

# Física I A

## Guía 05 - Evolución Estelar

Asorey - Cutsaimanis

2016

### 25. Ley de Wien

Hallar el valor de  $\xi$  utilizando los datos de la siguiente tabla y compararlo con el valor aceptado,  $\xi = 2,897 \times 10^6 \text{ nm K}$ .

$\lambda_{\text{máx}}$ [nm]	T [K]
29000	100
5750	500
1170	2500
510	5500
280	11000

(ayuda: realice los cambios de variables apropiados para linealizar

la ecuación y grafique, calculando la pendiente de la recta obtenida).

### 26. Colores

Utilice la ley de Wien para determinar  $\lambda_{\text{máx}}$ , la correspondiente frecuencia  $f_{\text{máx}}$ , y el color de cada una de las siguientes estrellas:

Nombre	T [K]
Sol	5777
Mintaka	31000
Betelgeuse	3400
Sirio A	9540
Rigel	11000
$\eta$ -Carinae	39000

### 27. (\*) Betelgeuse y Rigel

Betelgeuse ( $\alpha$ -Ori) y Rigel ( $\beta$ -Ori) son las dos estrellas más brillantes de la constelación de Orión. Sus posiciones se conocen con excelente precisión, habiéndose medido un paralaje de  $5,07 \times 10^{-3}$  arcseg para Betelgeuse y  $4,22 \times 10^{-3}$  arcseg para Rigel. Utilizando un bolómetro en órbita, ha sido posible medir los flujos de energía en la Tierra:  $\mathcal{F}_{\text{Betelgeuse}} = 8,6845 \text{ W m}^{-2}$  y  $\mathcal{F}_{\text{Rigel}} = 3,7819 \text{ W m}^{-2}$ .

- Calcule la distancia de la Tierra a estas dos estrellas, medidas en m, años-luz y parsecs (recuerde que si el paralaje es 1 arcseg la estrella se encuentra a 1 parsec de distancia, y la relación es inversamente proporcional).
- Calcule las luminosidades de Betelgeuse y Rigel. Expresarlas en unidades de  $L_{\odot}$  y en W.
- Calcule las masas de Betelgeuse y Rigel ( $M_{\odot} = 1,899 \times 10^{30} \text{ kg}$ ).

- d) Utilice las temperaturas de las estrellas dadas en el ejercicio 26 para estimar los radios de las mismas.
- e) ¿Dentro de que clasificación espectral las colocaría? ¿En que posición del diagrama H-R las ubicaría? Justifique.
- f) Calcule los radios mínimos y máximos de la zona de habitabilidad de cada estrella.

## 28. Observación astronómica

Durante el invierno, mirando hacia el Este y a media altura antes de la medianoche es posible observar la constelación de Scorpio. La estrella más brillante (Antares) se encuentra a 600 años luz de la Tierra. Sabiendo que tiene el mismo color que Betelgeuse y que su masa es  $M = 15,5M_{\odot}$ , calcule la Luminosidad y el radio de Antares. Luego determine el tamaño mínimo y máximo de la zona de habitabilidad.

## 29. Temperaturas

La temperatura superficial del Sol es  $T = 5777$  K. Entonces:

- a) Utilice la ley de Steffan-Boltzmann para estimar el valor de  $L_{\odot}$  y compárelo con el valor conocido.
- b) En los últimos estadios de su vida, se sabe que el Sol se transformará en una gigante roja. Suponiendo que la temperatura superficial disminuirá hasta  $T = 3200$ , calcule cuál deberá ser la luminosidad solar para que la distancia entre la Tierra y la superficie del Sol hinchado sea mayor de  $10^7$  km. Expresé el resultado en watts y en unidades de la luminosidad solar actual.
- c) ¿Cuál será el destino final del Sol? Suponiendo que el objeto resultante tiene un 90% de la masa solar actual y el radio típico de esos objetos, calcule la densidad, el valor de  $g$  y la velocidad de escape  $v_e$  sobre la superficie del mismo.
- d) ¿Cuál sería el nuevo valor de  $\lambda_{\text{máx}}$  si por alguna razón la temperatura superficial aumenta hasta  $T = 10500$  K? En este caso, y suponiendo que  $L_{\odot}$  no cambiaría, ¿qué debería pasar con el radio solar?

## 30. (\*) Supernova supernueva

Cuando una estrella se convierte en supernova, hasta el 1% de su masa se libera en forma de energía. De esta energía, el 99% se libera en forma de neutrinos y el resto como radiación electromagnética. Imaginemos que Canopus ( $\alpha$ -Car, F0,  $M = 8,5 M_{\odot}$ ,  $d = 310$  años-luz) se convierte en supernova.

- a) Calcule la cantidad de energía liberada como neutrinos (indetectable).
- b) Calcule el flujo de energía electromagnética que se medirá en la Tierra. Compare este valor con la constante solar,  $\mathcal{F}_{\odot} = 1400 \text{ W m}^{-2}$ .
- c) El objeto resultante será una estrella de neutrones, con un radio aproximado de  $R = 20$  km. Calcule la densidad, el valor de  $g$  y la velocidad de escape  $v_e$  sobre la superficie de la estrella de neutrones.
- d) Calcule el radio de Schwarzschild de Canopus. Compárelo con el obtenido para el Sol.

## 31. Con una estrella en nuestro interior

- a) Calcule la Luminosidad  $L$  del cuerpo humano ( $T_h = 310$  K) suponiendo que la temperatura del entorno es de  $20^\circ\text{C}$  ( $T_e = 293$  K). Recuerde que es posible aproximar al cuerpo humano por un cilindro de densidad  $d = 1010 \text{ kg m}^{-3}$ , con una masa  $m = 70 \text{ kg}$  y  $h = 170 \text{ cm}$  de altura. Expresar el resultado en W.
- b) ¿De dónde proviene esta energía? ¿Qué importancia tiene este resultado en la vida diaria?
- c) Imaginemos ahora que multiplicamos la  $L$  obtenida en el punto anterior por un factor  $10^{25}$  y situamos a esta nueva estrella a una distancia de 65,2 años luz de la Tierra. Calcule:
  - 1) La Luminosidad en unidades de  $L_\odot$ .
  - 2) La masa en kg.
  - 3) El radio de la estrella, suponiendo que es esférica y su temperatura efectiva es  $T = 3400 \text{ K}$
  - 4) ¿En qué zona del diagrama H-R ubicaría usted a esta estrella?
  - 5) ¿Cuál de los tres posibles finales usted espera debe tener esta estrella?

### 32. Producción de energía (Optativo)

La masa de un núcleo es menor que la suma de las masas de los protones y neutrones que lo componen. Esto se debe a la contribución negativa de la energía de unión, que según la relación  $E = mc^2$  corresponde a una masa. Esa diferencia se denomina *defecto de masa*:

$$\Delta m = N m_n + Z m_p - m$$

donde:

- $m$  es la masa del núcleo
- $N$  es el número de neutrones (por ende  $N = A - Z$ , dónde  $A$  es el número másico)
- $Z$  es el número atómico (igual al número de protones)
- $m_p = 938,3 \text{ MeV}/c^2$  y  $m_n = 939,6 \text{ MeV}/c^2$  son las masas del protón y del neutrón respectivamente.

En este contexto, la energía de ligadura por nucleón queda dada por:

$$B = \frac{\Delta m c^2}{A}$$

Calcule el defecto de masa y la energía de ligadura por nucleón de los siguientes átomos:

- a)  ${}^4_2\text{He}$  (Helio-4,  $m = 3728,4 \text{ MeV}/c^2$ ).
- b)  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  (Hierro-56,  $m = 52103 \text{ MeV}/c^2$ ).
- c)  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$  (Plomo-208,  $m = 193729 \text{ MeV}/c^2$ ).
- d)  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$  (Calcio-40,  $m = 37225 \text{ MeV}/c^2$ ).
- e)  ${}^{41}_{20}\text{Ca}$  (Calcio-41,  $m = 38156 \text{ MeV}/c^2$ ).

### 33. Atucha (Optativo)

La central nuclear Atucha obtiene su energía de la reacción de fisión del isótopo  ${}^{235}_{92}\text{U}$  (Uranio-235), con una masa de  $m = 218942 \text{ MeV}/c^2$ .

- a) Determine la cantidad de neutrones del isótopo.
- b) Calcule el defecto de masa del Uranio-235 en  $\text{MeV}/c^2$ .
- c) Calcule la energía de unión por nucleón.