

Diego Menna

La vita di una stella

L'affascinante ciclo vitale delle stelle ripercorso dalla nascita alla morte



- Indice -

Prefazione al libro.....	3
Introduzione.....	4
Puntini luminosi e leggende.....	4
Astrologia molto diversa da astronomia.....	5
Il fascino delle stelle.....	9
Nascita di una stella.....	10
Nursery stellari un po' ovunque.....	10
Il colore delle stelle.....	12
Evoluzione di una stella.....	14
Il motore delle stelle.....	14
Composizione delle stelle.....	16
Il cambio di abitudini.....	18
Morte di una stella.....	20
I destini si dividono.....	20
Stelle con massa medio-piccola.....	20
Stelle con massa grande.....	22
Il residuo dell'esplosione.....	23
Il mistero dei buchi neri.....	24

- Prefazione -

Finalmente trovo la possibilità di creare questo ebook in formato *pdf* dopo la realizzazione del sito internet riguardante lo stesso argomento: [La vita di una stella](http://web.tiscali.it/starslife).



Foto del sito starslife

Non dimenticate di andare a visitare anche il sito che si trova all'indirizzo

<http://web.tiscali.it/starslife>.

Perché anche la realizzazione della versione in pdf? Diversi motivi hanno portato a questa scelta.

Uno dei motivi principali risiede nella possibilità di rendere le informazioni sotto forma di vero e proprio libro (elettronico). Il libro elettronico sta diventando una vera e propria miniera per l'editoria elettronica. Ed è una gran bella soddisfazione scrivere e "pubblicare" il primo libro! Mai avremmo potuto scrivere e pubblicare un libro gratis senza lo strumento internet.

Il formato pdf garantisce una compatibilità notevole poiché sta diventando sempre più lo standard per la lettura dei libri elettronici. Quindi, chiunque può leggere questo libro in modo rapido e soprattutto "Gratuito" vista la disponibilità del software di lettura "Adobe Acrobat Reader".

In tutta la rete stanno nascendo vere e proprie librerie che raccolgono libri elettronici. Sarei molto felice di collaborare all'ampliamento di queste oasi culturali della grande rete.

Una versione in formato pdf è molto più compatta e facilmente leggibile rispetto alla versione online in formato html perché tutte le informazioni sono disponibili senza la necessità di essere raggiunte tramite hyperlink.

Un altro punto importante a favore del formato pdf è il fattore *stampa*. La stampa di un testo in formato pdf è molto più rapida ed efficiente rispetto alla stampa di pagine html in quanto il formato in questione è nato come strumento editoriale ed è quindi perfetto per la stampa su carta. Non tenendo in considerazione gli errori di impaginazione di Internet Explorer..

Questo, naturalmente, non significa che la versione html non sia valida. I vantaggi offerti da questo sistema tutti li conosciamo e si ottengono sotto altri aspetti. Navigando in un sito si ha la possibilità di accedere a molte risorse in più rispetto al "semplice" testo in formato pdf. Non c'è bisogno di ricordare in questo momento le risorse offerte dalla rete internet; tutti le conosciamo.

Alla fine la realizzazione di entrambe le forme non può che giovare visto che si accomunano i vantaggi dell'una e dell'altra cosa e le due versioni sono "complementari".

Ci tengo a rilevare, infine, che non sono un professionista o un ricercatore del campo astronomico. Sono solo un semplice appassionato e se scrivo questo mio primo "libro" è solo per passione. L'astronomia l'ho imparata dai libri comuni (non testi universitari) e proprio per questo mi può essere più semplice spiegare questi argomenti a persone che, come me, hanno mostrato interesse verso questa scienza. Come altri esempi lodevoli nati su Internet, la mia idea è quella di sfruttare il punto di vista del dilettante come elemento di forza e potrebbe venirmi più facile immedesimarmi in chi si trova alle prime armi con l'astronomia e vorrebbe capirne di più.

La presente versione pdf non è speculare alla versione html in quanto ci sono modifiche al testo per consentire la realizzazione di una forma più discorsiva. La forma discorsiva, essendo poco adattata all'uso sulla rete per questione di velocità e usabilità, non può essere opportunamente utilizzata nel formato html.

Note sulla diffusione e modifica del presente libro

Il presente ebook non è protetto in alcun modo contro la diffusione. Lo offro alla comunità di Internet senza restrizioni eccetto quelle imposte dalla vostra onestà. Distribuitelo e duplicatelo liberamente, basta che rimanga intatto e ci sia indicato sempre il mio nome. Non sono consentite modifiche al testo originale del libro.

- Introduzione -

Punti luminosi e leggende

Le stelle. Molte persone non fanno neanche più caso a quei puntini luminosi che popolano il nostro cielo ogni volta che il Sole tramonta. Eppure sono lì. Hanno spaventato, stupito e affascinato le popolazioni antiche che ne avevano timore e rispetto, al punto da associare un insieme di stelle ad esseri mitici e figure mitologiche (Le costellazioni).

La loro importanza è testimoniata dalle scelte importanti fatte nella storia, nelle grandi battaglie, quando l'esplosione di una supernova poteva influenzare l'esito di una battaglia o di una guerra. I cinesi affidavano all'astronomo di corte un ruolo fondamentale: osservare il cielo per predire gli eventi. Stesso comportamento era adottato in Inghilterra, dove non è mai mancato l'astronomo di corte.



Quando gli antichi iniziarono a studiare le stelle, l'**astrologia** fu inizialmente la "scienza" deputata al compito importante di predire gli eventi osservando il movimento e le posizioni delle stelle. Fondamentali furono le scoperte fatte dagli "astrologi" del passato che erano soprattutto *osservatori* del cielo, cosa ben diversa dagli astrologi di oggi che, osservatori non sono.

I popoli antichi credevano che le stelle fossero dei fori su una grande sfera al di là della quale c'era una grande luce prorompente rappresentante il Dio creatore. Erano quindi considerate come collegamento con l'aldilà.

I tempi sono cambiati molto e i popoli del mondo del secondo millennio non pensano più alle stelle come oggetti mitici. Oggi nessuno ha più paura di una stella o dell'apparizione di una supernova e la materialità che affligge le popolazioni ha dimenticato il fascino che racchiudono questi elementi che hanno generato quasi tutta la materia esistente nell'universo. In fondo dobbiamo ringraziare le stelle se esistiamo (questo avremo modo di vederlo nel testo). Perché lasciare che questi corpi celesti restino solo puntini luminosi? Il fascino innato che hanno le stelle è presto verificato dallo stupore e dalla passione che si vede negli occhi dei bambini quando visitano un planetario o quando hanno modo di osservare il cielo da un luogo buio. Uno stupore che testimonia una radicata attrazione, solo messa da parte nell'uomo moderno ma ancora presente in fondo a tutti noi, proveniente dai nostri avi. Purtroppo il cielo delle nostre città non permette più a nessun bambino di provare quell'emozione perché le luci artificiali hanno spento uno spettacolo che la natura accendeva ogni sera per i popoli della Terra. E allora perché, in una sorta di rivincita, non vedere le stelle in altro modo? Approfondendo le questioni sulla loro nascita, evoluzione e morte..?

Astrologia.. molto diversa da Astronomia



La questione astrologia. Forse qualcuno ha avuto modo di vedere i conflitti che occorrono tra esponenti del mondo scientifico e astrologi. Purtroppo le cose intorno a noi non vanno molto bene e c'è sempre qualcuno pronto ad approfittare delle debolezze altrui. Ma passiamo ad analizzare il problema:

È verissimo e nessuno lo mette in dubbio che l'astrologia ha segnato l'inizio della vera scienza astronomica di oggi. Senza l'astrologia antica non sarebbe nata l'astronomia moderna in quanto scienza.

L'astrologia odierna è però ben lontana da qualsiasi scienza, in quanto non è fondata su ipotesi e presupposti scientifici e rappresenta un abile modo per fare soldi. Perché? Possiamo vederne la dimostrazione in una sola pagina. Così come si procede per una dimostrazione di un teorema matematico, stabiliamo subito alcune ipotesi (vere) dimostrando poi che queste si rivelano fasulle, anche ragionando per assurdo. (Chi ha studiato qualche teorema matematico forse può capire quello che ho appena detto).

- 1) L'astrologia si basa sullo studio della posizione delle stelle al momento della nascita o in qualunque momento della vita per prevedere eventuali situazioni o avvenimenti.
- 2) Le costellazioni hanno un'importanza notevole poiché ad ogni individuo è assegnato un segno zodiacale in base alla data di nascita.
- 3) I comportamenti caratteriali dei singoli individui *dovrebbero* essere collegati con il segno zodiacale e influenzati dalle posizioni delle stelle o degli oggetti del cielo (quelli dei segni di terra sono più...[aggettivo], ecc.)
- 4) Affinità particolari dovrebbero esistere tra persone appartenenti a determinati segni zodiacali. (Ascendente, ecc.)
- 5) Alcuni astrologi prevedono anche gli eventi di un intero popolo o di un'intera collettività in base a fenomeni celesti (eclissi, congiunzioni planetarie, lunazioni).
- 6) Molti astrologi prevedono l'uso di carte speciali per tracciare il destino quotidiano o a lungo termine di un individuo. (Carte astrologiche)
- 7) Risulta importante la posizione del Sole e della Luna sullo sfondo delle costellazioni.
- 8) Gli oroscopi sono pubblicati quotidianamente.

Quali altre siano le ipotesi su cui si basano gli oroscopi lo sanno solo gli astrologi e i maghi ma a noi bastano queste, per ora.

Ora dimostreremo semplicemente la falsità di ognuna delle predette ipotesi che saranno tutte contraddette dai fatti e dalle evidenze scientifiche. Vediamo come e perché:

- 1) Il cielo di 2000 anni fa era completamente diverso da quello di oggi e continua a cambiare nel corso del tempo per il fenomeno della precessione degli equinozi. Diretta conseguenza di questo fenomeno è il cambiamento delle costellazioni. Il Sole, oggi, non si proietta più nelle stesse posizioni di 2000 anni fa e quindi oggi chi nasce in un periodo in cui

dovrebbe essere del segno dell'Ariete (ad esempio) non lo è più. Questo individuo dovrebbe appartenere ad un segno diverso (sfalsato di un'unità per ora). Gli aspetti caratteriali di una persona per quale motivo dovrebbero essere diversi oggi da 2000 anni fa? E se quella persona fosse nata 2000 anni fa sarebbe stata di un altro segno zodiacale? Le costellazioni di oggi non sono più quelle di una volta..ma per l'ipotesi I le costellazioni sono fondamentali per l'oroscopo. (Contraddizione uno)

- 2) I corpi celesti influenzerebbero gli eventi e le persone. Ma, tenendo conto che gli oggetti celesti sono infiniti, come potrebbe ognuno di essi influenzare le decisioni o la vita di una persona? Anche considerando un'influenza basata sulla distanza degli stessi, che influenza hanno tutte le migliaia di asteroidi presenti nella fascia tra Marte e Giove.. e tutti i satelliti di Giove? E quelli di Saturno e Urano ? ...E sono tanti...Una mappa zodiacale che comprendesse tutti i corpi del sistema solare richiederebbe un super computer con processori in parallelo per essere calcolata! Gli astrologi non considerano tutti questi elementi perché sarebbe impossibile. Considerando che gli oroscopi sono prodotti quasi in serie (ogni mattina, su ogni giornale, su ogni televisione) che dispiegamento di forze e mezzi richiederebbero per essere calcolati? Forse la NASA mette a disposizione i propri mezzi?! ;-) Ma qui siamo in contraddizione con la premessa VIII. (Contraddizione due).
- 3) I corpi celesti influenzerebbero il carattere o i comportamenti altrui, secondo alcuni astrologi anche in base al nome del corpo celeste. Così l'asteroide Eros dovrebbe influire positivamente nella sfera amorosa. Che influsso potrebbe avere un asteroide denominato "Sofia Loren"? (Contraddizione tre).
- 4) Una volta è stato condotto un esperimento su un quotidiano. Fu proposta la realizzazione di un oroscopo gratuito personale... A tutti coloro che l'avessero richiesto sarebbe stato spedito direttamente a casa. I soggetti avrebbero dovuto, però, rispedire all'autore dell'oroscopo una valutazione.. Molti furono i partecipanti a cui fu spedito **lo stesso** oroscopo (molto generico) uguale per tutti. Molti partecipanti risposero indicando che quanto scritto corrispondeva al vero. Peccato che quello era anche l'oroscopo di un pluriomicida che aveva appena ucciso 30 persone! (Contraddizione quattro).
- 5) Si associa agli eventi celesti spesso una previsione di quanto possa accadere ad una comunità od ad un singolo individuo. È stato provato statisticamente che non c'è relazione tra eventi celesti ed eventi umani. Del resto, l'ignoranza in materia astronomica di molte persone fa credere ancora che le stelle cadenti siano stelle che si staccano dal cielo! Quante

volte gli astrologi hanno previsto per l'anno 1000 o l'anno 2000 la fine del mondo? Mi sembra che siano state tutte figuracce... e non sono le uniche. (Contraddizione cinque).

- 6) Io sarei del segno del Capricorno... o del Sagittario..? ?..o dell'Acquario?.. Comunque dovrei ogni mattina leggere l'oroscopo per vedere cosa prevede la giornata e come mi dovrei comportare. Leggo un oroscopo in Tv e poi leggo un oroscopo su un quotidiano... ma dicono cose opposte?! Come mi comporto? E non affermate che poi lo leggete per sfizio perché è ipocrisia che regala miliardi nelle tasche di persone poco oneste! Ma se le teorie degli astrologi sono basate sullo studio della posizione delle stelle... com'è che due oroscopi dicono cose diverse? La posizione delle stelle è sempre la stessa! Boh?! (Contraddizione sei).
- 7) Ogni mattina dovrei leggere l'oroscopo.. Quante persone hanno lo stesso segno zodiacale? 6 milioni solo in Italia? Come fa il mio destino ad essere uguale a quello di 6.000.000 di persone? e soprattutto come fa il destino di sei milioni di persone ad essere scritto in due righe o quattro parole? (Contraddizione sette).
- 8) L'oroscopo è basato sulla posizione del Sole e delle stelle (Premesse I e VII). Ma la posizione delle stelle e del Sole cambia in ogni istante.. Ma allora in ogni istante dovrebbe cambiare l'oroscopo? Dovrebbe essere stampato un oroscopo ogni secondo, ogni millisecondo... e così via. Evviva! (Contraddizione otto).
- 9) Per la premessa IV dovrebbero esistere affinità tra segni zodiacali. Quanti sono i casi di coppie "tranquille" che dovrebbero litigare secondo gli astrologi? Provate a vederlo voi. Non mi venite a affermare che sono eccezioni.. sarebbe troppo facile (Contraddizione nove).
- 10) Per la premessa VI qualche astrologo "professionista" utilizza carte su cui disegnare grafici corrispondenti alle posizioni dei vari corpi celesti.. Ma come fa un foglio di carta a contenere tutti i corpi del Sistema Solare? E le altre stelle? E tutti i pianeti ? le galassie esterne? (Contraddizione 10).
- 11) Prima della scoperta dei Pianeti esterni (Urano, Nettuno e Plutone) si facevano ugualmente oroscopi. Tutte le persone vissute prima di quegli anni avrebbero dovuto avere un oroscopo diverso da quelle di oggi.. e perché? e perché proprio dopo il 1610? Se Galileo non avesse utilizzato quel piccolo rifrattore il destino dell'umanità sarebbe cambiato? (Contraddizione 11).

Le dimostrazioni che ogni ipotesi risulta falsa hanno annullato le ipotesi su cui dovrebbe basarsi l'astrologia odierna. Spero che vi sia stato utile.

Il fascino delle stelle



Molti di noi non si sono mai soffermati a pensare per poco più di un attimo a cosa si nasconde dietro una stella. Quei semplici puntini luminosi sono qualcosa di molto più complesso e affascinante di quanto sembra che dobbiamo vedere come nostri lontani genitori.

Quando osserviamo una stella guardiamo indietro nel tempo. Poiché la distanza delle stelle è enorme (dell'ordine degli anni-luce) la luce che emanano è partita dalla loro superficie tanti anni prima quanti sono gli anni-luce che ci separano dalla stessa.

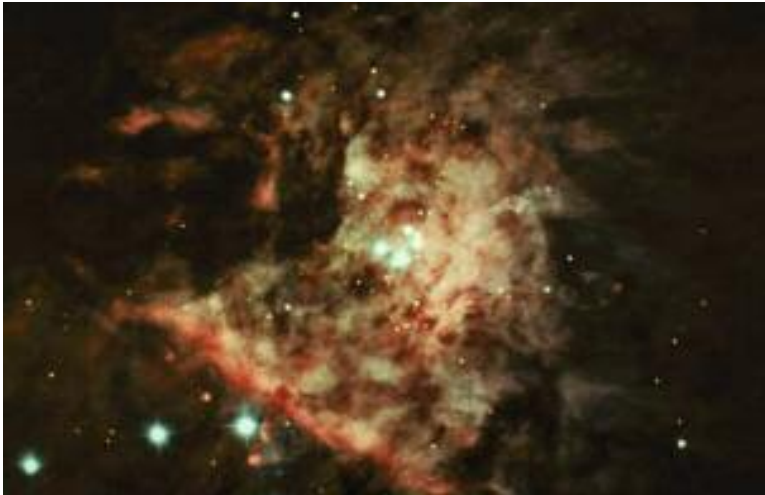
Per chiarire facciamo un esempio: la luce di una stella che si trova a 20 anni-luce dalla Terra impiega 20 anni per raggiungere il nostro pianeta. Quindi, quando osserviamo la stella, guardiamo indietro nel tempo. Per spiegarmi ancora meglio, utilizzo un esempio pratico: se mi trovo nell'anno 2000 e sto osservando una stella che si trova a 20 anni-luce, la luce che mi giunge dalla stella è partita dalla stessa nel 1980! In pratica sto guardando indietro nel tempo! Le stelle quindi, come tutti gli oggetti celesti che si trovano a grandi distanze, sono delle vere e proprie macchine del tempo relative. Viceversa, se un ipotetico osservatore guardasse il nostro pianeta da una distanza di 2000 anni-luce, vedrebbe il nostro pianeta come era 2000 anni fa. Questo fenomeno è spiegato dal fatto che la velocità della luce è costante e non può superare una data soglia (300.000 Km/sec).

Il materiale che compone tutto quello che ci circonda, compresi noi stessi, è opera delle stelle. Nei nuclei stellari avvengono tutte quelle reazioni chimiche che permettono alla materia di trasformarsi da elementi semplici, quali l'idrogeno e l'elio, in elementi pesanti come il ferro. L'alchimia degli elementi che ci circondano è opera solo ed unicamente delle stelle. Quindi, ragionando in maniera molto astratta, si può affermare che "Le stelle ci hanno donato la vita". È anche vero che una stella potrebbe toglierci la vita che ci ha donato, con una probabilità molto bassa ma non nulla. Infatti, se una stella nell'ultima fase della sua evoluzione si trovasse ad una distanza relativamente vicina, ed esplodesse come supernova, la popolazione del pianeta Terra si troverebbe in serio pericolo per la grande quantità di radiazioni che un simile fenomeno genera.

Come non dedicare qualche attimo di attenzione a questi oggetti fantastici così importanti sotto tutti i punti di vista?
Buona lettura!

- Nascita di una stella -

Nursery stellari un po' ovunque

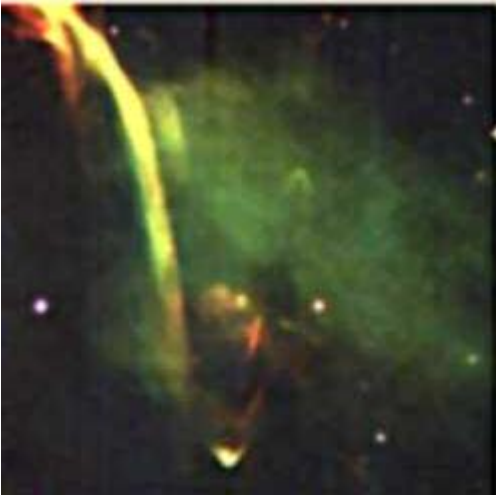


La nascita delle stelle è un evento che si verifica continuamente in ogni angolo dell'universo. La "culla" delle nuove nate è sempre una *nebulosa*, cioè una grande quantità di materia (composta soprattutto da gas come l'idrogeno) che ha una densità diversa da zero. Un disturbo gravitazionale, in altre parole un evento che

genera un'onda d'urto come l'esplosione di una supernova, provoca un cambiamento nella densità della nube di gas. Il processo di addensamento è irreversibile, per l'effetto della forza di gravità, e prosegue fino al punto in cui la concentrazione del gas è massima al centro della nube.

Le nebulose sono formate per la maggior parte da Idrogeno ed Elio (gli elementi più abbondanti nell'universo) e in minor parte da Ossigeno, Azoto, Carbonio e polvere interstellare formata dagli altri elementi della tavola periodica. Le dimensioni medie delle nebulose in cui nascono le stelle sono dell'ordine del centinaio di anni-luce. La temperatura è dell'ordine dei 100° K (-170 °C).

Per effetto della legge dei gas perfetti, l'onda d'urto causa una diminuzione del volume del gas e, in maniera inversamente proporzionale, un aumento della temperatura. Gli atomi dell'idrogeno (l'elemento più abbondante), al centro della nebulosa, iniziano a scontrarsi con maggiore frequenza (per la diminuzione del volume) e provocano l'aumento della temperatura. Raggiunti 1.000.000 °C inizia un processo di *fusione nucleare* che permette la conversione dell'idrogeno in elementi più pesanti. Il processo genera un'immensa energia poiché ogni secondo, in una stella come il Sole, sono bruciate molte tonnellate di idrogeno. Quello che si viene a creare in questa situazione è ciò che è chiamato "*Protostella*".



Protostella

La *protostella*, non ancora stella, si trova nel cosiddetto stato *T TAURI*, dal nome di una stella nella costellazione del toro che si trova nella medesima situazione.

Se la quantità di materia che compone la nebulosa è relativamente ridotta, la temperatura non raggiunge il punto di fusione, perché nel centro della nebulosa non si addensa abbastanza idrogeno, e si forma un oggetto denominato *Nana Bruna*, ovvero una stella mancata.

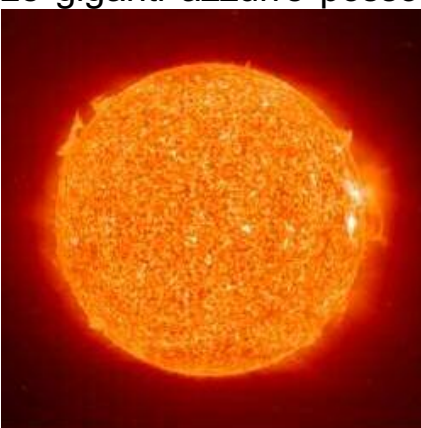
Le nane brune sono molto numerose nell'universo e compongono una grossa fetta della materia totale. La temperatura superficiale delle nane brune è inferiore a 2000°C . I pianeti giganti come Giove e Saturno, possono essere considerati corpi non molto lontani dallo stato delle nane brune in quanto la loro atmosfera è composta interamente da idrogeno ed elio ma hanno dimensioni troppo ridotte per innescare anche il minimo processo di fusione.

Viceversa se la quantità di materia che compone la nebulosa è relativamente grande, si forma una stella denominata *Gigante Azzurra*, che assume una colorazione molto chiara, per l'elevata temperatura che raggiunge.



Giganti azzurre
nell'ammasso aperto
M45

Le giganti azzurre possono raggiungere temperature superficiali superiori ai 10.000°C . Non stiamo parlando naturalmente delle temperature che si generano all'interno del nucleo, decisamente superiori e dell'ordine del miliardo di gradi centigradi nel caso di giganti azzurre.



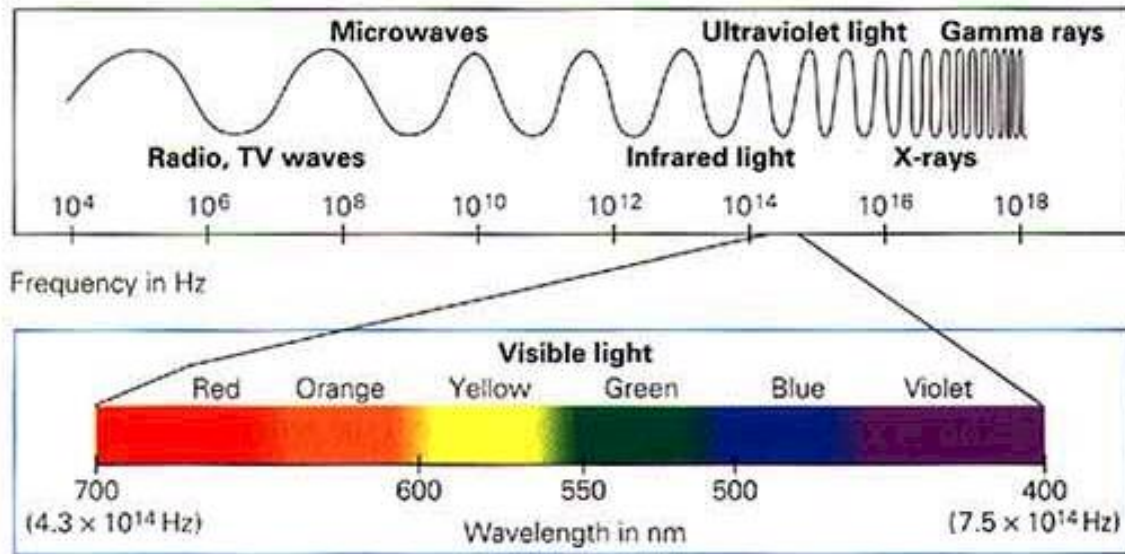
Il Sole è una stella di media temperatura

Il caso intermedio raccoglie stelle simili al Sole, aventi colorazione arancio-giallo. La temperatura superficiale di queste stelle varia dai 4.000°C ai 7.000°C circa.

I tre tipi di stelle appena analizzati seguono ognuno una diversa evoluzione, poiché il fattore critico dipende proprio dalla massa.

Il Colore delle Stelle

Il colore delle stelle è funzione della temperatura superficiale delle stesse. La temperatura superficiale è quella registrata nello strato più esterno della stella. Ma come si fa a misurare quella temperatura? Niente di più semplice! La misurazione della temperatura superficiale si effettua osservando lo spettro elettromagnetico della stella, proprio perché il colore è direttamente proporzionale alla temperatura.



Lo spettro elettromagnetico

Cosa significa? Maggiore è la temperatura, maggiore è la tendenza del colore a diventare bianco o azzurro; minore è la temperatura, maggiore è la tendenza del colore a diventare rosso.

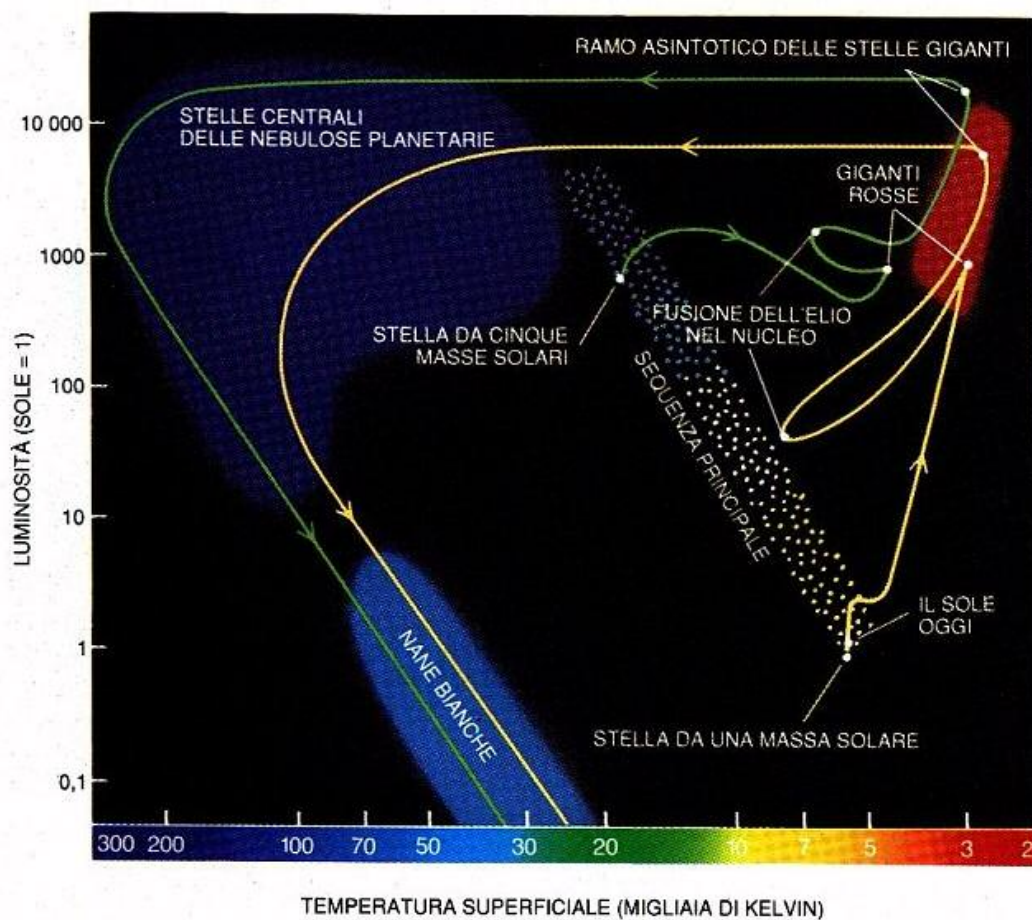
Per capire questa relazione tra temperatura e colore bisogna osservare lo spettro elettromagnetico, ovvero la gamma di energie esistenti correlati alla frequenza e alla lunghezza d'onda. Ogni forma di onda elettromagnetica è composta da una frequenza e da una lunghezza d'onda, inversamente proporzionali tra loro.

Maggiore è la frequenza, maggiore è l'energia che compone l'onda elettromagnetica. Come si vede in figura, ad una temperatura minima di 3000° C corrisponde un colore rossastro mentre ad una temperatura massima di 20.000°C circa corrisponde un colore azzurro.

Oltre al colore, un altro elemento che caratterizza la fisica di tutte le stelle è la *luminosità*. Ogni stella sviluppa un'energia diversa dalle altre che dipende dalla quantità di materia che la compone. Una stella massiccia genera una quantità maggiore di energia perché la gravità comprime maggiormente il nucleo che raggiunge temperature più elevate.

Una stella più grande emette una quantità di radiazioni maggiore perché la dimensione della superficie emittente è più grande.

La luminosità intrinseca della stella è definita come *magnitudine assoluta* ed è misurata in maniera standard per tutte le stelle, indipendentemente dalla distanza. La luminosità che invece noi osserviamo dalla Terra è definita come *magnitudine apparente* in quanto quest'ultima è variabile in base alla distanza della stella. Per fare un esempio, pensiamo alla luminosità di una candela: la luminosità intrinseca della candela è la magnitudine assoluta. Se spostiamo la candela ad una distanza maggiore dall'osservatore, questa ci apparirà naturalmente meno luminosa man mano che aumentiamo la distanza. La luminosità osservata in questo secondo caso è la magnitudine apparente. Per questo motivo, una stella più luminosa di un'altra non necessariamente emette più energia perché la distanza potrebbe essere minore e rendere la stella più luminosa rispetto all'altra.



Il diagramma di Hertzsprung-Russel mostra la relazione tra temperatura e luminosità

La magnitudine assoluta, che quindi misura l'emissione effettiva di luce, è definita come la *luce emessa da una stella ad una distanza standard fissata a 3,26 parsec*.

In base al colore delle stelle si definisce un fattore chiamato *tipo spettrale*. Questa grandezza definisce il colore delle stelle relativamente alla temperatura superficiale ed è rappresentato da una suddivisione dello spettro. Il tipo spettrale di una stella è identificato mediante una lettera secondo il seguente ordine: O-B-A-F-G-K-M.

Le prime lettere comprendono i tipi spettrali con temperatura superficiale alta mentre le ultime lettere quelli con temperatura superficiale relativamente bassa. Così, ad esempio, il tipo O comprende stelle con temperatura al di sopra dei 15.000 °C mentre il tipo M comprende stelle con temperatura al di sotto dei 3000°C. Il Sole è una stella di tipo spettrale G con temperatura superficiale di 5500°C.

All'interno della classificazione appena vista esiste un'ulteriore suddivisione di tipi [1..10] per permettere una classificazione più precisa.

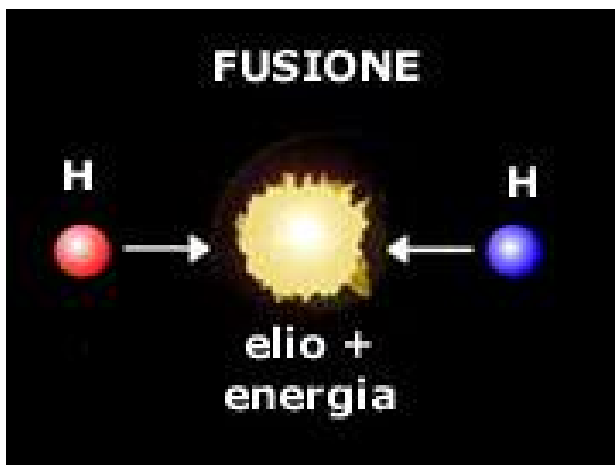
Le grandezze *dimensione*, *luminosità* e *magnitudine* sono strettamente legate da un rapporto che si può osservare in un diagramma chiamato **Ertsprung-Russel**.

- Evoluzione di una stella -

Il motore delle stelle

Quando la temperatura del nucleo ha raggiunto i 10.000.000 °C circa, a seguito della concentrazione del gas al centro della nebulosa, la stella "si accende" e inizia la fase evolutiva.

Il processo di fusione nucleare genera *elio* a partire dall'idrogeno, ed è molto efficiente perché da un chilogrammo di idrogeno si ricava un'energia equivalente a quella prodotta da 200 tonnellate di petrolio. Ed è questa energia che ha alimentato la vita sulla Terra da un milione di anni e fa splendere il nostro Sole già da cinque miliardi di anni.



Il processo di fusione nucleare

Attenzione però, perché se la produzione di elio nel nucleo stellare è altamente efficiente, non succede la stessa cosa con la fusione dell'elio. Infatti, il processo di fusione dell'elio dura molto di meno stabilendo così un cambiamento nell'evoluzione dell'evoluzione stellare.

Ma perché ora si parla della fusione dell'elio?

Il processo di fusione nucleare coinvolge l'idrogeno in primis nella creazione dell'elio. L'idrogeno è trasformato in elio e quest'ultimo resta nella stella come risultato del processo nucleare.

Quando la quantità di idrogeno che è "fuso" nel nucleo della stella termina, l'elio è coinvolto nel processo di fusione. La fusione nucleare dell'elio, però,

non è così "facile" come l'idrogeno perché la sua struttura atomica è diversa e richiede temperature maggiori per essere modificato. Come si raggiungono queste temperature?

La temperatura del nucleo stellare aumenta quando viene a mancare il combustibile nucleare primario (l'idrogeno) in quanto, mancando il contrasto alla forza di gravità operata dalla pressione nucleare, la stessa forza di gravità prende il sopravvento e schiaccia la stella comprimendo gli atomi situati nel nucleo e causando, in tal modo, un aumento della temperatura. In questa fase la stella passa momenti difficili in quanto è sconvolta da una serie di esplosioni e cambiamenti di dimensione per l'attivazione del processo di fusione dell'elio. L'equilibrio di cui parleremo fra breve è compromesso proprio nel momento in cui le scorte di idrogeno finiscono.

Ma facciamo una piccola digressione. Dopo la fase T-Tauri, tutte le stelle entrano in una fase di "equilibrio" generata dal bilanciamento di due forze enormemente potenti: la *forza di gravità* e la *pressione nucleare*. Le due forze in questione generano un equilibrio che mantiene la stella viva per molti anni (migliaia o miliardi secondo la massa).

La forza di gravità agisce comprimendo la stella in maniera più forte quanto più massa forma la stella.

Il contrasto alla forza di gravità è generato dalla fusione nucleare con la pressione nucleare. La pressione nucleare è l'energia rilasciata durante il processo di fusione.

Il contrasto delle due forze mantiene la stella in equilibrio. Tale equilibrio è mantenuto anche in caso di uno sbilanciamento per il relativo aumento di una delle due forze. Vediamo perché analizzando i due casi in cui la stella potrebbe perdere momentaneamente l'equilibrio:

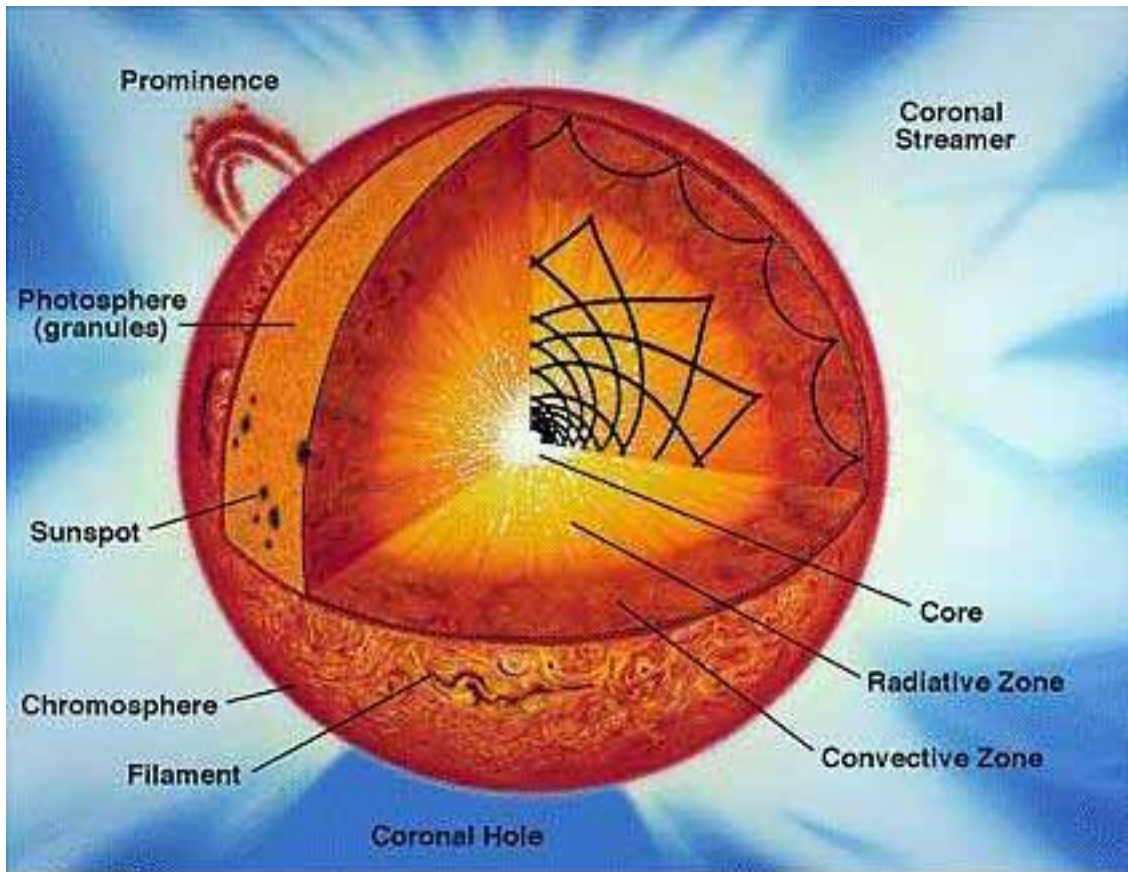
1) Un aumento della forza di gravità (la stella tende a schiacciarsi): Se la forza di gravità dovesse prendere il sopravvento, la stella reagirebbe con una contrazione che, diminuendo il volume e "schiacciando" maggiormente gli atomi del nucleo, ne aumenterebbe la temperatura e quindi anche la pressione nucleare, ristabilendo il vecchio equilibrio.

2) Un aumento della pressione nucleare verso l'esterno (la stella tende a scoppiare): Viceversa, se dovesse aumentare la pressione nucleare, questo provocherebbe un aumento della **massa** della stella. E poiché la forza di gravità è proporzionale alla massa si verificherebbe anche un aumento dell'intensità della forza di gravità che, così facendo, ristabilisce il vecchio equilibrio.

Questo "*termostato naturale*" funziona finché c'è dell'idrogeno da bruciare. Quando l'idrogeno termina, la situazione si complica e la stella va incontro ad una serie di cambiamenti, che ne segneranno l'esistenza.

Composizione delle stelle

Una stella è costituita da strati concentrici aventi dimensioni differenti. Nel centro della stella c'è il cosiddetto "Core", ovvero il nucleo dell'astro. Esso raggiunge i milioni di gradi centigradi ed è il luogo in cui si verifica la fusione dell'idrogeno in elio.



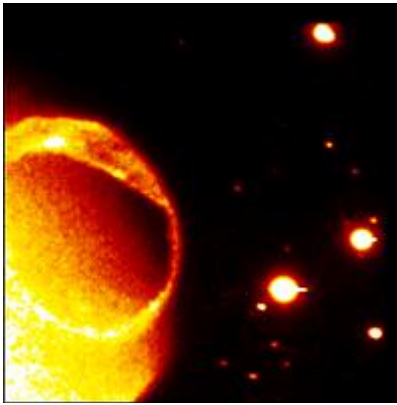
La struttura del Sole – una stella tipo –

Vi sono poi varie zone che le radiazioni, generate nel nucleo stellare, devono attraversare prima di giungere alla superficie della stella. Gli strati intermedi sono la *zona convettiva* e la *zona radiativa* così denominate per il modo in cui la materia le attraversa e quindi per il modo in cui il calore si propaga. Questa zona è altamente opaca alle radiazioni. Gli strati più esterni, ovvero quelli visibili da un osservatore sono *la fotosfera* e *la cromosfera*. La fotosfera è quella zona che produce le radiazioni luminose e che quindi stabilisce la luminosità della stella.

La luce, anzi la radiazione (perché la luce è radiazione in quanto sotto insieme delle radiazioni presenti nello spettro elettromagnetico), parte dal centro della stella e dopo varie migliaia di anni giunge in superficie, negli strati più esterni. Da lì intraprende un altro lungo viaggio verso i nostri occhi che può durare dagli otto minuti (la stella più vicina a noi) ai miliardi di anni per le stelle più lontane mai osservate.

Unitamente alla luce visibile, una stella emana nello spazio grandi quantità di raggi X, raggi gamma, raggi ultravioletti e raggi infrarossi, ovvero tutti i

restanti tipi di energia che compongono lo spettro delle onde elettromagnetiche, comprese le onde radio.



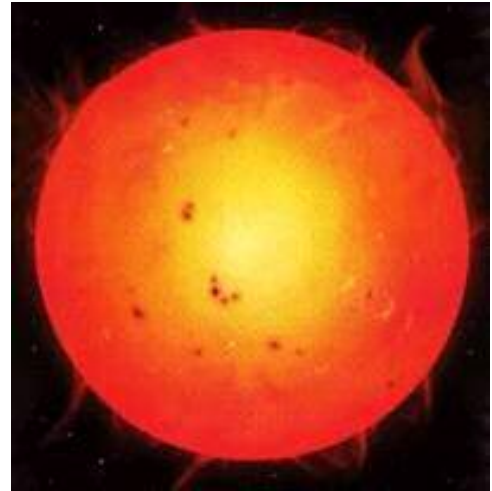
Le stelle sono luoghi ove si verificano tempeste magnetiche, ovvero alterazioni del campo magnetico. Il Sole ogni tanto dà una dimostrazione di queste tempeste arrecando danni al nostro sistema satellitare e delle telecomunicazioni. Le tempeste magnetiche provocano le fantastiche aurore, fenomeni di straordinaria bellezza dovuti alla ionizzazione delle particelle presenti nell'atmosfera terrestre.

Una tempesta solare



Una fantastica aurora

La superficie di una stella è una massa densa di materia ad alta temperatura. Nessuna parte di quella materia è allo stato solido, viste le elevate temperature. Il gas incandescente presente sulla superficie è sottoposto a notevoli sconvolgimenti per vari motivi: la temperatura, la pressione, la forza di gravità e il campo magnetico. L'insieme di queste forze provoca vari fenomeni tra cui le tempeste solari. Famose sono le eiezioni di massa solare, ovvero grandi quantità di materia che esplose sulla superficie dell'astro per poi essere attratta e deviata di nuovo verso l'astro. Il campo magnetico delle stelle è notevolmente sviluppato ed è causa, tra le altre cose, della formazione delle macchie solari.



Le macchie solari

Queste sono delle zone della superficie della stella a temperatura relativamente bassa. Per contrasto appaiono scure all'osservazione diretta. Dal nucleo della stella si dipartono, insieme con tutta la gamma delle energie presenti nello spettro elettromagnetico, i "**Neutrini**" che sono particelle con massa e dimensioni quasi nulle che sono prodotte nel core dalle reazioni nucleari.

Il cambio di abitudini

La fine di una stella non è sempre la stessa. Tutte però seguono un percorso comune fino ad un dato punto.

Le stelle consumano l'idrogeno contenuto nel nucleo fino al suo esaurimento con il processo della fusione nucleare. Il processo genera il secondo elemento della tavola periodica: l'elio. Questo elemento, però, richiede una maggiore energia per essere coinvolto nel processo di fusione, e questo comporta per la stella un cambiamento di aspetto e di "*abitudini*".

Se fino ad ora il vecchio equilibrio era mantenuto costante, anche in caso di lievi sbilanciamenti delle forze in gioco, questo non lo è più dopo l'esaurimento delle scorte di idrogeno.

L'assenza dell'idrogeno è accompagnata da un'altra assenza di rilievo: quella della pressione della radiazione nucleare. L'energia prodotta dal processo di fusione contrastava la forza di gravità che ora prende il sopravvento comprimendo la stella nelle sue mani.

La compressione genera un fenomeno simile a quello della nascita della stella nella nebulosa. La materia presente nel nucleo subisce un aumento

della temperatura dovuto alla forte compressione che fa schizzare gli atomi di elio nel nucleo. Quando questo fenomeno genera nel nucleo stellare temperature dell'ordine dei 100 milioni di gradi centigradi, il processo di fusione nucleare dell'elio può avere inizio.

Raggiungere la temperatura ambita però non è per niente semplice in quanto la stella subisce numerose contrazioni che sono il risultato della lotta tra le forze di gravità e la pressione nucleare. L'aumento della temperatura del nucleo raggiunge anche le parti periferiche (la fotosfera) e provoca una momentanea accensione dell'idrogeno che non è stato bruciato nel nucleo e che si trovava all'esterno della stella. Le esplosioni di gas in superficie non subiscono il contrasto della forza di gravità, minore in superficie, e scagliano materia lontano nello spazio. Le contrazioni e le esplosioni ivi descritte generano una stella *variabile pulsante*.

La stella è definita variabile in quanto la sua magnitudine apparente osservata dalla Terra varia da un minimo ad un massimo, seguendo i ritmi dello spasmo che subisce la stella.

Nel nucleo sono raggiunte temperature necessarie alla fusione dell'elio. Questo processo di fusione nucleare genera gli elementi successivi della tavola periodica: il carbonio e l'ossigeno. La reazione nucleare che genera questi ultimi elementi richiede energia maggiore e non produce energia in maniera efficiente come faceva in precedenza l'idrogeno e poi l'elio in successione.

La fusione dell'elio rappresenta un nuovo equilibrio per la stella poiché è ristabilito il contrasto alla forza di gravità, sempre maggiore.

Nel frattempo la forma e la dimensione della stella sono cambiati. Le esplosioni che si sono verificate in superficie hanno contribuito ad ampliare le dimensioni del guscio stellare. La materia che, esplodendo, permea lo spazio circostante subisce un immediato abbassamento della temperatura dovuto al contatto con il vuoto cosmico.

Conseguenza diretta dell'abbassamento della temperatura è il cambiamento di colore della materia che tende al rosso, per gli stessi motivi visti in precedenza. La stella è diventata una *Gigante rossa*.



Una ipotetica gigante rossa che sorge all'orizzonte di un pianeta lontano

- Morte di una stella -

I destini si dividono

Il nuovo periodo di stabilità non dura però lo stesso tempo che ha impiegato l'idrogeno per fondere l'elio. Questo perché la fusione dell'elio non è così efficiente come quella dell'idrogeno.

La morfologia della stella è paragonabile, nella fase in cui l'elio è il combustibile nucleare in fusione, ad una cipolla formata da vari strati. Lo strato più interno, il nucleo, è formato da elementi più pesanti dell'elio, risultato della fusione nucleare. Man mano che si procede verso l'esterno si incontrano strati composti da elementi via più leggeri. Nello strato più esterno la maggior parte della materia è formata da idrogeno.

Nella fase di "Gigante rossa" si raggiungono luminosità molte volte più grandi del Sole e dimensioni notevoli.

Dopo i primi sconvolgimenti dovuti alla fine delle scorte di idrogeno, la stella subisce un destino diverso secondo la massa che la compone. Per le stelle aventi una massa simili a quella del Sole la fine è relativamente tranquilla.

Stelle con massa medio-piccola

La massa interviene in modo definitivo nel destino della stella dopo la fine dell'idrogeno nel nucleo. Ma già dalle fasi iniziali le stelle sono influenzate in maniera notevole dalla massa che le compone. Una stella avente una massa piccola è destinata a vivere molto a lungo mentre una stella avente massa grande è destinata a vivere di meno. Perché?

Quando la massa è relativamente ridotta (prendiamo il caso estremo della nane brune) la forza di gravità è minore. Per garantire l'equilibrio delle forze, la pressione nucleare non deve contrastare una grande forza di gravità e quindi non è richiesta una fusione massiccia della materia del nucleo. La bassa temperatura mantiene la situazione stabile per molto tempo, facendo "vivere" stelle di questo tipo anche per miliardi di anni. Stelle di questo tipo difficilmente riescono a raggiungere l'innescò della fusione dell'elio in quanto non sono raggiunte le temperature necessarie.

Per le stelle aventi una massa elevata il discorso cambia già dal principio. Come visto, una massa elevata genera una stella Gigante azzurra dalla elevata temperatura e dalla elevata forza di gravità. La maggiore forza di gravità richiede maggiore forza per essere contrastata e mantenere in equilibrio la stella. L'unico contrasto può venire alla pressione nucleare, risultato della fusione nucleare che, per essere più alta, ha bisogno di "bruciare" una grossa quantità di materia più velocemente. Ecco quindi che l'idrogeno finisce prima. Stelle di questo tipo vivono in media qualche centinaio di milioni di anni (poco per la vita stellare) e producono anche elementi più pesanti del carbonio e dell'ossigeno.

Tornando al caso della sorte delle stelle di medie dimensioni, terminato anche l'elio, il processo di fusione subisce un nuovo stop. La fusione nucleare ha prodotto carbonio.

Poiché la massa è relativamente ridotta, la forza di gravità non riesce a comprimere la stella in modo tale da aumentare la temperatura nel nucleo a livelli ancora più elevati e non si innescano nuove reazioni nucleari. Per innescare la fusione nucleare di elementi più pesanti sono richieste temperature ancora maggiori. La forza di gravità vince di nuovo la battaglia con la forza della pressione nucleare e diventa di nuovo padrona della situazione comprimendo la stella fino a farle raggiungere densità elevatissime e facendo salire gravemente la temperatura. In questo modo la stella diventa molto piccola ed assume una colorazione bianco acceso dovuta alla alta temperatura. La densità di queste stelle, chiamate *Nane bianche* raggiunge valori 40.000 volte maggiori di qualunque metallo sulla Terra.

La nana bianca sopravvive nelle sue ultime fasi sotto un altro equilibrio che la spegnerà lentamente con il passare del tempo. Ai livelli di densità raggiunti, il gas non è più formato da molecole "normali" e in quanto tale non si comporta più da gas normale non rispondendo più alla legge dei gas perfetti. Il contrasto alla forza di gravità viene da un altro stato della materia denominato "degenere". Questa volta ad opporsi alla gravità non è più la pressione nucleare (ormai assente poiché sono assenti le reazioni nucleari attive) ma la pressione del gas degenere, considerato come un muro di gomma che oppone resistenza. Raffreddandosi lentamente e inesorabilmente la nana bianca perde luminosità diventando dopo tantissimo tempo una nana nera. La nana nera è un corpo stellare dove non sono più attivi processi nucleari e dove la forza di gravità continua ad esercitare il suo potere senza conseguenza dirette sul corpo stellare. In pratica un faro spento.

Le nane bianche, nonostante la loro altissima temperatura e pressione, non sono visibili ad occhio nudo perché hanno una luminosità totale molto bassa dovuta alle dimensioni ridotte. Una nana bianca è un corpo grande quanto un pianeta ma con la densità del Sole.



Una nebulosa planetaria circonda la nana bianca centrale piccola e invisibile

La nana bianca è circondata da una quantità notevole di materia espulsa nella fase di gigante rossa durante le esplosioni verificatesi nella parte esterna del guscio stellare. La materia in questione forma un guscio di materia che circonda la piccola nana bianca, ovvero una *nebulosa planetaria*.

Questa è costituita dalle polveri e dai gas lanciati nello spazio dalla stella ex gigante rossa.

Stelle con massa grande

La sorte delle stelle aventi massa elevata (diciamo più di 10 masse solari) è decisamente diversa. La gravità, quando termina anche il processo di fusione dell'elio comprime la stella fino a farle raggiungere temperature superiori. L'aumento della temperatura genera un'esplosione nucleare a catena coinvolgendo tutti gli elementi della tavola periodica fino al ferro. Lo stato inquieto visto in precedenza quando terminava la scorta di idrogeno è ora amplificato quando termina la scorta di elio. Come per la Gigante Rossa, la stella non trova contrasto alla forza di gravità che comprime la stella e ne aumenta la temperatura interna. Allo stesso tempo, sulla superficie si generano altre esplosioni dovute all'innescò di fusioni nucleari sugli elementi esterni al guscio stellare. Le esplosioni sono più potenti di quelle verificatesi nella fase di gigante rossa e la grossa quantità di materia in gioco permette al guscio stellare di raggiungere dimensioni enormi. La materia esterna al guscio a contatto con il vuoto cosmico si raffredda e tende ad emettere radiazioni che, nello spettro visibile, tendono al rosso. Le dimensioni notevoli e il colore rosso identificano la *SuperGigante Rossa*.

Il diametro di una stella di questo tipo può raggiungere anche le dimensioni del sistema solare.

Ancora una volta il paragone con la sfoglia di una cipolla è fedele alla descrizione dello stato in cui si trova la stella. Gli strati interni bruciano gli elementi più pesanti della tavola periodica mentre gli strati più esterni



bruciano elementi più leggeri in successione. Il passaggio dalla fusione di un elemento ad un altro è sempre più breve per le maggiori energie richieste. La transizione tra un processo di fusione e l'altro genera comunque alterazioni delle dimensioni e luminosità della stella facendole assumere la denominazione di *Variabile esplosiva*. La fusione nucleare a catena giunge ad un momento in cui non può proseguire. Quanto nel nucleo si accumulano troppi atomi dell'elemento ferro la fusione non prosegue perché il processo che coinvolge il ferro non genera

energia ma la assorbe. La catena di reazioni nucleari si interrompe. Le supergiganti rosse sono stelle aventi un core ferroso e la temperatura nel nucleo raggiunge un miliardo di gradi centigradi.

Il problema è che, nonostante questa elevata temperatura, non vi è emissione di energia (infatti, manca la pressione di radiazione nucleare) e quindi la stabilità è sempre più compromessa perché manca un contrasto alla forza di gravità. In una stella di questo tipo la densità raggiunge un miliardo di grammi per cm^3 . Un cucchiaino di quella materia peserebbe un miliardo di tonnellate sulla Terra.

Quando il nucleo diviene colmo di atomi di ferro la stella non regge più alla pressione della gravità ed esplose in un modo terrificante gettando nello spazio tutti gli elementi che aveva creato nel processo di fusione nucleare. E' l'esplosione di una *Supernova*.

Come se non bastasse la sua capacità di "creare" elementi non si arresta perché, se nel suo core non ha avuto le possibilità di produrre elementi più pesanti del ferro come l'oro, l'argento, l'uranio, ecc., l'esplosione e l'immane temperatura generata da essa, unitamente alla quantità inimmaginabile di radiazioni prodotte, sono in grado di creare, in un processo chimico



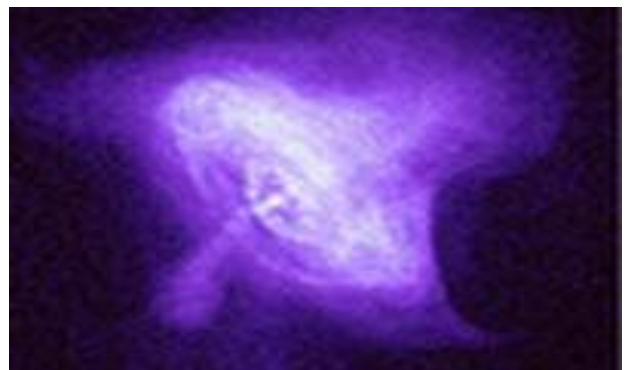
Il residuo di una supernova

complesso, atomi di oro e dei restanti elementi della tavola periodica. La tavola periodica, con tutti i suoi elementi compresi quelli del nostro corpo come l'ossigeno e il carbonio solo per citarne alcuni non sono altro che il prodotto di quelle combustioni nucleari che poi le supernove hanno "distribuito" nello spazio. L'esplosione della supernova che permea lo spazio di elementi pesanti lascia quello che è detto *Residuo di Supernova*.

Il residuo dell'esplosione

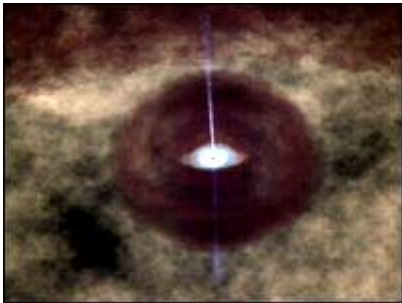
Il nucleo stellare non è disintegrato nel nulla. Quello che rimane può' essere diverso secondo la massa.

Se la massa è compresa tra 1,4 e 3,4 masse solari si forma quella che è detta stella a neutroni o *pulsar*.



Le pulsar sono oggetti che generano un campo gravitazionale enorme

Una stella a neutroni è il residuo dell'esplosione e si trova in uno stato fisico particolare per l'enorme forza di gravità che la comprime. La densità elevatissima permette ai protoni e agli elettroni degli elementi di entrare in contatto abbattendo le barriere della forza elettromagnetica che uniscono i protoni agli elettroni. Lo scontro dei protoni e degli elettroni genera i neutroni. I neutroni, riescono a respingere la forza di gravità, in quanto offrono un compatto muro di difesa. Le stelle di neutroni ruotano velocemente su se stesse emettendo due potenti fasci di onde radio in direzioni opposte. Il campo magnetico di questi oggetti è così forte che le onde radio riescono solo a sfuggire dai punti in cui la forza del campo magnetico è minore (ovvero i due poli della stella). Se uno dei due fasci è orientato verso la Terra, si possono osservare gli impulsi emessi dalla stella di neutroni sotto forma di onde elettromagnetiche. Le pulsar ruotano velocissime tanto da compiere anche 30 giri in un secondo e hanno dimensioni estremamente ridotte dell'ordine di poche decine di chilometri.



Un buco nero attrae tutta la materia verso il suo centro

Se la massa del residuo rimanente è maggiore di 3,4 masse solari si può creare un oggetto la cui forza di gravità è talmente forte da non far uscire nemmeno la luce: un *buco nero*.

Per chiarire cosa è un buco nero basta pensare a questo esempio: se noi volessimo uscire dall'orbita della terra e sfuggire al suo campo gravitazionale in modo tale da poter andare nello spazio senza ricadere sulla terra (quello che fanno i razzi che accompagnano i satelliti in orbita), dovremmo superare una velocità critica, chiamata velocità di fuga. Questa velocità, sulla terra, è di 11 chilometri al secondo. Se non supero 11 Km/sec non posso uscire dall'orbita terrestre.

Su un pianeta come Giove la velocità di fuga è maggiore perché, avendo una massa maggiore, la forza di gravità è maggiore. La velocità della luce non è infinita ma corrisponde a circa 300.000 chilometri al secondo. Un valore molto grande ma comunque finito.

Se la forza di gravità è così grande da imporre una velocità di fuga maggiore di 300.000 chilometri al secondo, la luce non può uscire dal campo gravitazionale ma ricade sull'oggetto.

Il mistero dei buchi neri

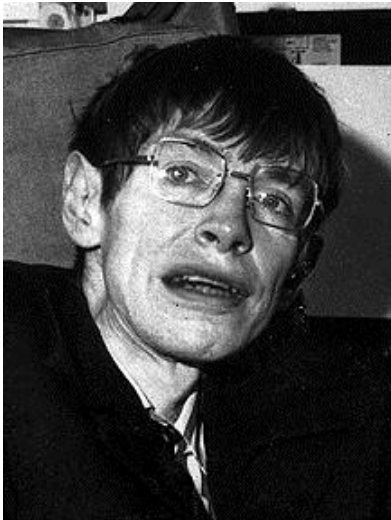
La faccenda dei buchi neri causa conseguenze che la fisica non è ancora bene in grado di spiegare, e situazioni tali da far rabbrivire.

Naturalmente, visto che anche se non si vedono, questi oggetti generano comunque un campo gravitazionale perché hanno massa, fanno sentire la loro presenza su qualunque cosa gli passi vicino.

Un ipotetico pianeta che si trovasse vicino ad un buco nero di massa simile a quella del Sole, ad una distanza di sicurezza, gli orbiterebbe intorno proprio come fa la Terra con il Sole.

Se però la distanza di sicurezza dovesse diminuire fino ad un punto detto "*Orizzonte degli eventi*" allora il pianeta sarebbe "risucchiato" dal buco nero e per definizione noi non potremmo sapere più che fine a fatto, perché non potremmo più osservarlo. Difficilmente potremo sapere se una stella, tanto benevola nel creare materia, possa essere in grado di creare oggetti simili od opporsi a ciò diminuendo quella massa oltre la quale la velocità della luce e la forza di gravità si contendono il primato di restare.

E **mai** potremmo sapere nel caso in cui esistano mostri del genere, che fine fa quello che ci va a finire dentro e se le leggi della fisica valide in tutto l'universo valgano anche lì. E' comunque molto probabile che un buco nero, viste le premesse e vista la teoria della relatività, non le conosca nemmeno le leggi della fisica con tanto di conseguenze che non possiamo immaginare.



Stephen Hawking

Infine, secondo il grande Stephen Hawking, anche questi mostri dovrebbero morire.. evaporando!
E se così fosse dove si porterebbero tutto ciò che hanno mangiato ?

FINE

© Diego Menna – Finito di scrivere nel Gennaio 2002