

Parcial 2: La estructura y estabilidad de las estrellas
31 de octubre de 2022

1. Considere una enana marrón de masa $M \sim 0,05M_{\odot}$ y una enana blanca de masa $M \sim 0,5M_{\odot}$. La presión en el interior de ambas está dominada por un gas de electrones degenerados no relativistas y toda su estructura se puede modelar de manera aproximada mediante un polítopo de índice $n = 3/2$. Si la enana marrón tiene una composición química análoga a la del Sol ($\mu_e \sim 1,17$) y la enana blanca está compuestas exclusivamente de He ($\mu_e = 2$):

- (a) ¿Cuánto vale el cociente de los radios de ambas estrellas? **(7 puntos)**
 (b) ¿Cuánto vale el cociente de las densidades centrales de ambas estrellas? **(2 puntos)**
 (c) ¿Alguna de las estrellas concentra una mayor fracción de su masa hacia el centro? **(1 punto)**

Recuerde que la ecuación que relaciona a la masa M y el radio R de un polítopo depende de μ_e tal que:

$$\left(\frac{GM}{M_n}\right)^{n-1} \left(\frac{R}{R_n}\right)^{3-n} = \frac{(n+1)^n}{4\pi G} \left(\frac{K}{\mu_e^\gamma}\right)^n$$

donde $\gamma = 1 + \frac{1}{n} = 5/3$.

2. Estime el valor de la masa mínima que debe tener una estrella para alcanzar la secuencia principal. Asuma que esa estrella posee una composición química homogénea e igual a la del Sol ($\mu = 0,61$), que el transporte de energía ocurre exclusivamente por convección (ecuación de estado politrópica con $\gamma = 5/3$), que la fusión de H mediante la cadena $p-p$ necesita una temperatura central mínima de $3 \times 10^6 K$ y que el límite entre las regiones de gas ideal y de electrones degenerados no relativistas en el diagrama ρ vs. T viene dado por $\text{Log} \rho = 1,5 \text{Log} T - 6,5$ donde ρ está expresado en $gr\ cm^{-3}$ y T en K . Los coeficientes politrópicos para el índice $n = 3/2$ son $M_{3/2} = 2,71$ y $R_{3/2} = 3,65$, la constante $K = 10^7 Nm^3 kg^{-5/3}$ y la constante de gravitación universal $G = 6,674 \times 10^{-11} Nm^2 kg^{-2}$. **(20 puntos)**
3. Considere una estrella de luminosidad L que emite en su núcleo una luminosidad L_{nuc} y que se encuentra inicialmente en equilibrio térmico tal que $L = L_{nuc}$. Si la estrella sufre una pequeña perturbación ΔL en la luminosidad de su núcleo L_{nuc} tal que $\Delta L = L_{nuc} - L$, $\Delta L > 0$ y $L_{nuc} \gg \Delta L$:
- (a) Muestre qué efecto tendrá la perturbación sobre el módulo de la energía total de la estrella $|E|$ **(4 puntos)**
 (b) Sin invocar la presión de radiación muestre qué efecto tendrá la perturbación sobre el radio de la estrella. **(4 puntos)**
 (c) Muestre por qué la capacidad calorífica negativa implica que frente a esta perturbación la temperatura de la estrella debe disminuir **(4 puntos)**
 (d) Explique cómo la estrella retornaría al equilibrio térmico en el que $L_{nuc} = L$ si estuviera constituida por un gas ideal **(4 puntos)**
 (e) Muestre qué ocurriría si la misma perturbación ocurriera en un gas degenerado **(4 puntos)**