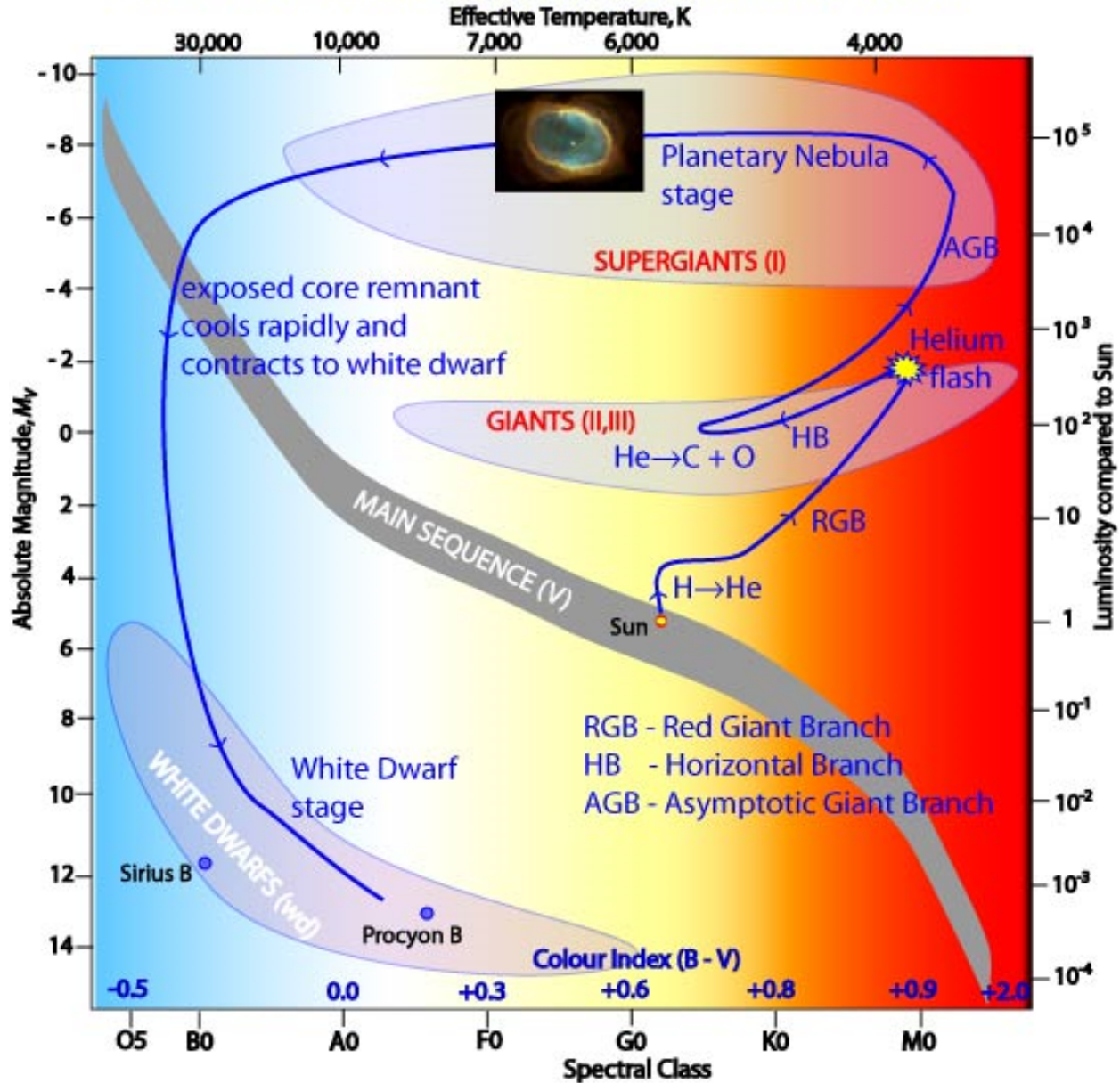


# BUDOWA I EWOLUCJA GWIAZD

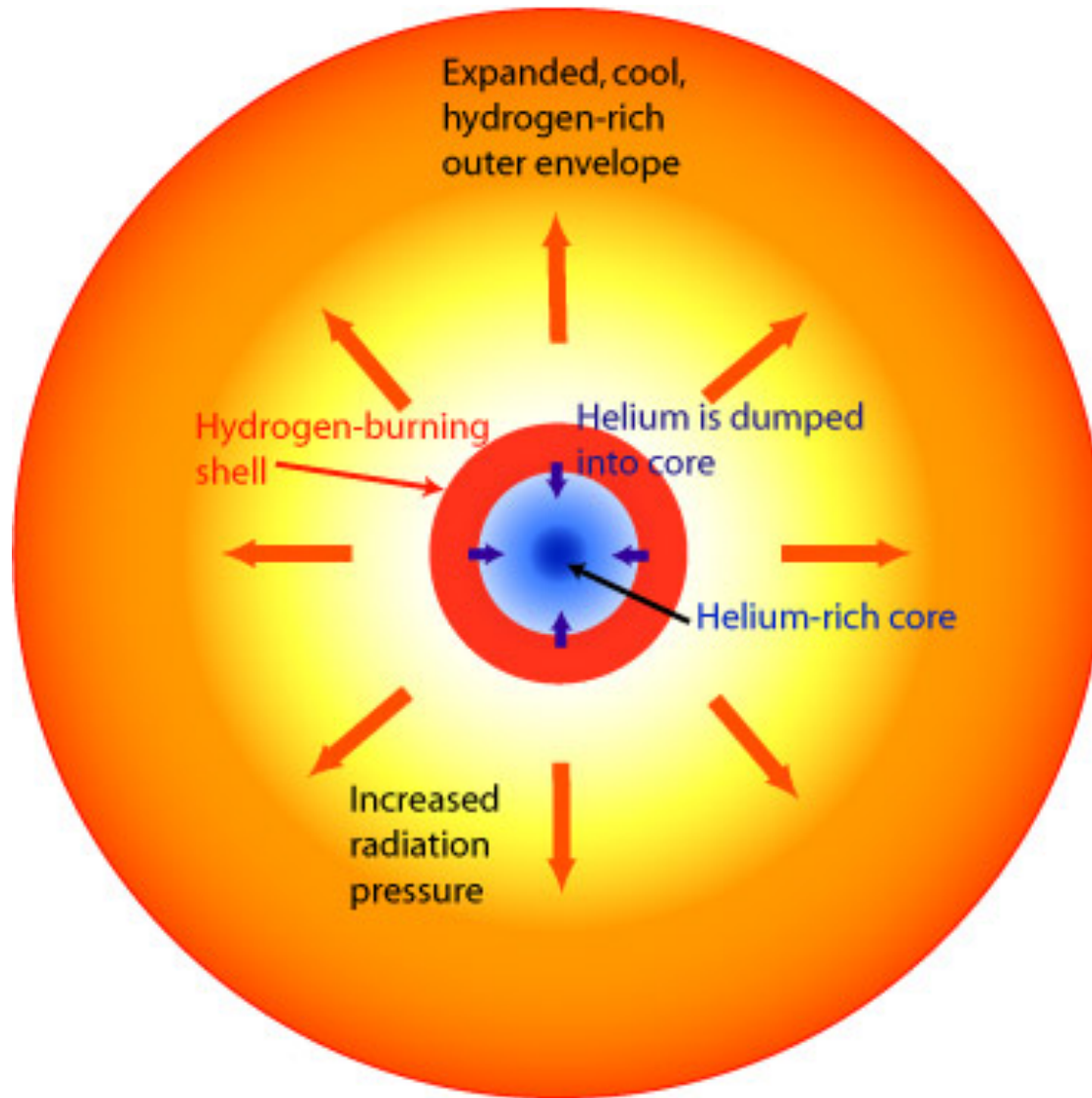
Jadwiga Daszyńska-Daszkiewicz

Semestr letni, 2018/2019

# Ewolucja gwiazdy o masie $1M_{\odot}$



# Czerwony olbrzym



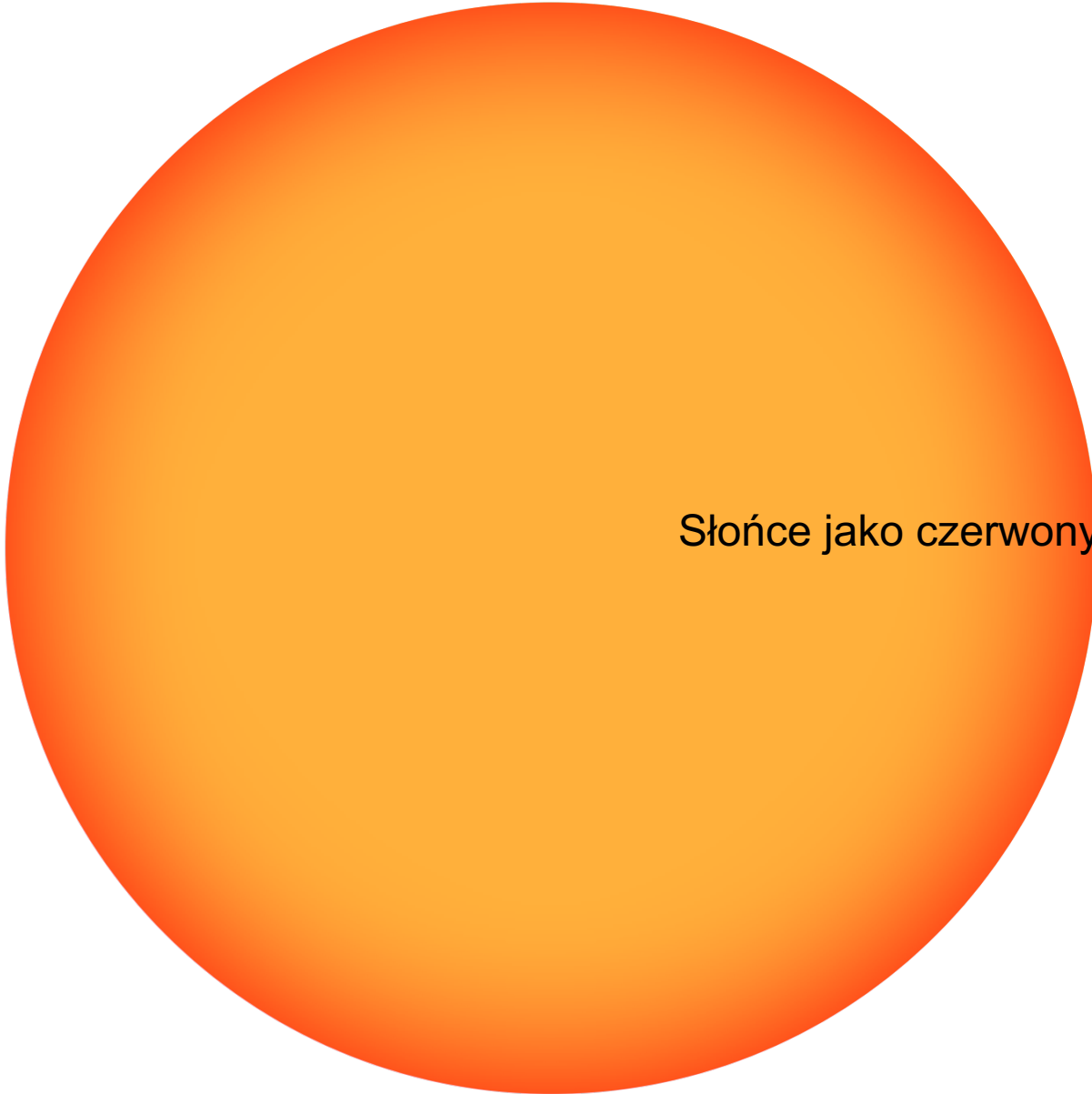
Hydrogen Shell Burning on the Red Giant Branch

$$L \sim (1-\beta)M_c$$

$$(1-\beta) = P_{\text{rad}}/P$$

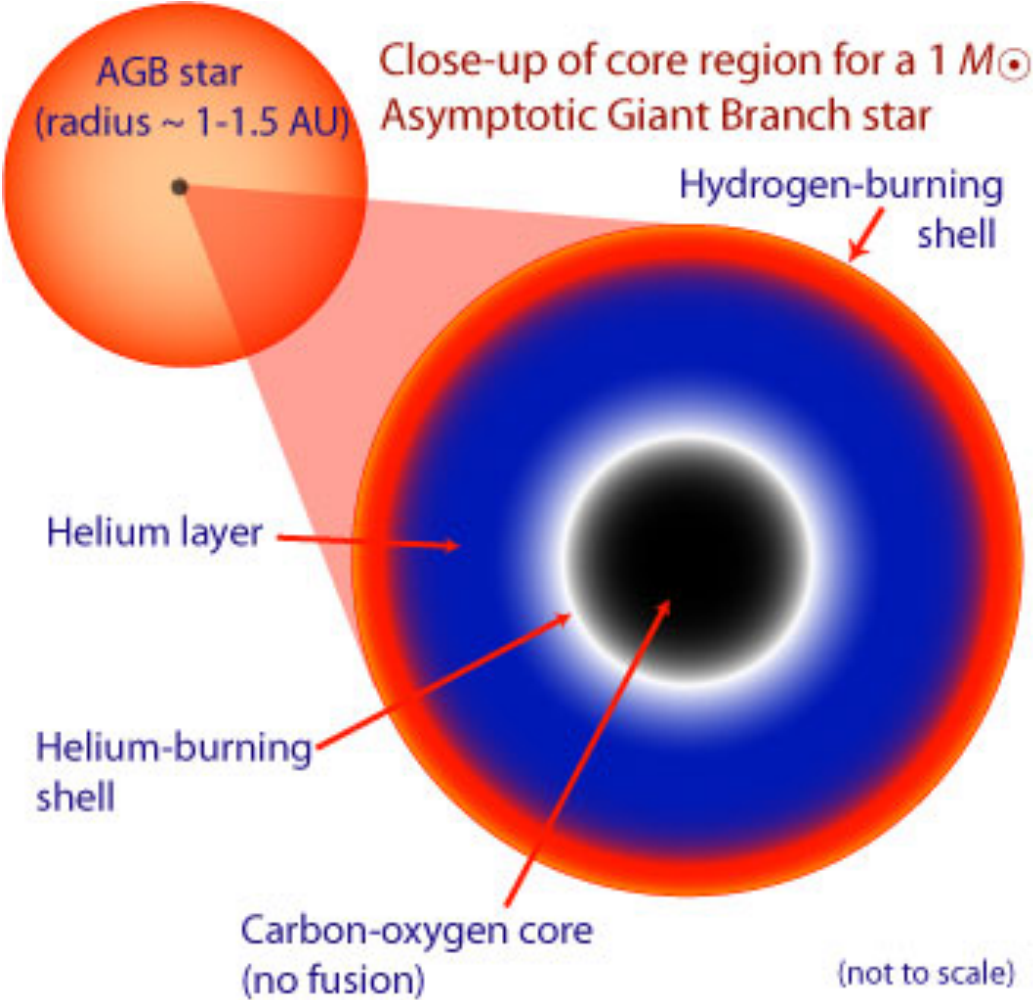
**Jasność czerwonego olbrzyma o zdegenerowanym jądrze rośnie z masą jądra i jest to niezależne od masy otoczki**

● Słońce jako gwiazda ciągu głównego,  $R=1R_{\odot}$

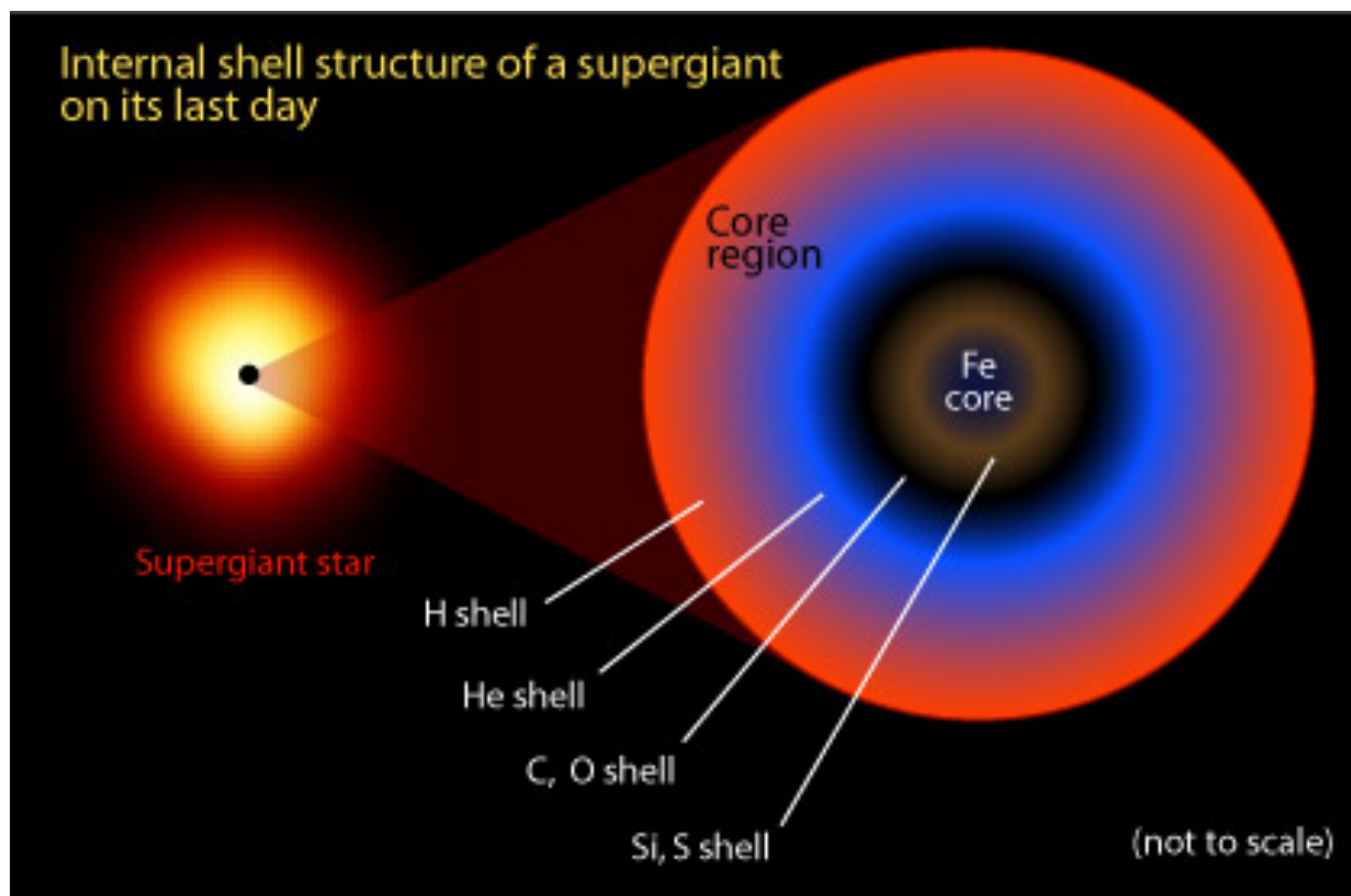


Słońce jako czerwony olbrzym,  $R=100R_{\odot}$

# Gwiazda AGB



## Wyewoluowana gwiazda masywna



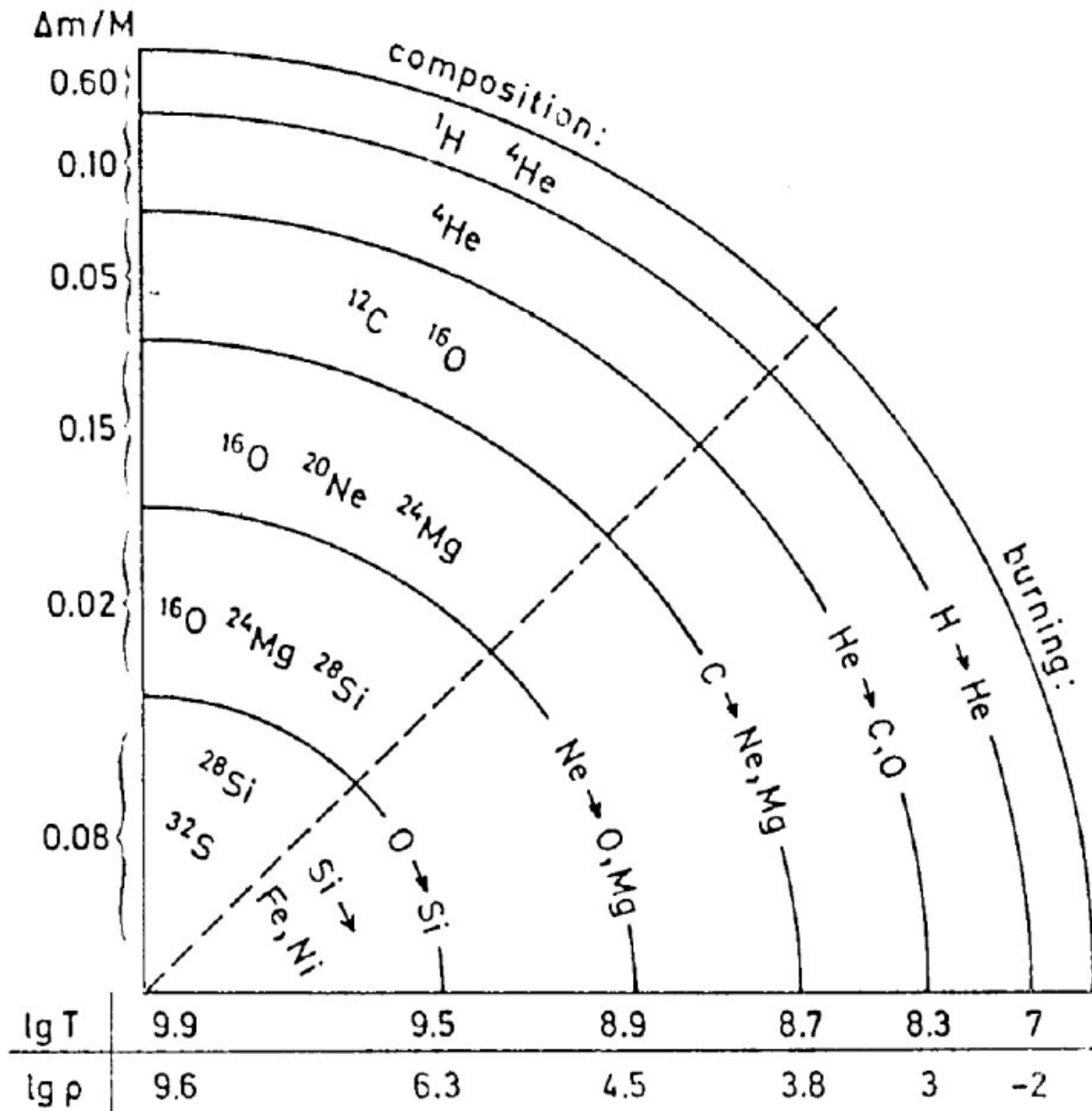
**W centralnych obszarach gwiazd dostatecznie masywnych mamy dość prosty schemat**



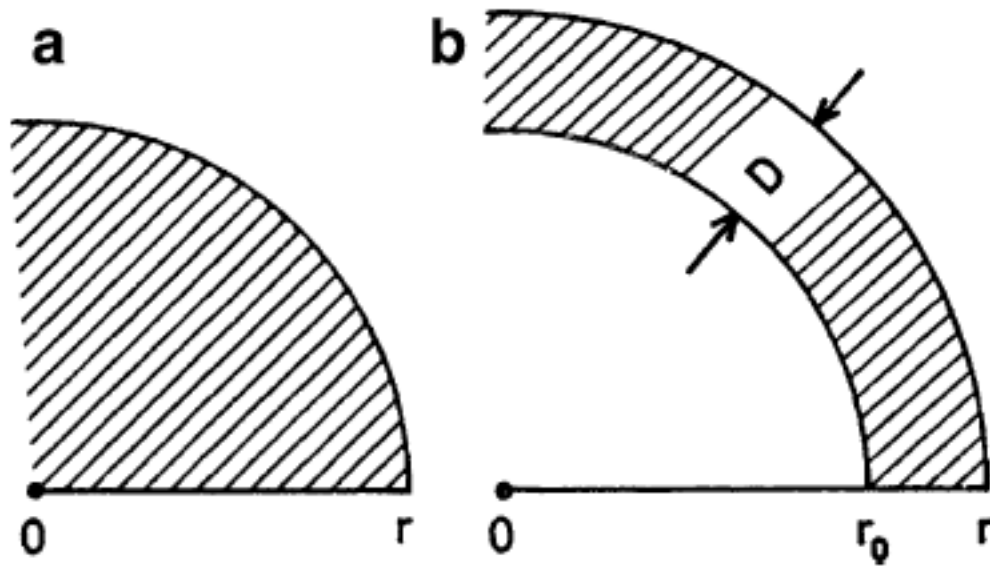


**Ciąg te może być przerwany czasowo  
lub zupełnie przez:**

- dojście do Fe
- degenerację
- silną emisję neutrin ( $T_c$  maleje)



## Źródła warstwowe i ich stabilność



Palenie w centrum

$$\frac{d\varrho}{\varrho} = -3\frac{dr}{r}.$$

palenie w warstwie

$$\frac{d\varrho}{\varrho} = -\frac{dD}{D} = -\frac{r}{D}\frac{dr}{r}.$$

## Źródła warstwowe i ich stabilność

Jeśli  $D/r$  jest małe ( $<1/4$ ) to mamy niestabilność termiczną

$$\frac{dP}{P} = 4 \frac{D}{r} \frac{d\varrho}{\varrho}.$$

$$\frac{d\varrho}{\varrho} = \alpha \frac{dP}{P} - \delta \frac{dT}{T}, \quad \text{Równanie stanu}$$

$$dP/P \rightarrow 0 \text{ for } D/r \rightarrow 0:$$

Zatem ekspansja prowadzi do wzrostu temperatury

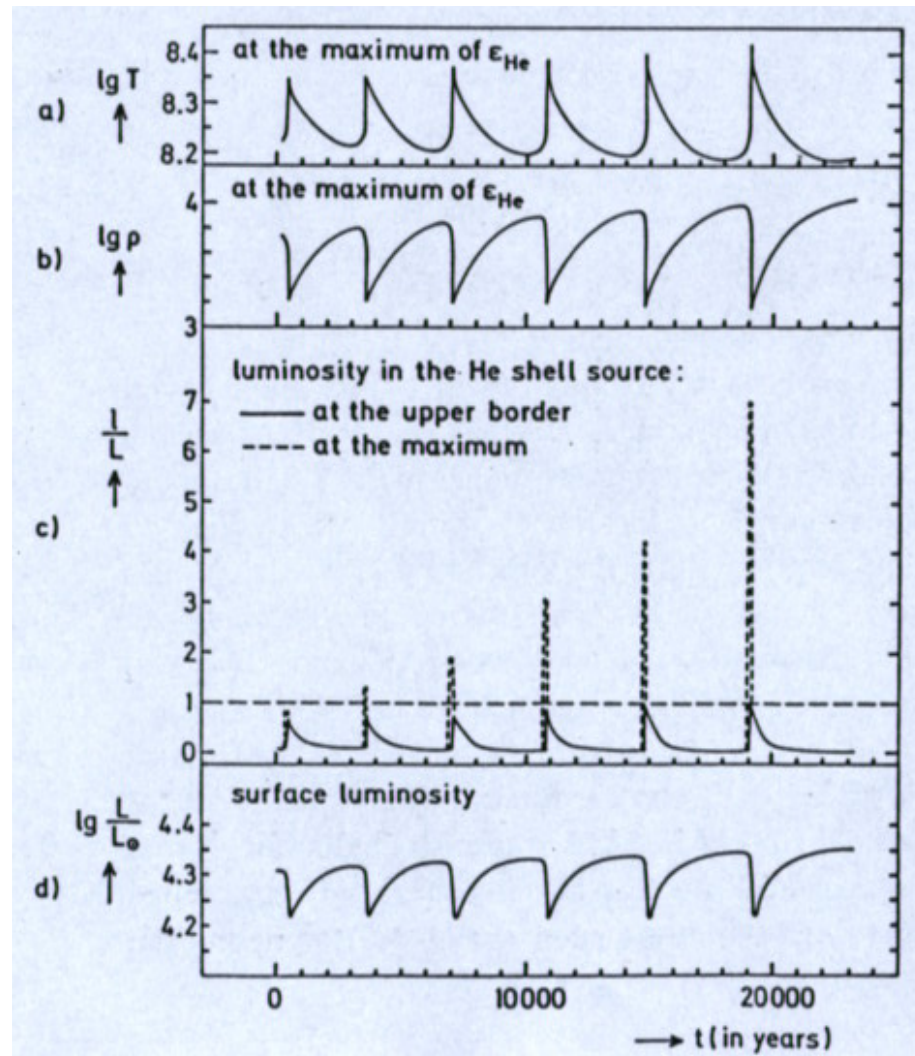
$$\frac{d\varrho}{\varrho} = -\delta \frac{dT}{T}.$$

## **niestabilność cieplna**

źródło warstwowe reaguje na nadwyżkę energii wzrostem  $T$ ,  
co zwiększa uwalnianie energii jądrowej itd.

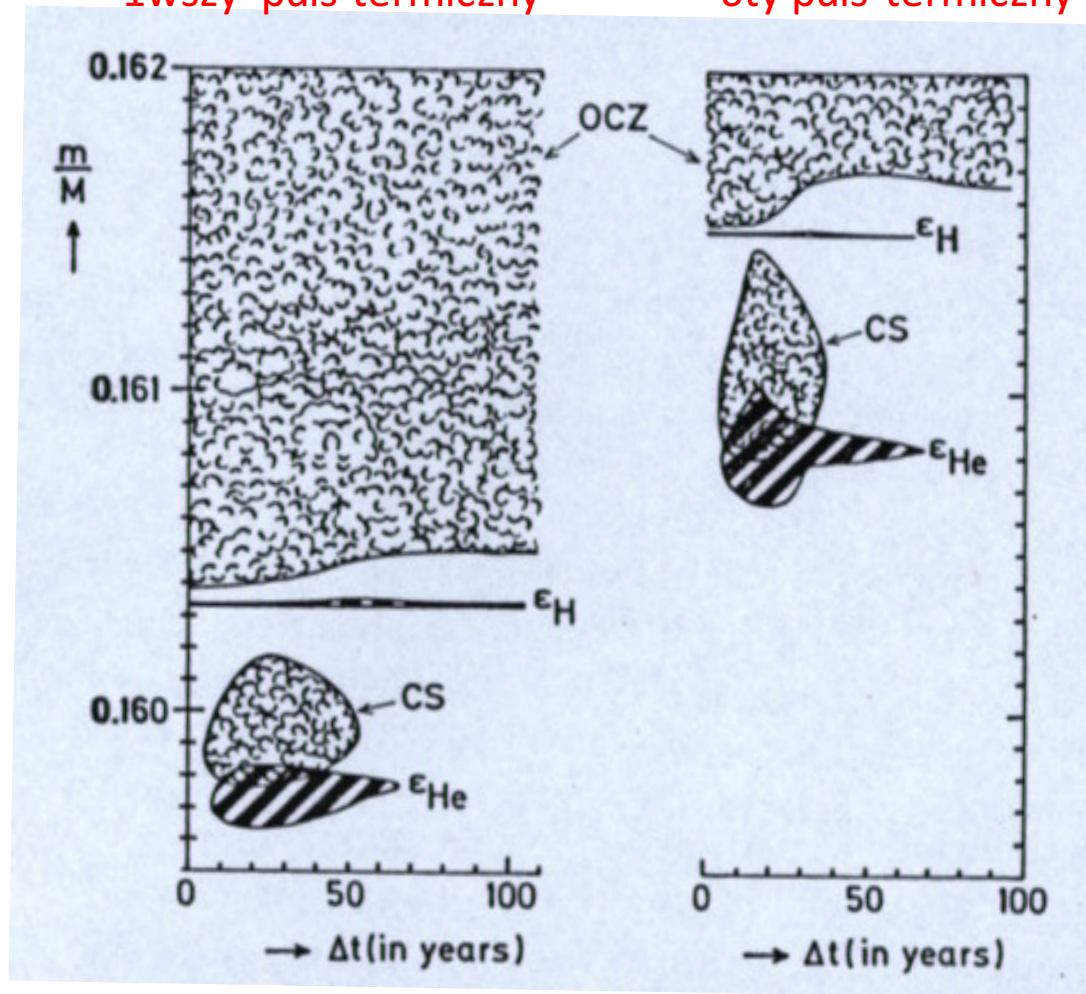
Wzrost  $T$  jest związany z ekspansją.

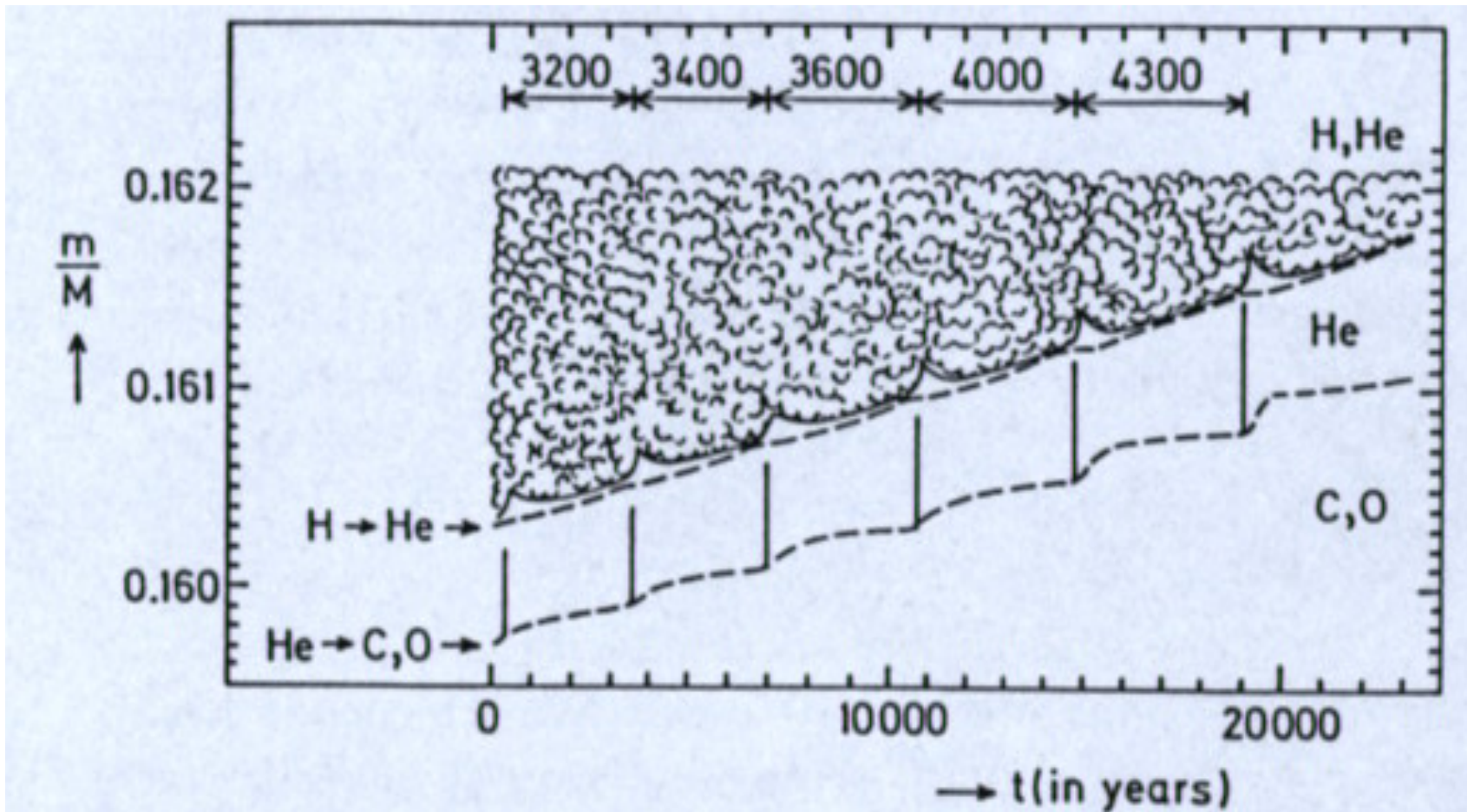
Pulsy termiczne związane z warstwą palenia helu w modelu o  $M=5M_{\odot}$ .  
Zmiany różnych parametrów dla 6 pulsów.



1wszy puls termiczny

6ty puls termiczny





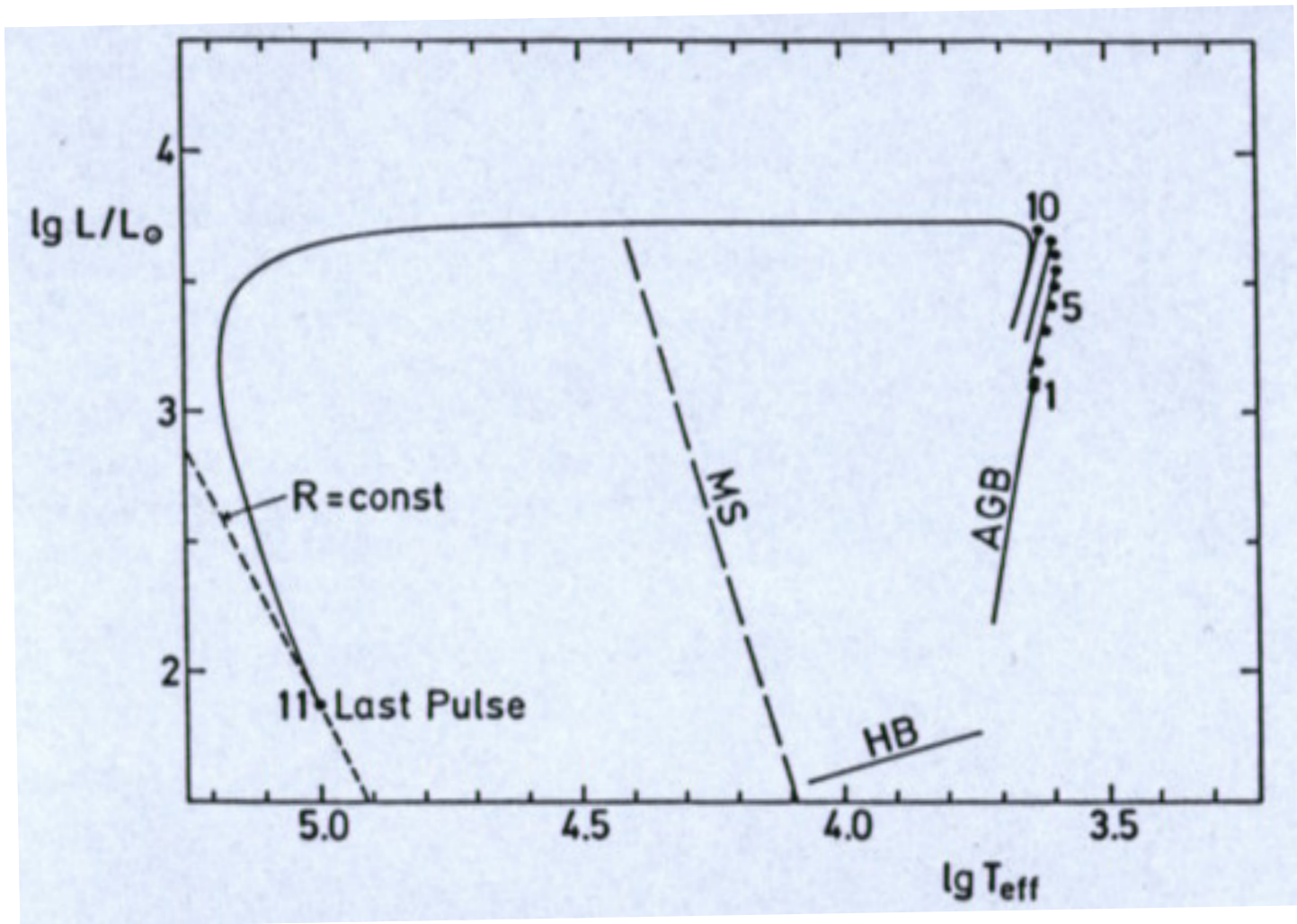


$$\log \left( \frac{\tau_p}{1 \text{ rok}} \right) \approx 3.05 + 4.50 \left( 1 - \frac{M_c}{M_\odot} \right)$$

$$M_c \nearrow \rightarrow \tau_p \searrow$$

$$M_c = 0.5 M_\odot \rightarrow \tau_p = 10^5 \text{ lat}$$

$$M_c = 1.4 M_\odot \rightarrow \tau_p = 10 \text{ lat}$$



$4M_{\odot}$

