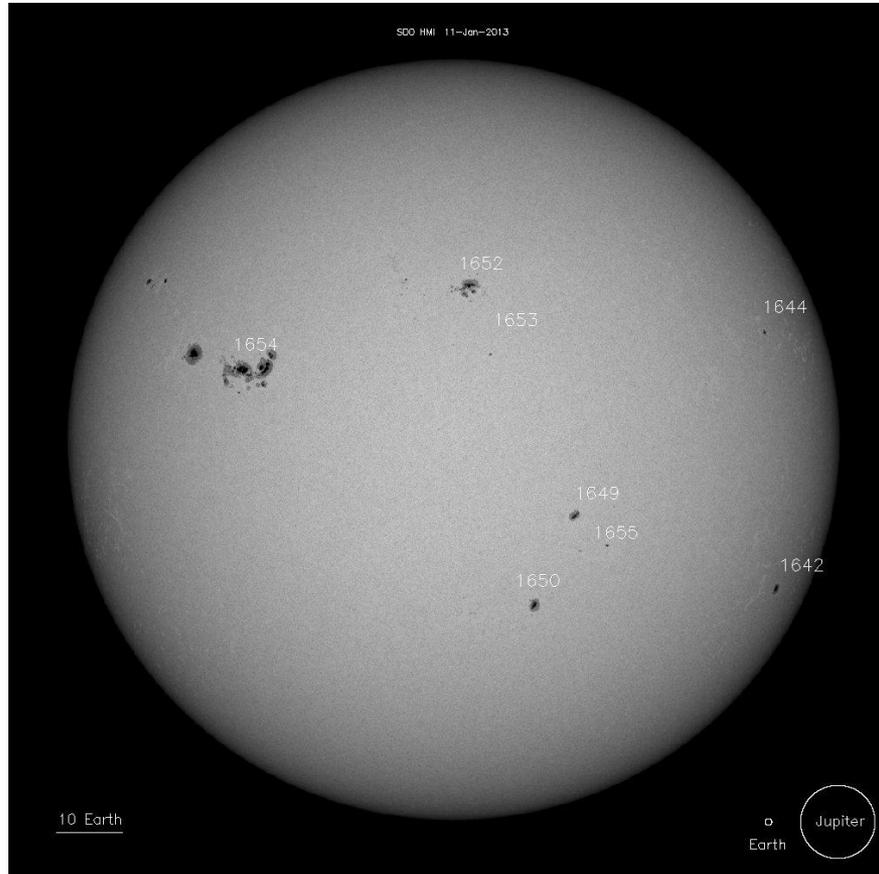


Osservando il Sole è possibile scorgere delle aree che appaiono più scure (macchie) rispetto al resto della fotosfera a causa della loro temperatura più "bassa"

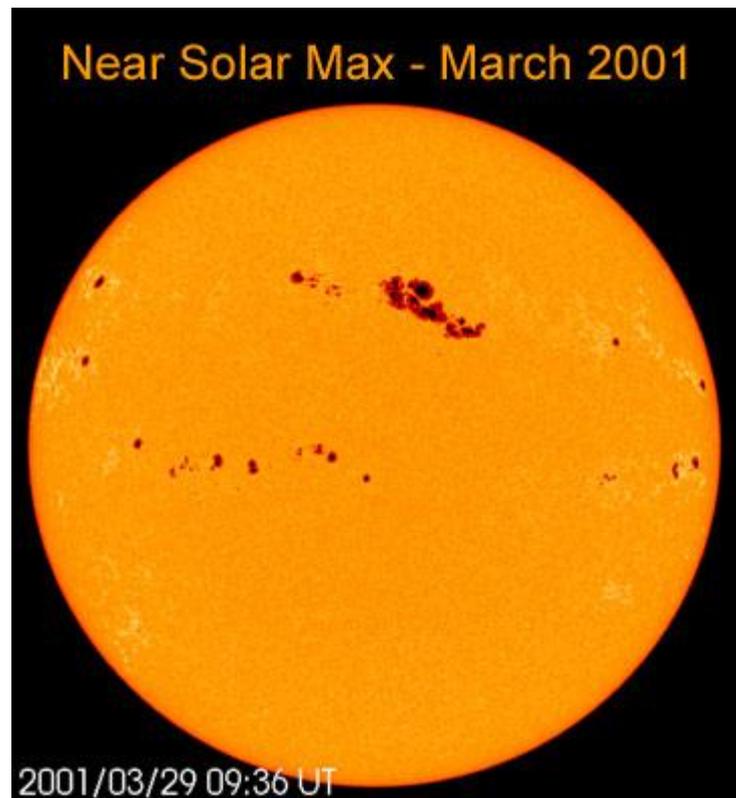


Il numero di macchie solari visibili sulla superficie del Sole non è costante, ma varia durante il ciclo solare undecennale.

Normalmente, durante il minimo solare le macchie sono assenti o molto esigue; quelle che appaiono si trovano di solito alle alte latitudini lontane dell'equatore.



Man mano che il ciclo prosegue, avanzando verso il massimo, le macchie si fanno sempre più frequenti e tendono a spostarsi verso le zone equatoriali della stella.

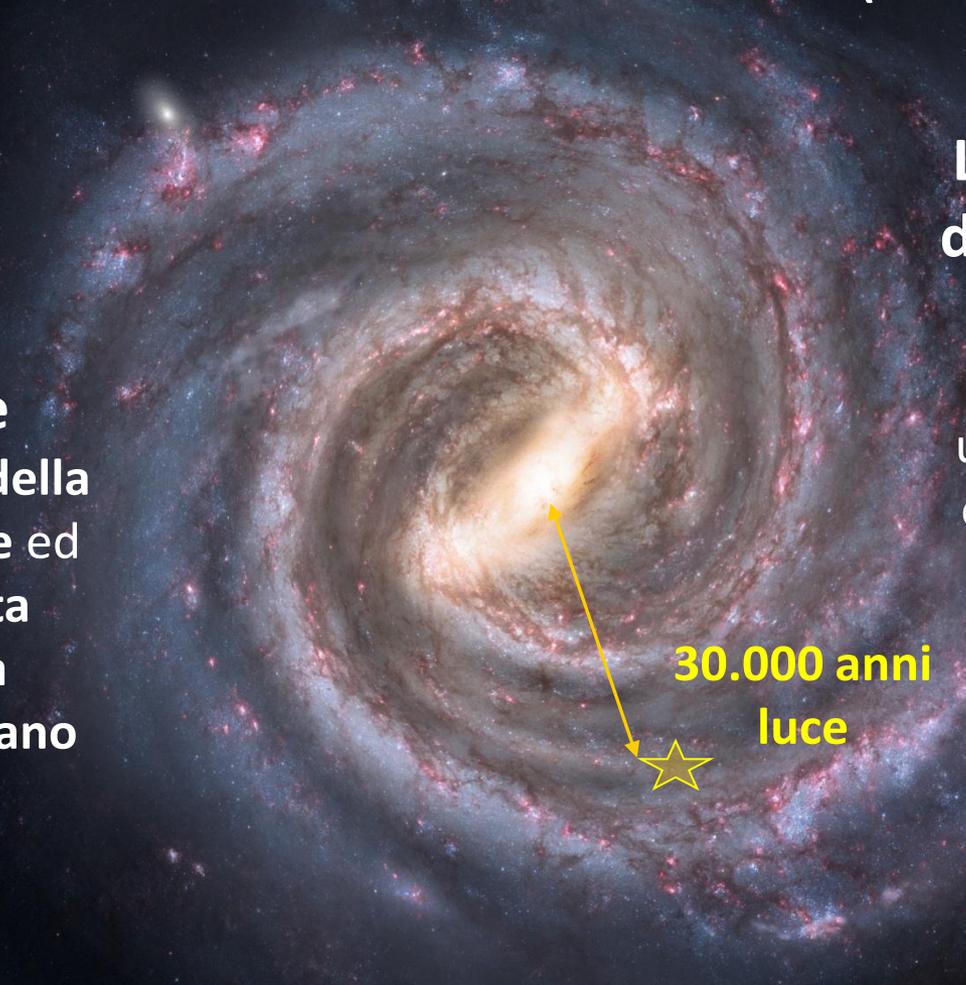


Le macchie di solito si trovano in coppie di polarità magnetica opposta; la polarità magnetica delle macchie si inverte durante ogni ciclo solare, cosicché se in un ciclo una assume le caratteristiche di un polo nord magnetico, al ciclo successivo essa diventa un sud magnetico.

## *Posizione del Sole all'interno della Galassia*

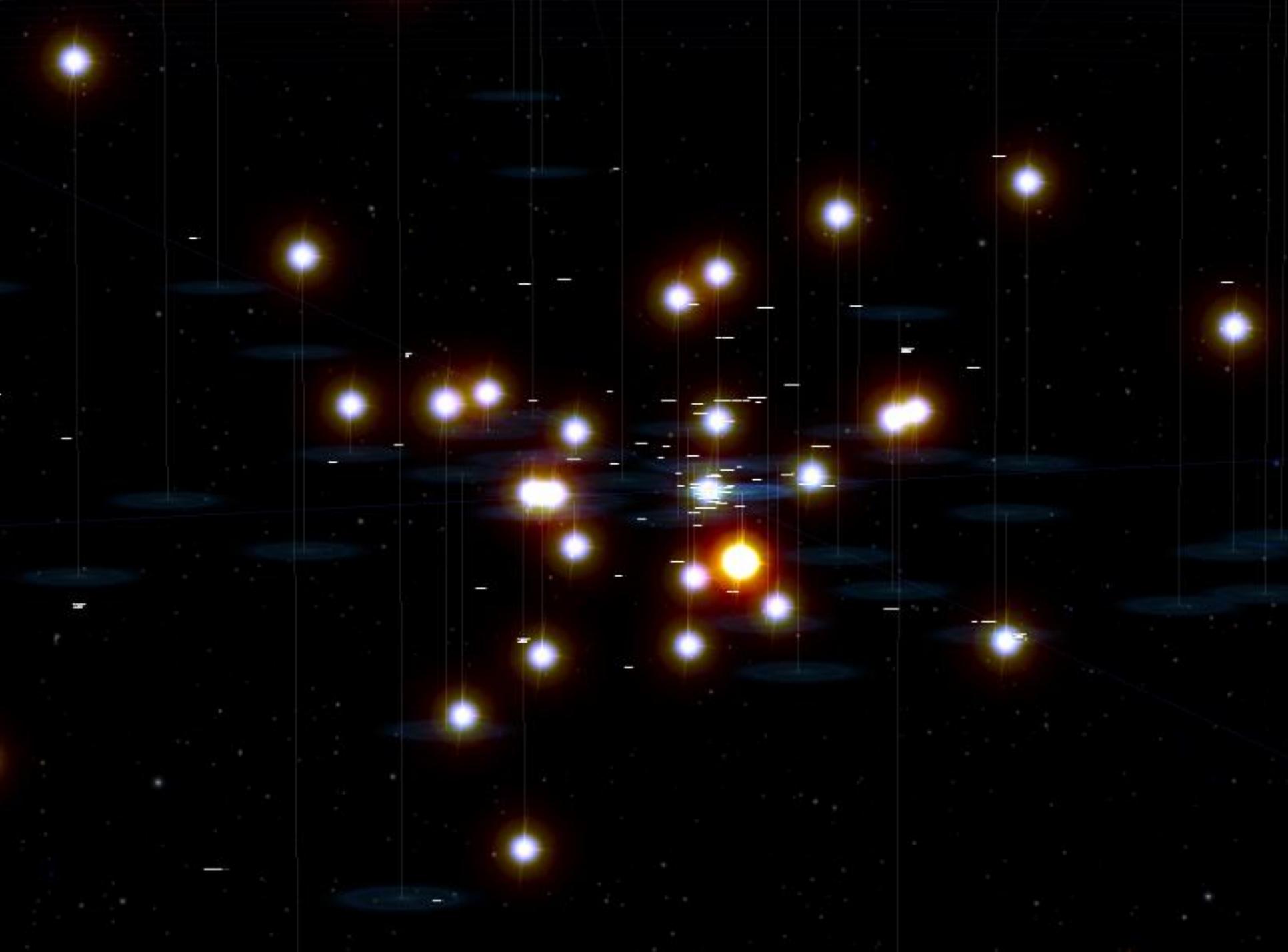
**Il sistema solare impiega circa 225–250 milioni di anni per completare una rivoluzione attorno al centro della Galassia (anno galattico).**

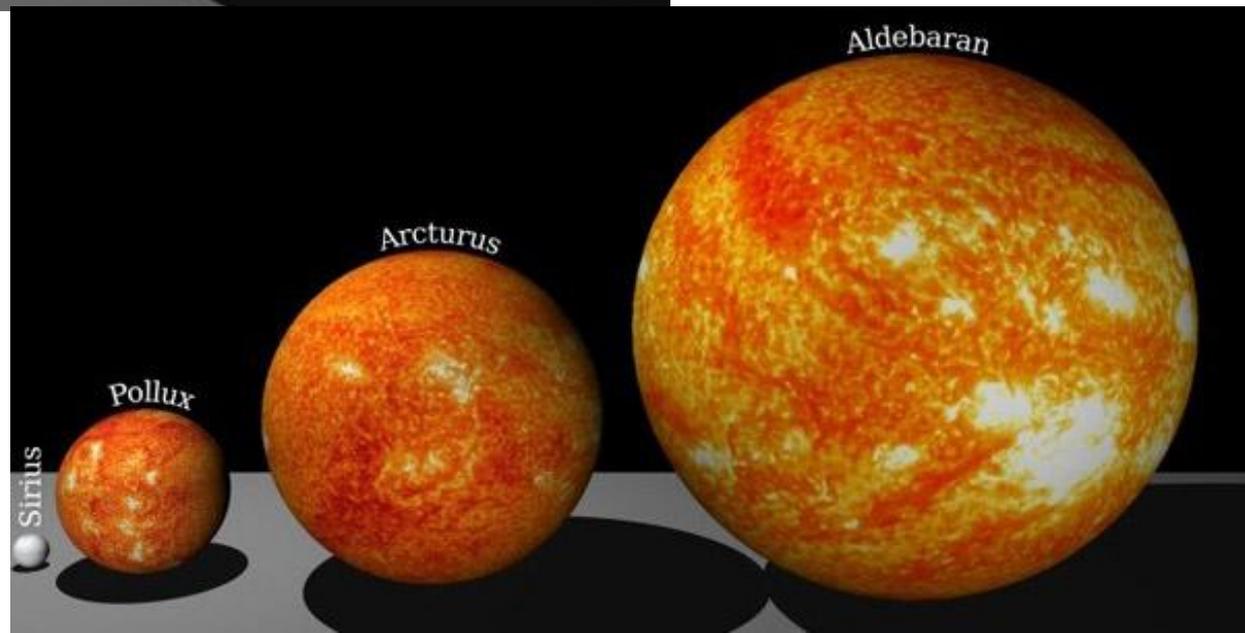
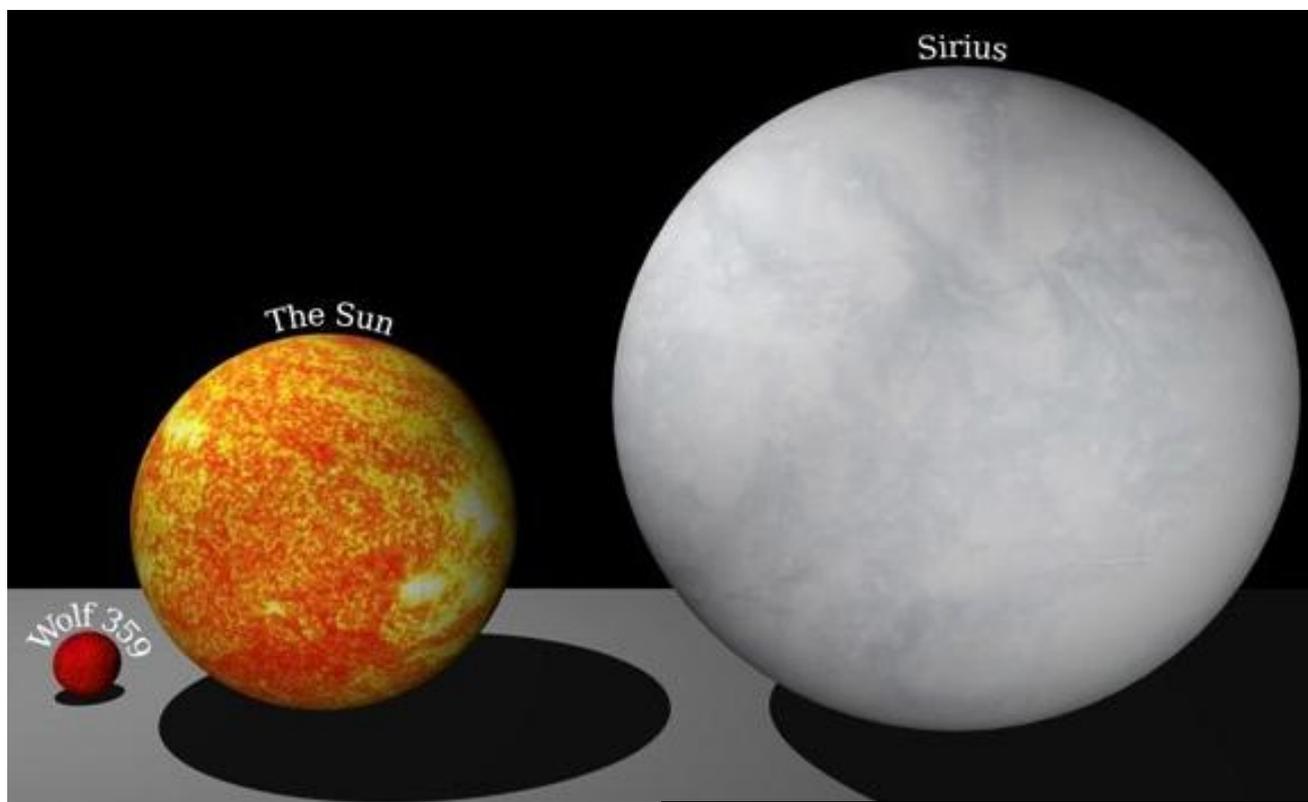
**Perciò il Sole avrebbe completato 20–25 orbite dal momento della sua formazione ed 1/1250 di orbita dalla comparsa dell'essere umano sulla Terra.**



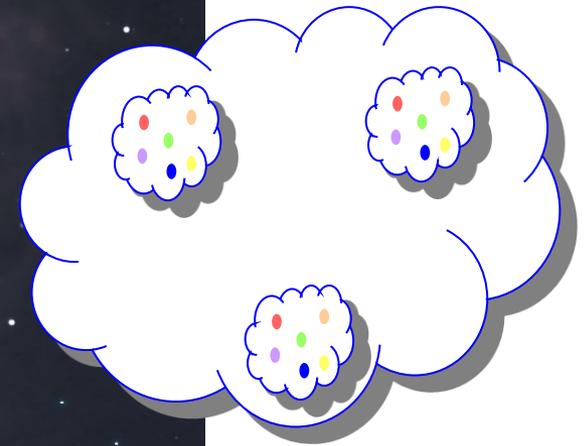
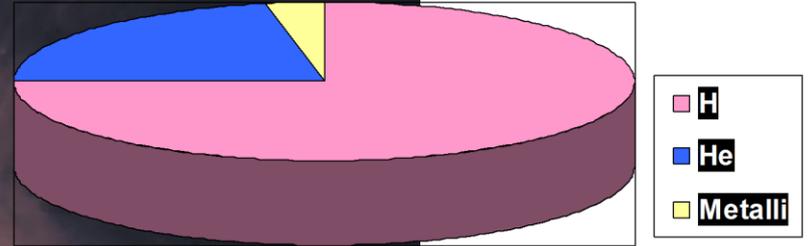
**La velocità orbitale della nostra stella è di circa 220 km/s** che equivale ad una unità astronomica (UA) ogni 8 giorni. A questa velocità il sistema solare impiega circa 1400 anni per percorrere un anno luce.

La direzione apparente verso cui si muove la nostra stella durante la propria rivoluzione attorno al centro di massa della Galassia prende il nome di apice solare e punta verso la costellazione di Ercole.

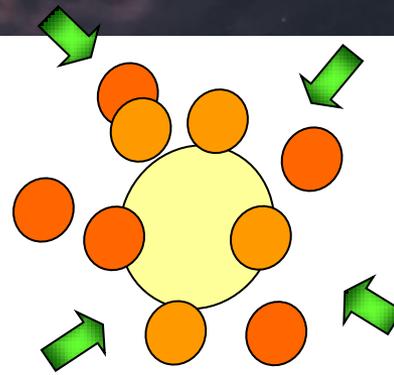




# DOVE NASCONO LE STELLE



Il gas si contrae sotto l'effetto della gravità e di conseguenza si riscalda!



COLLASSO  
GRAVITAZIONALE



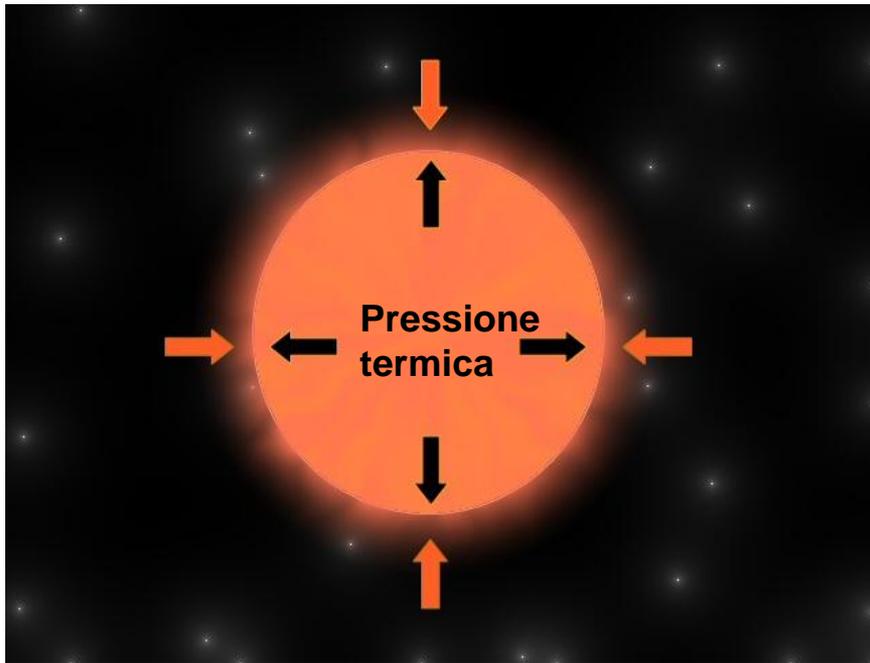
Il gas continua ad addensarsi  
Aumentano densità e temperatura

Soprattutto al centro!

Più alta è la massa che forma la stella,  
maggiore sarà la temperatura del suo nucleo!

Se  $T > 15$  milioni di gradi

REAZIONI NUCLEARI



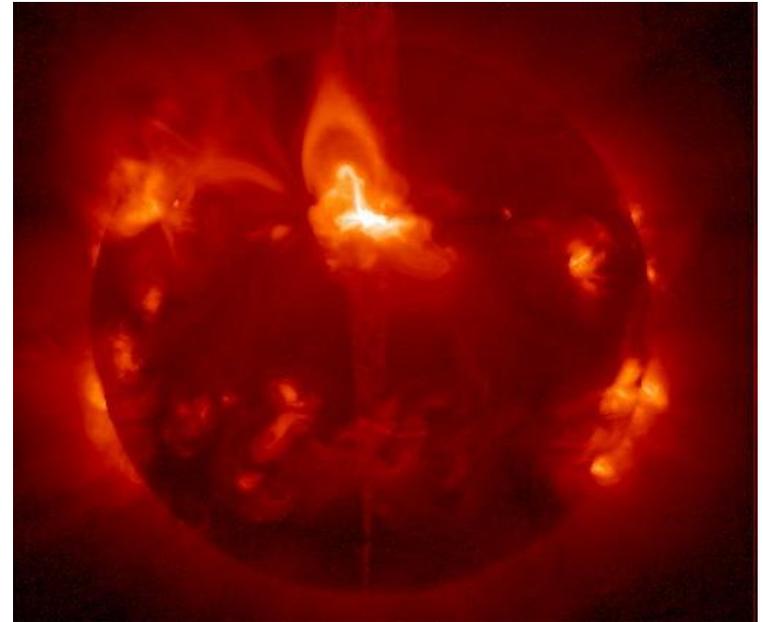
L'energia liberata dalle reazioni nucleari scalda il gas più esterno. La sua pressione aumenta contrastando la forza di gravità, che tende invece a contrarre la stella.

La stella così formata è una sfera di gas che produce energia tramite le reazioni di fusione nucleare, che avvengono nella regione più interna.

Ogni fase della vita della stella sarà regolata dal comportamento di queste due forze.

La principale sorgente di energia per le stelle con masse simili a quella del nostro Sole, è la **Catena protone-protone**

In questo processo di  *fusione* nucleare, quattro protoni (nuclei di idrogeno) si combinano per formare un nucleo di elio ( $^4\text{He}$ ).



**PROCESSO  
MOLTO LENTO**

Le stelle di piccola massa, come il Sole, impiegano circa 10 miliardi di anni a bruciare l'idrogeno.

Le stelle con masse superiori a quella solare, ( $T > 16$  milioni di gradi) raggiungono temperature interne più elevate, in grado di bruciare l'idrogeno attraverso il CNO

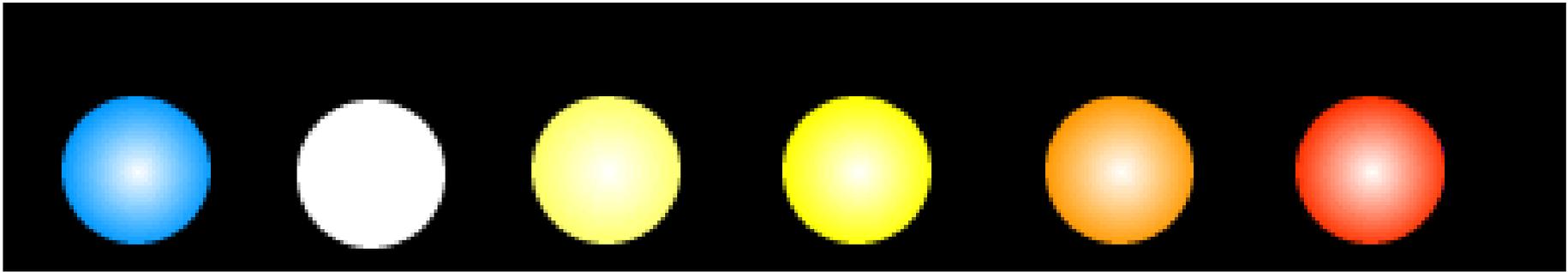
Il ciclo del CNO è molto più efficiente della catena p-p, e porta ad un esaurimento molto più veloce delle scorte di idrogeno.



**Processo più veloce!!!**

Le stelle di grande massa impiegano solo qualche milione di anni a bruciare l'idrogeno.

Più alta è la massa che forma la stella,  
maggiore sarà la temperatura del suo nucleo.



Da temperature superficiali superiori ai **30mila gradi**  
a temperature superficiali di **2-3mila gradi**

Il Sole ha una temperatura di circa **6 mila gradi**



A colori diversi corrispondono  
temperature diverse!

A parità di temperatura superficiale e quindi di colore le stelle possono avere una diversa luminosità.

Due stelle che abbiano la stessa temperatura superficiale ma diversa luminosità, devono avere una diversa superficie irradiante e un diverso volume, perché la luminosità di una stella è proporzionale alla sua superficie.

La luminosità è l'energia emessa in un secondo dall'intera superficie della stella.

## Betelgeuse e Antares 2-3 mila gradi



A parità di temperatura, la quantità di energia emessa per unità di tempo e di superficie è la stessa, quindi una diversa luminosità è dovuta ad una diversa estensione della superficie irradiante.

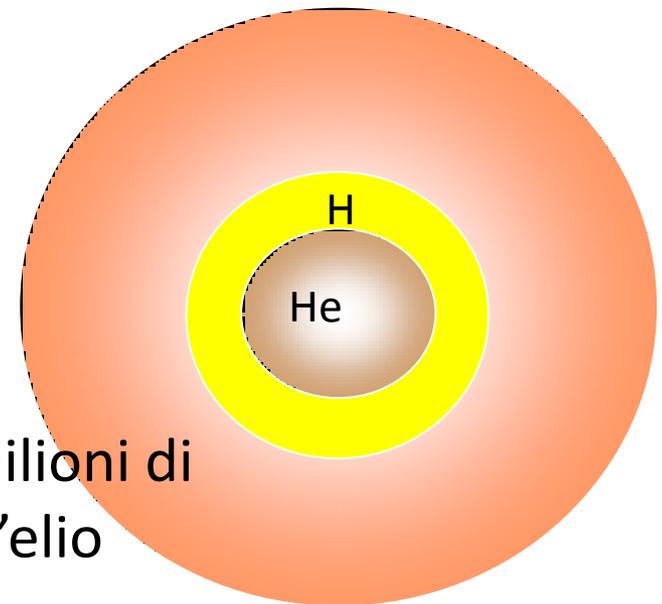
Esaurito l'idrogeno cessano le reazioni nucleari e con esse la pressione termica: l'equilibrio si rompe!



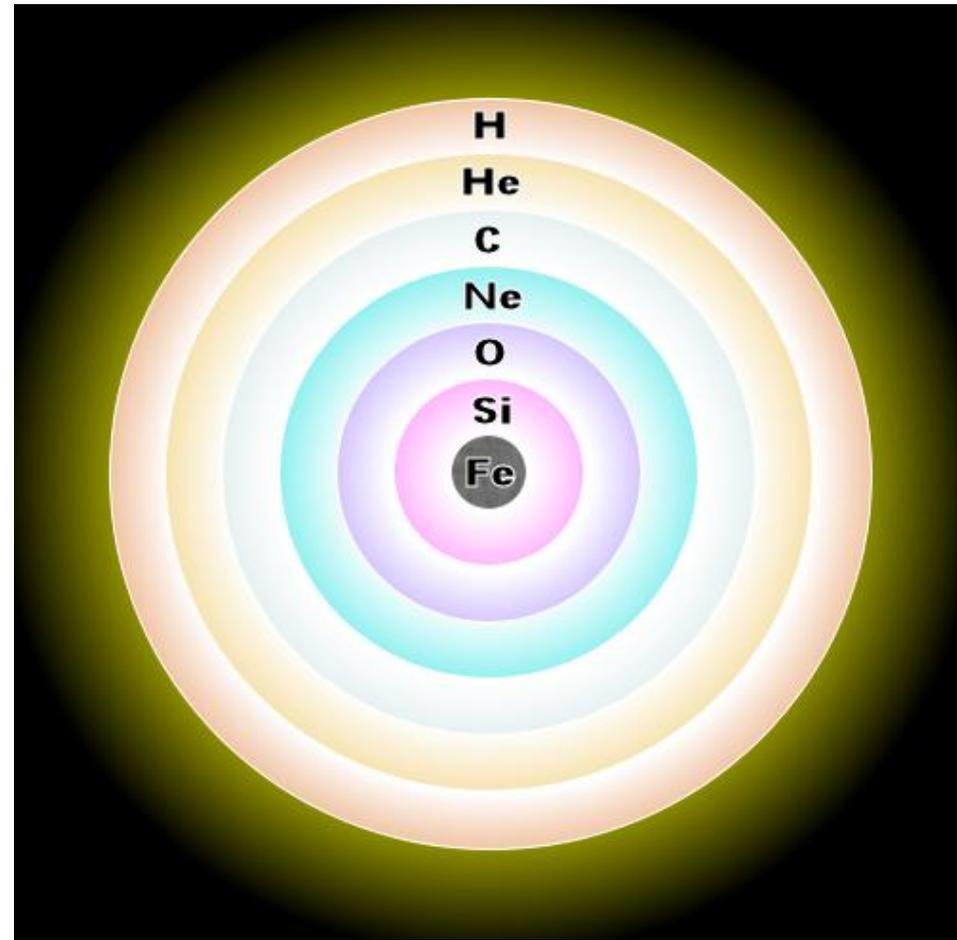
L'idrogeno comincia ad essere bruciato nello strato che circonda il nucleo

Gli strati esterni quindi si espandono, mentre il nucleo continua ad accrescere la sua massa di elio e a contrarsi. La stella diventa più grande, ma più fredda negli strati esterni !

Se la temperatura del nucleo arriva a 100 milioni di gradi, si innescano le reazioni di fusione dell'elio



Una volta esaurito l'elio  
ABBIAMO MASSA  
SUFFICIENTE PER INNESCARE  
NUOVE REAZIONE NUCLEARI?  
Se la stella ha una massa  
sufficientemente grande sono  
possibili altri stadi di  
combustione nucleare: una  
stella potrebbe avere  
addirittura vari gusci diversi  
in cui hanno luogo reazioni  
nucleari.



Ogni stadio della combustione nucleare è però più  
breve del precedente

# COMBUSTIBILE ESAURITO: masse grandi

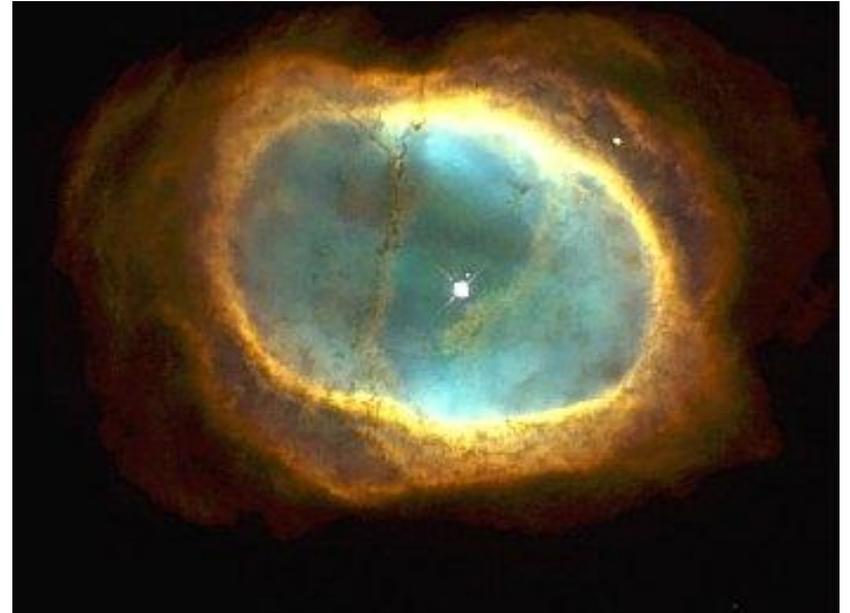
Terminano la loro vita in un'esplosione spettacolare diventando supernovae



La stella diventerà una stella di neutroni o un buco nero.

# COMBUSTIBILE ESAURITO: masse piccole

Verso la fine della sua vita la stella si libera dei suoi strati più esterni, che formeranno una nebulosa planetaria.



La stella diventerà un denso nucleo di materiale in cui tutte le reazioni nucleari saranno cessate: una nana bianca