

AS3101-1: Astrofísica de Estrellas

Profesor: Simón Casassus M.

Auxiliares: Rafael Martínez

Carla Arce-Tord



Auxiliar Estrellas: Interiores

17 de Noviembre de 2021

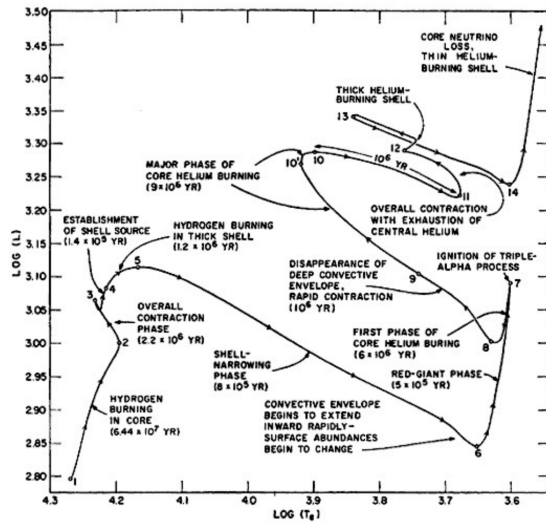


Figure 13.4 The evolution of a $5 M_{\odot}$ star from the zero-age main sequence to the asymptotic giant branch. The luminosity is given in solar units. (Figure from Iben, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 5, 571, 1967. Reproduced with permission from the *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, Volume 5, ©1967 by Annual Reviews Inc.)

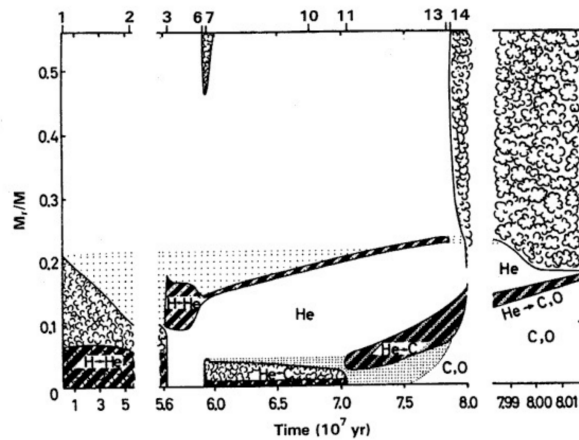


Figure 13.5 The structure of a $5 M_{\odot}$ star as a function of time. Note that the time axis is not linear. Cloudy regions represent convection zones, dots show regions of changing composition, and stripes designate regions where a significant amount of energy is being generated by nuclear reactions. Although the numbers on the top of the diagram correspond to those in Fig. 13.4, this evolutionary model is based on calculations carried out by another research group. (Figure adapted from Kippenhahn, Thomas, and Weigert, *Z. Astrophys.*, 61, 241, 1965.)

P1. Demuestre que la ecuación de equilibrio hidrostático puede escribirse en función de la profundidad óptica.

$$\frac{dP}{dr} = -G \frac{M_r \rho}{r^2} = -\rho g$$

P2. Suponiendo que cada átomo del Sol pudiera liberar 10 eV mediante reacciones químicas, calcula cuánto tiempo podría brillar el Sol a su ritmo actual sólo mediante procesos químicos. Para simplificar, supongamos que el Sol está compuesto enteramente de hidrógeno. ¿Es posible que la energía del Sol sea totalmente química? ¿Por qué o por qué no?

P3. (a) Teniendo en cuenta la distribución de velocidades de Maxwell-Boltzmann, ¿qué temperatura sería necesaria para que dos protones colisionaran si se desprecia el tunneling cuántico? Suponga que los núcleos que tienen velocidades diez veces superiores al valor cuadrático medio (rms) de la distribución de Maxwell-Boltzmann pueden superar la barrera de Coulomb. Compare su respuesta con la temperatura central estimada del Sol.

(b) Utilizando la siguiente ecuación, calcula la relación entre el número de protones que tienen velocidades diez veces superiores al valor rms y los que se mueven a la velocidad rms.

$$n_v dv = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-mv^2/2kT} 4\pi v^2 dv$$

(c) Asumiendo (incorrectamente) que el Sol es de puro hidrógeno, estime el número de núcleos de hidrógeno en el Sol. ¿Podría haber suficientes protones moviéndose con una velocidad diez veces superior al valor rms para explicar la luminosidad del Sol?

- P4.** Deduzca una fórmula aproximada para estimar la vida de la secuencia principal (MS) de una estrella en años en función de su masa, M , en masas solares. Suponga que la luminosidad de una estrella es una constante a lo largo de su vida en la MS, que $L/L_\odot \sim (M/M_\odot)^4$, y que la combustión de hidrógeno libera 26 MeV por cada núcleo de He formado.
- P5.** Estime cuánto dura la fase de quema de hidrógeno de las estrellas cercanas a los extremos inferior y superior de la secuencia principal. El extremo inferior de la secuencia principal sería cerca de $0,072 M_\odot$, con $\log T_e = 3,23$ y $\log(L/L_\odot) = -4,3$. Por otro lado, una estrella de $85 M_\odot$ estaría cerca del extremo superior de la secuencia principal y tiene una temperatura efectiva y una luminosidad de $\log T_e = 4,705$ y $\log(L/L_\odot) = 6,006$, respectivamente. Supongamos que la estrella $0,072 M_\odot$ es totalmente convectiva, de modo que, a través de la mezcla convectiva, todo su hidrógeno, y no sólo el 10% interior, queda disponible para su combustión. Calcule los radios de una estrella de ambas estrellas. ¿Cuál es la relación de sus radios?