

NASCITA, EVOLUZIONE E MORTE DI UNA STELLA

SIAMO FIGLI DELLE STELLE?

Terza lezione

Prof. Paolo Spera

L'AMBIENTE INTERSTELLARE

La lezione di oggi è dedicata allo studio delle stelle che non sono altro che sfere di gas incandescente. Una stella, pur non essendo un essere vivente, nasce e poi vive un periodo più o meno lungo di equilibrio dinamico.

Dopodiché va incontro a delle colossali trasformazioni che la condurranno alla sua morte. L'ambiente dell'Universo dove si formano le stelle sono le nebulose e cioè ammassi di polveri e di gas. Un esempio è la nebulosa di Orione dove in questo momento stanno nascendo nuove stelle. Nel mezzo interstellare, praticamente vuoto in quanto ha una densità piccolissima, si addensano regioni chiamate nebulose con una concentrazione maggiore di gas e polveri di dimensioni microscopiche. Le polveri, rispetto ai gas, indeboliscono l'intensità luminosa delle stelle. Così il centro della nostra galassia rimane completamente oscurato e non possiamo vederlo. Se non ci fossero le polveri le notti sarebbero ben altrimenti illuminate!

LA NASCITA DI UNA STELLA

All'interno delle nebulose la materia è costituita in massima parte da Idrogeno, poi abbiamo circa il 25% di Elio ed altri elementi chimici più pesanti. Questa materia si trova in equilibrio gravitazionale e forma delle strutture globulari in cui si addensa. Non succede niente fino al momento in cui questo equilibrio possa venire alterato. La causa viene ipotizzata in un'onda d'urto causata dalla esplosione di una supernova oppure dallo scontro di due galassie. A questo punto si formeranno dei moti turbolenti che creeranno un aggregato di materia più grande che a sua volta attrarrà altra materia fino ad innescare il cosiddetto collasso gravitazionale.

A causa della forza di gravità la contrazione prosegue ed il nucleo della protostella si riscalda. L'aumento della temperatura deriva dalla trasformazione dell'energia gravitazionale in energia cinetica. La temperatura di questo nucleo aumenterà in continuazione. Se la massa iniziale è scarsa (qualche centesimo della massa del Sole) la temperatura non arriva ad innescare la reazione termonucleare: la contrazione si arresta ed il corpo si raffredda. Rimarrà una *nana bruna* o stella mancata. Se invece la massa è sufficiente la temperatura del nucleo raggiungerà circa 15 milioni di K, necessari per trasformare i nuclei di Idrogeno in Elio. Il calore liberato da tale reazione fa aumentare la pressione dei gas verso l'esterno compensando la forza di gravità. Da questo momento la stella ha raggiunto la sua fase di adulta di stabilità che avrà una durata a seconda della massa della stella stessa. Diventeranno stelle quelle quantità di materia (protostelle) che avranno masse comprese fra 0,2/0,3 masse solari fino a qualche decina di volte e più masse solari.

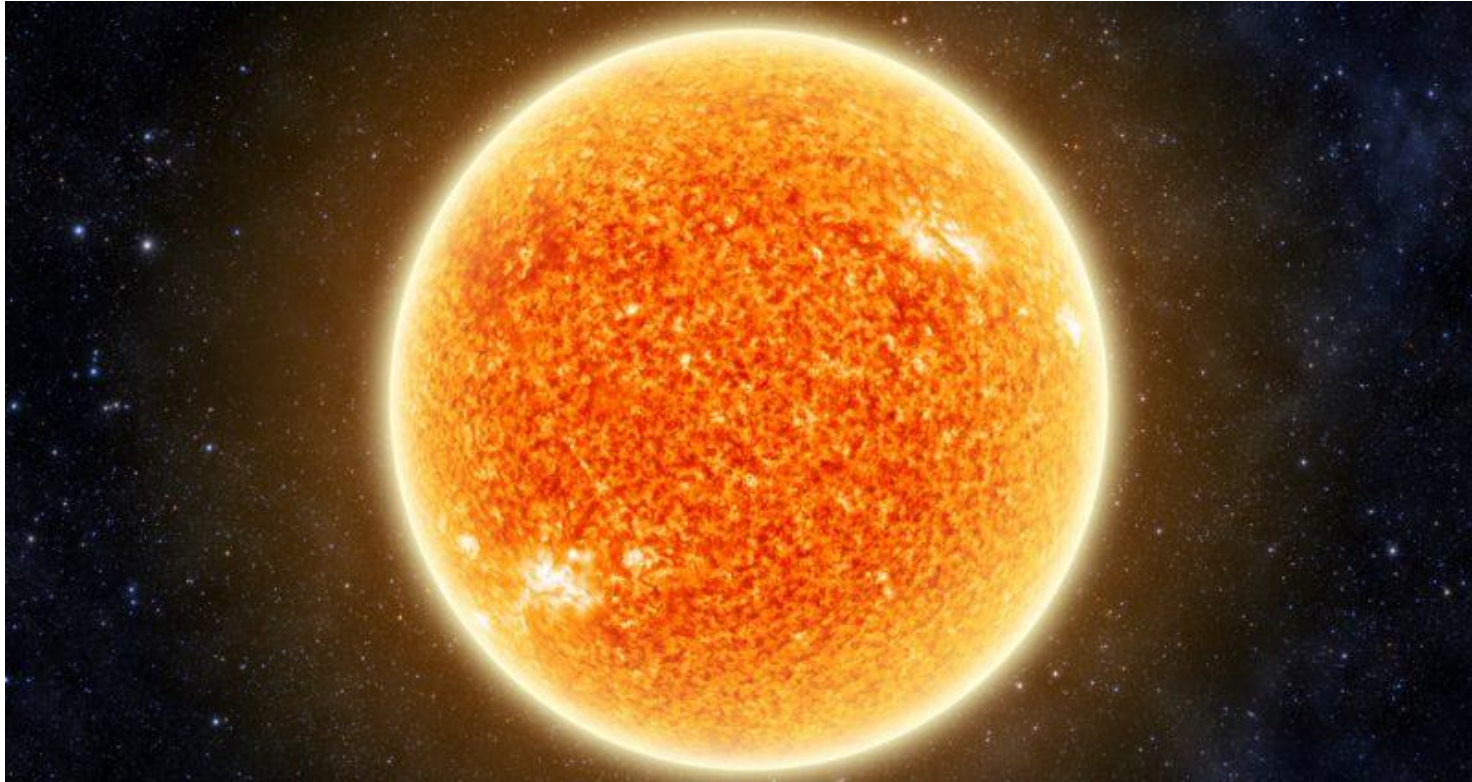
LA STELLA SOLE

Cerchiamo di comprendere quale è stata la genesi e quale sarà il futuro del Sole, la stella a noi più vicina: è proprio grazie allo sprigionamento di energia di questo corpo gassoso che sulla Terra è sorta la vita. Potremmo definire il Sole una stella di mezza età in quanto sono trascorsi circa 5 miliardi di anni dalla sua formazione e ne rimangono altrettanti per la sua fine. Il suo stato è di equilibrio dinamico in quanto non si espande né si contrae. Questa caratteristica dipende dal fatto che l'altissima temperatura del nucleo e dei gas che circondano il nucleo tendono ad espandersi verso l'esterno opponendosi al collasso gravitazionale della materia. Nel suo centro abbiamo una temperatura di 15 milioni di Kelvin mentre la superficie di colore giallo ci indica una temperatura di circa 6.000 K.

Mentre la sua densità media è di $1,4 \text{ g/cm}^3$, la densità del nucleo si aggira sui 134 g/cm^3 . In tali condizioni la materia cambia le sue caratteristiche. Gran parte dei legami molecolari e atomici non esistono. Possiamo immaginare una miscela di elettroni liberi e di nuclei atomici: il plasma. Tali nuclei (di Idrogeno e di Elio) vengono sospinti, a causa delle altissime temperature, in velocissimo movimento. Ogni tanto avviene una collisione così violenta fra nuclei da provocare una fusione termonucleare . Tale reazione può avvenire solo quando due nuclei si avvicinano ad una distanza inferiore a 10 alla meno quindici metri!! Quattro protoni (o nuclei di Idrogeno) si fondono per formare un nucleo di Elio. Questa trasformazione, che avviene secondo l'equazione di Einstein $E = mc^2$ determina il cosiddetto difetto di massa. Al termine della reazione, cioè, lo 0,7% della massa si sarà trasformato in energia.

Attualmente, ad ogni secondo che passa, nel nucleo del Sole, 564,5 milioni di tonnellate di nuclei atomi si stanno fondendo per dare 560 milioni di tonnellate di nuclei di Elio! Ciò vuol dire che per ogni secondo 4,5 milioni di t. massa solare si trasforma in energia. E' una quantità di energia inimmaginabile! Per dare un parametro di riferimento, ricordiamo che trasformando 1 Kg di massa solare si potrebbe avere tutta l'energia che una megalopoli come Londra (16 milioni di abitanti!) consuma durante l'arco di un anno. Ciò ha una corrispondenza nel progetto della fusione nucleare sulla Terra che al momento però è ancora lontano dal potersi concretizzare.

IMMAGINI DEL SOLE





IL FUTURO DEL SOLE

L'attuale fase di stabilità del Sole rientra sempre in un equilibrio dinamico. Questo significa che abbiamo dei momenti in cui il Sole aumenta la sua attività alternati da momenti di stasi. Un esempio sono le macchie solari che mostrano un picco ogni circa 11 anni. Gli esempi delle frequenti aurore polari e delle tempeste elettromagnetiche non sono altro che picchi di attività solare che possono interferire anche in modo potenzialmente devastante nella vita sulla Terra. Tutto questo andrà avanti per ancora circa 4,5 miliardi di anni. Dopodiché il Sole entrerà in una fase di instabilità sempre più intensa. L'approssimarsi della fine del combustibile nucleare (l'Idrogeno) determinerà un collassamento della materia, in particolare dell'Elio che molto più pesante dell'Idrogeno.

Il nucleo si riscalderà tanto da arrivare ad una temperatura di 100 milioni di K sufficienti ad innescare una nuova reazione termonucleare: la trasformazione dell'Elio in Carbonio. La nuova potente fornace nucleare determinerà una altrettanto potente espansione dei gas fino ad una nuova condizione di equilibrio dinamico. I gas superficiali espandendosi si raffredderanno conferendo al nuovo Sole una colorazione rossa. Siamo arrivati alla creazione di una gigante rossa. Il Sole a questo punto avrà inglobato gran parte del sistema solare. Tutta l'acqua della Terra evaporerà lasciandosi alle spalle un pianeta inerte e senza più vita! Quando l'Elio sarà completamente consumato tutta la materia collasserà gradualmente fino ad arrivare ad un corpo densissimo delle dimensioni della Terra: una nana bianca!

MASSE DIVERSE DESTINI DIVERSI

Se la massa della stella supera di almeno una decina di volte la massa solare le temperature interne arriveranno gradualmente a miliardi di gradi. Ciò innescherà reazioni termonucleari via via più potenti fino alla formazione di un nucleo di Ferro circondato da nuclei concentrici in cui prosegue la combustione nucleare di fosforo, silicio, neon ecc. A questo punto il collasso diventa così violento da liberare un'enorme quantità di energia che provoca una immane esplosione. Gran parte della stella, definita supernova si disintegra e viene lanciata nello spazio circostante. La luminosità di questa stella aumenterà da centinaia a milioni di volte e talvolta si può vederla durante il giorno!

Nonostante la grandissima quantità di materia espulsa la massa della stella permane molto grande. Ciò determinerà un nuovo immane collasso gravitazionale tale da creare un nucleo di densità inimmaginabile (centinaia di migliaia di miliardi di volte rispetto alla densità dell'acqua!). In tale condizione i protoni si fondono con i neutroni creando la cosiddetta stella di neutroni. E' un corpo di un diametro stimato di 20 - 30 Km di diametro! In rapidissima rotazione su se stessa, questa stella emana onde radio attraverso cui possiamo individuare la sua presenza nello spazio interstellare.

IMMAGINE DI UNA SUPERNOVA

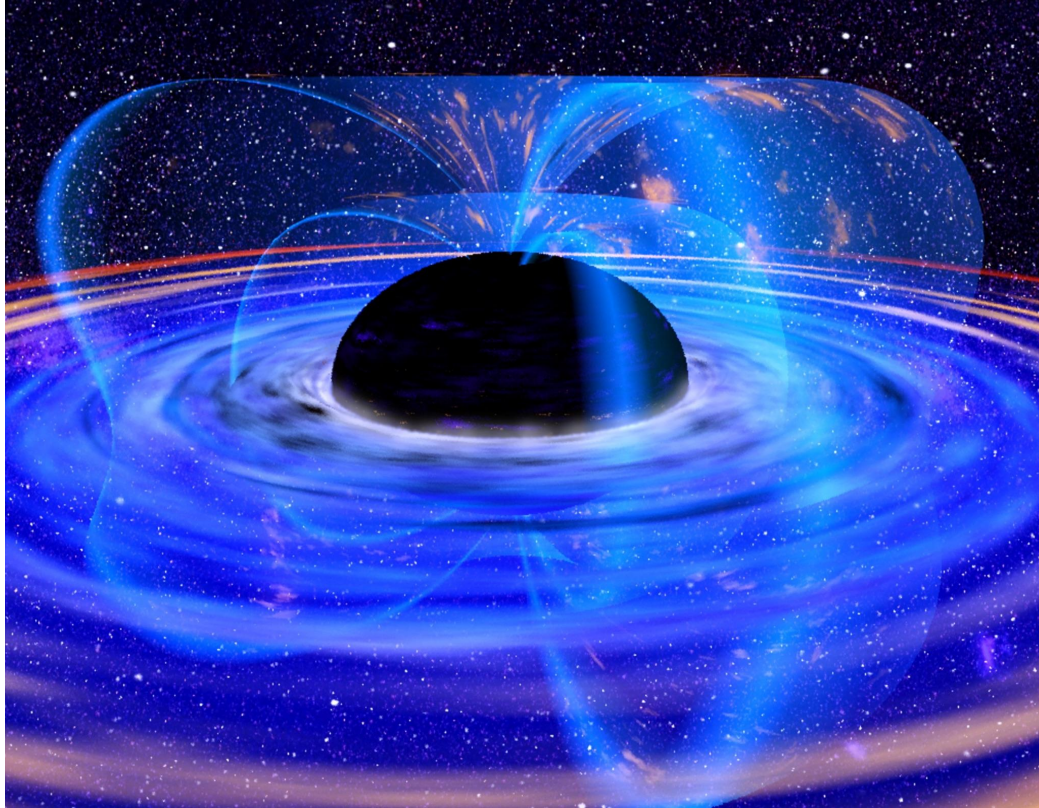


IL DESTINO PIÙ CATASTROFICO: I BUCHI NERI

Se la massa originaria della stella è diverse decine di volte quella del Sole, dopo la fase di Supernova il collasso gravitazionale non trova più forze sufficienti a contrastarlo. La contrazione prosegue, la densità continua ad aumentare formando un corpo sempre più piccolo. E' come se una porzione di spazio non più grande di una decina di Km si trasformasse in un vortice oscuro in grado di attrarre dentro di sé e far scomparire qualsiasi corpo, compresa la luce. E' un oggetto a senso unico, qualunque cosa può entrarvi ma non uscirne.

Sottolineiamo infatti che un buco nero è "fuori dell'Universo", in esso non valgono le leggi della materia che conosciamo. Non vi esiste né spazio né tempo! Se avesse le dimensioni di una pallina di 10 cm di diametro il suo volume sarebbe capace di contenere 5 volte la massa della Terra!

RAPPRESENTAZIONE DI UN BUCO NERO (FONTE: NASA)



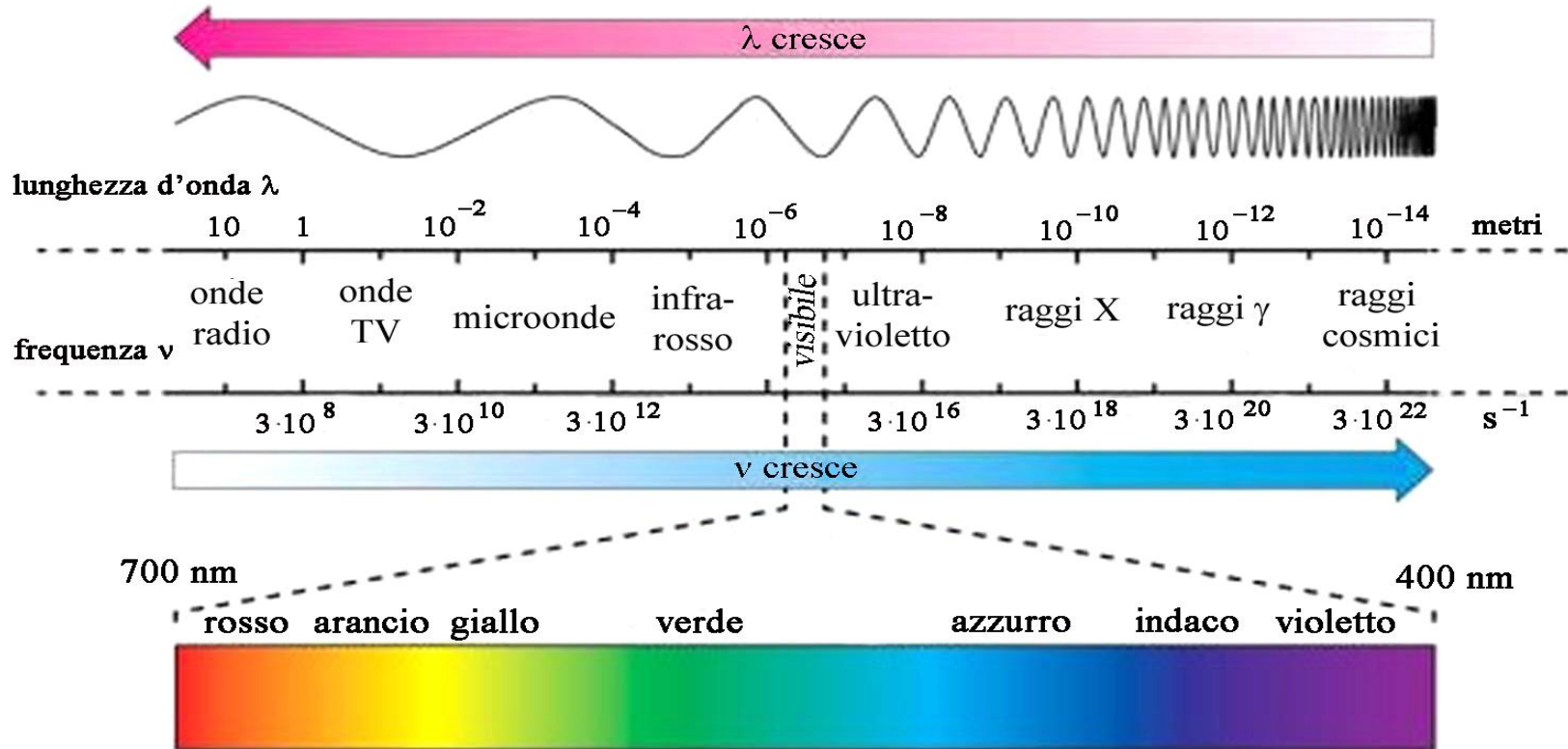
BUCO NERO SUPERMASSICCIO



LA LUCE MESSAGGERA DI MONDI, DI SPAZI E DI VITA

Qualcuno di voi si sarà probabilmente chiesto come facciamo a sapere tutte le cose che abbiamo esaminato fino adesso sulle stelle. Ricordiamo che le stelle sono oggetti puntiformi e lontanissimi. Anche per i telescopi più potenti che esistono esse rimangono oggetti puntiformi. Questi telescopi servono per raccogliere la quantità massima di luce ma non per ingrandire! Ed è proprio dallo studio della luce che conosciamo tante cose sulle stelle. Ma che cos'è la luce? La luce viene definita una radiazione, cioè una perturbazione elettromagnetica che assume una colorazione bianca come somma di tutte le sue componenti. Possiamo immaginare degli impulsi continui che si manifestano come onde.

LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO



La luce, però, si manifesta anche come corpuscolo. I corpuscoli sono i fotoni o quanti di energia. Essa dunque si trasmette nel vuoto attraversando spazi infiniti e interagisce con noi ad esempio dandoci i colori (qui è il corpuscolo che agisce) o ad esempio aiutandoci a vedere meglio grazie alla rifrazione delle lenti degli occhiali (qui è l'onda luminosa che agisce). Ricordiamo che la luce ci dà la vita grazie ai fotoni che colpiscono il Magnesio delle foglie innescando il processo della fotosintesi clorofilliana.

Se scaldiamo progressivamente un pezzo di ferro, esso dapprima emanerà un colore rosso bruno, poi il rosso diventerà più acceso e sempre più chiaro fino a diventare poi viola e azzurro. Questi colori sono strettamente dipendenti dalla temperatura raggiunta dal metallo. Così noi possiamo stimare la temperatura delle stelle in base al colore che osserviamo visto che nessuno l'ha mai potuta misurare in modo diretto!

DALLE STELLE ALLA MATERIA ED ALLA VITA!

A partire da pochi istanti dopo il big bang nelle stelle si sono formati tutti gli elementi chimici che compongono l'Universo e che poi ritroviamo sul nostro pianeta Terra. Ciò è avvenuto grazie alle cicliche fasi di contrazione e di espansione della materia che, in dipendenza della massa di origine, ha portato a trasformazioni stupefacenti fino all'esito finale dei buchi neri. Nelle nebulose planetarie si addensano tutti quegli atomi che aggregandosi hanno creato il mondo che conosciamo ed il fenomeno meraviglioso che è la vita. Siamo allo stesso tempo polvere di stelle e portatori del fenomeno più stupefacente e meraviglioso che la natura abbia saputo costruire: **La vita!**

Forze della natura di una potenza incommensurabile si sono placate nel corso di miliardi di anni regalandoci la poesia del cielo stellato, la quiete delle nostre albe e dei nostri tramonti. Queste forze della natura non sono né buone né cattive, è la natura che agisce e si evolve secondo le sue complesse e ancora non del tutto conosciute leggi. Sta a noi osservare ed ascoltarci per riscoprire il nostro punto di equilibrio che ci dona il benessere. D'incanto ci potrà apparire la meravigliosa danza dei corpi celesti del nostro Universo interiore che ci guiderà nella altrettanto meravigliosa conoscenza della realtà cosmica che ci circonda!

ALLA STELLA di ***Mihai Eminescu***

Fino alla stella ch'è sorta
la strada è tanto lunga,
che mille anni la luce
ha impiegato a percorrerla.
Forse da secoli s'è spenta
nelle azzurre lontananze,
e solo ora il suo raggio
rifulse ai nostri occhi.

L'immagine della stella ch'è morta
lenta sul cielo ascende.

Viveva quando non si vedeva,
oggi la vediamo ed è morta.

Così quando l'amor nostro
muor nella notte fonda,
la luce della spenta passione
ci accompagna ancora.

SITI DI INTERESSE PER RICERCHE PERSONALI

NASA (National aeronautics and space administration)

ESA (European space agency)

ISS (International space station)

HST (Hubble space telescope)

UAI (Unione astrofili italiani)

JWST (James Webb space telescope)