

LA VITA DELLE STELLE - 7

3) LA FISICA DELLE STELLE

a) LA STRUTTURA STELLARE - a

Prof. Antonio Bianchini

Dipartimento di Astronomia

Università di Padova

antonio.bianchini@unipd.it

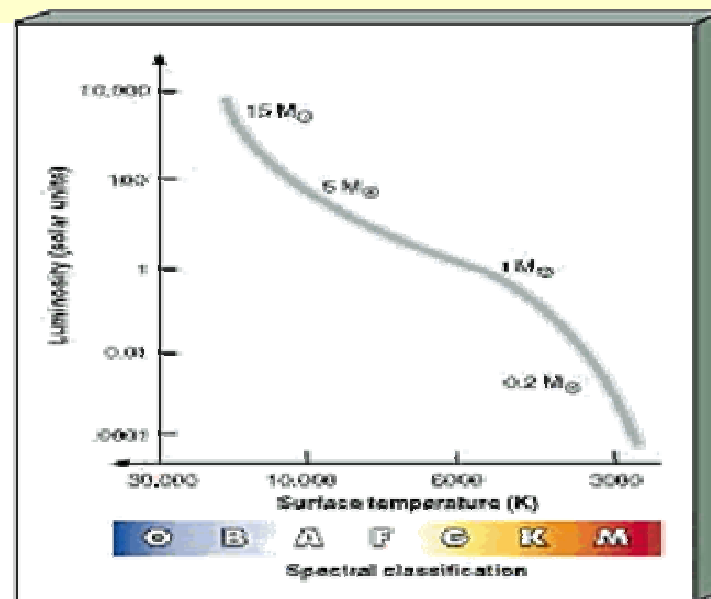
SAPPIAMO CHE:

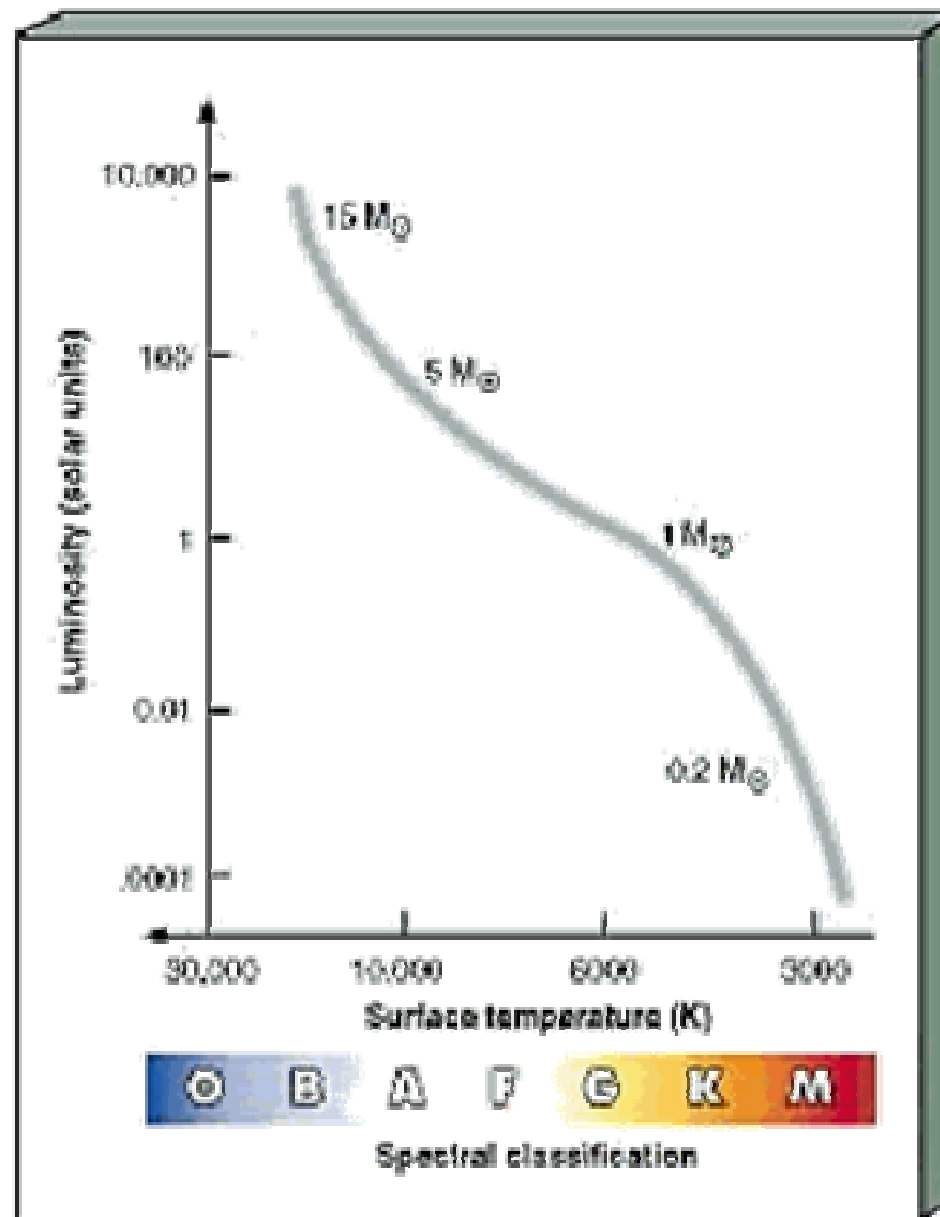
- 1) LE LUMINOSITA' DELLE STELLE APPENA NATE SONO LINEARMENTE CORRELATE CON LE TEMPERATURE OSSERVATE (TEMPERATURA DI CORPO NERO, TEMPERATURA DI ECCITAZIONE, TEMPERATURA DI IONIZZAZIONE.... DELLA FOTOSFERA E DELL'ATMOSFERA.)
- 2) LE LUMINOSITA' SONO ANCHE PROPORZIONALI ALLE MASSE (COME RISULTA DALLO STUDIO DI SISTEMI BINARI DI STELLE GIOVANI)

QUINDI:

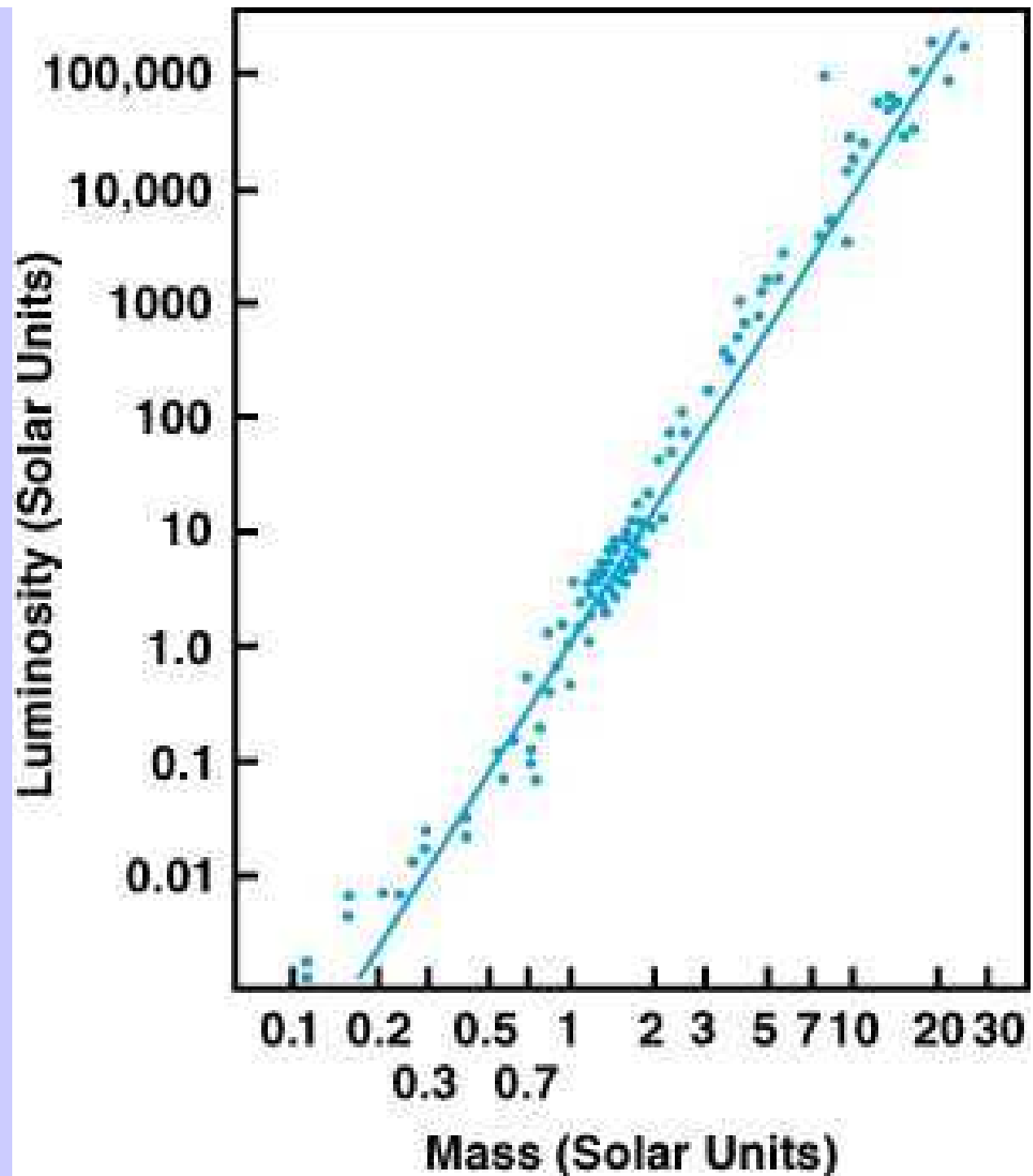
LA MASSA DI UNA STELLA DETERMINA SIA LA SUA TEMPERATURA CHE LA SUA LUMINOSITA'.
SI SCOPRE, INOLTRE, CHE CON LA MASSA CRESCE ANCHE IL RAGGIO DELLA STELLA

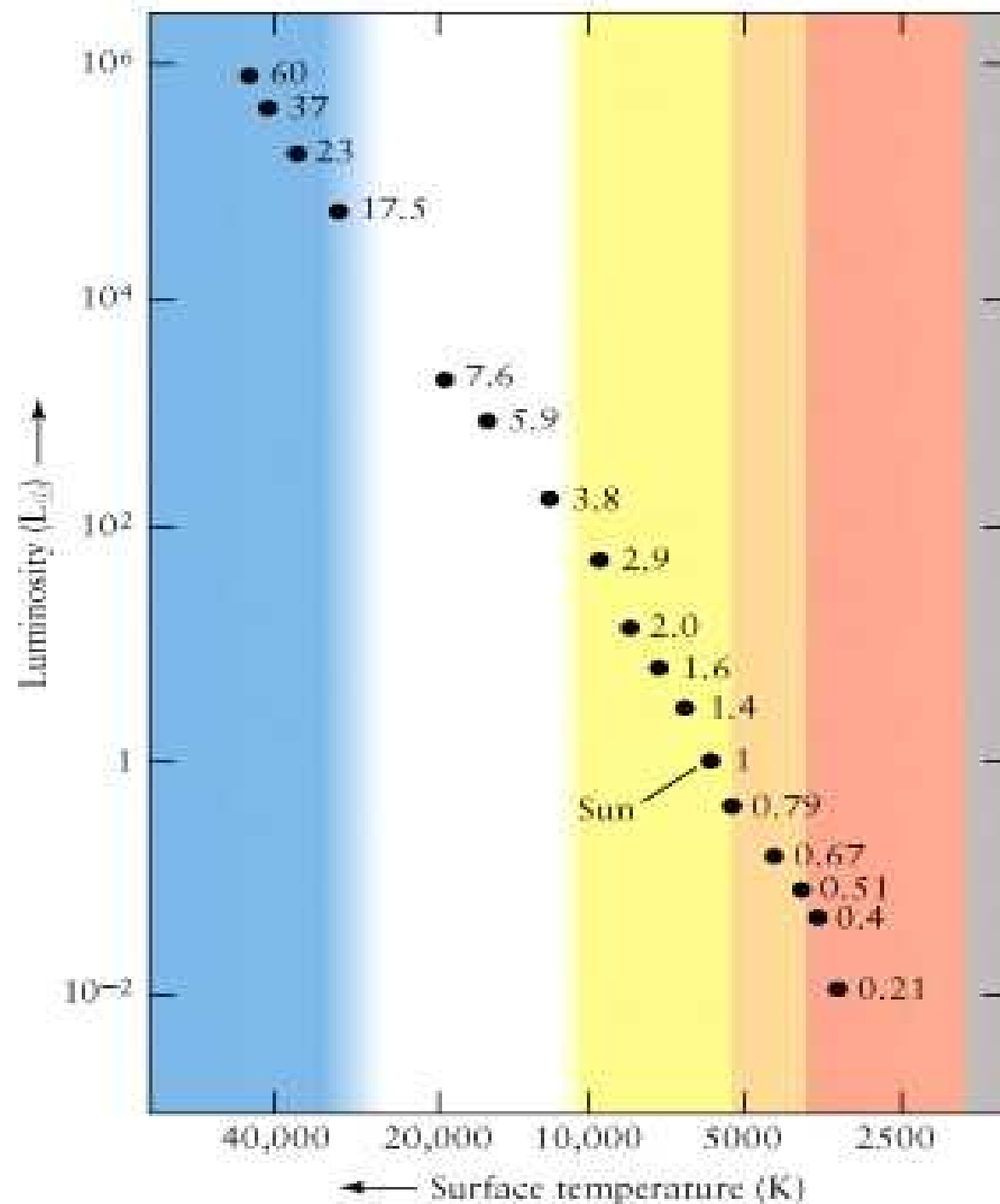
LA RELAZIONE CHE LEGA LA TEMPERATURA DI UNA STELLA ALLA SUA LUMINOSITA' E' DETTO DIAGRAMMA DI HERTZSPRUNG-RUSSELL, O PIU' SEMPLICEMENTE DIAGRAMMA H-R, O ANCHE SEQUENZA PRINCIPALE DI ETA' ZERO (*ZERO AGE MAIN SEQUENCE=ZAMS*)





**HYDROGEN
BURNING
YOUNG STARS
SHOW A
CORRELATION
BETWEEN
MASS
AND
LUMINOSITY**



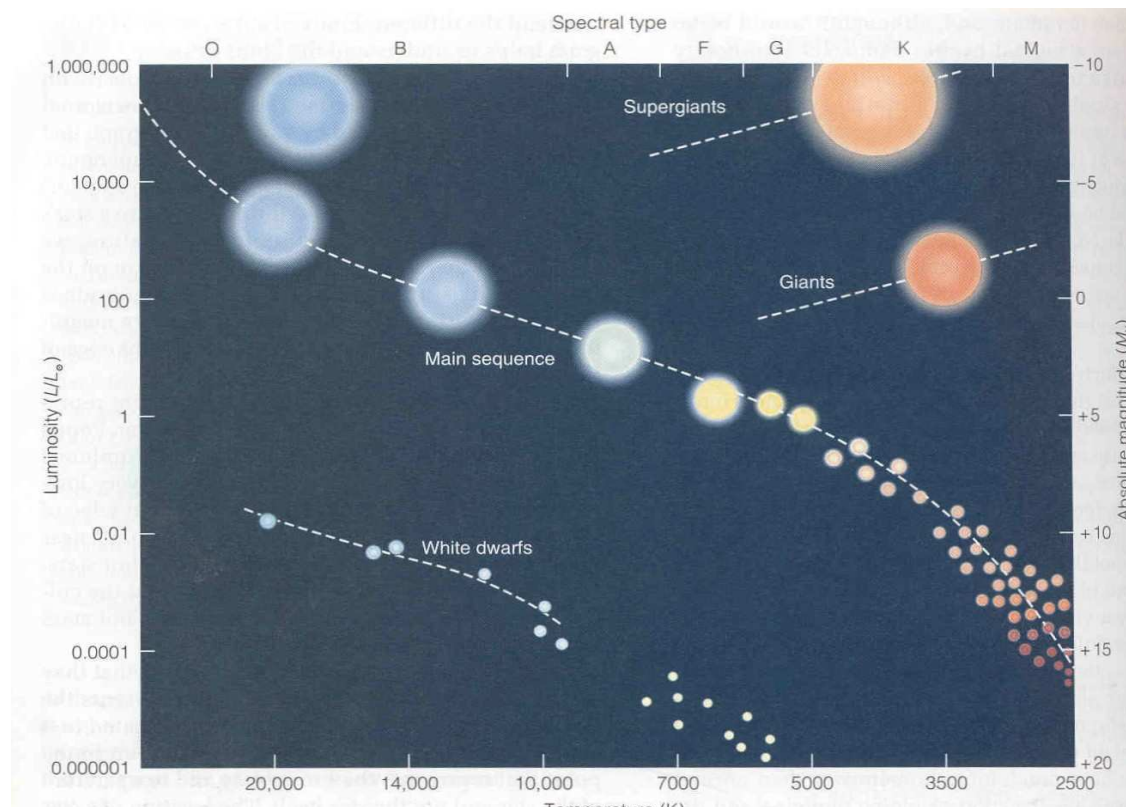


**ECCO LE MASSE
RIPORTATE NEL
DIAGRAMMA H-R**

Le stelle nascono in ammassi secondo una legge di distribuzione che privilegia le masse più piccole ...

Stars: Patterns of L, T, R

- The Hertzsprung-Russell (H-R) diagram
- Plot L vs. backwards T. (We can find R given L and T)

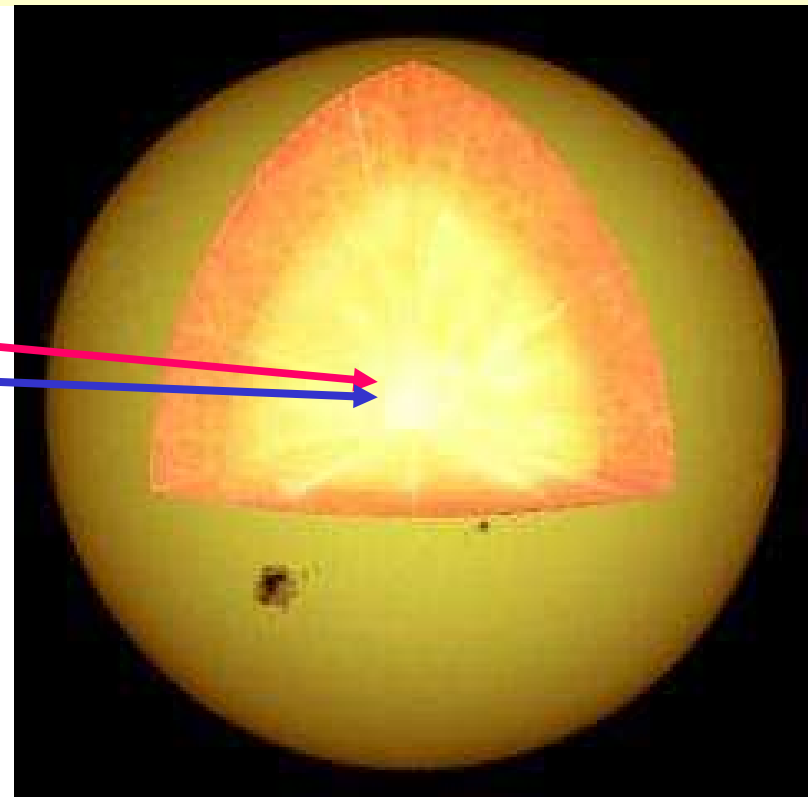


From our text: Horizons, by Seeds

LE STELLE FUORI DELLA SEQUENZA PRINCIPALE DI ETA' ZERO SONO STELLE EVOLUTE O CHE STANNO EVOLVENDO.

LE STELLE ABBANDONANO LA SEQUENZA PRINCIPALE SUBITO DOPO AVER ESAURITO L'IDROGENO NEL LORO NUCLEO.

**INIZIALMENTE...
L'IDROGENO SI TRASFORMA
IN ELIO**





M45 © Royal Observatory Edinburgh/
Anglo-Australian Observatory
Photo from UK Schmidt Plates by David Malin

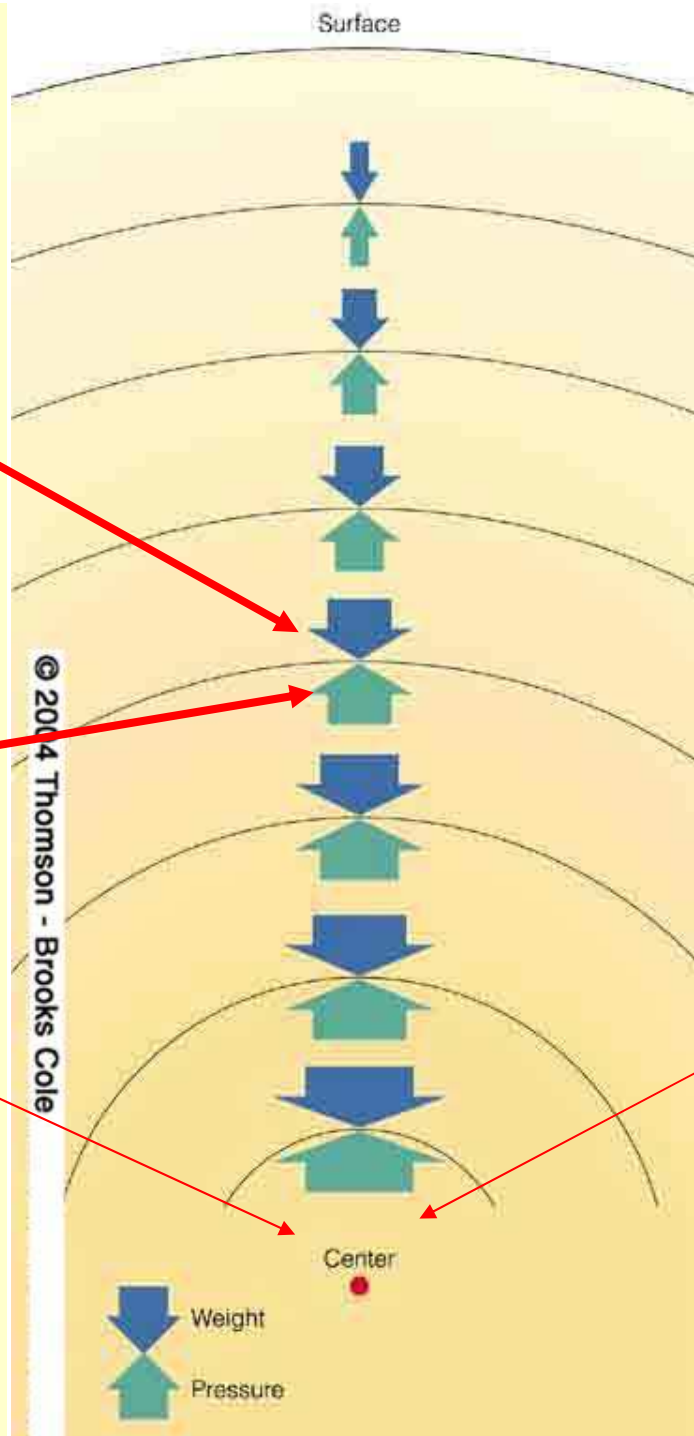
**YOUNG GALACTIC OPEN
CLUSTER**



**OLD 'HALO' GLOBULAR
CLUSTER**

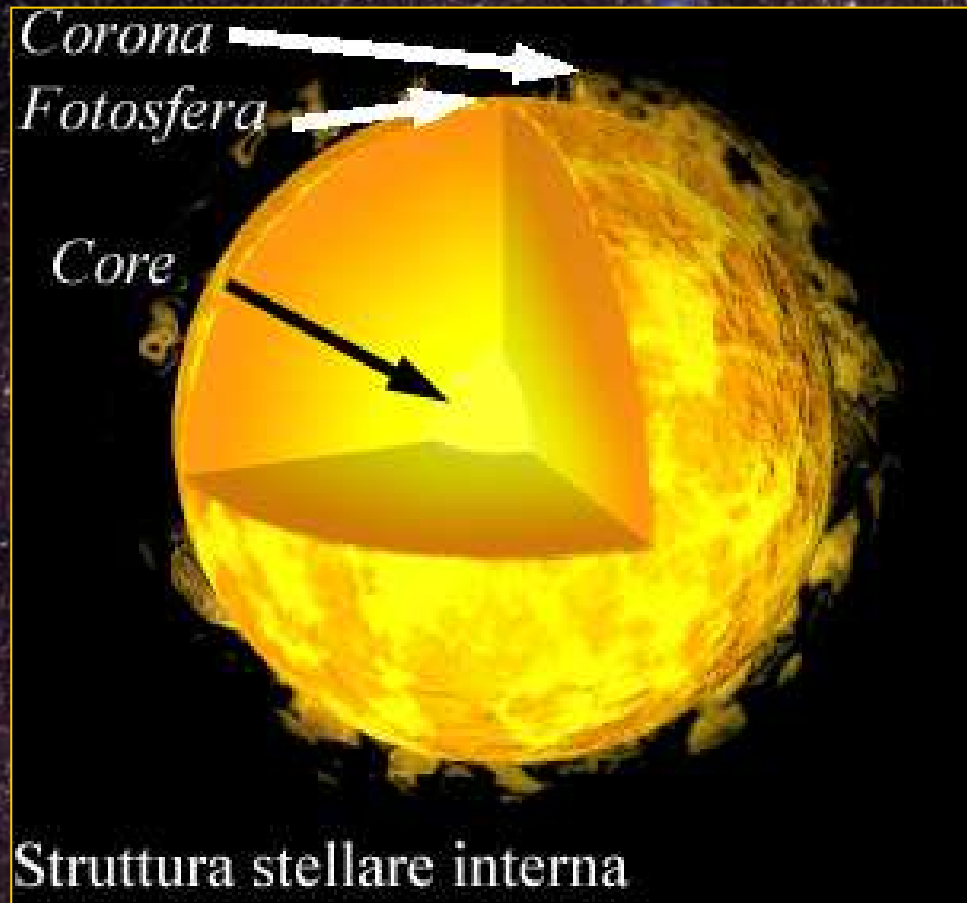
**AD OGNI
RAGGIO, IL
PESO DEGLI
STRATI
SUPERIORI
DEVE ESSERE
BILANCIATO
DALLA
PRESSIONE
LOCALE.**

**La pressione
è più alta al
centro della
stella**



**La temperatura
è più alta al
centro della
stella**

Le masse di gas interstellare coinvolte nella formazione di una stella sono dell'ordine di 10^{30} kg. Al centro, i parametri fisici sono:



$$\rho_c = 1418 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1,418 \rho_{\text{acqua}}$$

$$T_c = 15 \text{ milioni K}$$

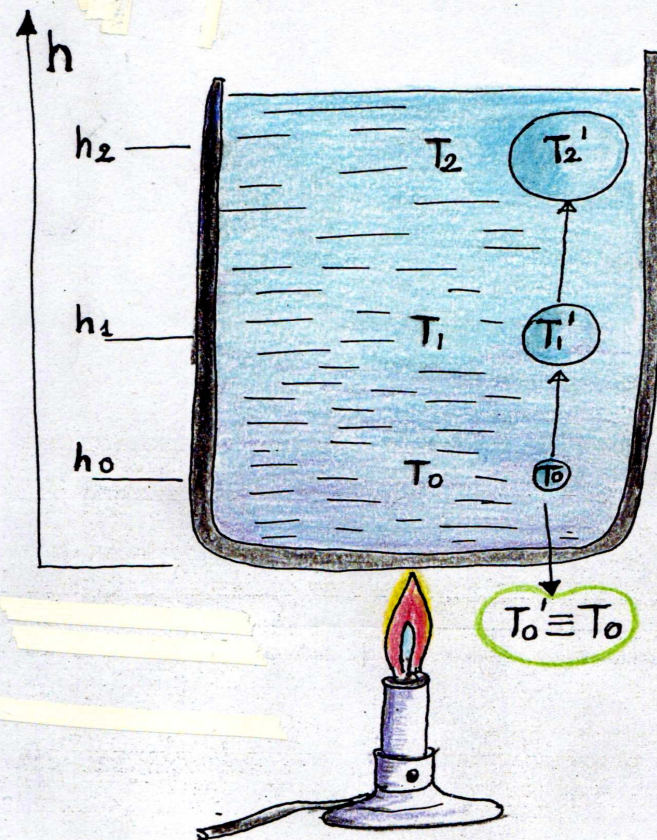
$$P_c = 2.5 \cdot 10^{16} \text{ N/m}^2$$

$$= 2,5 \text{ miliardi bar}$$

$$\mu \sim 1 \text{ (idrogeno 70\%)}$$

*a queste temperature, nel core si instaura
il processo di fusione nucleare dell'idrogeno*

**NEGLI INTERNI STELLARI IL TRASPORTO
DELL'ENERGIA PUO' AVVENIRE O PER
RADIAZIONE (REGIME RADIATIVO) O PER
CONVEZIONE (REGIME CONVETTIVO).**



$$T_0 > T_1 > T_2$$

also

$$T_0 > T_1' > T_2'$$

However, if

$$-\left(\frac{dT}{dr}\right)_{\text{env}} > -\left(\frac{dT}{dr}\right)_{\text{bubble}}$$

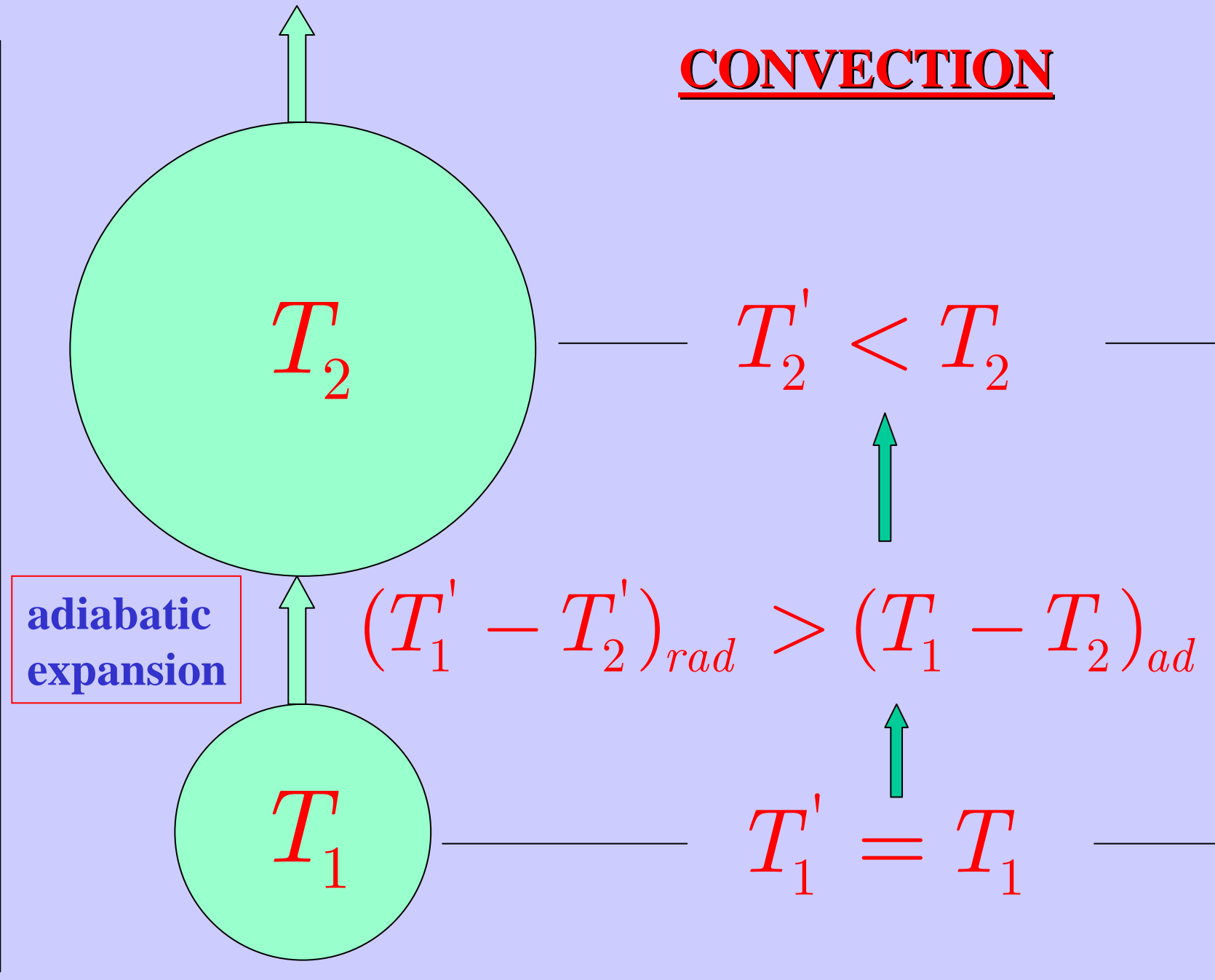
$$T_2 - T_1 > T_2' - T_1'$$

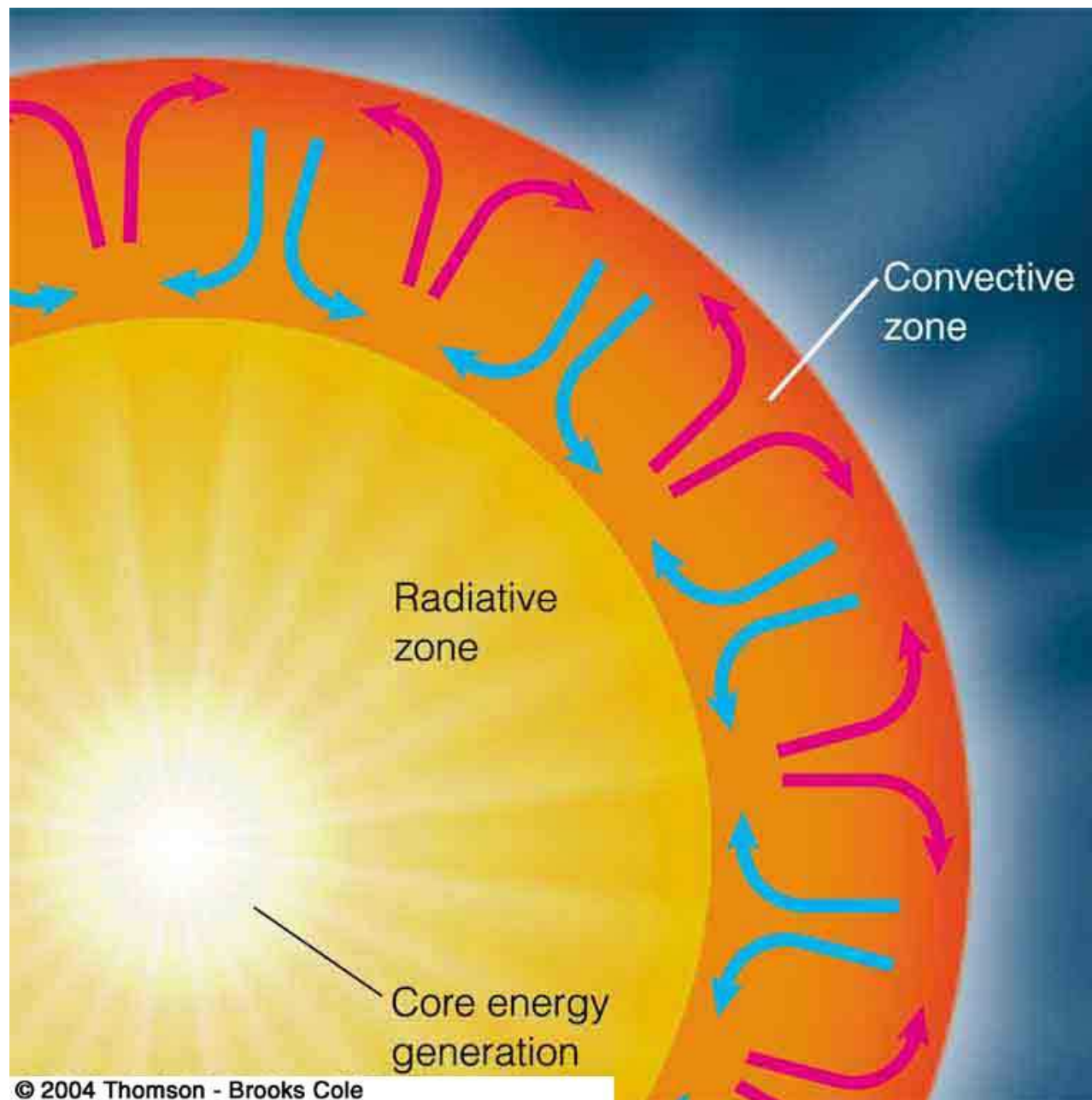


In a star, the same condition is :

$$\left| -\frac{dT}{dr} \right|_{\text{star}} > \left| -\frac{dT}{dr} \right|_{\text{ad}} = \frac{\Gamma_2 - 1}{\Gamma_2} \frac{T}{P} \frac{dP}{dr}$$

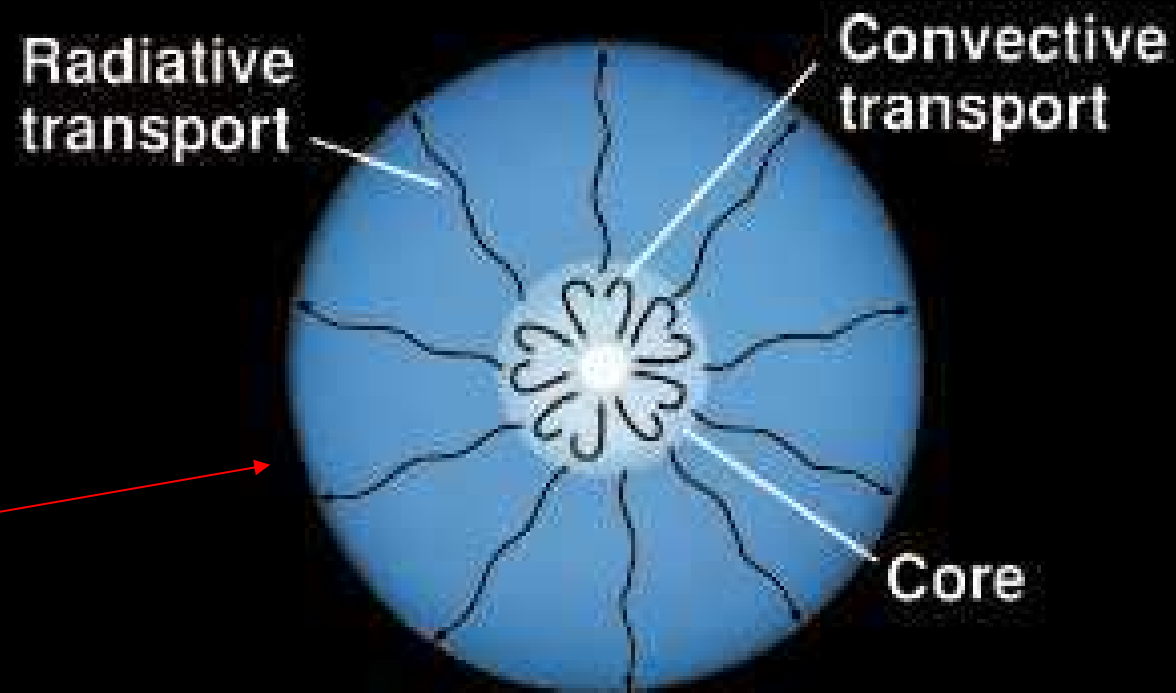
CONVECTION





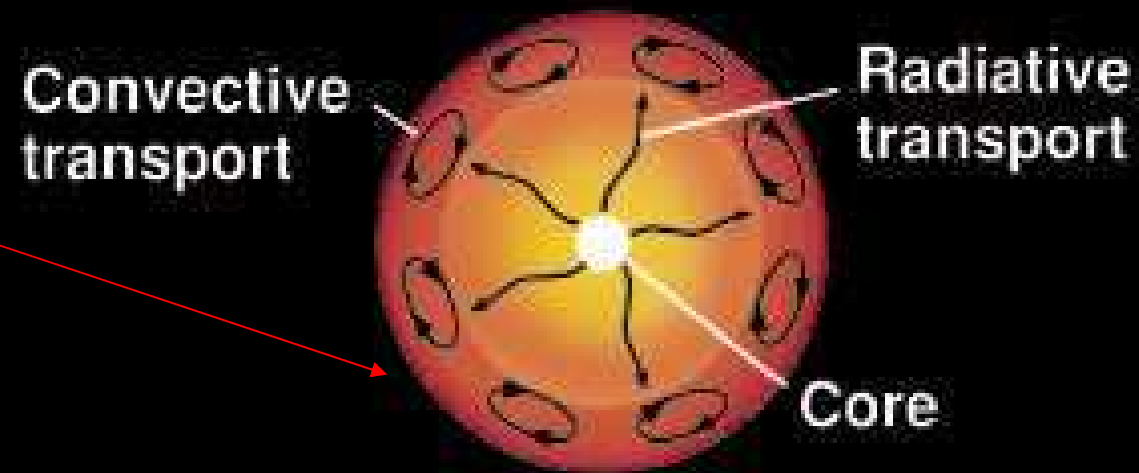
ENERGY TRANSPORT IN DIFFERENT STARS

massive stars



Upper main-sequence star

low mass stars



Lower main-sequence star



PAUSA

LA VITA DELLE STELLE - 8

3) LA FISICA DELLE STELLE

b) LA STRUTTURA STELLARE – b

Prof. Antonio Bianchini

Dipartimento di Astronomia

Università di Padova

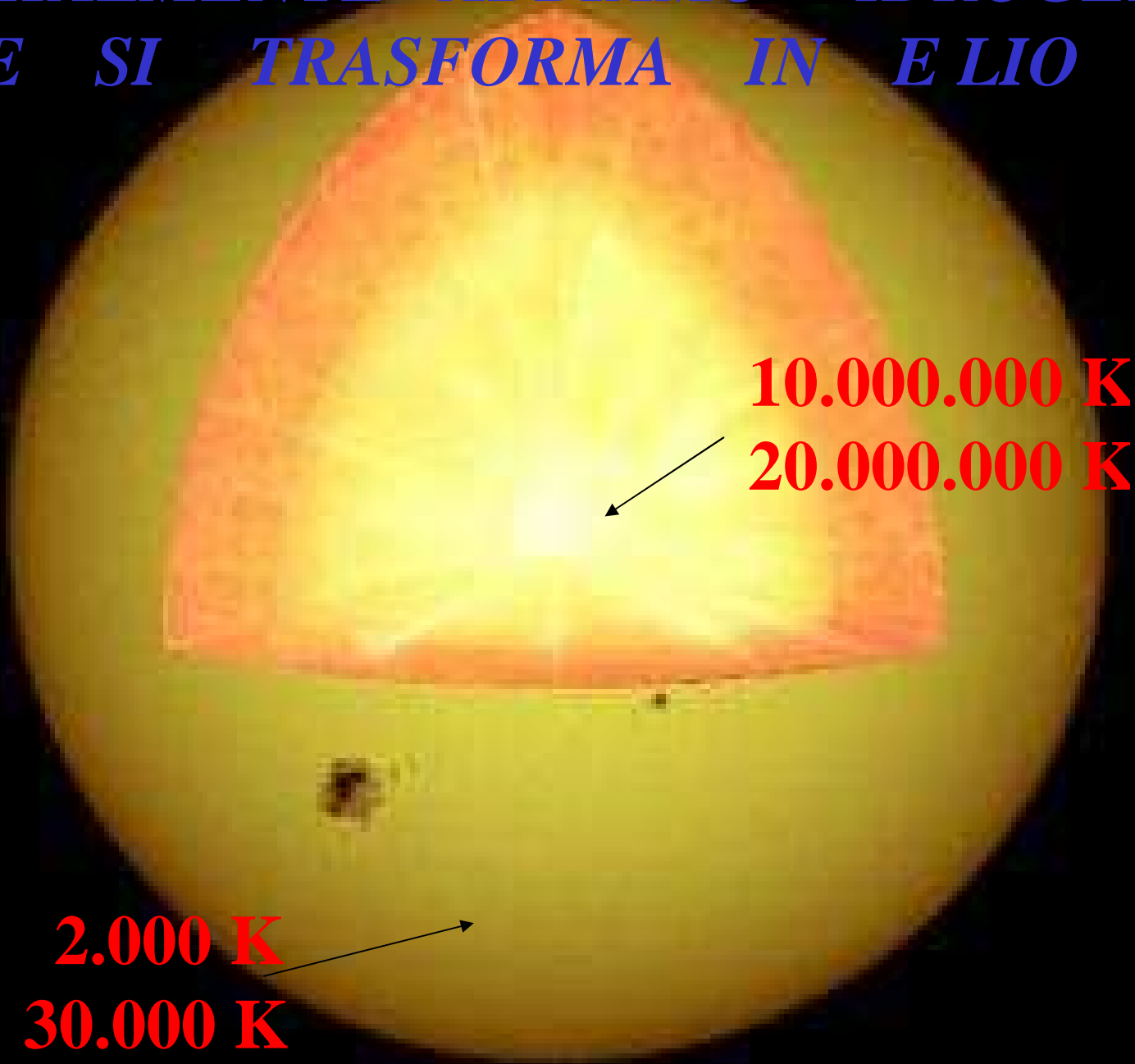
antonio.bianchini@unipd.it

GLI INTERNI STELLARI

**LA SORGENTE DELL'ENERGIA E' NEL
NUCLEO**

LE REAZIONI TERMONUCLEARI

*INIZIALMENTE ABBIAMO IDROGENO
CHE SI TRASFORMA IN ELIO*



**LA SORGENTE DELL'ENERGIA STELLARE
SONO LE REAZIONI TERMONUCLEARI
CHE TRASFORMANO ELEMENTI PIU'
LEGGERI IN ELEMENTI PIU' PESANTI**



*dentro il nucleo stellare dove la temperatura
è di molti milioni di gradi*

The diagram illustrates a nuclear reaction within a stellar core. It features a central white starburst with red, jagged lines radiating from it, representing the release of energy. Surrounding this central point are numerous blue dots, each with a black arrow pointing away from the center. These arrows represent the outward flow of particles or energy resulting from the reaction. The entire scene is set against a light orange background.

STEP 1

H^1

+

H^1

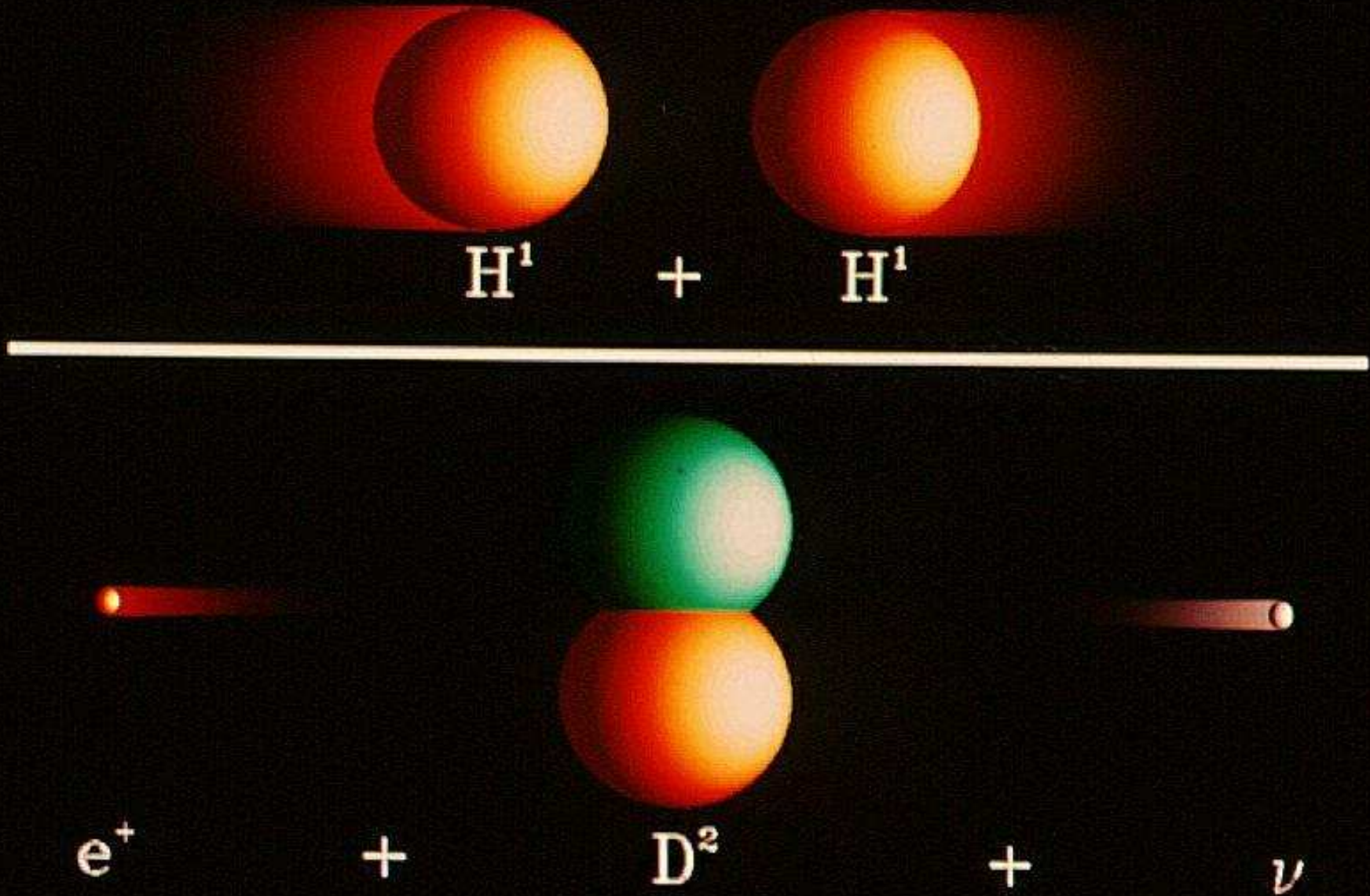
e^+

+

D^2

+

ν



STEP 2

D^2

+

H^1

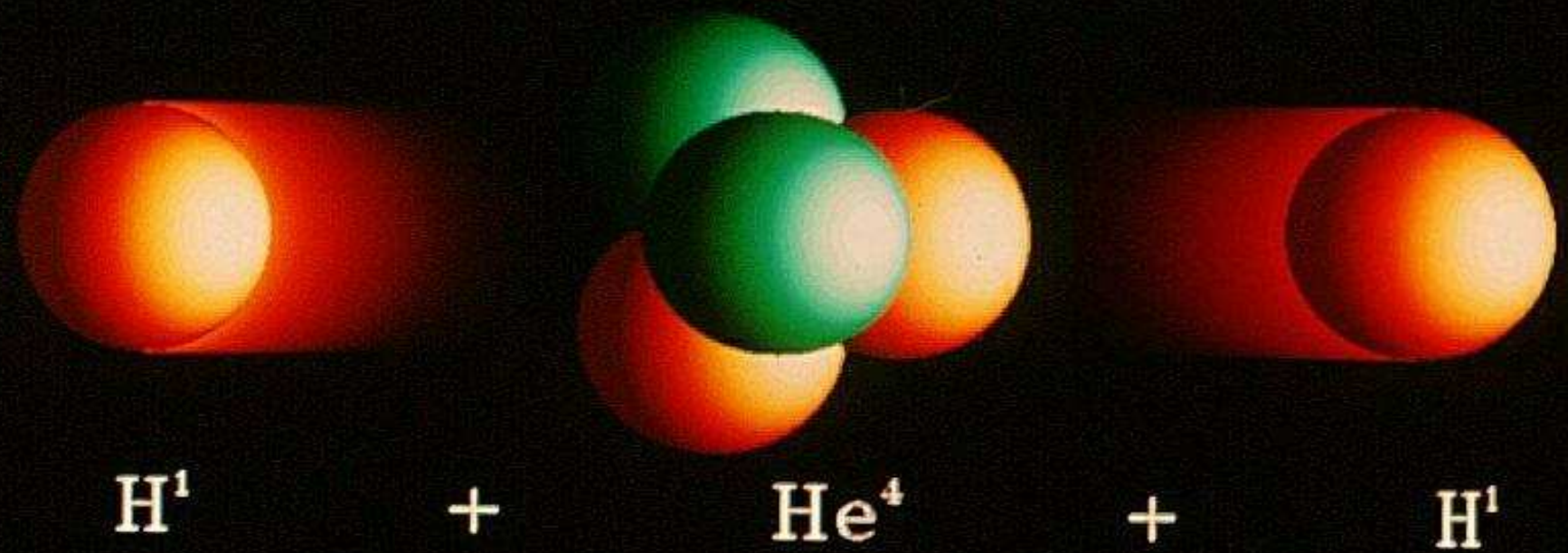
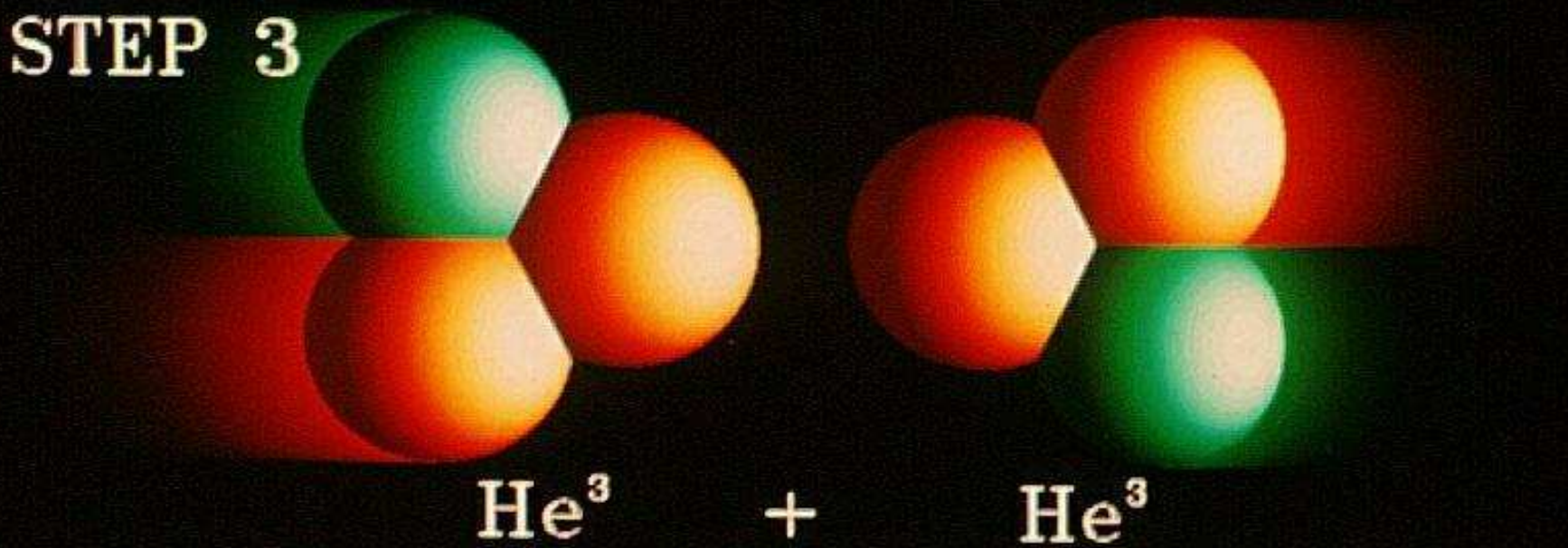
γ

+

He^3

NASA/NSSTC/Hathaway

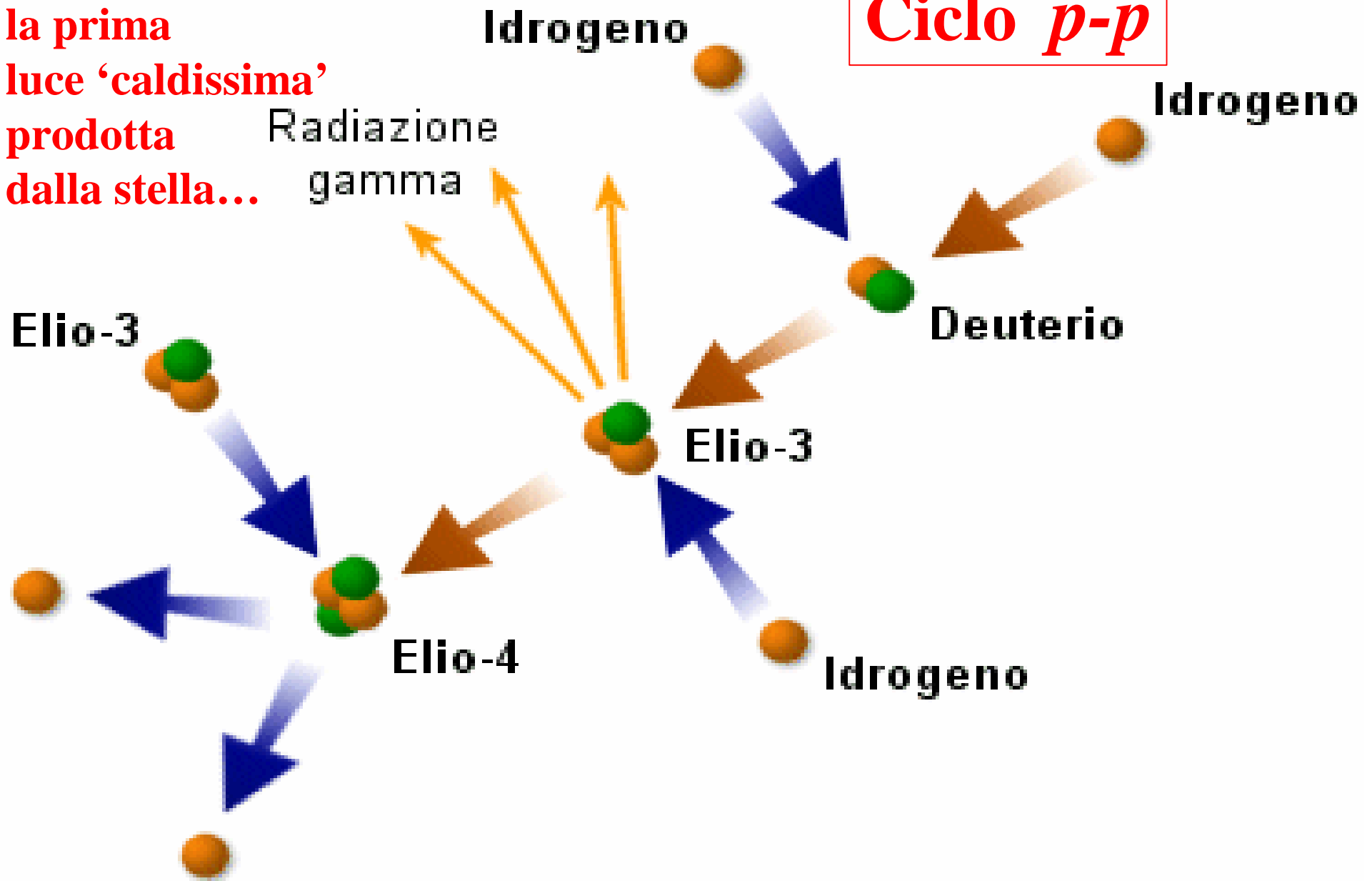
STEP 3



La fusione nucleare

I fotoni *gamma* sono
la prima
luce 'caldissima'
prodotta
dalla stella...

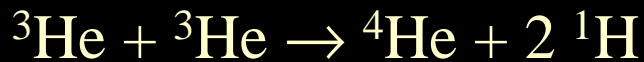
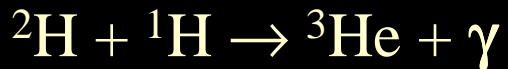
Ciclo *p-p*



RISPETTO ALLA CATENA P-P, IL CICLO CNO NECESSITA DELLA PRESENZA DI ATOMI DI C, N, O, CHE FUNGONO DA CATALIZZATORI. SI TRATTA DI UN CICLO DI REAZIONI PIU' EFFICIENTE

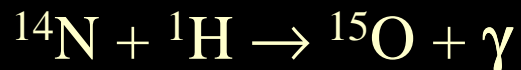
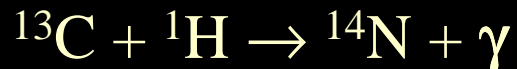
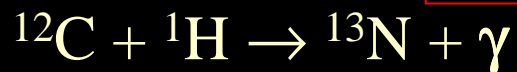
Catena p-p

prevale se $T < 15$ milioni $^{\circ}\text{K}$



Ciclo CNO

prevale se $T > 15$ milioni $^{\circ}\text{K}$



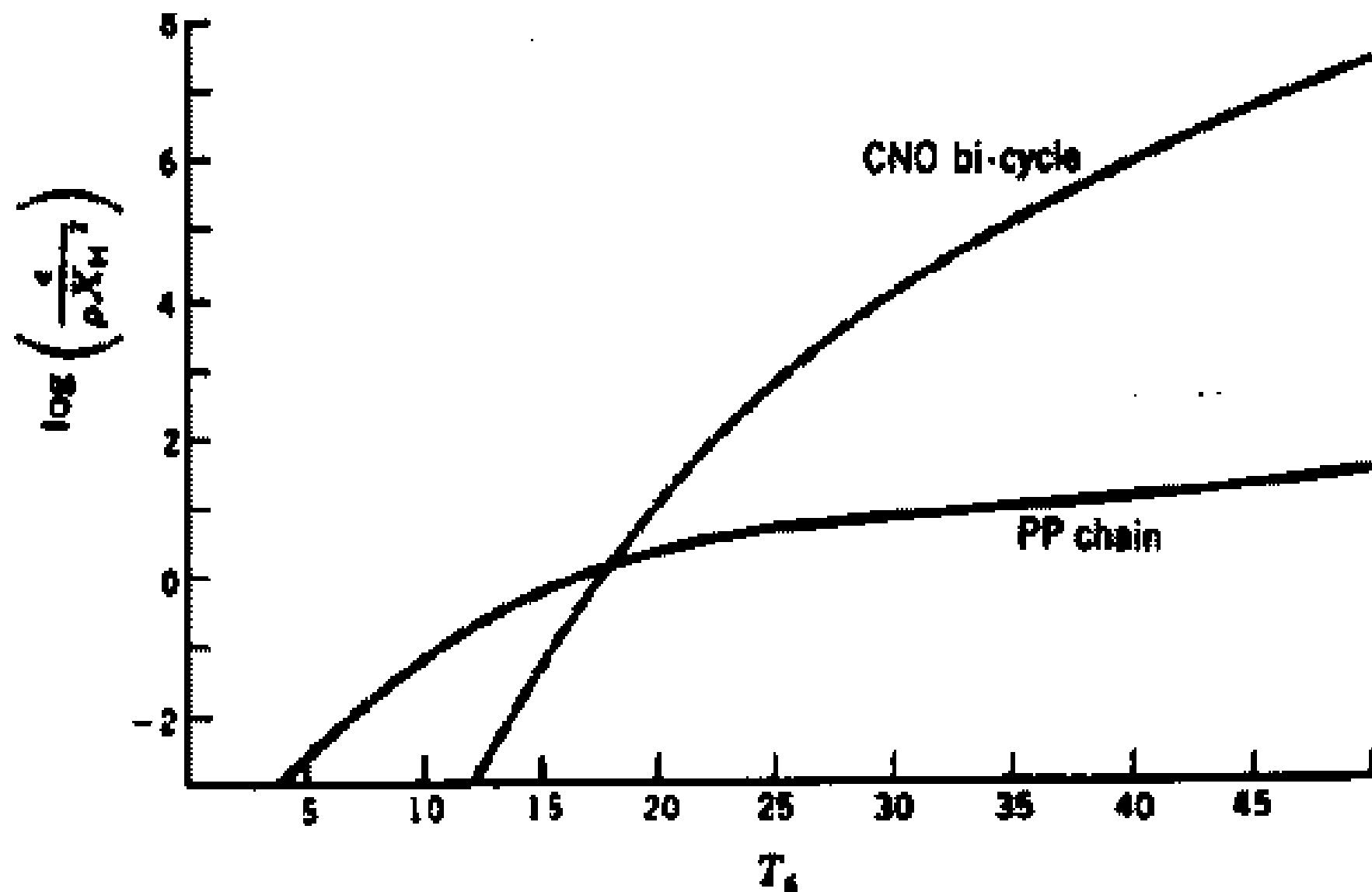


Fig. 5-16 A comparison of thermonuclear power from the PP chains and the CNO cycle. Both chains are assumed to be operating in equilibrium. The

Numerical Stellar Models

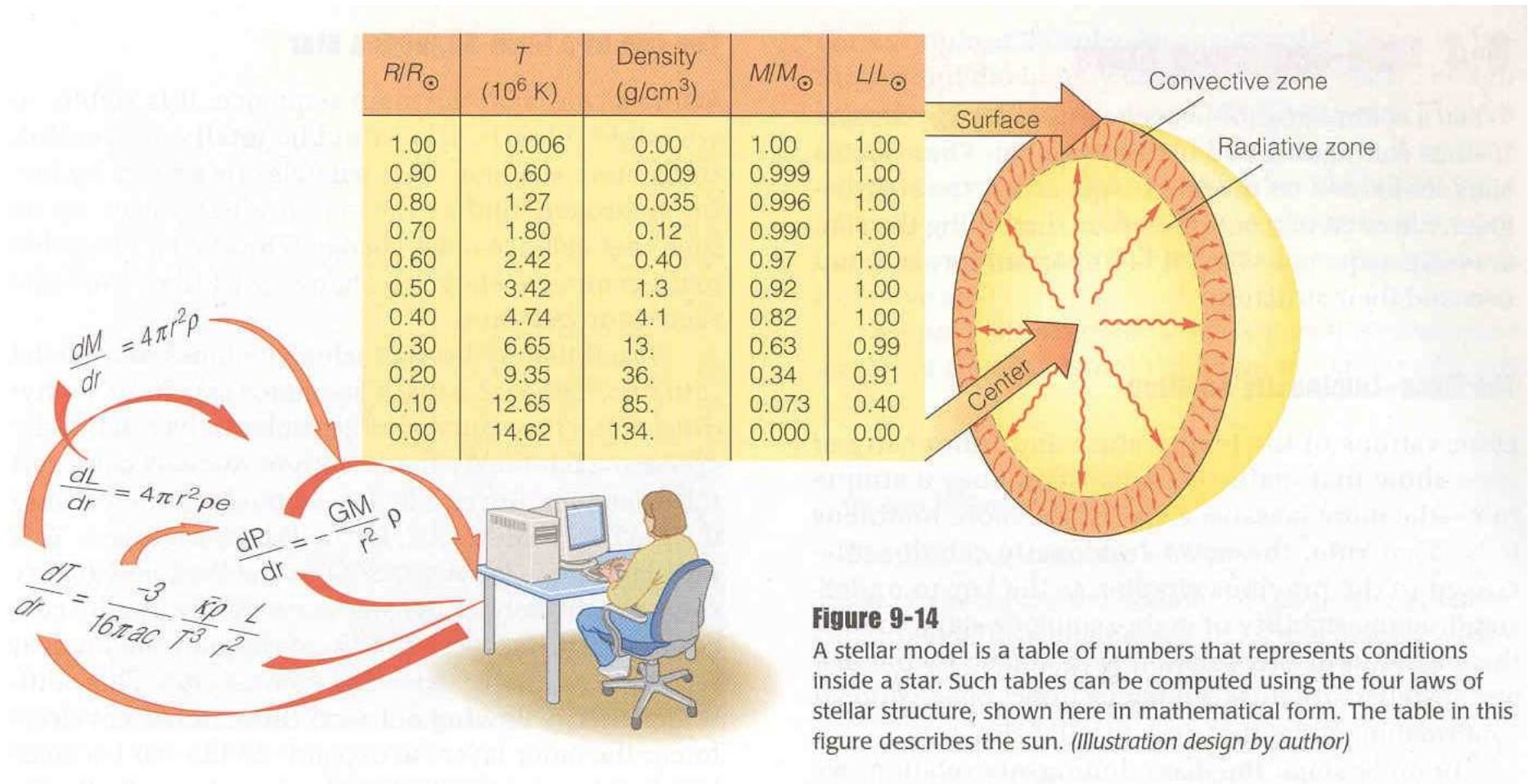


Figure 9-14
A stellar model is a table of numbers that represents conditions inside a star. Such tables can be computed using the four laws of stellar structure, shown here in mathematical form. The table in this figure describes the sun. (Illustration design by author)

PAUSA