

# LA VITA DELLE STELLE - 9

## 4) LA FISICA DELLE STELLE

### a) L'EVOLUZIONE STELLARE

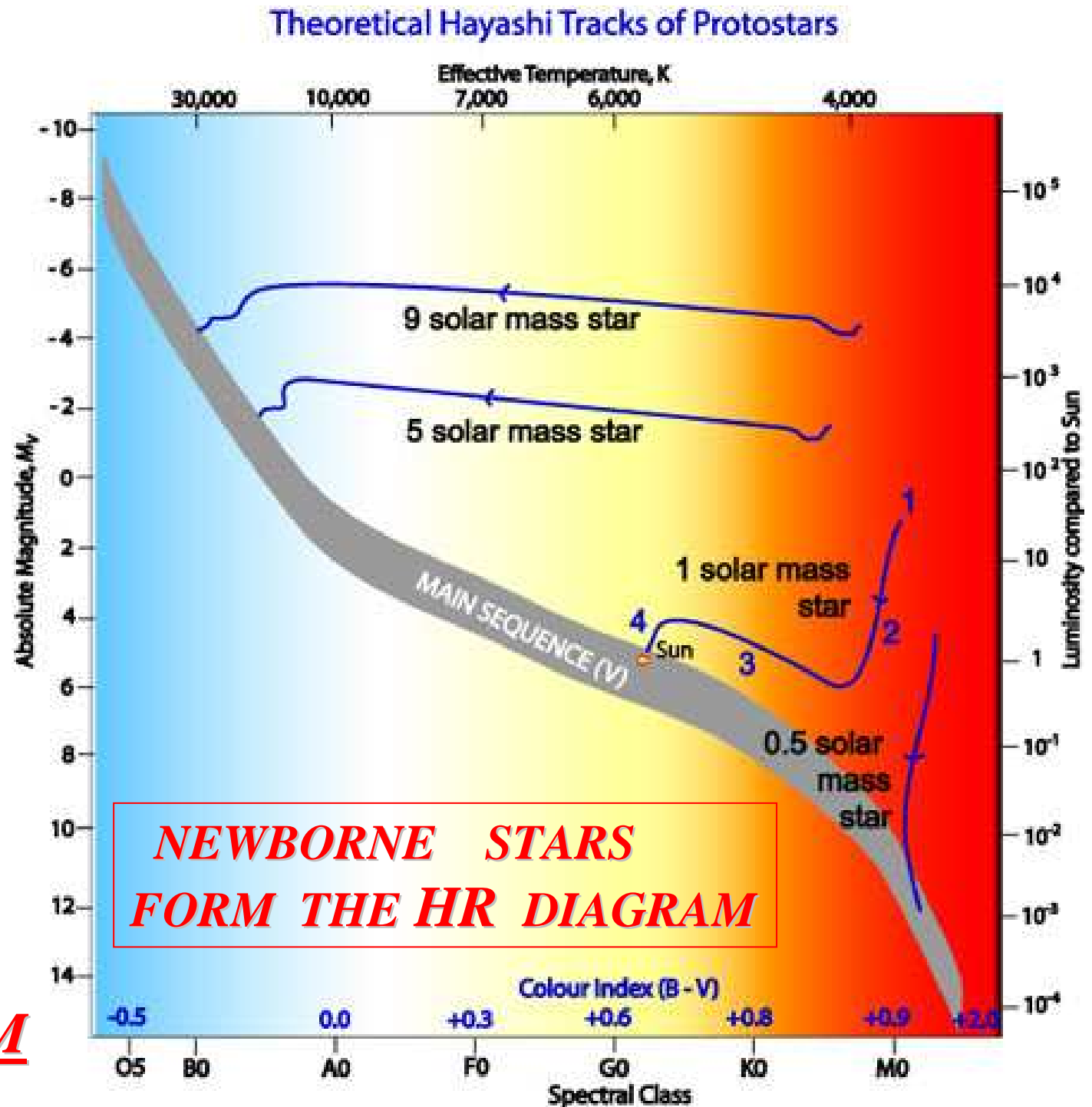
**Prof. Antonio Bianchini**

*Dipartimento di Astronomia*

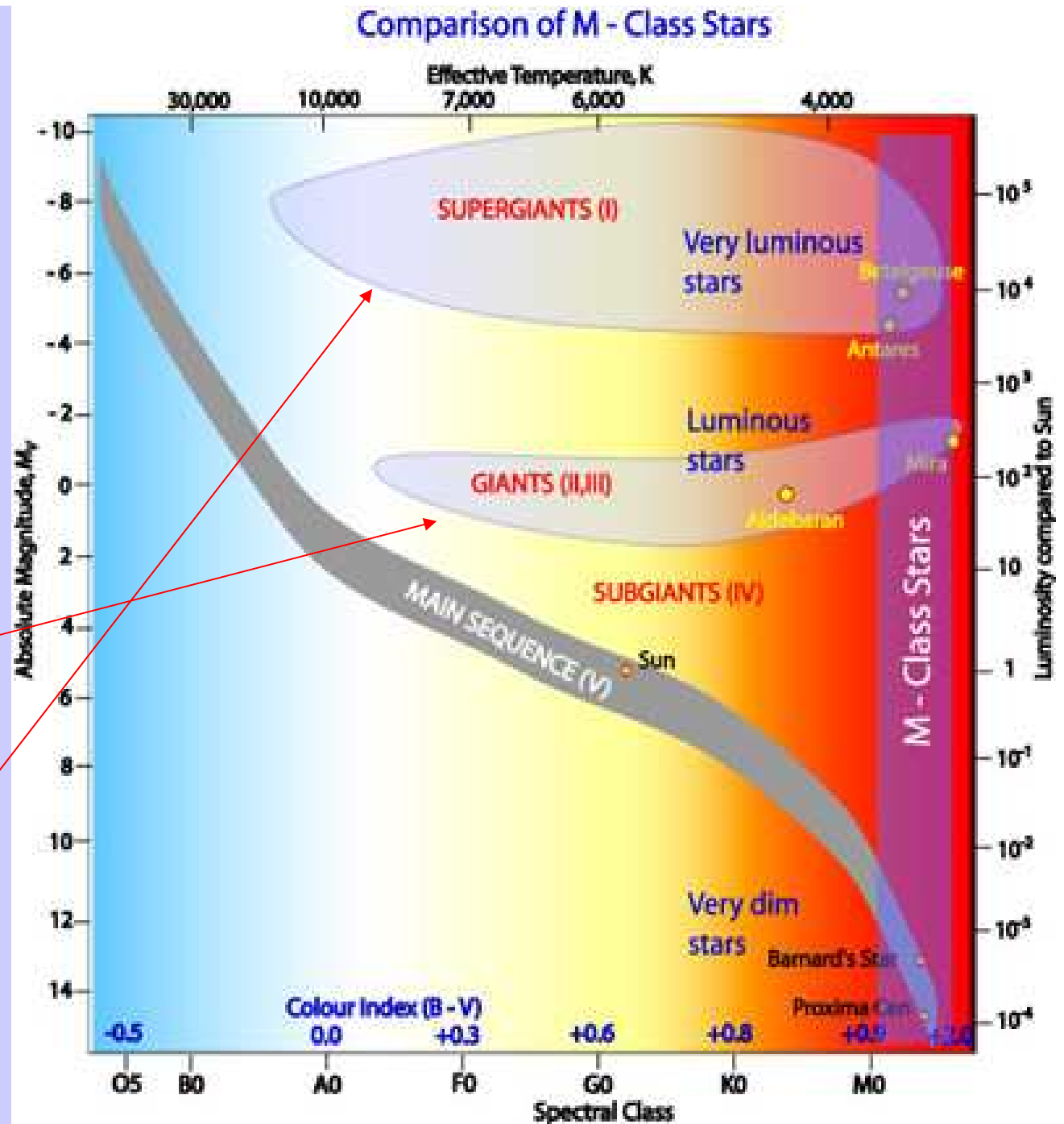
*Università di Padova*

*[antonio.bianchini@unipd.it](mailto:antonio.bianchini@unipd.it)*

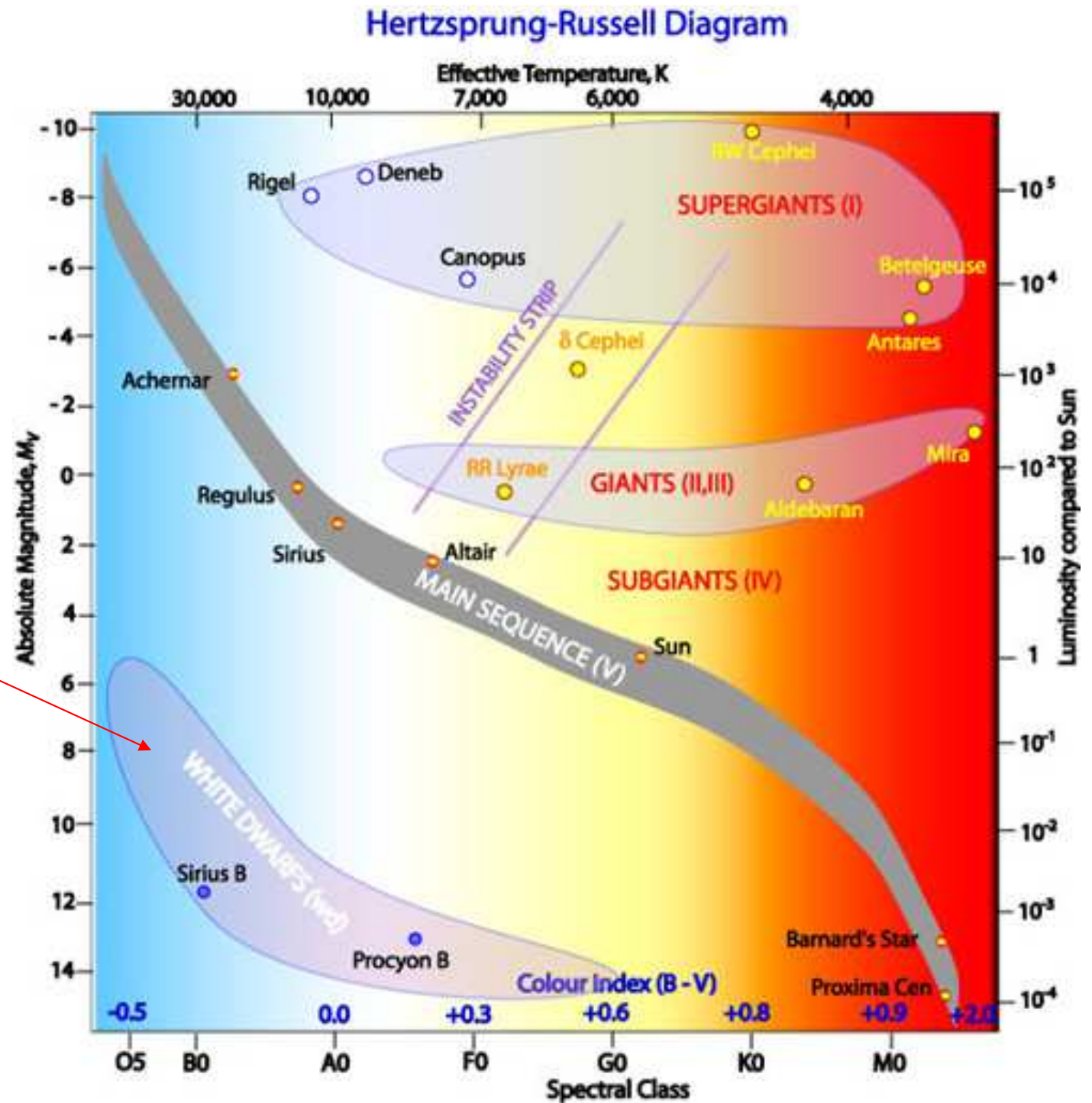
**AFTER A CLUSTER IS BORN, STARS ARE PLACED IN THE H-R DIAGRAM ALONG A MAIN SEQUENCE WHERE THEY BURN HYDROGEN INTO HELIUM**



**IN THE *HR*  
DIAGRAM  
WE CAN ALSO  
SEE VERY  
LUMINOUS  
COLD STARS  
CALLED  
GIANTS  
AND  
SUPERGIANTS**



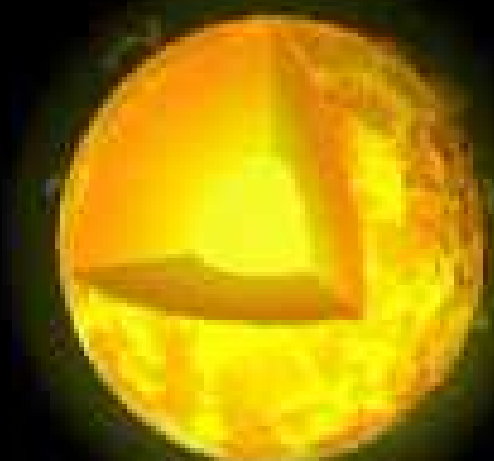
**BUT WE CAN  
ALSO SEE  
UNDER-  
-LUMINOUS  
HOT STARS  
CALLED  
WHITE  
DWARFS**



**LE STELLE FUORI DELLA SEQUENZA PRINCIPALE SONO STELLE EVOLUTE, CHE HANNO ABBANDONATO LA MS SUBITO DOPO AVER ESAURITO L'IDROGENO NEL LORO NUCLEO. QUANDO IL NUCLEO INCOMINCIA A CONTRARSI, LA STELLA SI ESPANDE. DURANTE QUESTO PROCESSO, IL NUCLEO RAGGIUNGE LA TEMPERATURA D'INNESCO DELLE REAZIONI DEL BRUCIAMENTO DELL'ELIO IN CARBONIO-OSSIGENO E LA LUMINOSITA' DELLA STELLA CRESCE PORTANDOLA NELLA REGIONE DELLE GIGANTI ROSSE... MA, ALLA FINE, ABBIAMO NANE BIANCHE, STELLE DI NEUTRONI, BUCHI NERI E INVILUPPI GASSOSI IN ESPANSIONE !**

**QUINDI, LE FASI DI EVOLUZIONE POST-SEQUENZA CORRISPONDONO ALLE FASI DI COLLASSO DEL NUCLEO DI ELIO E DEL SUCCESSIVO INNESCO (PIU' O MENO VIOLENTO) DELLE SUCCESSIVE REAZIONI NUCLEARI. LE TEMPERATURE CENTRALI SONO VANNO AUMENTANDO MENTRE QUELLE FOTOSFERICHE SONO GENERALMENTE PIU' FREDDE DI QUELLE DELLE STELLE DI MS.**

**LE NANE BIANCHE SONO INVECE I RESIDUI FINALI DELLE TRACCE EVOLUTIVE DI STELLE CON MASSE COMPRESSE TRA 0.6 e 6  $M_{\odot}$ . STELLE CON MASSE SUPERIORI FINISCONO COL PRODURRE SUPERNOVAE.**

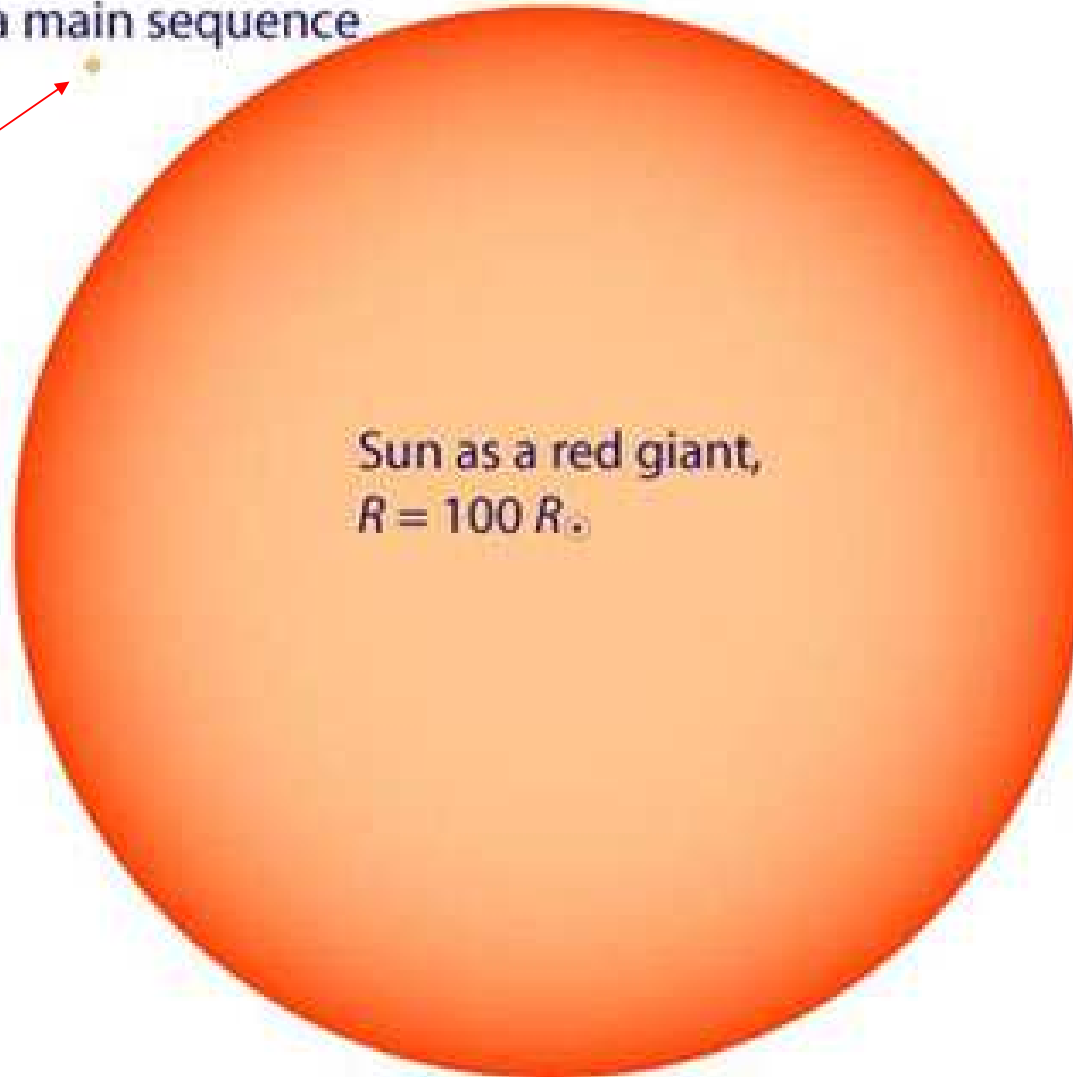


# QUANDO IL SOLE DIVENTERA' UNA GIGANTE ROSSA

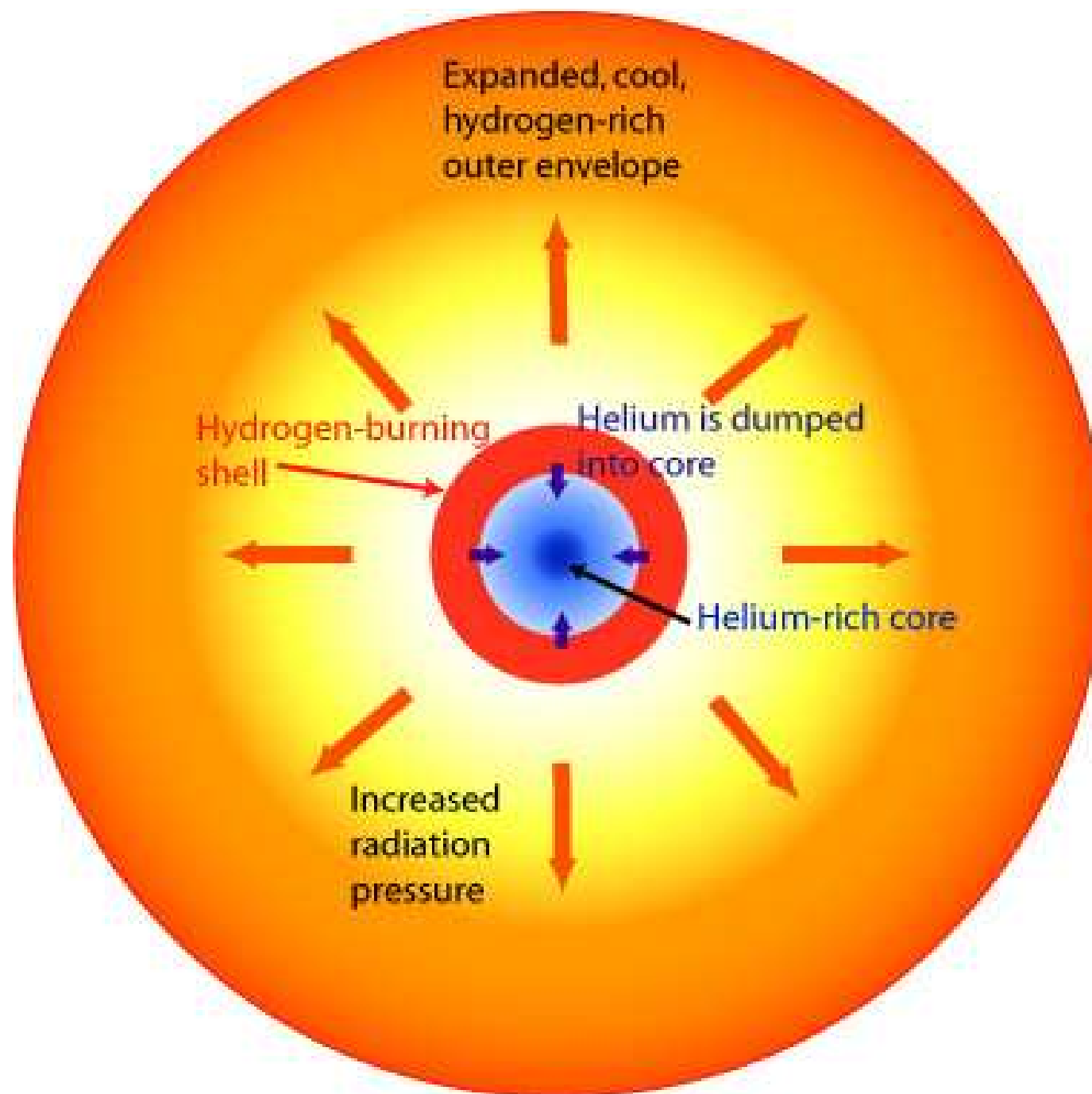
Sun as a main sequence  
star



Sun as a red giant,  
 $R = 100 R_{\odot}$

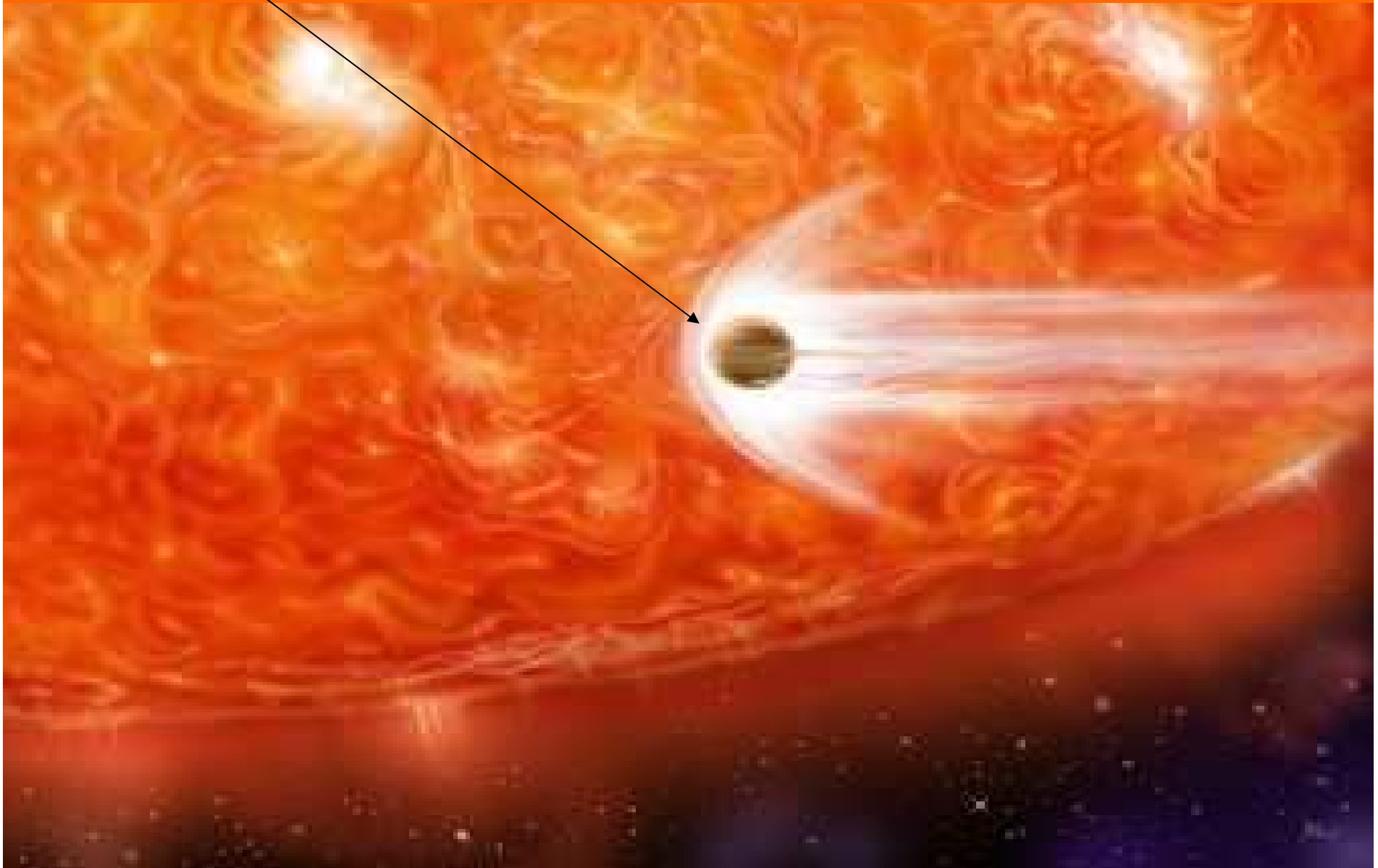






Hydrogen Shell Burning on the Red Giant Branch

# QUANDO IL SOLE SI ESPANDERA' LA TERRA...!

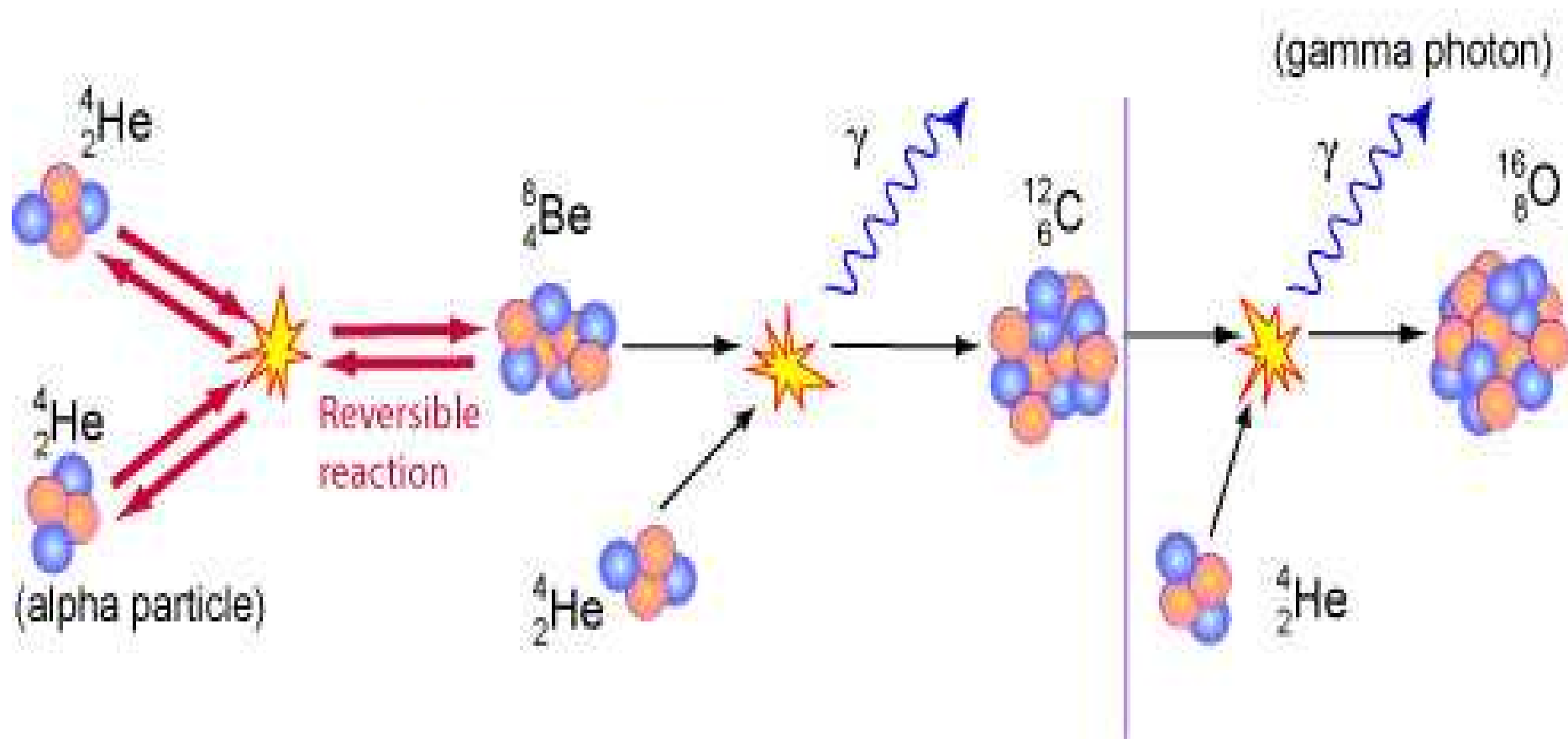


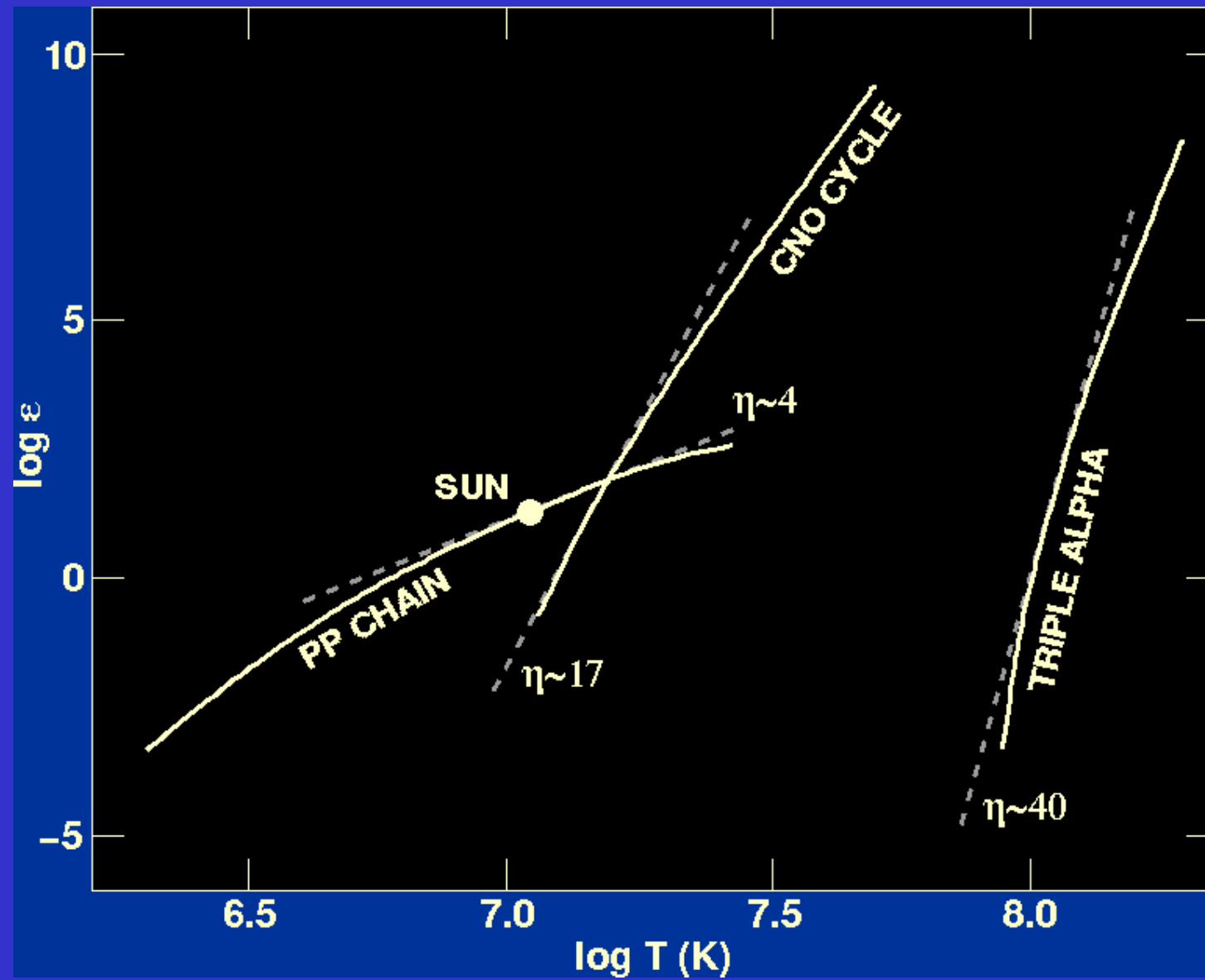


© G. Galletta

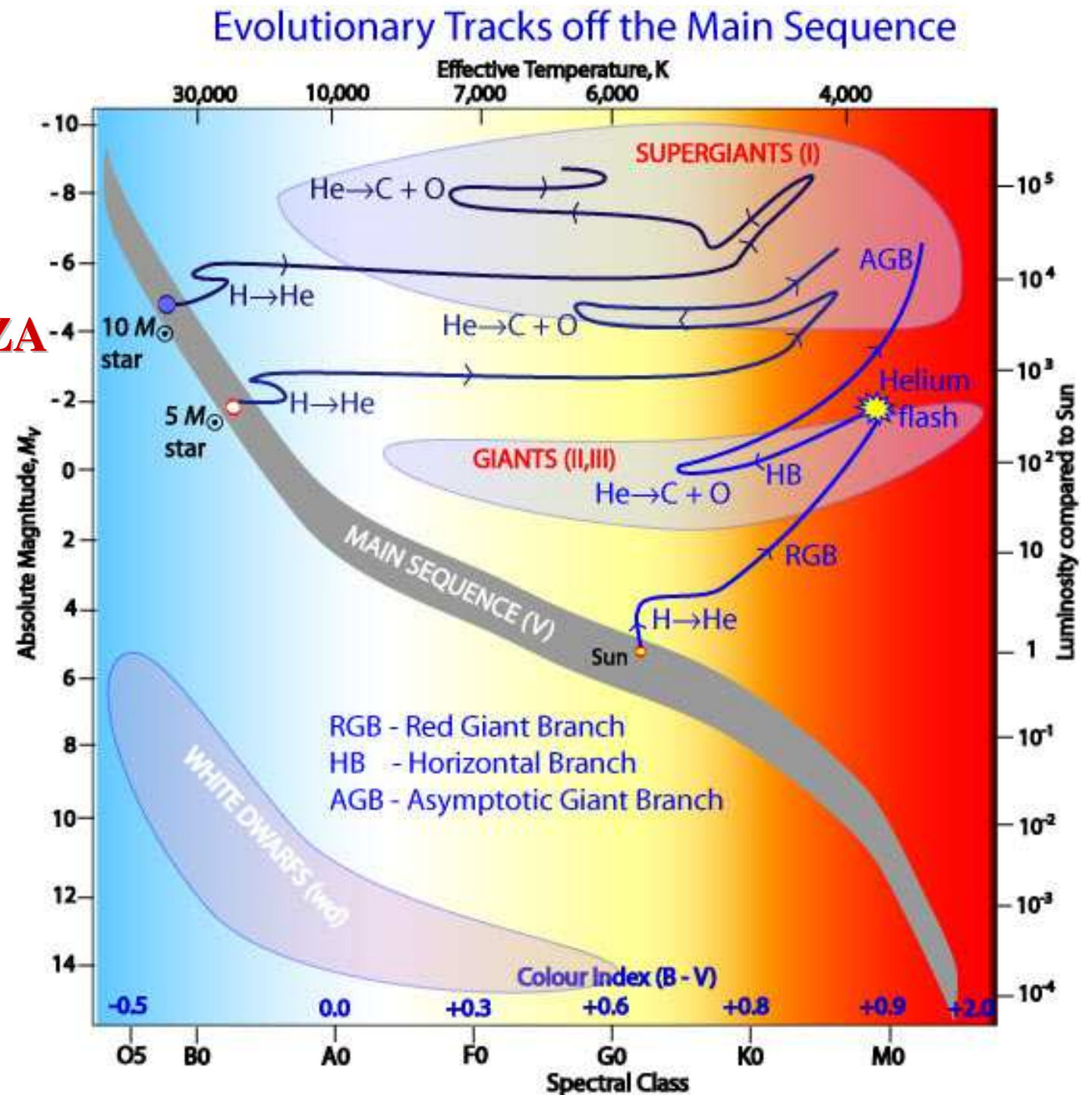
QUANDO IL NUCLEO COLLASSA E RAGGIUNGE LA  
TEMPERATURA DI *100.000.000 K*, INIZIA LA  
FUSIONE DEI NUCLEI DI ELIO CHE PRODUCE  
NUCLEI DI CARBONIO E OSSIGENO

**E' DETTO PROCESSO 3-ALFA**



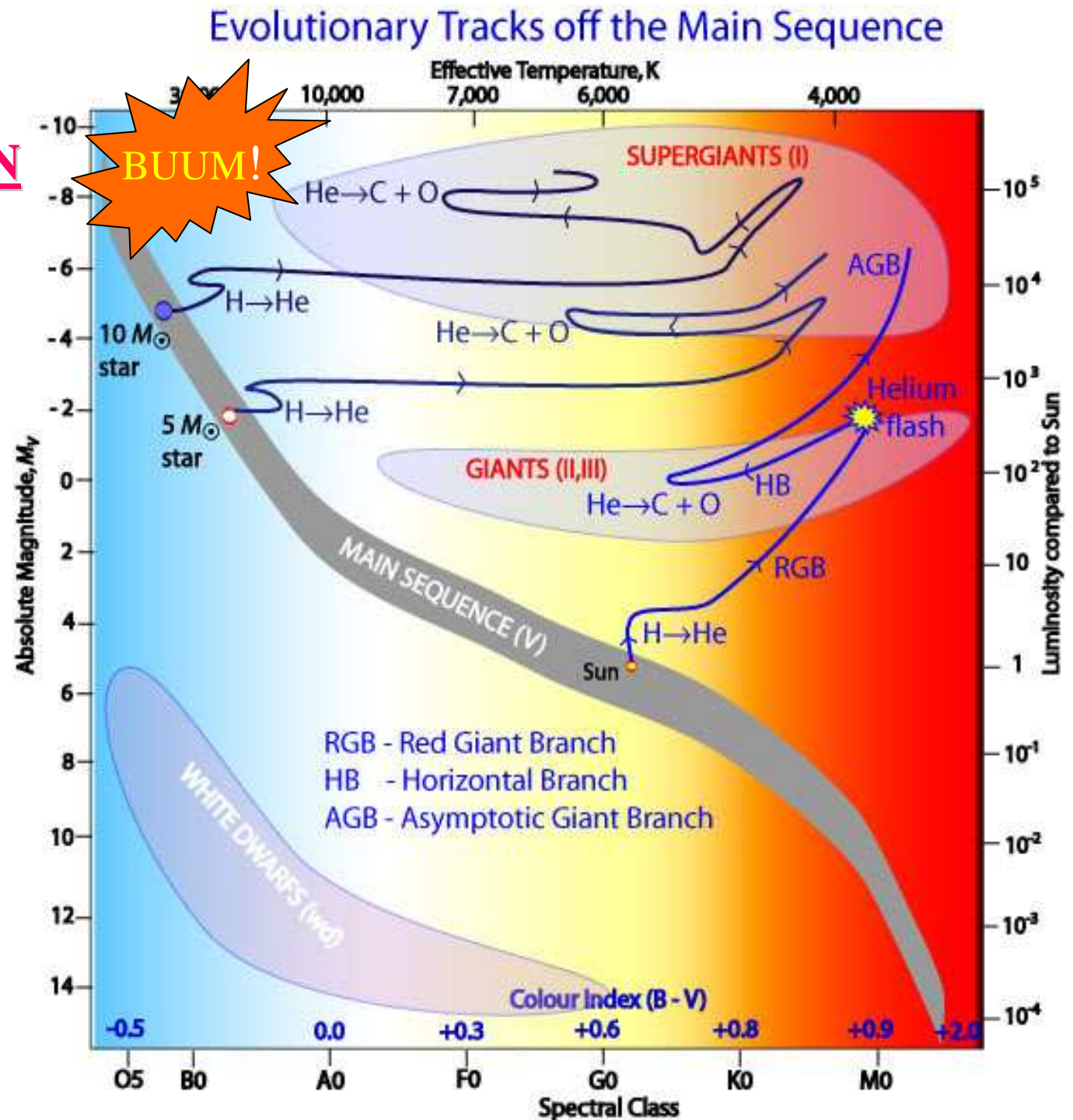


# EVOLUZIONE POST-SEQUENZA



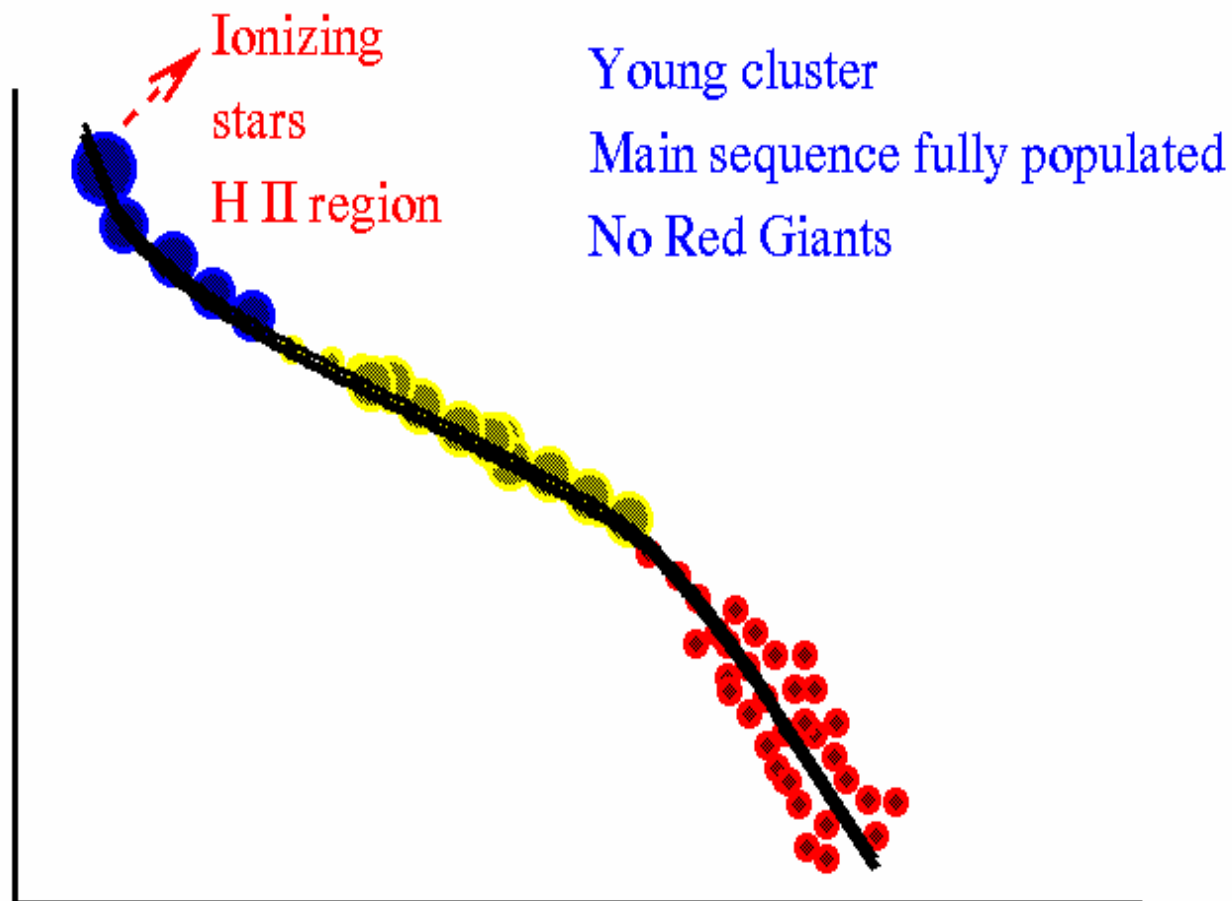
SE LA STELLA  
E' MOLTO  
MASSICIA, NON  
SI FORMA UNA  
NANA BIANCA  
DI C-O.

LE REAZIONI  
CONTINUANO  
NEL NUCLEO  
STELLARE FINO  
ALLA SINTESI  
DEL FERRO.  
LA STELLA  
COLLASSA E  
POI ESPLODE  
COME  
SUPERNOVA



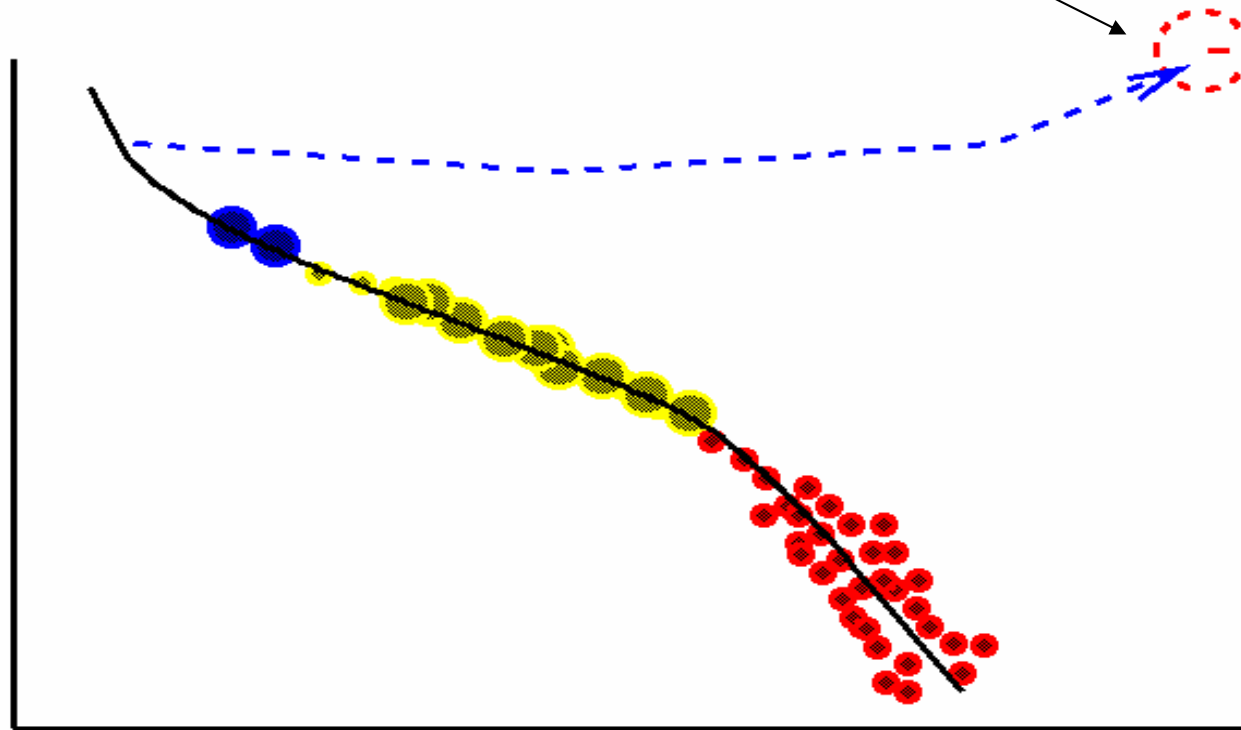


**LE STELLE PIU' MASSICCE E CALDE ESAURISCONO PER PRIME IL COMBUSTIBILE-IDROGENO NEL LORO NUCLEO E SONO QUINDI COSTRETTE AD EVOLVERE USCENDO DALLA SEQUENZA PRINCIPALE (H-R)**



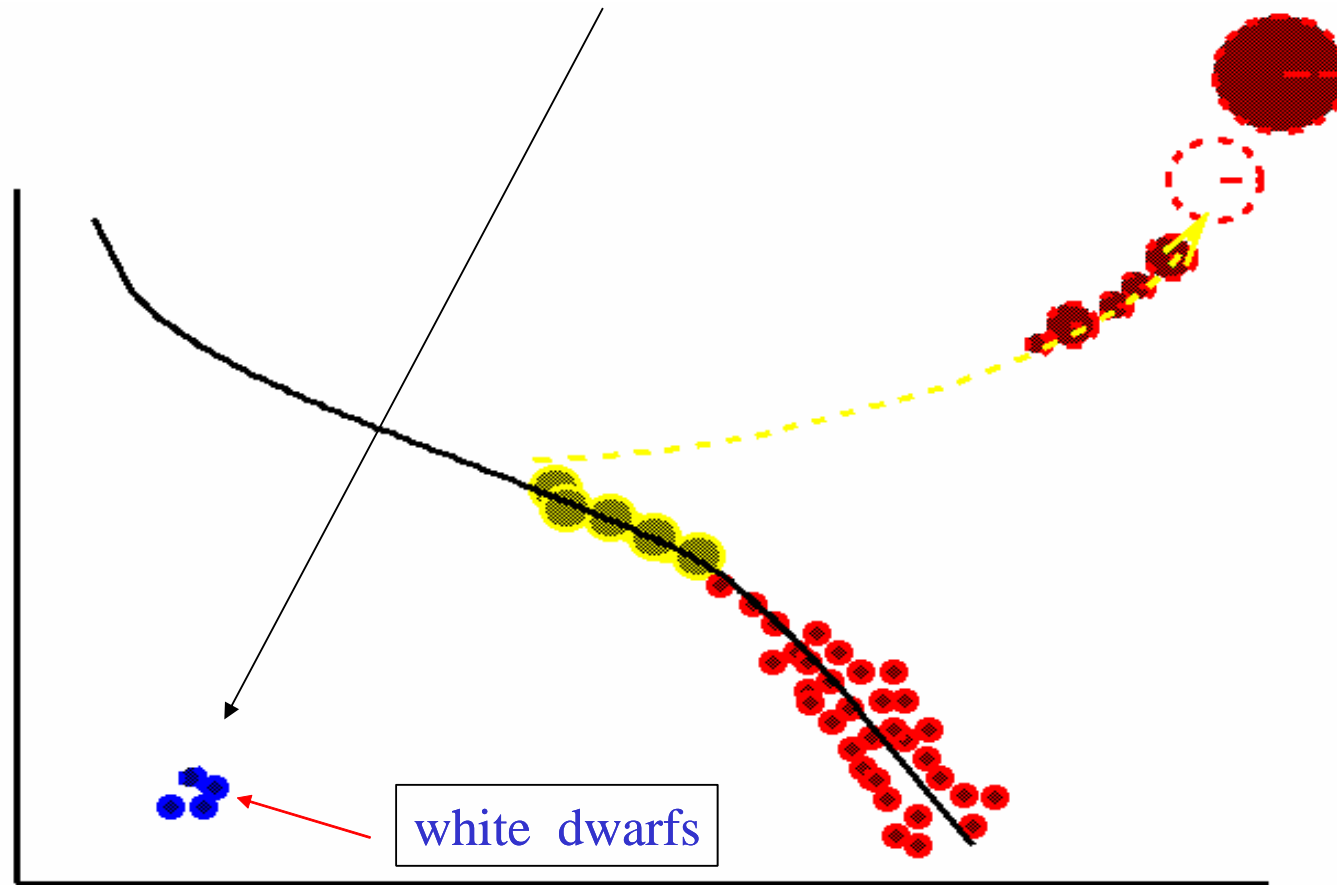


IL NUCLEO DELLA STELLA SI CONTRAE MENTRE IL RESTO DELLA STELLA SI ESPANDE FINO A DIVENTARE UNA GIGANTE ROSSA. NEL NUCLEO LA TEMPERATURA E' AUMENTATA E L'ELIO INCOMINCIA A TRASFORMARSI IN CARBONIO E OSSIGENO



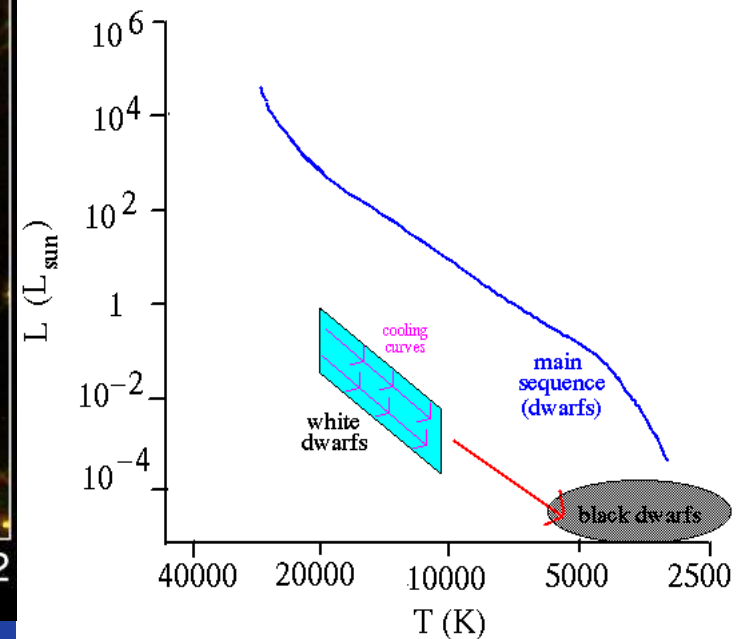
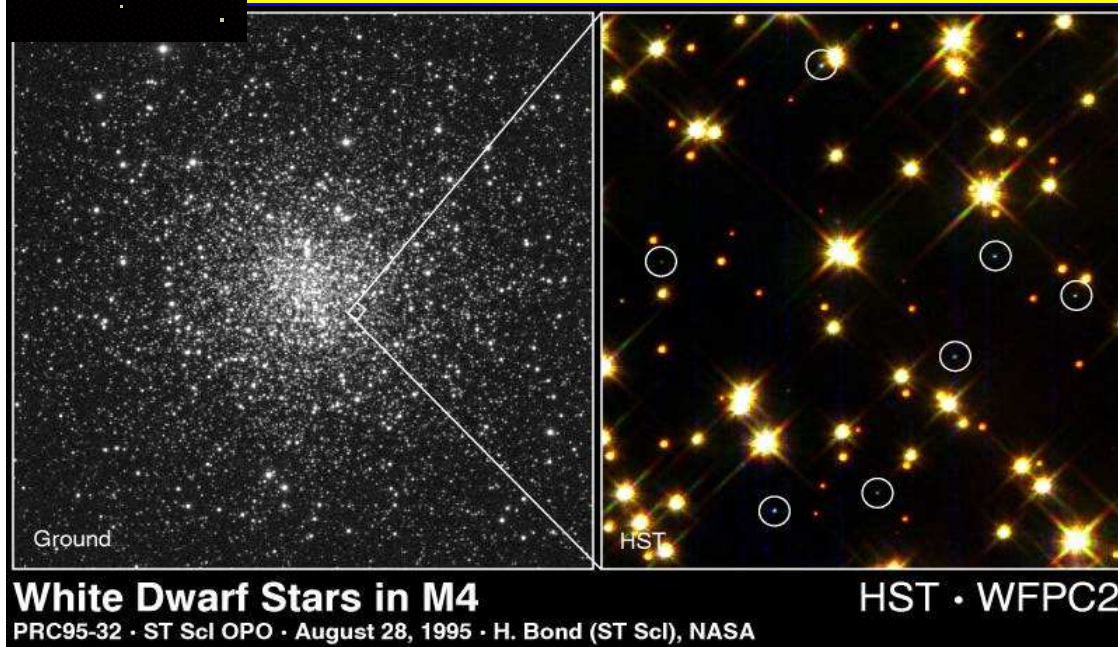
10 Million years Old --> Most massive main sequence stars are now Red Giants --> H II regions are gone

**LE STELLE PIU' MASSICCE CONTINUANO AD EVOLVERE  
VERSO LA REGIONE DELLE GIGANTI ROSSE LE QUALI  
PRODUCONO LE NANE BIANCHE**



1 Billion years old --> more stars on the giant  
branch; some white dwarfs now. Upper main  
sequence gone above 2 solar masses

Le nane bianche (white dwarfs): oggetti molto caldi e compatti, poco luminosi perché di piccole dimensioni.



Sono i residui fossili dei noccioli di combustione delle stelle con masse tra 0.6 e 6 masse solari. Sono composti di C e O. L'elevata densità costringe le particelle materiali ad una vicinanza così stretta da compromettere la loro naturale tendenza a non farsi mai localizzare con eccessiva precisione.

Sono serbatoi di energia che viene radiata sotto forma di onde elettromagnetiche, attraverso una superficie molto piccola. Per questo motivo le nane bianche vanno raffreddandosi molto lentamente nel tempo, ed eventualmente si trasformano in nane brune.