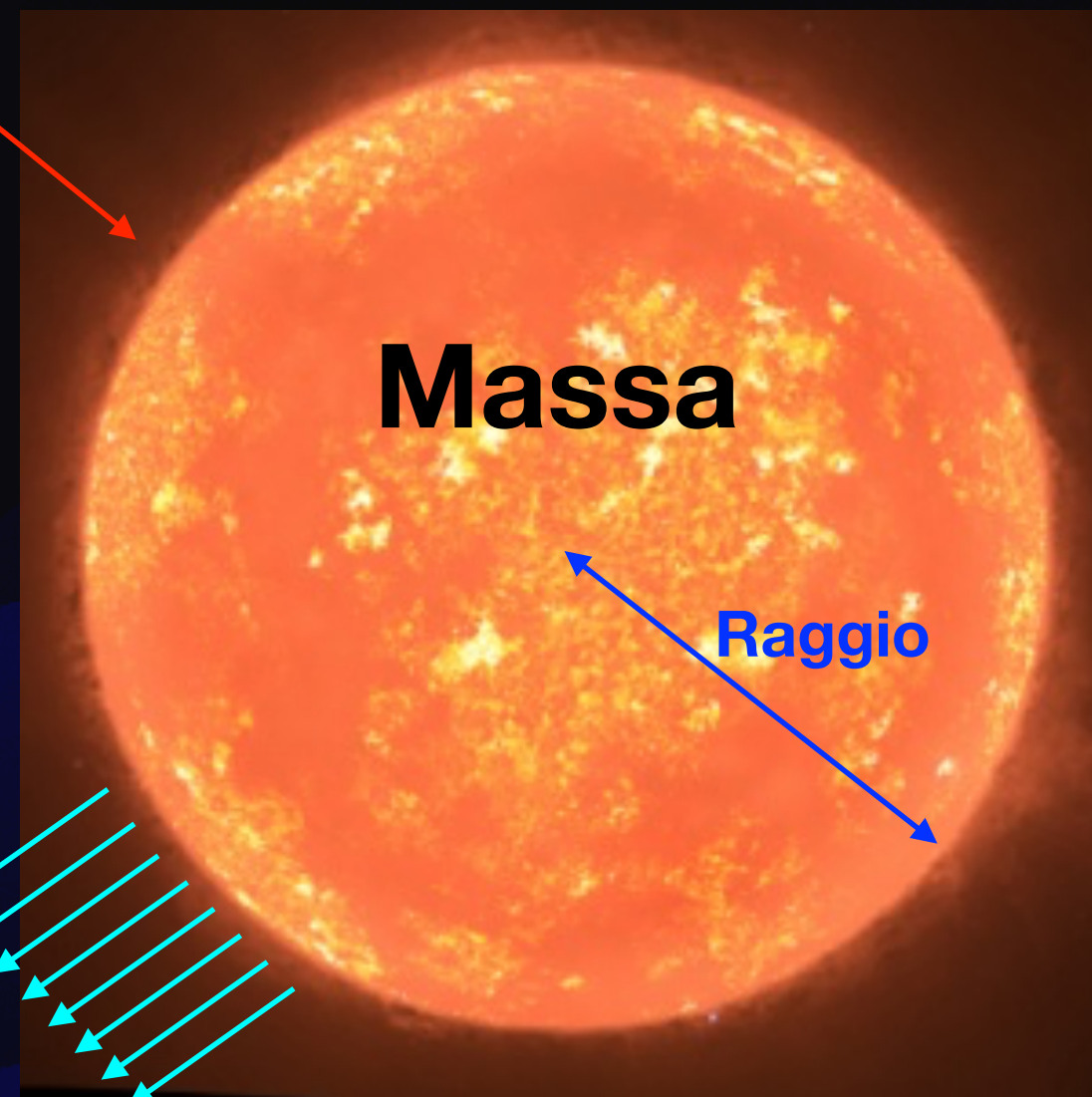


LE STELLE

Corso base di Astronomia Generale

Cosa sono le “stelle”

Temperatura
superficiale



Luminosità
(energia)

Una “stella” è una sfera di gas caldissimo (“**plasma**”) al cui interno avviene la reazione di **fusione dell'idrogeno** (caratteristica fondamentale).

Il “plasma” di una stella è costituito al 90% circa da idrogeno (H), al 10% circa da elio (HE) e da una piccola percentuale di altri elementi più pesanti (chiamati collettivamente “**metalli**”).

Parametri esterni: **massa**, **raggio**, **temp. superficiale** e **luminosità**

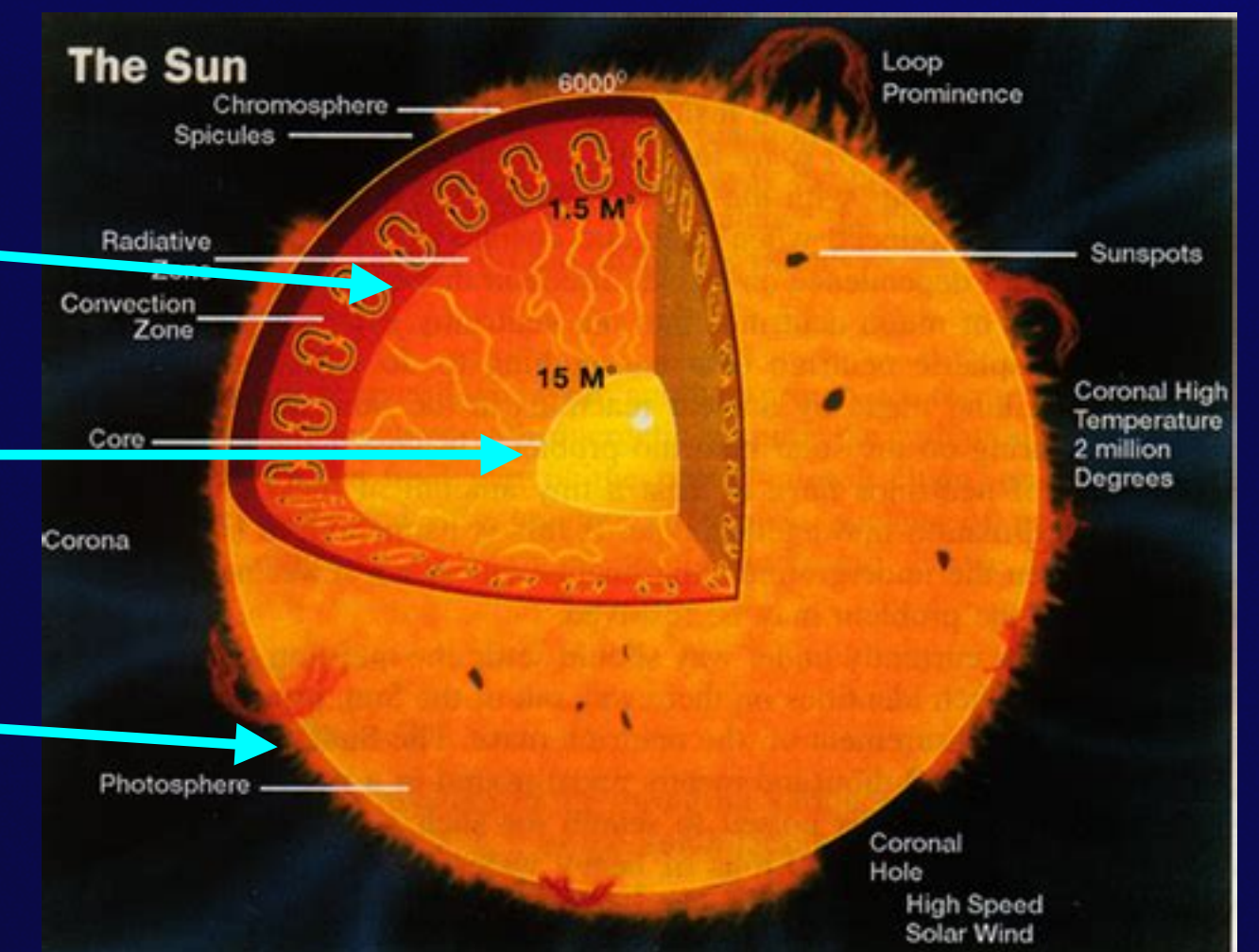
Anatomia di una stella:

fotosfera
fotocromosfera
corona

involuppo

nucleo

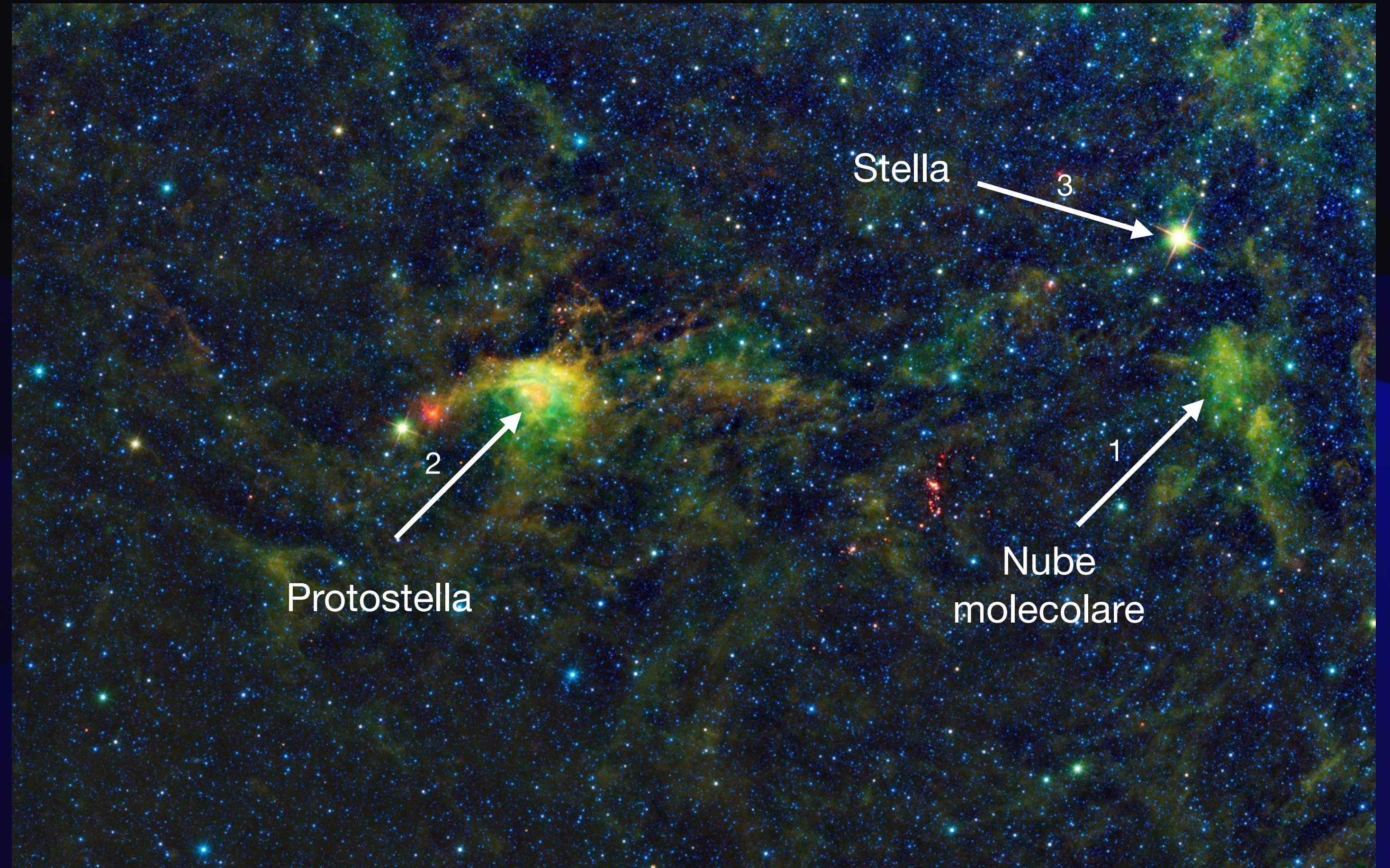
atmosfera



Come nascono le stelle?



Nube molecolare
(H_2 +He+metalli)



Punti più densi attirano altro gas e collassano
formando prima protostelle e poi stelle

Come nascono le stelle (seguito)?



Le Pleiadi, la più vicina zona di formazione stellare

Una nube molecolare collassa in più punti e forma quindi numerose stelle (da qualche decina a centinaia di migliaia)

Le stelle più numerose sono quelle più piccole (meno di $0.5 M_{\odot}$) e la percentuale si riduce all'aumentare della massa: le stelle grandi sono molto rare.

Si stima che nella nostra galassia si formino in media 6-7 stelle all'anno, con una massa totale di $1-2 M_{\odot}$.

Circa il 50% delle stelle nascono isolate, il restante 50% sono sistemi binari o multipli, legati gravitazionalmente.

Contemporaneamente alle stelle, si formano anche i loro pianeti.

Dopo la nascita, le stelle (o i sistemi) lentamente si disperdono (da cui la denominazione “ammassi aperti”).

Stelle nate dalla stessa nube molecolare sono riconoscibili in quanto mantengono la stessa composizione (in termini di “metalli”) della nube molecolare ove sono nati.

Una stella (HD 162826) che potrebbe essere nata nella stessa nube molecolare di Sole è stata trovata a 110 a.l. di distanza, nella costellazione di Ercole, visibile con binocolo. Si stima che il sole alla nascita fosse parte di un ammasso di 1.000-10.000 stelle.

Come si evolvono le stelle?

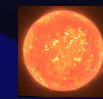
Non fonde
ancora H



Protostella

1 - 2%

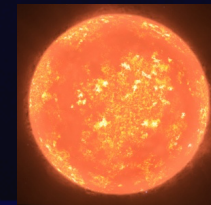
Fusione H
nel nucleo



Stella della
sequenza
principale

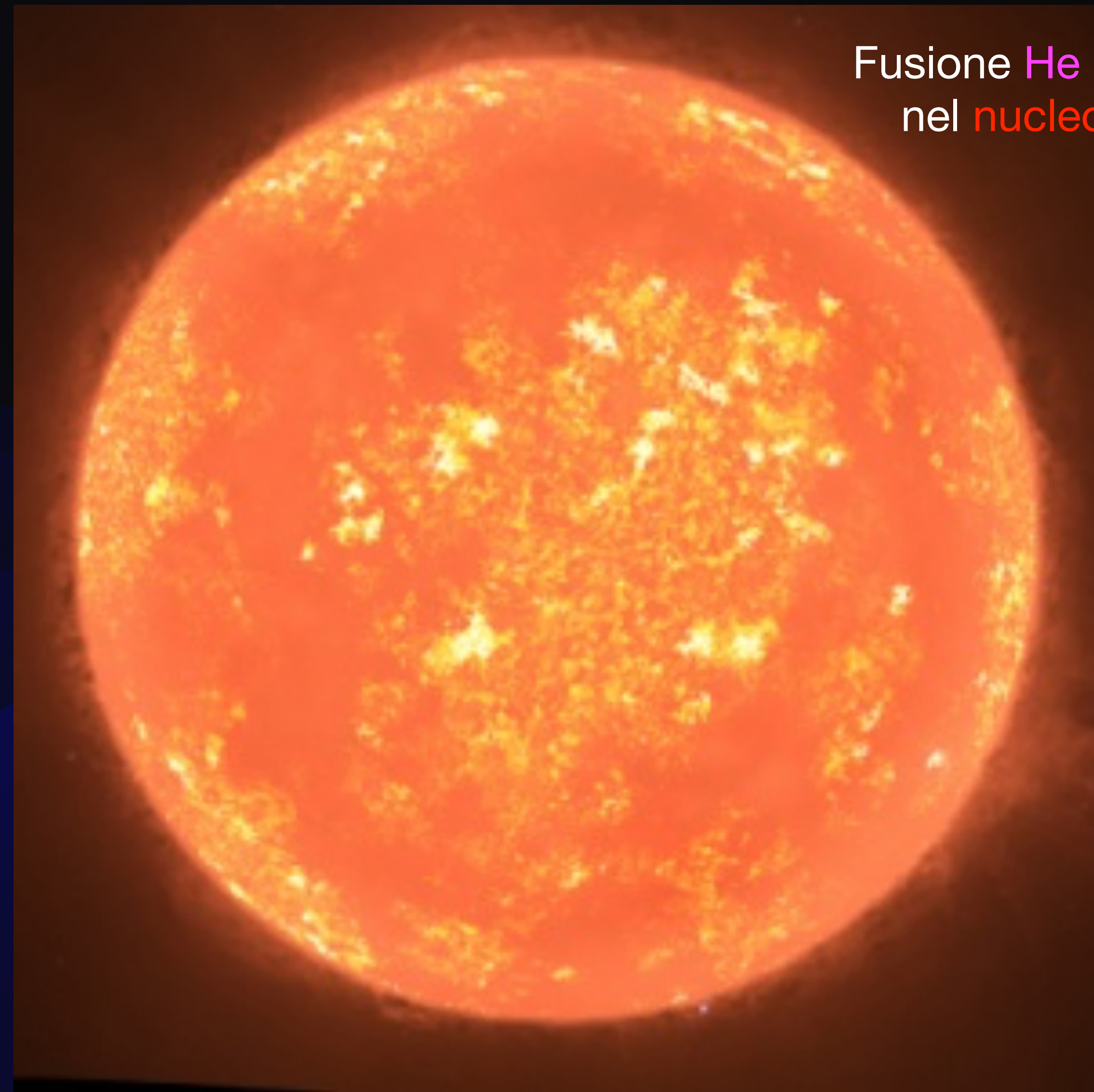
90%

Fusione H
attorno
al nucleo



Subgigante

1 - 2%



Fusione He etc
nel nucleo

Non fonde
più niente



Oggetto
compatto
+
gas e polveri

tutto il
resto del
tempo dell'
Universo



Gli “oggetti compatti” sono le **nane bianche**, le **stelle di neutroni** e i **buchi neri**

In particolari casi, la stella si **disintegra**

Gigante rossa

6-8%



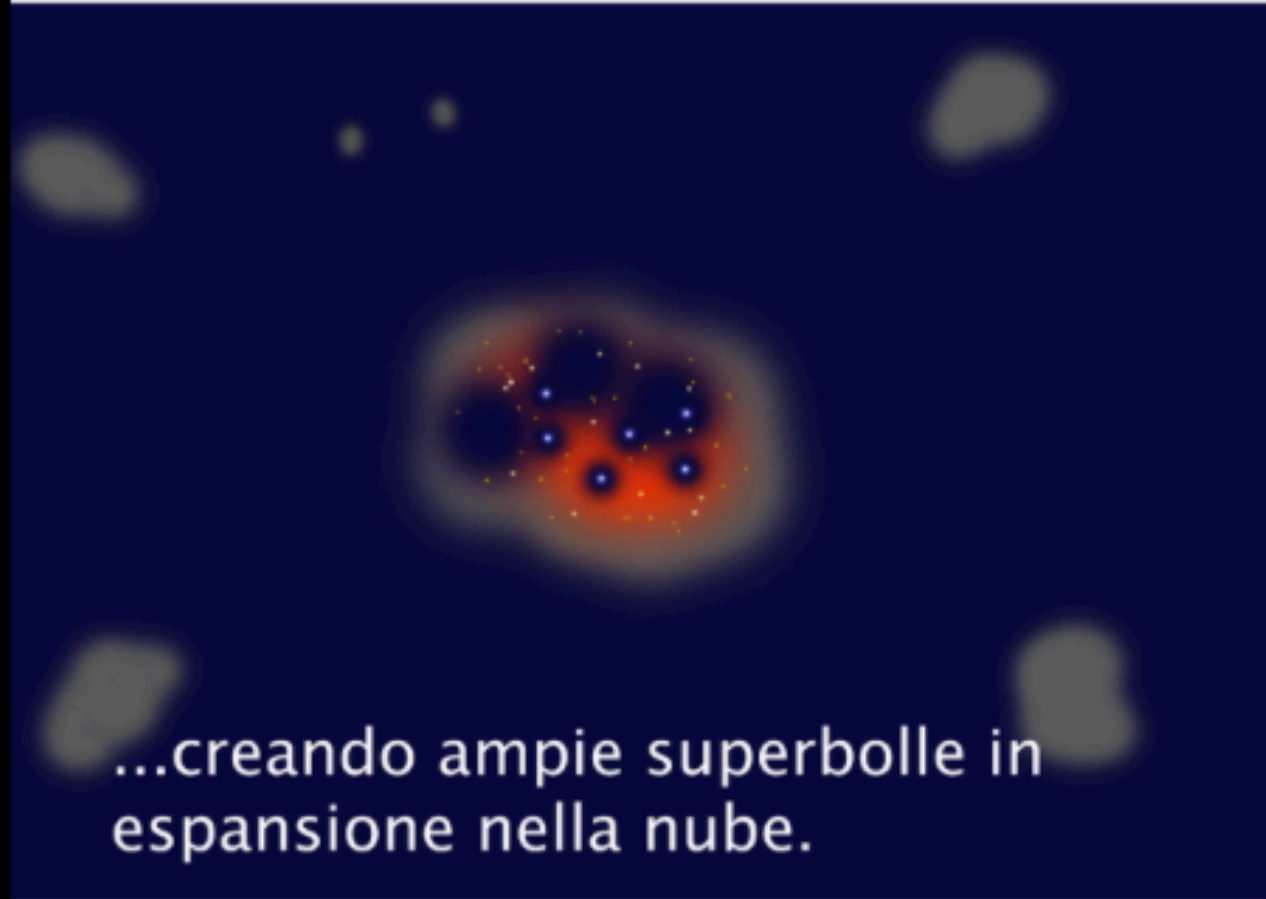
In una nube molecolare sono presenti alcuni embrioni stellari...



...da cui avranno origine alcune stelle, le più massicce delle quali ionizzano la nube in una regione HII.



Dopo alcuni milioni di anni le stelle più massicce esplodono in supernovae...



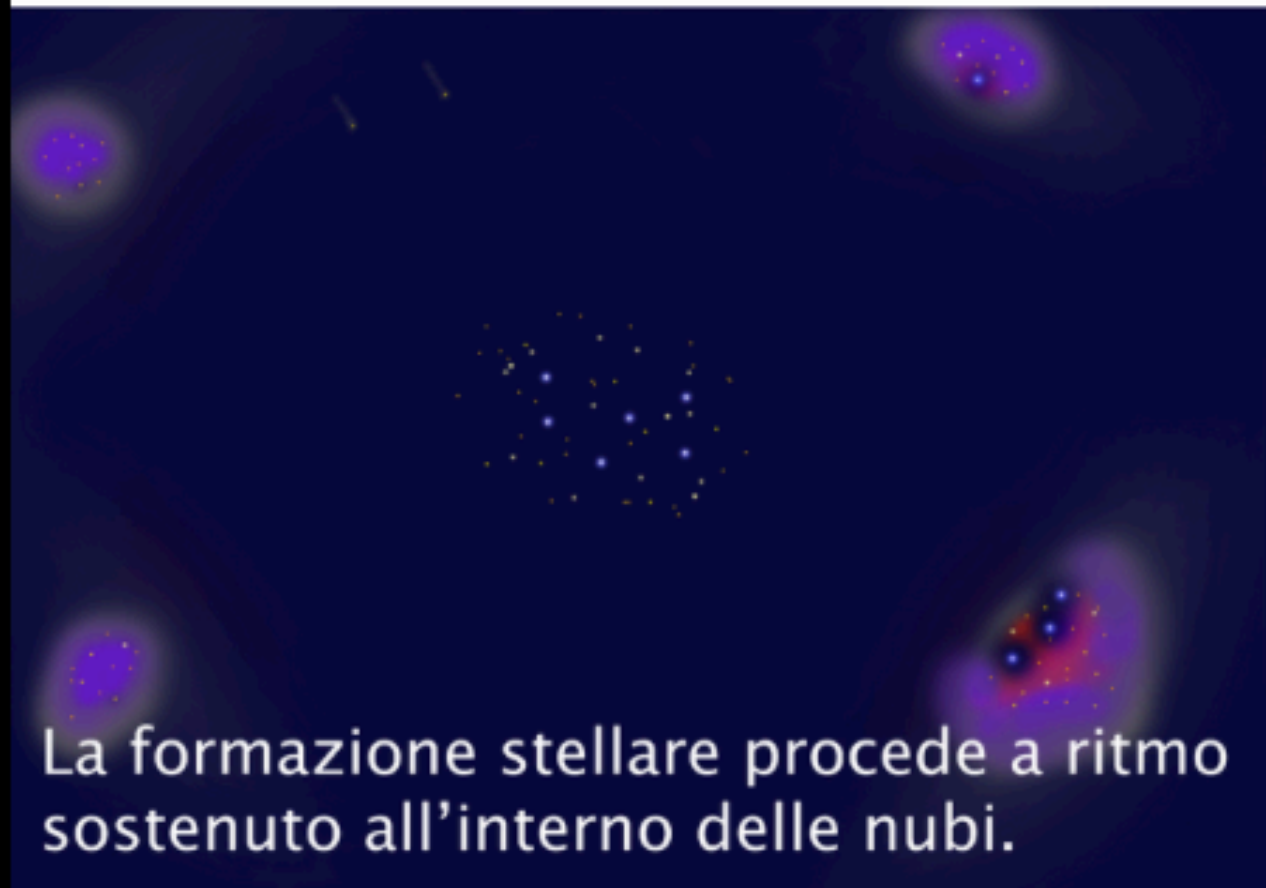
...creando ampie superbolle in espansione nella nube.



L'espansione delle superbolle spazza via la nube, liberando un ammasso aperto.



Le onde d'urto dell'espansione agitano le nubi circostanti innescando la formazione di nuove stelle.



La formazione stellare procede a ritmo sostenuto all'interno delle nubi.

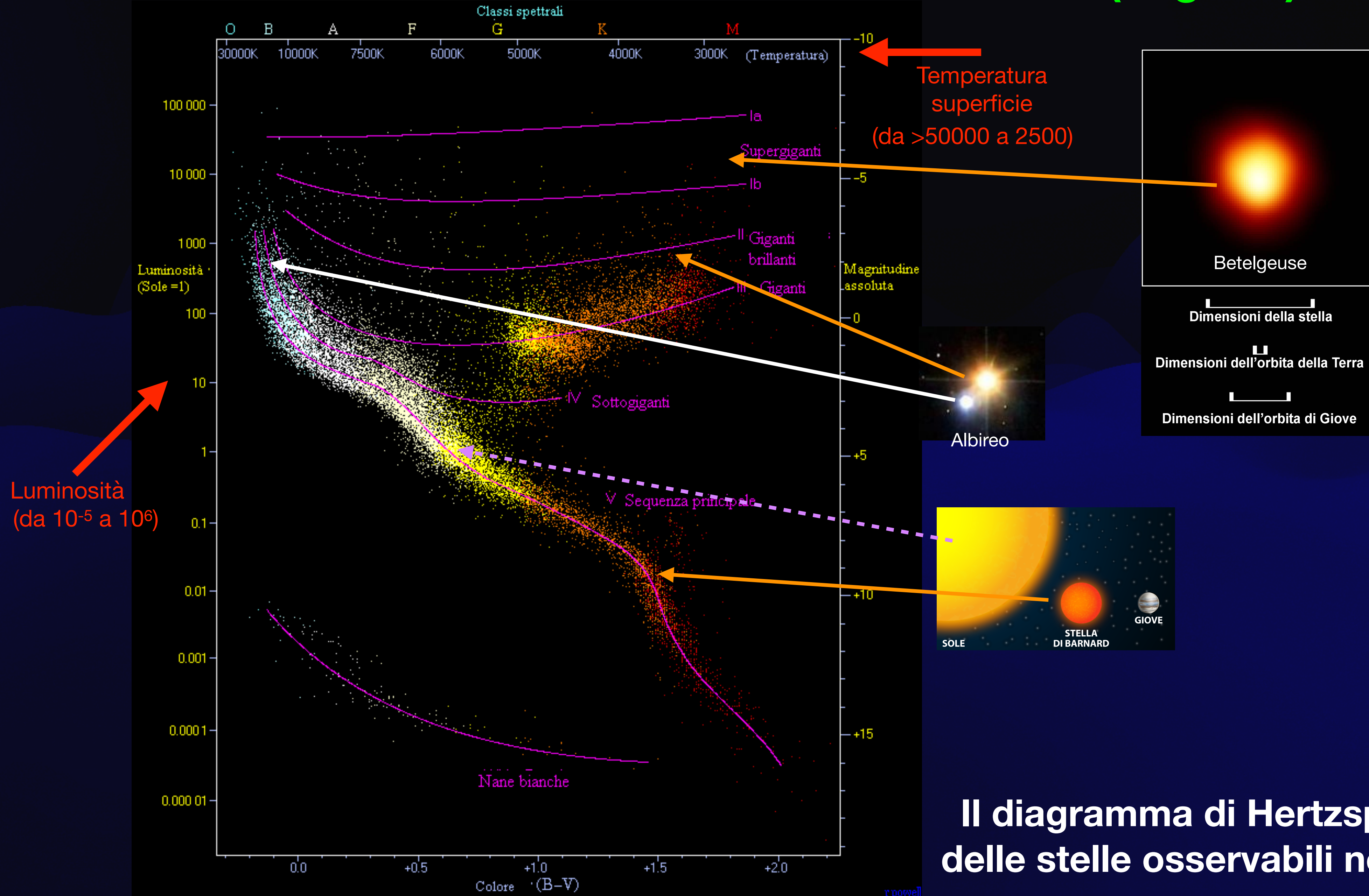


Dopo decine di milioni di anni la formazione stellare si esaurisce...



...lasciando dietro di se alcuni ammassi aperti.

Come si evolvono le stelle (seguito)?



Come si chiamano le stelle?

- Nome proprio:** stelle più facilmente visibili a occhio nudo, come *Aldebaran*, *Betelgeuse*, *Polare*, *Rigel*...
- Designazione di Bayer:** gruppo alfanumerico + abbreviazione della costellazione (in *latino*), ad esempio *α UMi*, *ρ 1 And*, *b Her*, *P Cyg*, *RR And*, *V1405 Sag*, etc.
Inizialmente l'ordine alfabetico avrebbe dovuto seguire la luminosità della stella nella costellazione (*α* la più luminosa, *β* la seconda più luminosa, etc.) ma ci sono eccezioni.
- Designazione di Flamsteed:** numero + abbreviazione della costellazione, ad esempio *1 UMi*, *53 Her*, etc.
Il numero è dato seguendo l'ordine in cui le stelle si trovano nella costellazione, da Est verso Ovest e dal basso verso l'alto.
Rende più facile l'individuazione della stella, ma è limitato a **52 costellazioni** e a sole **2554 stelle** (John Flamsteed pubblicò il catalogo nel 1712), quasi tutte visibili a occhio nudo.
- Per catalogo:** abbreviazione del catalogo + numero nel catalogo, ad esempio *HD 16024*, *SAO 2021*, *Tyc 7228.221 – 1*, etc. (o altre designazioni più complicate)
Alcuni cataloghi elencano particolari stelle (ad esempio il BSC - Bright Star Catalogue) mentre altri elencano tutte le stelle trovate in una particolare ricerca (specialmente se automatica), come quelle eseguite dai telescopi terrestri o spaziali Hipparcos, Gaia, Tycho, etc...
- Chiaramente, **molte stelle hanno più designazioni**, a seconda del catalogo usato, ad esempio *Polaris* può anche essere chiamata *α UMi*, *1 UMi*, *HIP 11767*, *SAO 308*, *HD 8890*, *HR 424*, etc.

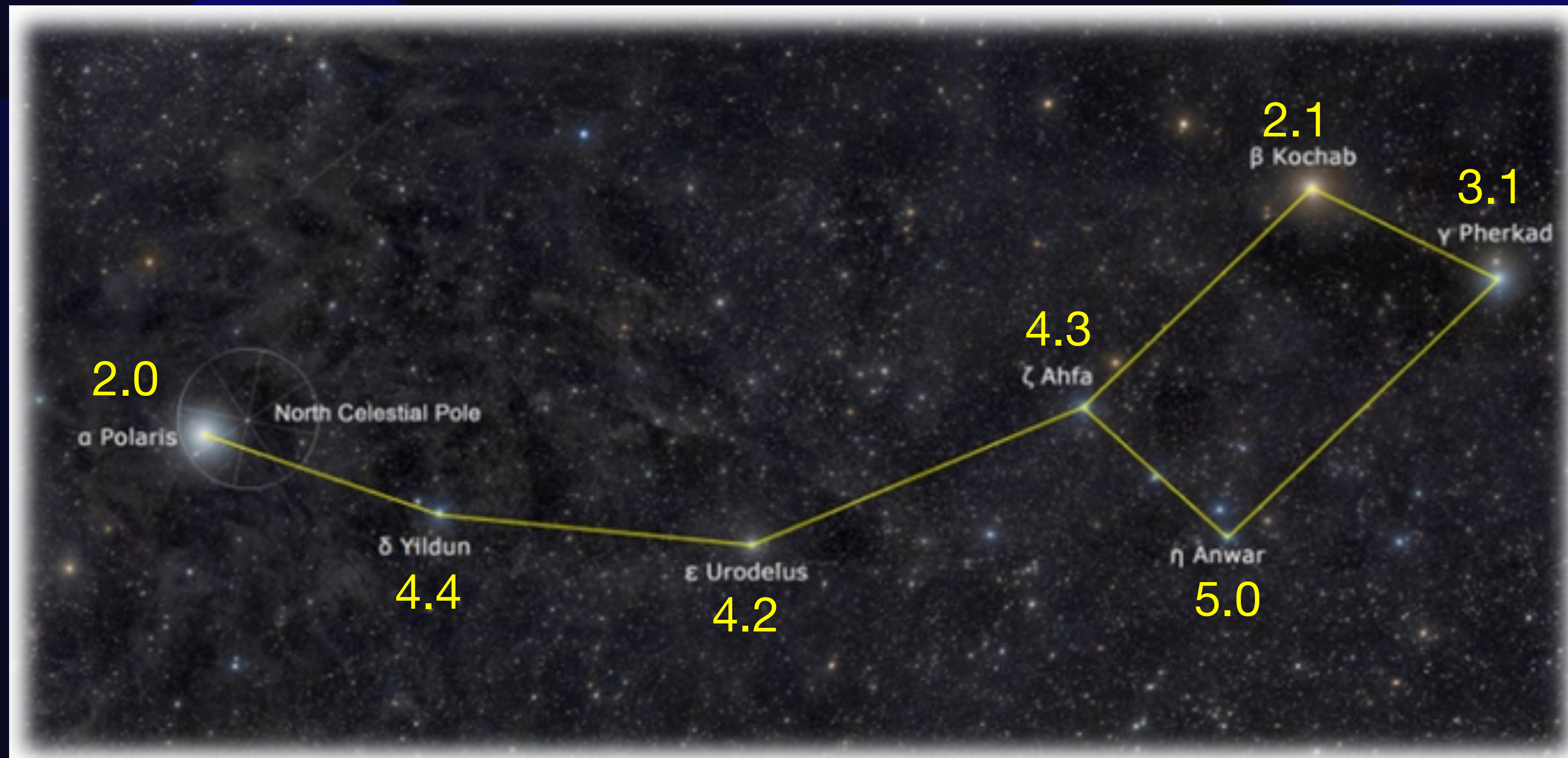
Come si possono classificare le stelle?

In base alla “**magnitudine apparente**”, cioè alla visibilità rispetto a un osservatore terrestre.

La “magnitudine” è un numero che misura il flusso luminoso che raggiunge l’osservatore.

La stella Vega è assunta come magnitudine 0 (zero). Ogni valore intero rappresenta un flusso luminoso 2.5 volte **minore** rispetto al numero precedente (quindi attenti: le stelle più brillanti sono quelle col numero più piccolo!).

Stella da mag **fino a 6** sono visibili a occhio nudo (se l’occhio è buono e se il cielo è molto buio). Oltre mag 6 è necessario un binocolo o un telescopio.



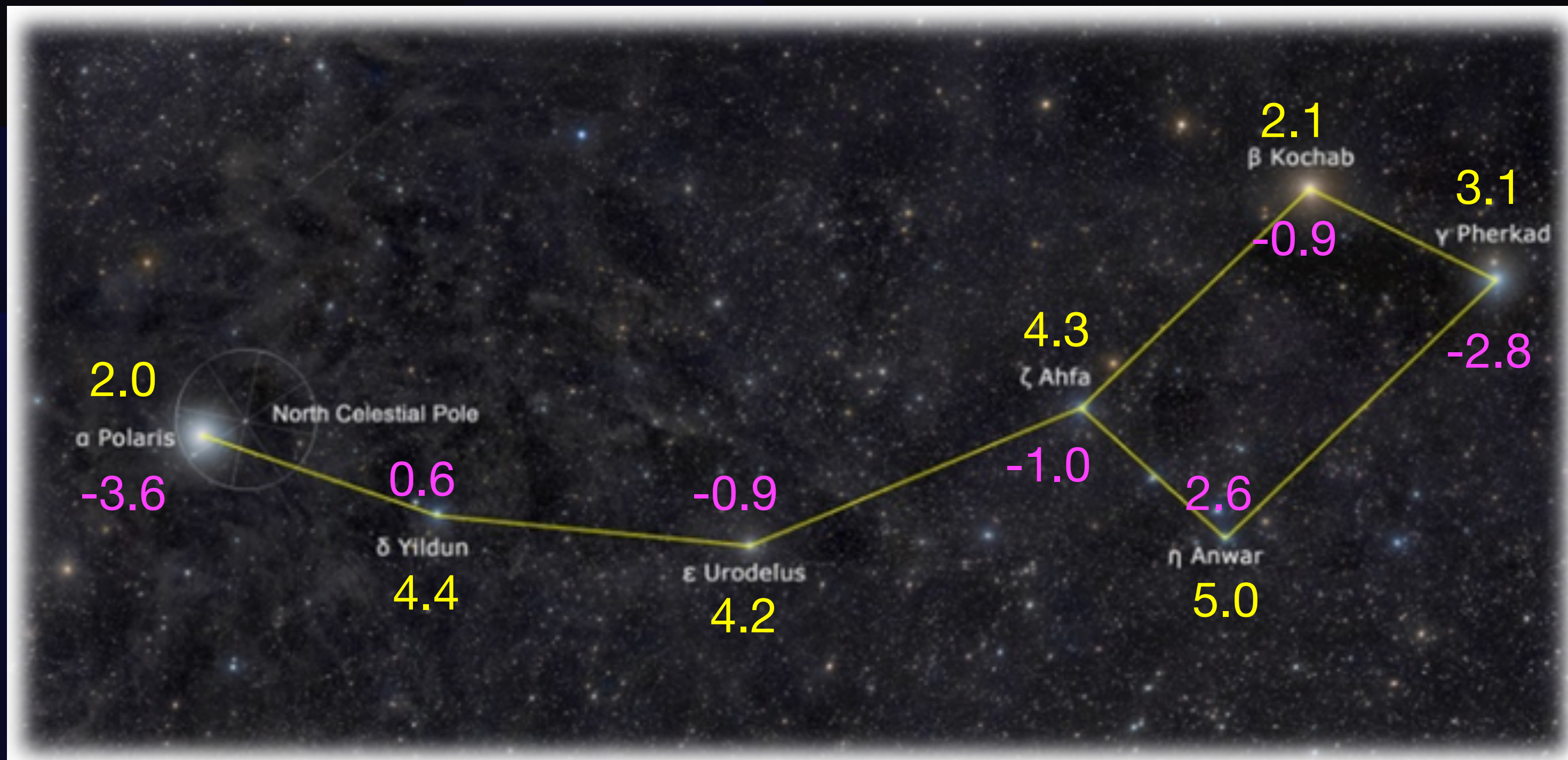
La costellazione dell’Orsa Minore è un buon test per verificare la vostra acutezza visiva o anche la qualità del cielo.

Provate a osservare la costellazione per vedere quante stelle vedete a occhio nudo.

Poi potete provare anche con un binocolo.

Come si possono classificare le stelle (seguito)?

La “**magnitudine apparente**” dipende dalla distanza della stella. La “**magnitudine assoluta**” è invece la magnitudine che apparirebbe a un osservatore collocato a 10 parsec (32,6 anni luce) di distanza dalla stella e quindi consente di classificare le stelle in base alla loro brillantezza (potenza energetica bolometrica).



Le stelle dell'Orsa Minore con la loro magnitudine assoluta (in viola)

Anche la magnitudine assoluta non ci dice molto sulla stella.

Ad esempio, le stelle Polaris e Kokhab hanno circa la stessa magnitudine **apparente** ma magnitudine **assoluta** molto diversa, perché sono non solo a diversa distanza (341 e 126 a.l. rispettivamente), ma hanno anche diversa **luminosità** a causa di una diversa **temperatura superficiale**.

Come si possono classificare le stelle (seguito)?

Una classificazione fisica della stella è la classificazione **MKK** (o anche solo MK), basata sulla **temperatura della superficie** della stella (fotosfera) e sul suo **stato evolutivo**.

La classificazione è una stringa di **tre caratteri** alfanumerici, ad esempio Sole è una stella **G 2 V**, ove

G 2 V

Indica l'intervallo di temperatura superficiale della stella: in questo caso, **tra 5.000 e 6.000 K** (Kelvin)

Le stelle possono essere di tipo O, B, A, F, G, K, M
(frase mnemonica "Oh, Be A Fine Girl, Kiss Me"), ove **O** indica le stelle più calde (**oltre 30.000 K**) e **M** quelle più fredde (**meno di 3.600 K**)

Ulteriore precisazione della temperatura: l'intervallo è suddiviso in parti uguali (fino a 10), dalla temperatura vicina al massimo (**0**) sino a quella vicina al minimo (**9**).

Il **2** del sole indica che si trova nel terzo sub-intervallo, cioè **fra 5.800 e 5.700 K** (temp. nominale di Sole **5.780 K**)

Indica lo stato evolutivo della stella, con riferimento al diagramma HR.

V (**quinto**) indica che la stella si trova nella **sequenza principale**.

Altre possibilità sono **I** (**supergiganti**), **II** o **III** (**giganti**) e **IV** (**subgiganti**)

Ulteriori dettagli saranno forniti in corsi più avanzati.

Come finiscono le stelle (a grandi linee)?

Le stelle di massa minore ($M < 0.7 M_{\odot}$) “bruciano” il loro idrogeno nel nucleo molto lentamente, quindi hanno, nonostante la loro piccola massa, una vita molto lunga (**più lunga** dell’età attuale dell’Universo). Una volta finito l’idrogeno nel nucleo, semplicemente diventeranno una massa calda di gas, che si raffredderà lentamente disperdendo il suo calore nello spazio.

Le stelle di piccola massa ($0.7 M_{\odot} < M < 2 M_{\odot}$), tra cui Sole, riusciranno a fondere anche il nucleo di elio (prodotto dalla fusione dell’idrogeno). Passeranno attraverso uno stadio di subgigante e poi di gigante rossa. Alla fine, dopo una vita che va **da 1 a oltre 12 miliardi di anni**, quando avranno fuso anche l’elio, non essendo più in grado di generare l’energia necessaria a contrastare la gravità, il loro nucleo si contrarrà in una **nana bianca**, mentre l’involuppo si disperderà nello spazio circostante producendo una **nebulosa planetaria**, che in poche migliaia di anni non sarà più visibile..

Le stelle di massa intermedia ($2 M_{\odot} < M < 10 M_{\odot}$) durano di meno (**da 20 a 500 milioni di anni**) e si evolvono in maniera un po’ diversa da quelle di piccola massa, ma faranno la stessa fine, producendo una **nana bianca** e relativa **nebulosa planetaria**.

Le stelle di grande massa ($M > 10 M_{\odot}$) riescono a fondere nel nucleo altri elementi oltre all’elio (fino all’elemento finale, il ferro), hanno un’evoluzione complicata, che passa per diversi stadi, e moriranno come **supernove**, dopo una vita **inferiore a 20 milioni di anni**, quando il loro nucleo, per effetto della gravità, crollerà producendo una stella di neutroni o un buco nero, mentre l’involuppo produrrà una nebulosa chiamata “**resti di supernova**”, che si disperderà nello spazio.

Come finiscono le stelle (seguito)?



Nebulosa planetaria "Occhio di gatto"



"Nebulosa del Granchio", resti di supernova



AG Carinae, $M > 50 M_{\odot}$, non ancora esplosa, mostra le espulsioni di massa ("venti") che accompagnano soprattutto la fine delle stelle più massicce.



La **compagna di Sirio** ("Sirius B") è una **nana bianca**, ciò che resta di una stella esplosa circa 200 milioni di anni or sono, la cui nebulosa planetaria si è ormai da molto tempo dispersa.

L'evoluzione di una stella è un processo molto complesso, i cui dettagli non possono essere forniti in un corso di base.

Epilogo

In questa lezione abbiamo solo dato delle nozioni alquanto generali, il minimo che un astrofilo deve conoscere.

Dal punto di vista osservativo, una stella è un punto nel cielo, in alcuni casi bello da osservare. Dal punto di vista astrofisico, invece, in pratica ogni stella è un oggetto a sé stante, che vale la pena studiare.

Per chi è interessato oltre la mera osservazione visuale, esiste un corso AFAM di carattere un po' più approfondito.

Grazie per l'attenzione!