più esterna dell'astro si espande, e ben presto la regione centrale diventa così calda che l'elio stesso, la cenere dei fuochi dell'idrogeno, dà inizio a una nuova fase di reazioni di fusione. Nel corso di una nuova serie di reazioni, tre nuclei di elio si fondono dando origine a nuclei di carbonio. Una volta consumato l'elio (processo che, in una stella come il Sole, potrebbe richiedere solo pochi minuti), il collasso riprende con rinnovata energia. Gli strati esterni vengono soffiati via, mentre la regione interna continua a contrarsi. Non essendoci più combustibile da bruciare, il collasso della stella dev'essere arrestato da qualcos'altro. Quel «qualcos'altro», per il Sole e le stelle simili a esso, è legato al comportamento degli elettroni. Gli elettroni nella stella non possono comprimersi oltre un certo limite (per il «principio di esclusione» di Pauli).

Perciò un volume dato non può contenerne più di un numero ben preciso. Quando il nucleo della stella è collassato fino a raggiungere le dimensioni della Terra, i suoi elettroni avranno raggiunto il punto oltre il quale non potranno più essere compressi e la stella rimarrà stabile per sempre, con la gravità che attrarrà verso il basso e gli elettroni che spingeranno verso l'alto. Una stella mantenuta stabile dalla pressione dei suoi elettroni si chiama una nana bianca. Essa non genera energia interna, avendo consumato tutto il suo combustibile, ma continua a risplendere per molto tempo mentre va raffreddandosi. Attualmente i teorici ritengono che possono terminare la loro esistenza come nane bianche stelle con massa fino a 3-4 volte maggiore di quella del Sole. Una tale stella, composta per intero da nuclei di carbonio, è veramente, come dice una filastrocca infantile, «come un diamante nel cielo». Se però la stella ha una massa molto grande, la sua morte è assai più spettacolare. Bruciato rapidamente tutto il suo idrogeno, dopo un breve collasso la stella comincia a bruciare elio con produzione di carbonio. Esaurito anche l'elio e ripreso l'inevitabile collasso, le temperature al centro della stella diventano così elevate che persino il carbonio viene coinvolto in una nuova reazione di fusione. Questo processo continua, e le ceneri di ogni stadio vengono utilizzate come combustibile per la reazione di fusione successiva nel tentativo disperato della stella di scongiurare l'inevitabile. Nelle fasi finali della combustione nucleare, si comincia a produrre ferro. Il ferro è l'ultima cenere dei fuochi nucleari. È impossibile ricavare altra energia dal ferro facendolo fondere con altri nuclei, e altrettanto impossibile è ottenerne energia per fissione. Quando la sua regione centrale è intasata dal ferro, la stella non dispone più di alcun modo per produrre nuova energia. Essa riprende il collasso, ma questa volta la forza esercitata dagli elettroni non è sufficiente a contrastare la gravità. Nel nucleo della stella gli elettroni sono costretti a fondersi con i protoni dando origine a neutroni, e il nucleo si contrae rapidamente in una sfera di neutroni - una stella di neutroni - del diametro di circa 15 km. La forza di gravità e la pressione che i neutroni esercitano l'uno contro l'altro si controbilanciano e, purché la gravità non sia eccessivamente forte, il nucleo si stabilizza.

## Le supernove e le loro conseguenze

Quando si verifica il collasso del nucleo, alle parti esterne della stella viene, per così dire, a mancare il terreno sotto i piedi. Esse cominciano allora a cadere rapidamente verso l'interno, fino a incontrare il nucleo di neutroni che rimbalzano e un flusso di neutrini creati nelle reazioni nucleari. Questo incontro produce una reazione violenta nel corso della quale la stella letteralmente si lacera. Per una mezz'ora circa, la carcassa stellare è attraversata da onde d'urto le quali creano temperature in cui vengono sintetizzati freneticamente tutti gli elementi chimici sino all'uranio e al plutonio, che poi vengono espulsi nello spazio. Per alcuni giorni la stella può emettere più energia dell'intera galassia di cui fa parte. Questo evento è noto come un'esplosione di supernova: la catastrofe stellare più spettacolare che si conosca. Quando in una supernova si è dissolto il polverone, il prodotto finale potrebbe essere una stella di neutroni o un buco nero: non sappiamo ancora abbastanza per poterlo predire con certezza.

Il 23 febbraio 1987 un'esplosione di supernova divenne visibile in una regione vicina alla nostra galassia, la Grande Nube di Magellano. Gli astronomi si trovarono ad avere un posto di prima fila da cui poter osservare lo spettacolo, oltre che una possibilità di verificare le loro teorie sulla vita e la morte delle stelle. Le teorie superarono brillantemente la prova.

Quando lo spettacolo pirotecnico di un'esplosione di supernova si è esaurito, tutto ciò che rimane della grande stella originaria è un nucleo formato da neutroni: una sfera di neutroni solidi del diametro di circa 10 km. La stella di neutroni ha di solito una rotazione molto veloce - compiendo normalmente da trenta a cinquanta rotazioni sul suo asse al secondo - poiché il collasso accelera la rotazione inizialmente lenta della stella (si ricordi l'esempio della pattinatrice sul ghiaccio). Anche il campo magnetico originario della stella è stato concentrato dal collasso, e sulla stella di neutroni esiste ora un campo molti miliardi di volte più intenso che alla superficie della Terra.

Gli elettroni che scendono spiraleggiando verso i poli magnetici nord e sud della stella rotante emettono energia, per la massima parte sotto forma di onde radio. Questa radiazione viene irradiata nello spazio sotto forma di un fascio ristretto concentrato al polo della stella. Possiamo immaginarcela come qualcosa di simile al fascio di luce emesso da un faro. Quando il fascio passa nella nostra direzione riceviamo un impulso di onde radio, cui succede il buio e poi, dopo una brevissima frazione di secondo, un altro impulso. Quando questi segnali pulsanti furono captati per la prima volta, furono chiamati «LGM» (per Little Green Men, «omini verdi»), perché sembravano segnali in codice e si pensava alla possibilità che fossero stati trasmessi da qualche popolazione intelligente. Oggi sappiamo che tali segnali sono emessi da stelle di neutroni rotanti, che gli astronomi chiamano pulsar. In cielo ci sono circa 500 pulsar note e probabilmente molte altre attendono di essere scoperte.

Se la stella ha una massa molto grande, la pressione esercitata dai neutroni non sarà sufficiente a opporsi alla gravità, e il collasso continuerà fino alla formazione di un buco nero. I buchi neri rappresentano il trionfo supremo della gravità, la sconfitta finale della stella.

Il quadro che abbiamo oggi della vita delle stelle è quindi questo: molto presto nella storia dell'universo si formarono grandi stelle, le quali vissero intensamente la loro breve vita e divennero supernove. Negli ultimi istanti della loro esistenza, queste stelle sintetizzarono tutti gli elementi chimici noti, dopo di che li sparsero nello spazio. Qui questi elementi furono incorporati in una nuova generazione di stelle, mentre la concentrazione di elementi pesanti aumentava in tutto l'universo.

Tutti gli elementi più pesanti dell'elio, compreso il ferro nel nostro sangue e il calcio nelle nostre ossa, sono stati prodotti all'interno di stelle. Noi, tutti noi, siamo fatti di materia stellare.