

## Parcial 1: Estructura estelar

1. En equilibrio termodinámico local el cambio en la energía interna  $\Delta U$  en un intervalo de tiempo  $\Delta t$  ocurre por transferencias de calor  $\Delta Q$  y/o por trabajos  $\Delta W$  realizados por o sobre el gas.

(a) A partir de esa información deduzca la llamada *ecuación de la energía de una estrella* en simetría esférica dada por:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + P \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{1}{\rho} \right) = q - \frac{\partial F}{\partial m}$$

donde  $u$  es la energía interna por unidad de masa,  $t$  es el tiempo,  $P$  es la presión,  $\rho$  es la densidad de masa,  $q$  es la energía generada por unidad de masa y de tiempo,  $F$  es la potencia y  $m$  es la masa encerrada en una esfera de radio  $r$  centrada en la estrella. Recuerde que  $\Delta U$  y el trabajo  $W$  pueden ser escritos como  $\Delta U = \Delta(u dm)$  y  $W = -PdV$  con  $dV$  el diferencial de volumen ocupado por el diferencial de masa  $dm$ . **(10 puntos)**

(b) Demuestre que la estrella debe colapsar para que su energía interna  $u$  permanezca constante en ausencia de una fuente interna de energía  $q$ . **(10 puntos)**

2. A partir del modelo de Eddington demuestre que una estrella en equilibrio hidrostático sujeta a la presión del gas  $P_g$  y a la presión de la radiación  $P_r$  se comporta como un polítopo de índice  $n = 3$ . **(15 puntos)**

3. Considere el teorema del virial.

(a) Explique brevemente cuáles son las energías involucradas, el significado e implicaciones de los signos en  $U = -U_g/2$  y bajo qué condiciones el teorema es válido. **(3 puntos)**

(b) Explique brevemente un ejemplo concreto de aplicación en estructura estelar. **(2 puntos)**

4. Considere la estabilidad térmica secular en el caso de una estrella que inicialmente se encuentra en equilibrio hidrostático y térmico y que sufre una perturbación pequeña en la luminosidad de su núcleo  $L_{nuc}$  tal que  $L_{nuc} > L$  con  $L$  la luminosidad de la estrella.

- 
- (a) Explique qué efecto tendrá la perturbación sobre el módulo de la energía total de la estrella  $|E|$  **(2 puntos)**
- (b) Sin invocar la presión de radiación explique qué efecto tendrá la perturbación sobre el radio de la estrella? ¿Por qué? **(2 puntos)**
- (c) ¿Cómo la capacidad calorífica negativa explica que la temperatura de la estrella debe disminuir? **(3 puntos)**
- (d) Explique cómo la estrella retornaría al equilibrio térmico en el que  $L_{nuc} = L$  si estuviera constituida por un gas ideal. ¿Qué ocurriría si el gas fuera degenerado? **(3 puntos)**