Tarea 7: Post Main Sequence Evolution

1. **Pop Quiz** Responda brevemente las siguientes preguntas (1-4 líneas) **en sus propias palabras.**

   - ¿Por qué no pueden existir estrellas completamente isotermales?
   - Describa brevemente la evolución que tendrá el sol en los siguientes billones de años.
   - Explique cómo es la HB (horizontal branch) para estrellas de $0.4M_\odot$, $1M_\odot$ y $0.3M_\odot$

   Respuesta

   - La condicion fundamental es el equilibrio hidrostatico. Para que exista, se debe combatir gradiente de presion contra gradiente termal. Y debido a que la presion depende radialmente de la gravedad, jamas podremos tener temperatura constante en toda la estrella.
   - El Sol saldra de la MS, quemara el H en su superficie pasando a la SGB (subgiant branch). Luego se vera un salto en su luminosidad pasando a la RGB, luego se enfria y crece en la HB. Pasara a la AGB y terminara como WD.
   - HB ocurre en estrellas de masa intermedia ($0.8-8M_\odot$), por lo que en baja masa no existe. A mayor M, mayor T y L en la HB. Al superar el limite de Schoenberg Chandrasekar, ademas presentan blue loop.

2. La edad del universo es 13.7 Gyr. Compare este valor con la vida media de una estrella de $0.8M_\odot$ en la MS.

   ¿Por qué no resulta tan útil computar detalladamente la evolución post-MS de estrellas con masas mucho más bajas que la del sol?

   ¿Esperaría encontrar cúmulos globulares con MSTO bajo $0.8M_\odot$? Explique su respuesta...

   Respuesta

   La vida en la MS de una estrella de 0.8 masas solares sería de alrededor de 17.5 Gyr, lo cual es mayor a la edad del universo. Esto implica que esas estrellas no han tenido suficiente tiempo para evolucionar fuera de la secuencia principal. Para estrellas mucho menores a una masa solar, el universo no es lo suficientemente viejo para que evolucionaran fuera de la MS, por lo que no hay datos observacionales para comparar con modelos teóricos.

3. **Pérdida de Masa en AGB** En un intento de identificar los componentes importantes de la pérdida de masa en AGB, se han propuesto varias parametrizaciones para modelarla. Una de las más populares, por D. Reimers, es dada por

$$\dot{M} = -4 \cdot 10^{-13} \eta \frac{L}{gR} M_\odot yr^{-1}$$

donde L, R y g son la Luminosidad, el radio y la surface gravity, respectivamente (considere $g_{\odot} = 274ms^{-2}$). η es un parámetro libre cuyo valor esperado es cerca de la unidad.

a) Explique cualitativamente porqué L,R y g entran en la ecuación de la manera que lo hacen (porqué operan así).

b) Estime la perdida de masa para 1 $M_{\odot}$ estrella AGB que tiene luminosidad $7000L_{\odot}$ y una temperatura de $3000K$.

Respuesta

a) Un incremento en la luminosidad L nos da un aumento en la presión de radiación, por lo que aumenta la pérdida de masa.

Un aumento en la surface gravity g, significa que el material de la superficie está más 'compactado', por lo que es más difícil que pierda masa. Si incremente el radio, para valores fijos de L y g, entonces el flujo de superficie disminuye, por lo que disminuye la presión de radiación.

b) La eq de Stefan-Boltzmann $L = 4\pi R^2 \sigma T_e^4$ nos da $R = 310R_{\odot}$. Esto implica que $g/g_{\odot} = 1.04 \cdot 10^{-5}$, asumiendo que $\eta = 1$ tendremos que $M = -8.7 \cdot 10^{-7}$

4. **Estrella de Helio en la MS**

a) Muestre que la ecuación anterior también puede ser escrita como

$$\dot{M} = -4 \cdot 10^{-13} \eta \frac{LR}{M} M_{\odot} yr^{-1}$$

, con L, R y η en unidades solares.

b) Asumiendo (incorrectamente) que L, R y η no cambian en el tiempo, derive una expresión para la masa de la estrella como función del tiempo. Asuma que $M = M_0$ cuando comienza la fase de perdida de masa.

c) Usando $L = 7000L_{\odot}$, $R = 310R_{\odot}$, $M_0 = 1M_{\odot}$ y $\eta = 1$, haga un gráfico de la masa de la estrella como función del tiempo.

d) ¿Cuánto tomaría para que una estrella con masa inicial $1M_{\odot}$ sea reducida a la masa de un núcleo degenerado de oxígeno-carbono ($0.6M_{\odot}$)?

Respuesta

a) Dado que en unidades solares $g/g_{\odot} = M/R^2$, se sustituye directamente.

b) Multiplicando la ec. por M nos da

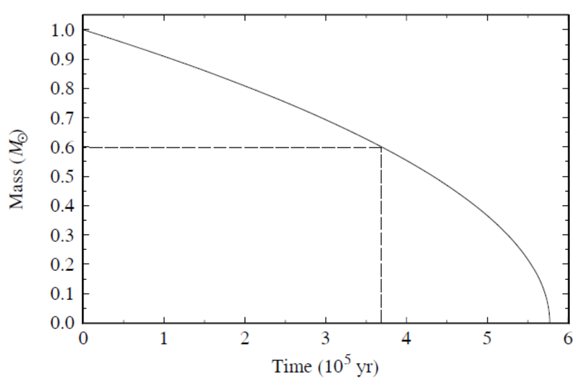
$$\dot{M}M = -c\eta LR$$

Integrando desde M_0 en $t = 0$ a M en t:

$$M = (M_0^2 - 2c\eta LRtM_{\odot})^{1/2}$$

c) $M = \sqrt{M_0^2 - 8 \cdot 10^{-13} \eta LRt}$

d) Con $M_0 = 1M_{\odot}$ y $M = 0.6M_{\odot}$, nos da t=369.000yr. Nice.



1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
Mass ($M_\odot$)
0
1
2
3
4
5
6
Time (10^5 yr)