

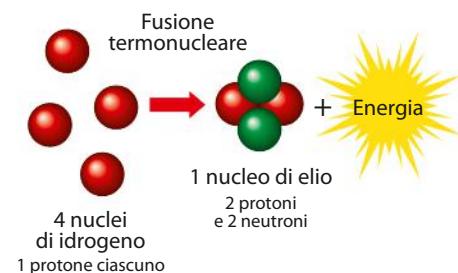
# 2 LE STELLE

## Caratteristiche delle stelle

L'elemento distintivo delle stelle è la loro capacità di emettere luce. Anche i pianeti sono luminosi, ma come vedremo non emettono luce, bensì riflettono quella delle stelle.

► Le stelle sono corpi celesti di forma sferica costituiti da gas (soprattutto idrogeno ed elio) ad elevatissime temperature che emettono energia sotto forma di luce e altri tipi di radiazioni elettromagnetiche.

Come mai le stelle rilasciano energia? Questo fenomeno si verifica perché all'interno delle stelle avvengono continuamente delle particolari reazioni, definite reazioni di **fusione termonucleare**, che liberano enormi quantitativi di energia. Nelle reazioni di fusione termonucleare l'idrogeno viene trasformato in elio [FIGURA 1].



↑ FIGURA 1

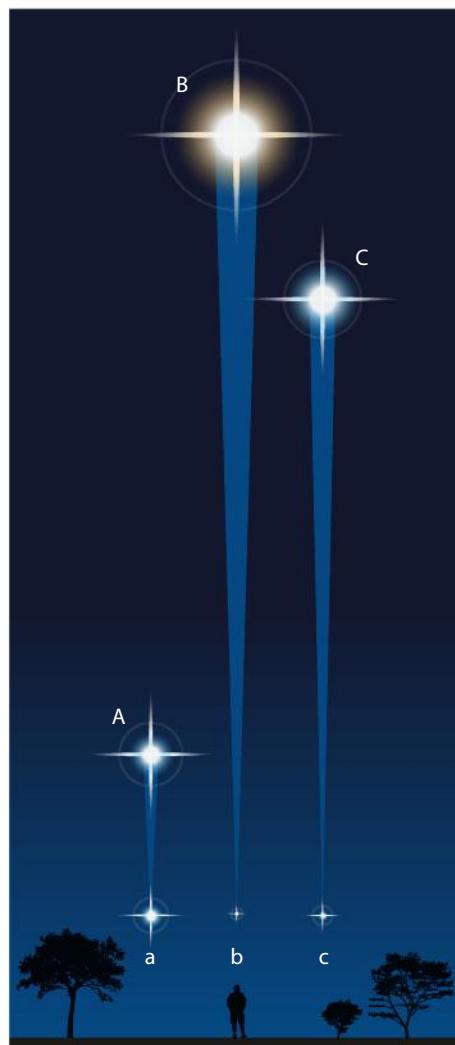
Nelle reazioni di fusione termonucleare, 4 nuclei di idrogeno (H) si uniscono e formano 1 nucleo di elio (He), liberando un'enorme quantitativo di energia.

Le reazioni termonucleari si verificano solo a temperature estremamente elevate, superiori ai 10 milioni di °C. In queste condizioni, i gas di cui sono composte le stelle si trovano sotto forma di **plasma**, in cui la materia non è costituita da atomi e molecole, ma da ioni ed elettroni separati tra loro.

In una stella si possono distinguere alcune caratteristiche principali: luminosità, massa, temperatura, colore e dimensioni.

### Luminosità

Osservando le stelle, notiamo che alcune sono molto brillanti, altre appena visibili. La luminosità che percepiamo di una stella dipende non solo dalla luce effettivamente emessa, ma anche dalla sua distanza dalla Terra. Alcune stelle, infatti, ci appaiono poco luminose perché sono estremamente lontane, altre, viceversa, ci appaiono molto luminose perché più vicine [FIGURA 2]. Il Sole, per esempio, ci appare molto luminoso solo perché è la stella a noi più vicina, ma esistono stelle che emettono molta più luce.



↑ FIGURA 2

In A, B e C vediamo la reale luminosità delle stelle, mentre in a, b e c è rappresentata la luminosità che viene percepita da un osservatore posto sulla Terra. La luminosità percepita dipende non solo dalla luminosità reale, ma anche dalla distanza delle stelle.

### Mitidiasfatare

Nel nostro emisfero, la stella che appare più brillante nel cielo non è la stella Polare, ma Sirio, appartenente alla costellazione del Cane Maggiore. Sirio è estremamente luminosa sia perché emette molta luce sia perché si trova relativamente vicina alla Terra (distanza pari a 8,6 a.l.).

### Massa

Le stelle hanno sempre una massa considerevole. Questa caratteristica è fondamentale poiché dalla massa di una stella dipende la durata della sua vita. Le stelle di grande massa hanno una vita più breve, viceversa quelle di massa ridotta hanno una vita più lunga.

### FISICA IN PILLOLE

La **massa** di un corpo è la quantità di materia in esso contenuta. Si misura in kg.

### Temperatura

In una stella occorre distinguere la temperatura superficiale da quella interna. La temperatura superficiale può variare generalmente tra circa 3000 °C e oltre 30 000 °C. La temperatura della parte più interna della stella, invece, è assai più elevata, dell'ordine di milioni di gradi e consente il verificarsi delle reazioni di fusione termonucleare.

### FISICA IN PILLOLE

La **temperatura** di un corpo è una grandezza che indica la condizione termica di un corpo, cioè quanto il corpo è caldo o freddo. La temperatura si misura col termometro in kelvin (K) oppure in gradi centigradi (°C). Per ottenere la misura in K, basta sommare 273,15 alla misura in °C. Non bisogna confondere la temperatura con il calore che è una modalità di trasferimento dell'energia.

### ■ Colore

Già a occhio nudo, si percepisce che le stelle emettono luce di colore diverso. Il colore indica quanto è «calda» una stella, poiché dipende dalla temperatura superficiale della stella stessa.

In ordine crescente di temperatura superficiale abbiamo le stelle rosse, arancioni, gialle, bianche, ma anche stelle centinaia di volte più grandi.



### ■ Dimensioni

Le stelle hanno dimensioni estremamente variabili. Il Sole, per esempio, è una stella di diametro medio. Infatti esistono stelle molto più piccole del Sole, come le nane bianche, ma anche stelle centinaia di volte più grandi.

Una delle stelle più grandi finora conosciute, VY *Canis Majoris*, si trova nella costellazione del Cane Maggiore e ha un raggio stimato tra 1400 e 2000 volte il raggio solare. Se questa stella si trovasse nella posizione del Sole, occuperebbe tanto spazio da raggiungere l'orbita di Saturno.

← FIGURA 3

Variazione del colore delle stelle all'aumentare della temperatura superficiale.

### RIASSUMI LA LEZIONE

- 1 Che cos'è una stella?
- 2 Perché le stelle emettono energia?
- 3 In cosa consistono le reazioni di fusione termonucleare?
- 4 Quali fattori influiscono sulla luminosità che noi percepiamo di una stella?
- 5 In che modo sono correlate tra loro massa e durata della vita di una stella?
- 6 L'interno di una stella e la sua superficie hanno una temperatura diversa. Spiega.
- 7 Quali colori può assumere una stella? Da che cosa dipende il colore di una stella?

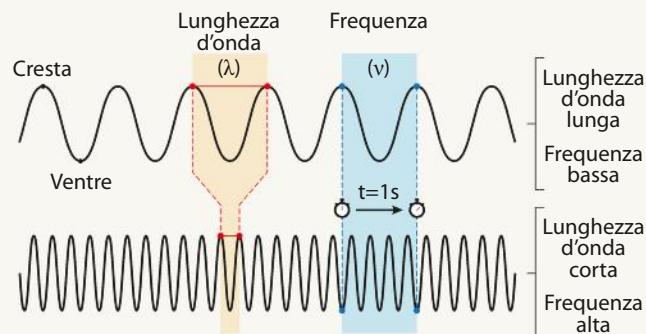
### PER APPROFONDIRE

#### ■ Le radiazioni elettromagnetiche

Le radiazioni elettromagnetiche fanno parte della nostra quotidianità, per esempio la luce è un tipo di radiazione elettromagnetica, ma ne esistono altre forme che utilizziamo comunemente in varie apparecchiature tecnologiche.

Le **radiazioni elettromagnetiche** sono emissioni di energia che si propaga sotto forma di onde. Analogamente alle onde marine, un'onda elettromagnetica ha sempre una cresta (la parte alta) e un ventre (la parte bassa). La distanza fra due creste consecutive si definisce **lunghezza d'onda** ( $\lambda$ , lettera greca lambda) e si esprime in sottomultipli e multipli del metro. Il numero di creste che si ripete in un dato intervallo di tempo (il secondo, s) è la **frequenza** ( $v$ , lettera greca ni) e si misura in Hertz (Hz). Osserviamo in **FIGURA A** la lunghezza d'onda e la frequenza di due onde elettromagnetiche diverse. Si può notare che quando la lunghezza d'onda è lunga, la frequenza è bassa e viceversa, infatti le due grandezze sono tra loro inversamente proporzionali.

In ordine di lunghezza d'onda crescente distinguiamo: raggi gamma, raggi x, luce visibile, raggi infrarossi, microonde e onde radio [**FIGURA B**]. La luce visibile è un insieme di radiazioni elettromagnetiche di lunghezza d'onda compresa tra 400 e 700 nanometri (nm): l'occhio umano non percepisce le radiazioni elettromagnetiche con  $\lambda$  al di fuori di questo intervallo.

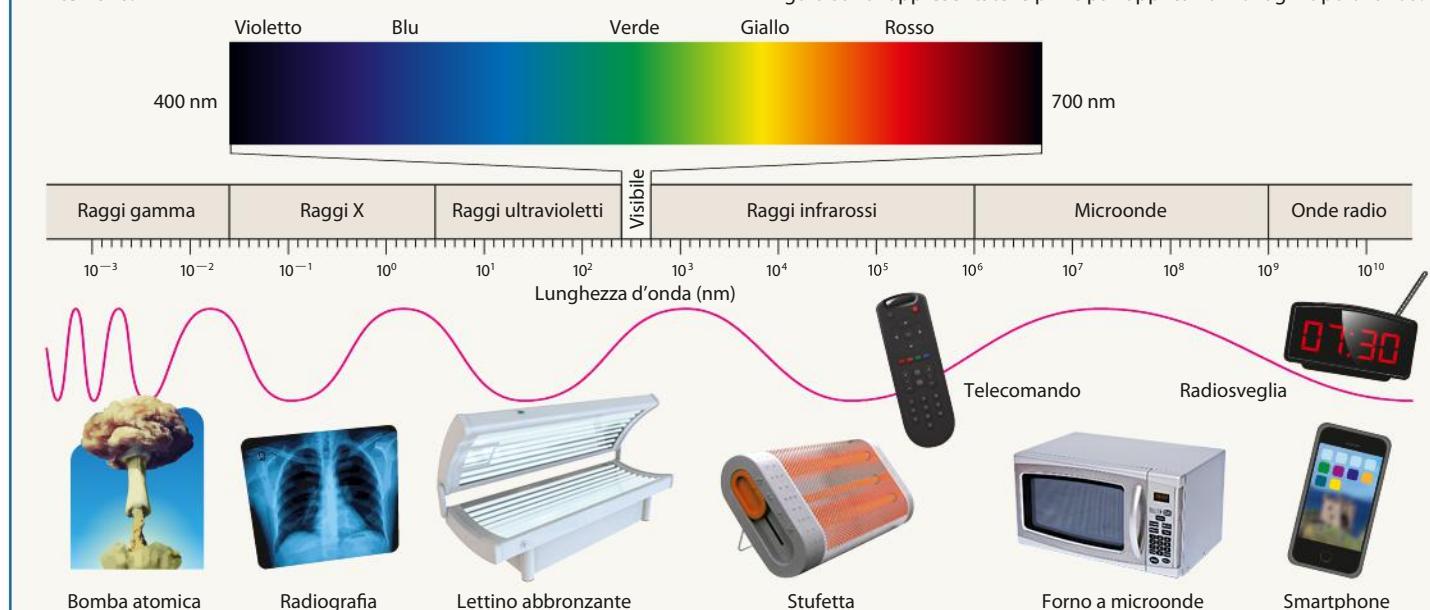


↑ FIGURA A

Lunghezza d'onda e frequenza delle onde elettromagnetiche.

↓ FIGURA B

Spettro elettromagnetico in cui sono rappresentati i diversi tipi di onde elettromagnetiche ordinate per lunghezza d'onda espressa in nanometri (nm). Un nanometro è pari a un miliardesimo di metro, cioè  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ . In figura sono rappresentate le principali applicazioni di ogni tipo di onda.



# 3 LA VITA DI UNA STELLA

## Il ciclo vitale delle stelle

Ogni stella non è immutabile ed eterna, ma ha un suo ciclo vitale costituito da tre fasi: nascita, fase di stabilità, fase finale [FIGURA 1].

### Nascita

Le stelle hanno origine da **nebulose**, ammassi freddi di gas (soprattutto idrogeno ed elio) e polveri piuttosto rarefatti e di grandi dimensioni.

In condizioni particolari, i materiali della nebulosa si aggregano e si concentrano in un ammasso. Tale ammasso si accresce ulteriormente attraendo altro materiale per effetto della forza di gravità. Si forma così la **protostella**, un corpo com-

patto e denso in cui la temperatura aumenta progressivamente. La protostella continua ad accrescere e riscaldarsi fino a che la temperatura interna raggiunge il valore necessario (10 milioni di °C) a innescare le reazioni di fusione termonucleare. A questo punto la protostella diviene una stella vera e propria.

### Fase di stabilità

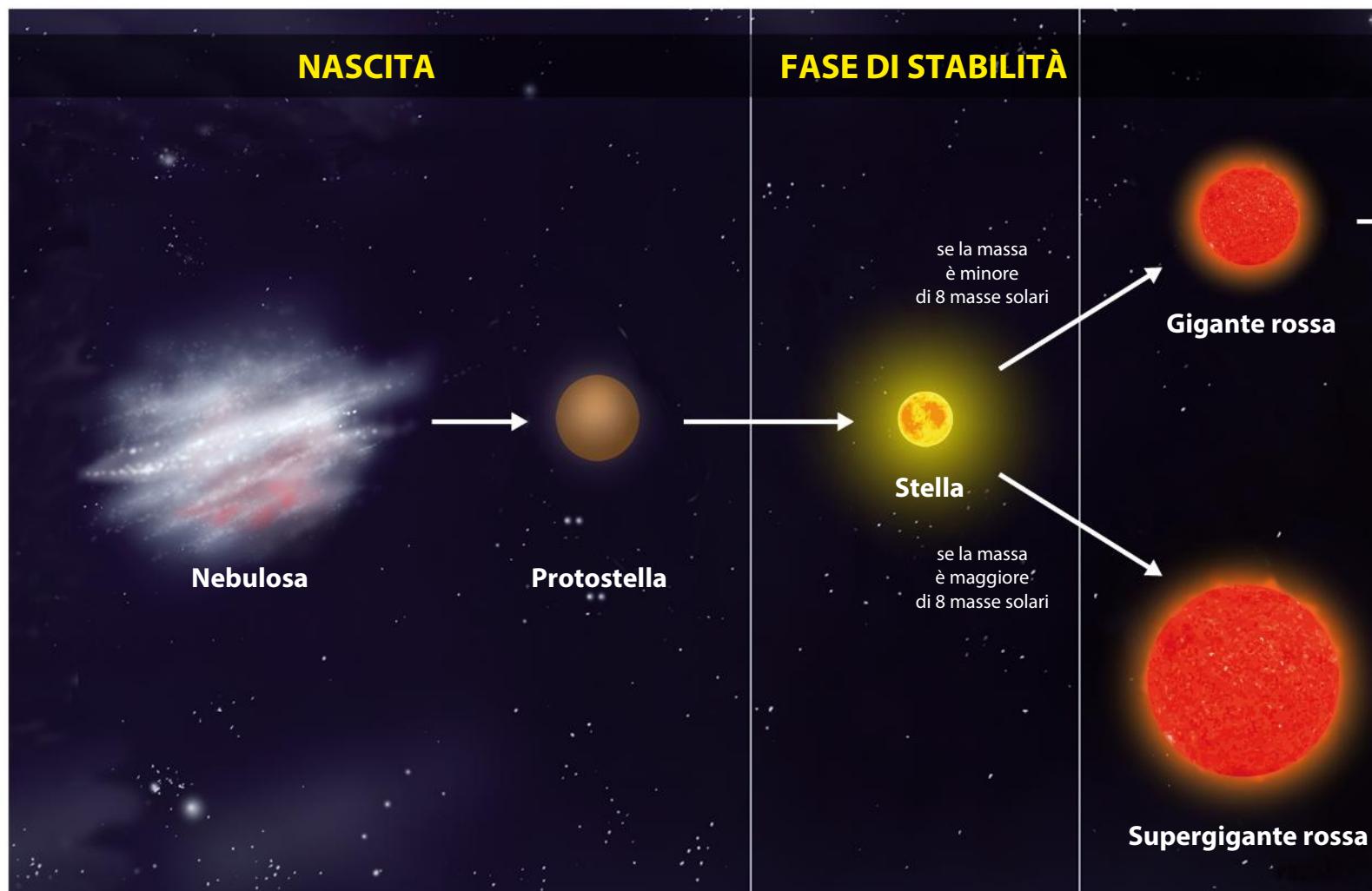
L'energia sviluppata dalle reazioni termo-nucleari, come in una esplosione, tende a far espandere la stella. Per contro, la forza di gravità esercitata dalla stella tende a farla contrarre su se stessa. Si crea un equilibrio fra queste due forze opposte e la stella entra nella fase di stabilità, durante la quale non varia le proprie dimensioni.

Una stella si mantiene nella fase stabile

finché tutto l'idrogeno non si è trasformato in elio. La durata della fase di stabilità dipende dalla massa di una stella: quanto maggiore è la massa stellare, tanto più velocemente è consumata la scorta di idrogeno e tanto più breve risulta la fase di stabilità. Le stelle di massa medio-piccola, come il Sole, hanno una vita più lunga. Il Sole, per esempio, ha una vita della durata di circa 10 miliardi di anni: si è formato circa 4,6 miliardi di anni fa e, presumibilmente, rimarrà nella sua fase stabile per altrettanto tempo.

### Fase finale

Quando l'idrogeno si esaurisce, la stella entra nella fase finale della sua vita. Poiché cessano le reazioni fra i nuclei di idrogeno, prevale la tendenza alla contrazione



che provoca un incremento della temperatura della stella. Quando si raggiungono i 100 milioni di °C, si innescata una nuova reazione termonucleare: nuclei di elio si uniscono e si trasformano in nuclei di carbonio. Per effetto di queste nuove reazioni, la stella si espanda e si raffredda diventando una stella gigantesca di colore rosso. Questa stella è definita **gigante rossa**, se proviene da una stella di massa medio-piccola come il Sole, oppure **super-gigante rossa**, se deriva da una stella di massa molto grande.

Il destino di una stella nella sua fase finale dipende quindi dalla sua massa.

Con il tempo, in una gigante o supergigante rossa anche l'elio si esaurisce e la stella si modifica ulteriormente. Nella gigante rossa prevale la contrazione: la stella diventa relativamente piccola (con dimensioni simili a quelle di un pianeta), ma caldissima e molto splendente ed è definita **nana bianca**. La supergigante rossa, invece, va incontro a una immane esplosione dando luogo al fenomeno della **supernova**.

Dopo l'esplosione della supernova rimane la parte più interna della stella che si contrae e forma un corpo celeste dalla densità elevatissima: la **stella di neutroni**. Questo tipo di stella ha un raggio di una decina di chilometri e una massa molte volte superiore a quella della Terra.

Se la massa di partenza della stella è molto elevata, dal residuo di una supernova può avere origine un corpo ancora più denso della stella di neutroni, il **buc nero**. Si tratta di un corpo estremamente denso e freddo che esercita una fortissima attrazione gravitazionale, impedendo a qualsiasi oggetto di allontanarsi da esso: neppure i raggi luminosi riescono a sfuggirgli. I buchi neri non sono osservabili direttamente, ma si hanno prove indirette della loro esistenza.

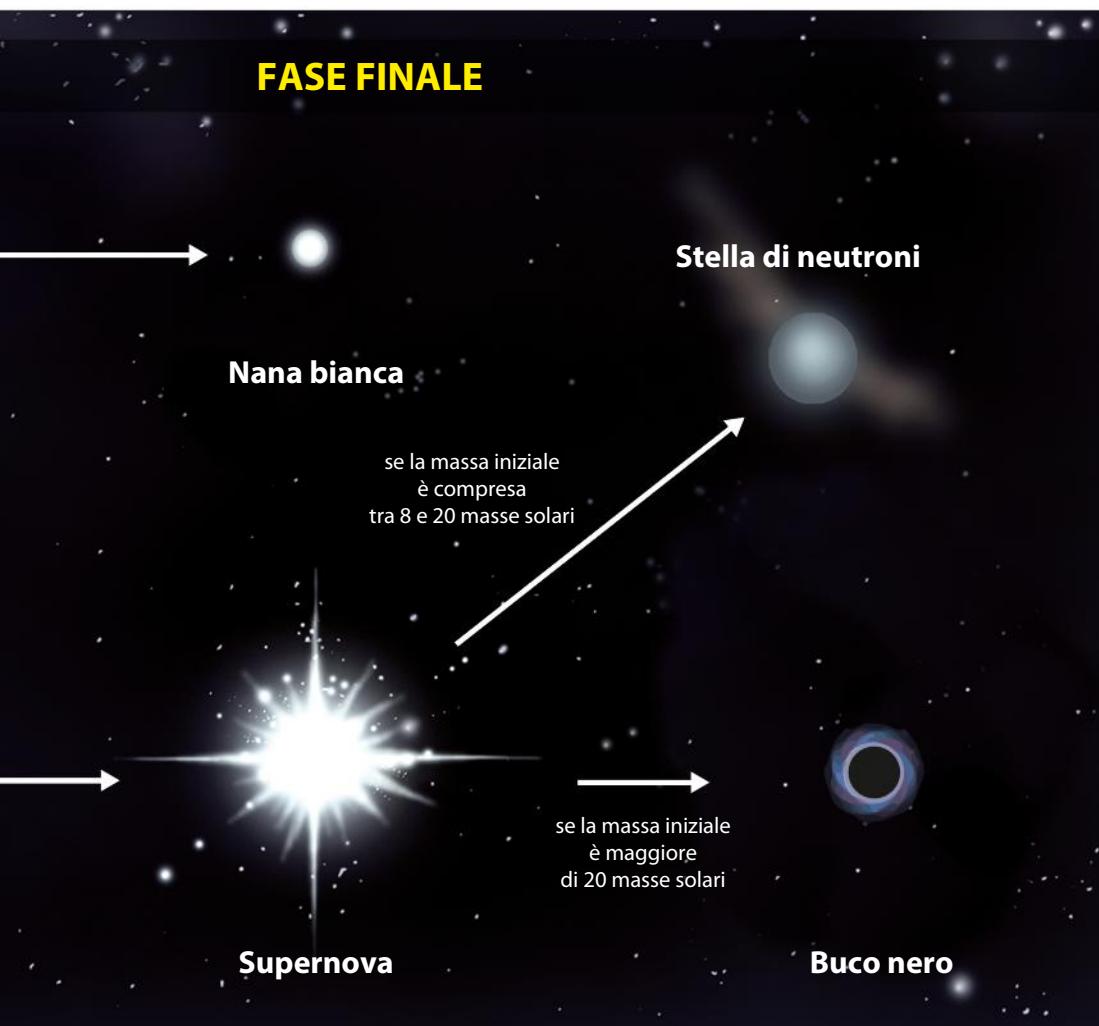
### LO SAPEVI CHE...

Gli elementi chimici di cui è costituito il nostro corpo come il carbonio, l'ossigeno, l'azoto, il calcio, il ferro sono stati prodotti all'interno delle stelle grazie alle fusioni termonucleari. Possiamo affermare, come recitava una vecchia canzone, che siamo tutti «figli delle stelle».

### FISICA IN PILLOLE

La **densità** di un corpo è data dal rapporto tra la massa e il volume. Si esprime in  $\text{g/cm}^3$  o in  $\text{kg/dm}^3$ .

## FASE FINALE



◀ FIGURA 1

Ciclo vitale di una stella: nascita, fase di stabilità, fase finale. In figura le masse delle stelle sono espresse in masse solari. Per esempio 30 masse solari corrispondono a 30 volte la massa del Sole.

### RIASSUMI LA LEZIONE

- Quali sono le fasi del ciclo vitale di una stella?
- Illustra il processo che porta alla formazione di una stella.
- In che cosa consiste la fase di stabilità di una stella?
- Per quale ragione a un certo punto una stella esce dalla fase di stabilità?
- Spiega come può evolvere una stella nella sua fase finale di vita.
- Che cosa si intende per buco nero?

## 9

## IL SOLE

**Nome:** Sole.**Classificazione astronomica:**

stella gialla di medie dimensioni.

**Simbolo astronomico:** ☀**Età:** 4,6 miliardi di anni (circa metà della sua vita).**Descrizione**

- Forma quasi sferica.
- Interno suddiviso in strati concentrici.

**Dimensioni e parametri fisici**

- Raggio: 695 508 km (circa 10<sup>9</sup> volte quello terrestre).
- Massa:  $1,99 \times 10^{30}$  kg (circa 333 000 volte quella terrestre).
- Volume:  $1,4 \times 10^{18}$  km<sup>3</sup> (circa 1,3 milioni di volte quello terrestre).
- Gravità: circa 28 volte quella della Terra.
- Densità media: 1,4 g/cm<sup>3</sup> (circa 1/4 di quella terrestre).

**Caratteristiche**

- Temperatura media della superficie: 5500 °C.
- Temperatura massima del nucleo: 15 000 000 °C.
- Composizione chimica (% in massa): 71% idrogeno (H); 27% elio (He); 2% altri elementi.
- Periodo di rotazione variabile\*: ai poli 35 giorni, all'equatore 25 giorni.



- Periodo di rivoluzione attorno al centro della Via Lattea 220 milioni di a.l.
- Distanza media dalla Terra di 149 589 000 km (1 UA).

**Segni particolari**

- Macchie solari.

**Curiosità**

- La luce emessa dal Sole impiega circa 8 minuti per giungere alla Terra.

\* Il periodo di rotazione del Sole non è uniforme poiché il suo moto di rotazione ha velocità differente ai poli e all'equatore. Ciò avviene in quanto il Sole non è un corpo rigido, bensì formato da gas.

**FISICA IN PILLOLE**

**Il calore** è energia termica che si trasferisce da un corpo a temperatura più elevata ad uno a temperatura più bassa quando i due corpi sono a contatto. Il calore si può trasferire mediante due modalità: conduzione e convezione.

La **conduzione** si verifica quando due corpi a temperatura differente sono a contatto tra loro e il calore si trasferisce dal corpo a temperatura maggiore verso quello a temperatura minore. Per esempio un cucchiaio si riscalda dentro una minestra bollente.

La **convezione** si ha quando il calore viene trasportato da flussi di materia all'interno di un fluido (gas o liquido), come succede all'acqua che bolle in una pentola. Il calore emesso dal fornello riscalda gli strati di acqua sottostante i quali, diventando meno densi, tendono a salire verso l'alto. Qui cedono calore e diventano più freddi e densi, quindi tendono a scendere verso il basso dove si riscaldano nuovamente ricominciando il ciclo. Si formano in questo modo i cosiddetti **moti convettivi**.

L'**irraggiamento** è un trasferimento di energia termica che si verifica quando un corpo emette radiazioni elettromagnetiche che si propagano verso un altro corpo e può avvenire anche nel vuoto. Per esempio in una lampadina a incandescenza il filamento interno irradia luce e anche calore attraverso il vuoto interno al bulbo di vetro, quindi senza contatto diretto.

**GUARDA!****VIDEO**L'interno del Sole  
e la sua superficie**Caratteristiche del Sole**

Il **Sole** è soltanto una delle numerose stelle che occupano uno dei bracci della Via Lattea, ma per il nostro pianeta è di vitale importanza: il Sole irradia ingenti quantità di energia e senza di esso non potrebbe esistere vita sulla Terra.

Il Sole è un tipo di stella abbastanza comune nell'universo, ha dimensioni medie, colore giallo ed è mediamente luminoso. Ha un'età di 4,6 miliardi di anni ed è circa a metà del suo ciclo vitale. Infatti, approssimativamente tra 4,5 miliardi di anni, il Sole diventerà una stella gigante rossa ed espandendosi ingloberà Mercurio, Venere e forse anche la Terra.

Il Sole, come i pianeti, possiede due moti principali: il moto di rotazione attorno al proprio asse e quello di rivoluzione attorno al centro della Galassia.

**Struttura del Sole**

Il Sole è costituito per il 98% da idrogeno ed elio che si trovano, come nelle altre stelle, allo stato di plasma.

Il Sole ha una struttura a strati concentrici [FIGURA 1A] che dall'interno verso l'esterno sono: il nucleo, la zona radiativa, la zona convettiva, la fotosfera, la cromosfera e la corona solare. Questi ultimi due strati costituiscono insieme l'atmosfera solare.

**Nucleo**

Il **nucleo** è la porzione più interna del Sole in cui avvengono le reazioni termonucleari e ha una temperatura di 15 000 000 °C.

**Zona radiativa**

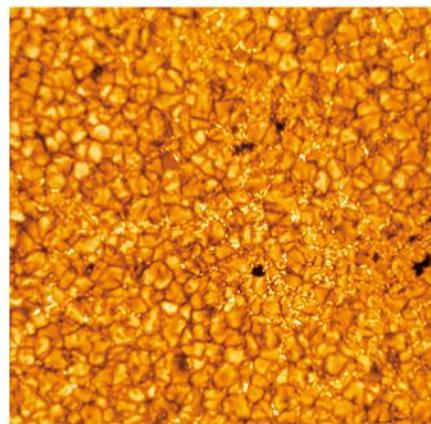
La **zona radiativa** è lo strato successivo al nucleo. Assorbe l'energia liberata dal nucleo riemettendola verso l'esterno per irraggiamento, sotto forma di radiazioni elettromagnetiche.

Il passaggio delle radiazioni attraverso questa zona è molto lento e può durare anche 10 milioni di anni.

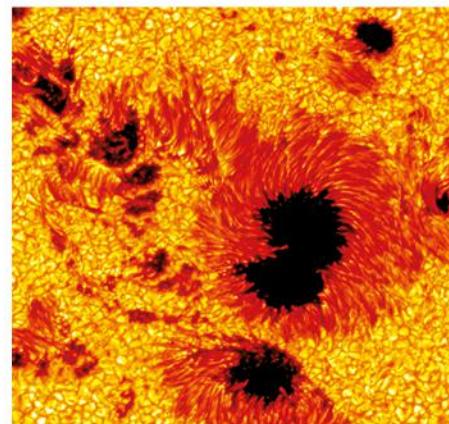
### Zona convettiva

Nella **zona convettiva** il trasporto di energia avviene per convezione, cioè per mezzo di moti di forma circolare (detti convettivi) che trasportano rapidamente l'energia verso la superficie.

Il gas presente nella porzione più interna di questo strato viene riscaldato dalla zona radiativa e tende a spostarsi verso l'alto. Qui il gas, trasferendo energia, si raffredda per cui ridiscende verso il basso, dove si riscalda nuovamente ricominciando il ciclo.



B Granuli



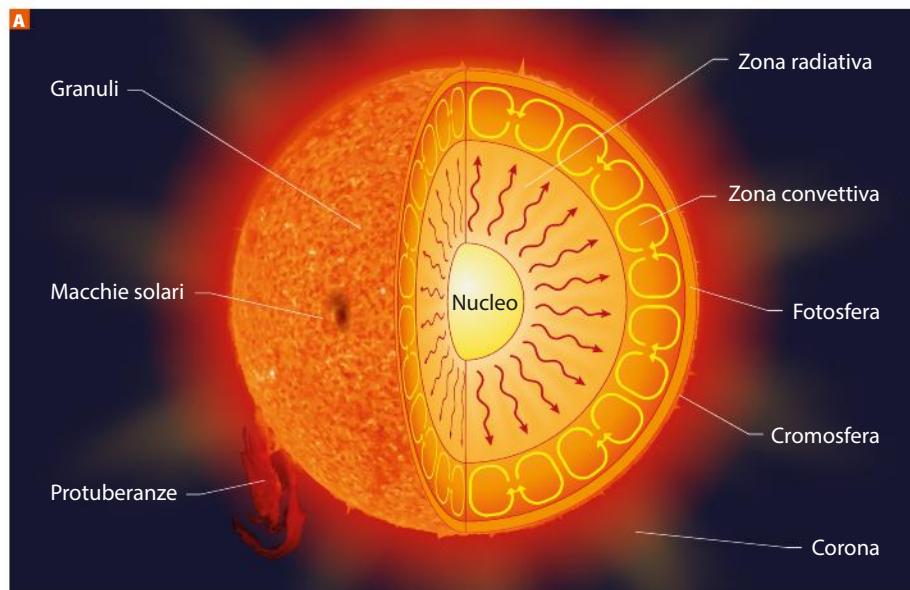
C Macchie solari

### Fotosfera

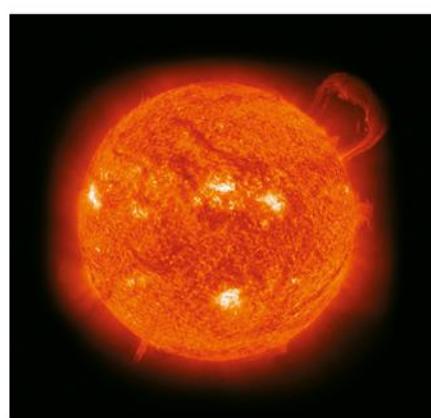
La **fotosfera** costituisce la superficie visibile del Sole. La temperatura della fotosfera, che è di circa 5500 °C, determina il colore giallo del Sole. Ha una struttura a **granuli**, colonne di gas che risalgono dalla zona convettiva sottostante [FIGURA 1B]. I granuli si formano e scompaiono in continuazione.

La fotosfera presenta inoltre le **macchie solari**, aree più scure perché più fredde rispetto alle zone circostanti, che possono raggiungere il diametro di decine di migliaia di chilometri [FIGURA 1C]. Le macchie solari non sono permanenti e variano per dimensioni e numero.

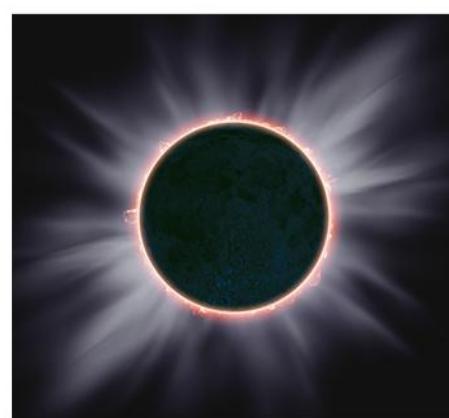
Dalla fotosfera l'energia si libera nello spazio sotto forma di radiazioni luminose.



↑ FIGURA 1 Struttura del Sole



D Protuberanza



E Cromosfera e corona

### Corona solare

La **corona solare** è la parte esterna dell'atmosfera del Sole, che sfuma gradualmente fino ai confini del sistema solare. Dalla corona parte un flusso continuo di protoni ed elettroni che sfuggono verso lo spazio formando il **vento solare**.

Poiché è poco luminosa non è possibile osservarla a occhio nudo, se non durante le eclissi totali di Sole.

Nelle eclissi totali di Sole si distingue la corona di colore bianco dalla cromosfera rosa [FIGURA 1E].

### RIASSUMI LA LEZIONE

- 1 Quali sono le principali caratteristiche del Sole?
- 2 Da quali strati è formato il Sole? Descrivilo brevemente.
- 3 Che cosa sono i granuli? E le macchie solari?
- 4 Descrivi le caratteristiche dell'atmosfera solare.