

Il Ciclo di Vita delle Stelle

Forza, Lucini e Schoedt

3 luglio 2026

Indice

1	La nascita delle stelle	2
1.1	<i>Il Collasso Gravitazionale e la Protostella</i>	2
1.2	<i>L'Innesco delle Reazioni Nucleari e l'Accensione</i>	4
2	La fisica delle stelle	5
2.1	<i>L'equilibrio idrostatico</i>	5
3	Il ciclo vitale di una stella	6
3.1	<i>Diagramma dell'evoluzione stellare</i>	7
3.2	<i>L'astronomia dei resti</i>	9
4	Perché le stelle sono importanti per noi?	9

1 La nascita delle stelle

Il processo che porta alla formazione di un corpo celeste inizia nelle regioni più fredde e dense dello spazio interstellare. Tutto ha origine all'interno delle cosiddette **nubi molecolari**, note anche come **NEBULOSE**.

Queste strutture sono giganteschi agglomerati di materia cosmica sospesa nel vuoto. Sebbene a prima vista possano sembrare vuote, esse contengono un'enorme quantità di elementi:

- **Gas rarefatti**, composti quasi interamente da *idrogeno ed elio* allo stato molecolare.
- **Polveri cosmiche**, formate da piccolissimi frammenti di *roccia, carbonio e ghiaccio*.

In condizioni normali, queste nubi interstellari rimangono stabili per milioni di anni grazie a un delicato equilibrio idrostatico: la forza di gravità è perfettamente bilanciata dalla pressione termica del gas interno.

Tuttavia, questo stato di quiete non dura per sempre. Quando un fattore esterno perturba la nube, l'equilibrio si rompe. L'evento scatenante è solitamente ***l'onda d'urto*** generata dall'esplosione di una **Supernova** vicina, oppure il potente vento stellare di un astro di passaggio. Questa compressione improvvisa genera dei piccoli nuclei super-densi all'interno della nebulosa: è in questo preciso istante che la gravità prende il sopravvento, dando inizio al processo della **creazione stellare**.

1.1 Il Collasso Gravitazionale e la Protostella

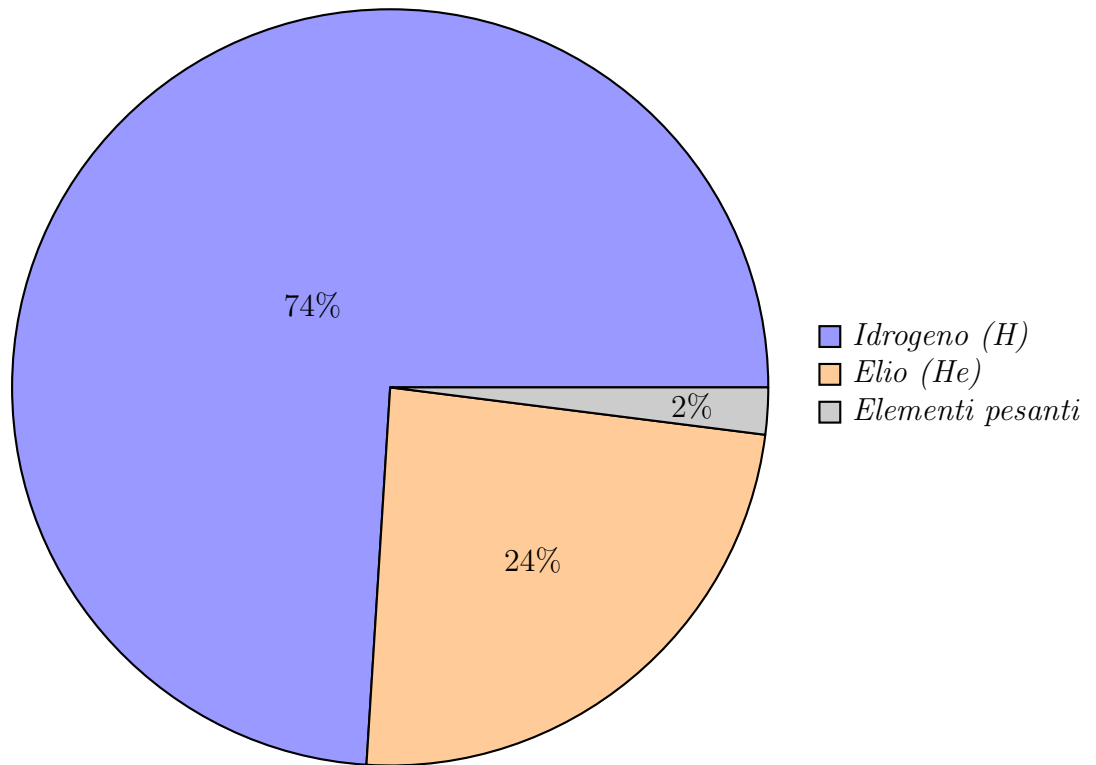
Quando la stabilità della nube si rompe, la gravità prende il sopravvento e la materia inizia a concentrarsi verso il centro. Questo fenomeno è descritto dalla celebre *Legge di Gravitazione Universale* di Isaac Newton:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

- F è la forza che spinge i gas a collassare verso il centro.
- m_1 e m_2 sono le masse delle particelle di gas che si attraggono.
- r è la loro distanza; riducendosi lo spazio (r), la forza F aumenta.

A causa di questa forte compressione, le particelle si scontrano ad altissima velocità. L'energia cinetica degli urti si trasforma in calore, facendo impennare la temperatura. Il nucleo denso e caldissimo che si viene a creare prende il nome di **PROTOSTELLA**. La composizione chimica iniziale di questa struttura rispecchia quella della nube madre, divisa in percentuali ben precise:

- a) **Idrogeno (H)**: Il combustibile principale, presente per circa il 74%.
- b) **Elio (He)**: Il secondo gas più diffuso, pari a circa il 24%.
- c) **Elementi pesanti**: Tracce di polveri e metalli per il restante 2%.

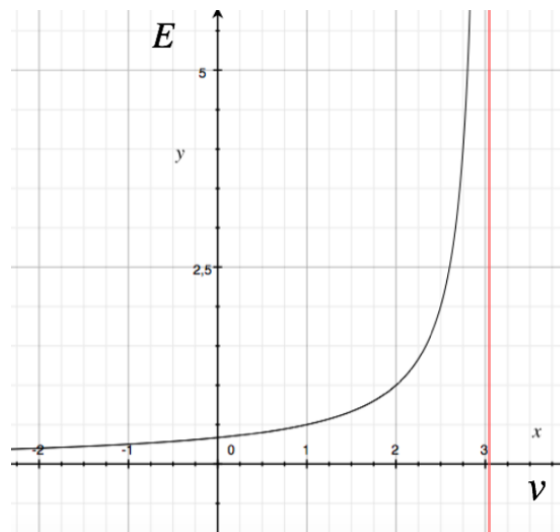


1.2 *L'Innesco delle Reazioni Nucleari e l'Accensione*

Il collasso prosegue fino a quando la temperatura nel nucleo della protostella non raggiunge il valore critico di circa $15 \cdot 10^6$ (ovvero 15 milioni di gradi Celsius). A questo punto, la pressione e il calore sono così insostenibili che gli atomi di idrogeno vincono la repulsione reciproca e iniziano a fondersi tra loro, trasformandosi in elio. Questo fenomeno prende il nome di *fusione nucleare*.

Durante questo processo, una piccola quantità della massa iniziale dei gas scompare, ma non viene persa: si converte direttamente in una quantità mostruosa di energia pura. Questo incredibile legame tra massa ed energia è descritto dall'equazione di Albert Einstein:

$$E = m \cdot c^2$$



Dove E rappresenta l'energia liberata, m è la massa trasformata e c^2 è il quadrato della velocità della luce nel vuoto (una costante immensa). È precisamente grazie a questa spaventosa quantità di energia che il cuore della protostella si accende stabilmente: l'equilibrio è raggiunto e **la stella è ufficialmente nata**.

2 La fisica delle stelle

La **fisica delle stelle** o astrofisica stellare è lo studio di come nascono, vivono e muoiono i corpi celesti nell'universo. In particolare, le stelle passano tutta la loro vita in una lotta tra forze enormi.

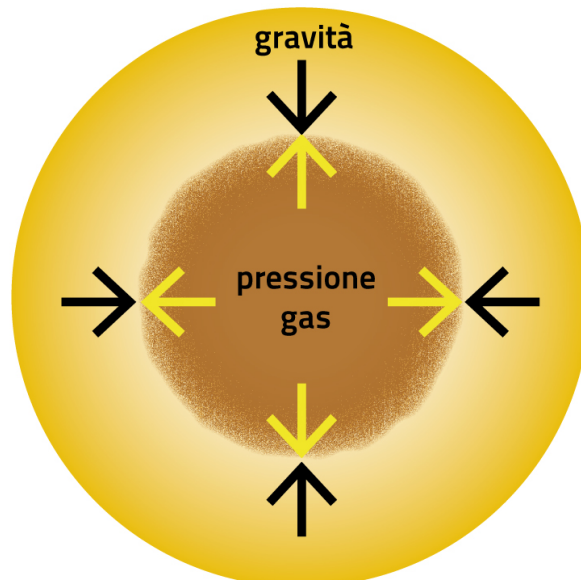
2.1 *L'equilibrio idrostatico*

Una stella trascorre gran parte della propria vita in uno stato di perfetto bilanciamento, chiamato **equilibrio idrostatico**:

- **La gravità**: l'enorme massa della Stella spinge tutto il gas verso il centro, cercando di farla crollare su se stessa;
- **La pressione nucleare**: il nucleo della stella è così caldo e denso da innescare reazioni nucleari che spingono verso l'esterno.

Fino a quando queste due forze si equivalgono, la stella brilla stabilmente.

Equilibrio Idrostatico



3 Il ciclo vitale di una stella

Il destino di una stella dipende interamente dalla sua **massa iniziale**:

- **Le stelle di media taglia** nascono dalla contrazione di una *nube di gas e polvere* e trascorrono gran parte della loro vita a fondere *idrogeno in elio* nel nucleo, il che garantisce stabilità per miliardi di anni. Quando l'idrogeno si esaurisce, la stella si espande diventando una **GIGANTE ROSSA**, che poi espelle i suoi strati esterni in una nuvola di gas in espansione, chiamata **NEBULOSA PLANETARIA**. Una volta soffiati via gli strati esterni, rimarrà il nucleo della stella morta, che, compresso dalla sua stessa gravità, diventa una **NANA BIANCA**.
- **Le stelle massicce**, con una massa superiore 8 volte a quella del sole, hanno una vita molto più breve e movimentata: fondono gli elementi nel loro nucleo a ritmi enormi fino a *produrre ferro*, espandendosi in enormi **SUPERGIGANTI ROSSE**. Quando il nucleo non può più produrre energia, la stella collassa su se stessa ed esplode in una **SUPERNOVA**, disperdendo nello spazio gli elementi pesanti e lasciando al suo posto un oggetto ultra-denso: una **STELLA DI NEUTRONI**, o, se la massa della stella era veramente enorme, un **BUCO NERO**.

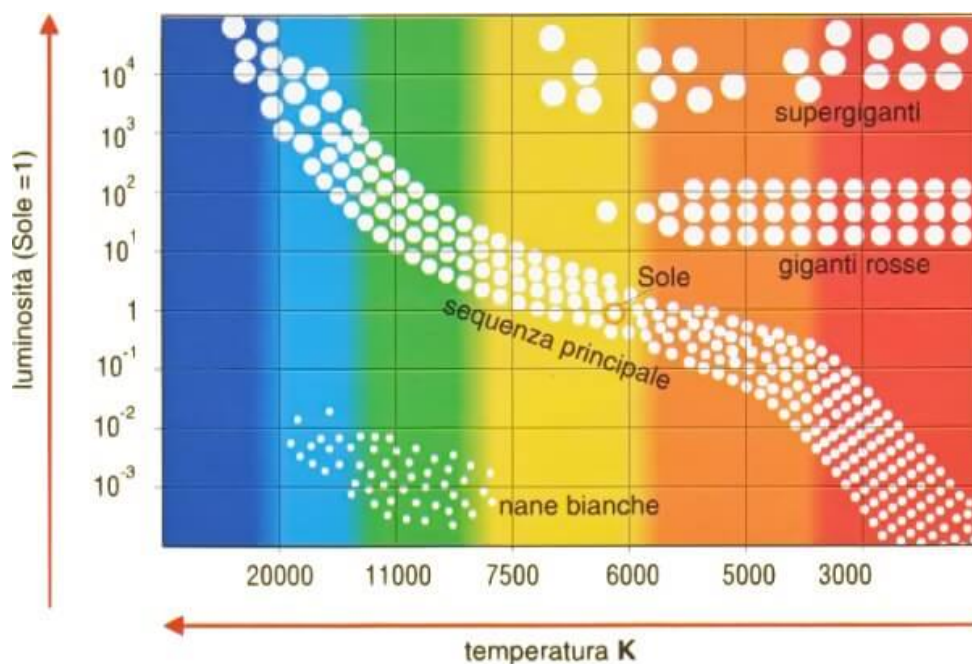
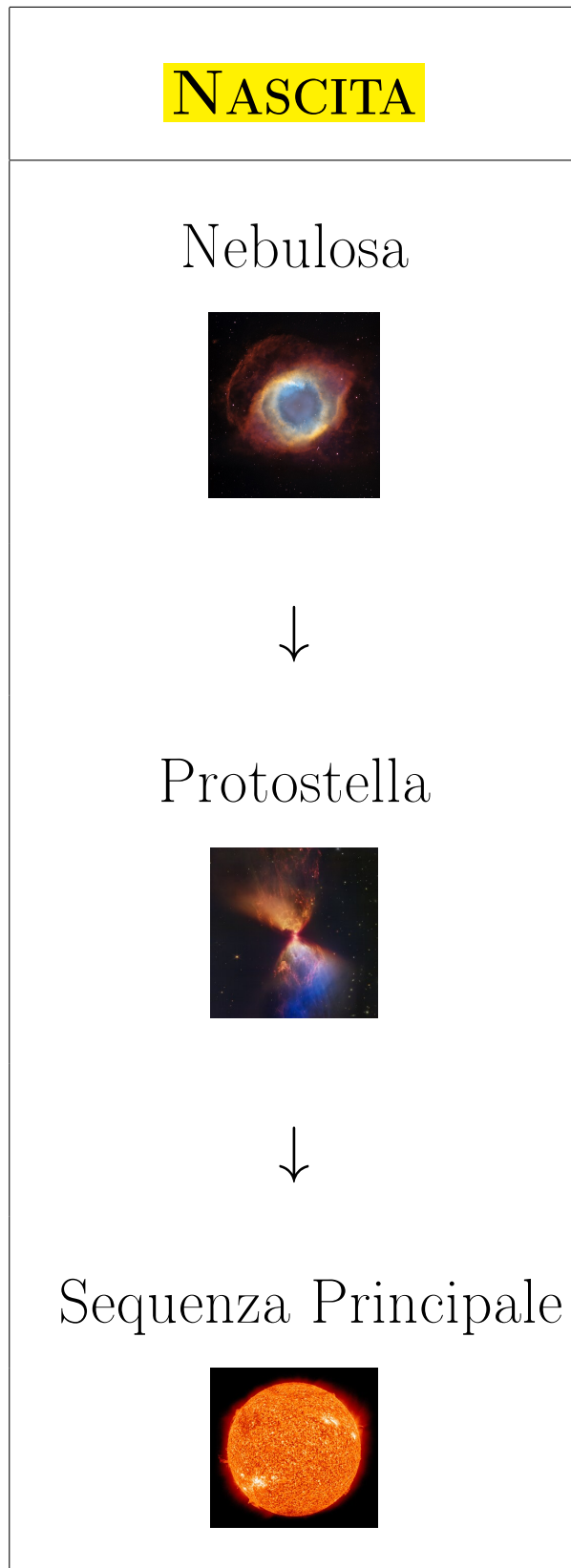


Diagramma Hertzsprung-Russell

3.1 *Diagramma dell'evoluzione stellare*



DECLINO

Massa Media



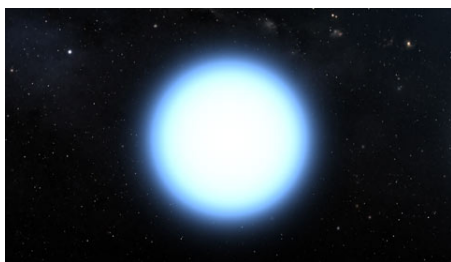
Gigante Rossa



Nebulosa Planetaria



Nana Bianca



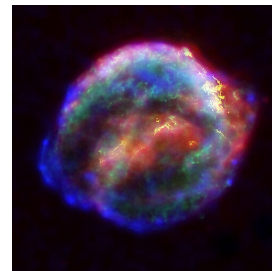
Massa Elevata



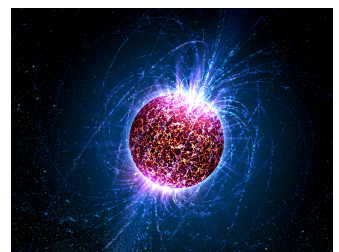
Supergigante Rossa



Supernova



Buco Nero / Stella di Neutroni



3.2 L'astronomia dei resti

- Nel corso di miliardi di anni, la **Nana Bianca** si **raffredda** e diventa invisibile.
- **La Stella di Neutroni** se non interagisce con altri corpi, nell'arco di trilioni di anni si raffredda fino a diventare una sfera inerte di **materia degenera fredda**. Se attrae materia da una stella vicina, o *si scontra con un'altra stella di neutroni*, aumenta la sua massa superando il limite di stabilità (**limite di Tolman-Oppenheimer-Volkoff** = tra le 2.1 e le 2.3 masse solari ($M_{\odot}$).) e **collassa definitivamente in un buco nero**.
- I **Buchi Neri** non sono eterni perché **evaporano lentamente nel tempo**, perdendo massa sotto forma di *radiazione termica*, fino a scomparire del tutto con un lampo finale. La radiazione termica è detta **radiazione di Hawking** e si manifesta a una temperatura definita così:

$$T_H = \frac{\hbar c^3}{8\pi G M k_B}$$

Dove $\hbar$ = costante di Planck ridotta, c = velocità della luce, G = costante di gravitazione universale, M = massa del buco nero, k_B = costante di Boltzmann.

4 Perché le stelle sono importanti per noi?

C'è un dettaglio scientificamente accurato nella fisica stellare: **siamo fatti di polvere di stelle**. Tutti gli elementi chimici più pesanti dell'idrogeno e dell'elio, come il **carbonio**, l'**ossigeno** che respiriamo o il **ferro** nel nostro sangue, non esistevano all'inizio dell'universo. Sono stati creati all'interno dei nuclei delle stelle e poi diffusi nello spazio grazie alle esplosioni di supernova. Dopo essersi mescolati alle grandi nubi di gas e polveri nello spazio, hanno formato il *sole, la terra e tutti gli altri corpi celesti*.

Inoltre la stella più vicina a noi, **il Sole**, ci fornisce luce e calore, rendendo possibile la vita sulla Terra, regolando le stagioni, il clima e l'agricoltura; Per millenni le costellazioni e la Stella Polare **sono state bussole** per i navigatori, gli esploratori e i carovanieri e l'osservazione del **moto apparente delle stelle** e del Sole ha permesso all'uomo di creare i primi calendari.