

Prueba 2, Astronomía General (LFIS 223)

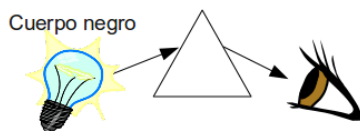
13 de noviembre del 2023

Nombre: PAUTA

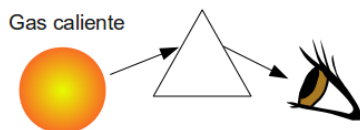
Puntaje: 18/18

Parte A: Conceptual (14 pt)

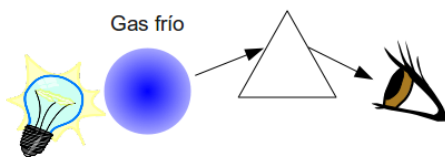
1) Para los siguientes 3 casos, escriba en la línea el tipo de espectro que esperaría observar (ejemplo: continuo, líneas de emisión, líneas de absorción). Ojo que puede observar más de una componente.



Espectro Continuo (0.5 pt)



Sólo líneas de emisión (0.5 pt)



Espectro Continuo + líneas de absorción (0.5 pt)

2) Pensando en una estrella como el sol, en las distintas etapas de su vida y muerte (desde que comienza en la secuencia principal e incluyendo el remanente final)...

¿En qué momento su espectro tendrá las líneas más anchas? Justifique (1 pt)

Cuando se convierta en **enana blanca** (0.5 pt), ya que al ser un objeto muy **denso** el **ensanchamiento por presión** dominará produciendo líneas muy anchas (0.5 pt)

3) En relación a las nubes moleculares donde comienza la formación estelar:

a) ¿Cómo es el colapso inicial? (mencione qué pasa con la temperatura y escala de tiempo) (0.5 pt)

b) ¿Por qué es usual que las nubes que ya están colapsando se fragmenten, y por qué es un proceso de fragmentación en cascada? (0.5 pt)

c) ¿Por qué se detiene el proceso de fragmentación? (0.5 pt)

d) ¿La masa mínima de estos fragmentos es mayor o menor a la masa mínima necesaria para formar una estrella? Justifique (0.5 pt)

a) El colapso inicial es: **isotérmico** y en **caída libre**

b) Se fragmenta por **inhomogeneidades** iniciales.

Es en cascada porque mientras la nube es ópticamente delgada **T no aumenta** → la masa crítica para colapsar (**M_j**) **disminuye** al aumentar la densidad → cada vez más y más subzonas cumplen con $M > M_j$

c) La fragmentación se detiene **cuando la nube se vuelve ópticamente gruesa** → pasa a ser un colapso **adiabático**, con lo cual aumenta la temperatura y eso **aumenta M_j**. Las zonas que no ya alcanzaron $M > M_j$ ya no se fragmentan más.

d) La **masa mínima** de los fragmentos se estima ~ 0.01 Msol, **es menor que la masa mínima de una estrella** (~ 0.07 Msol).

Para que sea estrella debe alcanzar la temperatura necesaria para comenzar a **quemar H en su núcleo antes que la materia se degenera**.

4) ¿Qué es el límite de Eddington? (0.5 pt)

¿Cómo se obtiene (mencione a partir de qué ecuación/igualdad, NO lo calcule) (0.25 pt)

¿Qué pasa si una estrella lo supera? (0.25 pt)

- Es el **límite máximo para la luminosidad de una estrella en equilibrio hidrostático**.
- Se calcula a partir de la **ecuación de equilibrio hidrostático** (fuerza por unidad de volumen producida por la presión de radiación ($dP/dr = F_p/V$) = fuerza producida por gravedad).
- **Si $L > L_{\text{edd}}$, la estrella expulsará sus capas más externas.**

5) ¿Que dice el teorema de virial para un gas en (o cercano a) equilibrio hidrostático? (1 pt)

Aplique esto para justificar ¿qué pasa con la temperatura cuando una estrella sufre una contracción o una expansión? (1 pt)

Que la mitad del cambio de energía gravitacional (U) se convierte en energía interna de la estrella (K), mientras que la otra mitad se radia (1 pt)

Equilibrio: $2K = |U|$

Contracción: $|U|$ aumenta → K aumenta para volver a equilibrio (**se calienta**). (0.5 pt)

Expansión: $|U|$ disminuye → K disminuye para volver a equilibrio (**se enfría**). (0.5 pt)

6) ¿Por qué en estrellas de menos de ~ 2 masas solares se produce un flash del núcleo de Helio al final de la etapa de gigante roja (RGB)? (mencione qué sucede con la presión, y qué pasa al encenderse el He) (1 pt)

En estrellas de baja masa, **el núcleo se degenera** en la RGB antes de alcanzar la temperatura para quemar He, y es soportado por la **presión de electrones degenerados**, la cual **no depende de la temperatura**. P y T se desacoplan (0.5 pt)

Al comenzar la quema de He, el aumento de T no produce una expansión y **la quema se descontrola**, hasta que la presión de radiación logra superar a la presión de electrones degenerados y el núcleo se expande, estabilizando la quema. (0.5 pt)

7) ¿En qué etapas de la evolución se puede llevar material procesado a la superficie? Mencionarlas todas (solo el nombre de la etapa evolutiva), y especifique si alguna de estas solo es válida para estrellas de baja o alta masa (1 pt)

- **Secuencia principal** SOLO en estrellas de muy **baja masa** (0.25 pt)
- **RBG** (primer dragado) (0.25 pt)
- **Early AGB** (segundo dragado) SOLO en **estrellas masivas** (0.25 pt)
- **TP-AGB** (tercer dragado) (0.25 pt)

8) ¿Qué evita el colapso de una enana blanca, y qué pasa cuando aumentamos su masa, por ejemplo al pasarle masa desde una compañera? (0.5 pt)

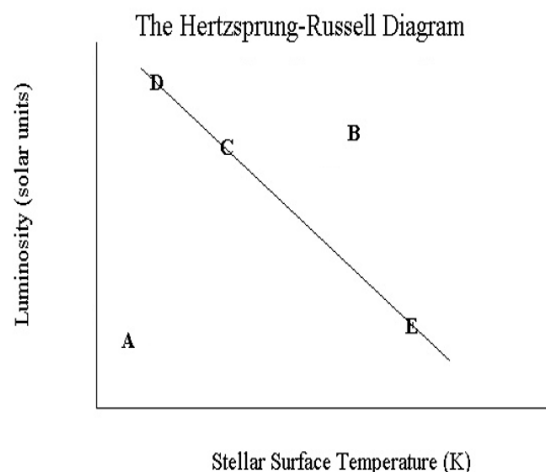
¿Cómo se calcula el límite máximo para la masa de una enana blanca (límite de Chandrasekhar)? (0.5 pt)

Están soportadas por la **presión de electrones degenerados**. (0.25 pt)

Si aumenta M se debe aumentar la presión para soportar más materia, lo que se logra reduciendo su volumen (o radio) → **A mayor masa menor volúmen** (0.25 pt)

Al aumentar la masa los electrones deben moverse más rápido (para generar la presión necesaria), pero no pueden superar la velocidad de la luz. El límite máximo de masa se calcula a partir de la **ecuación de estado de un gas degenerado y relativista**, en el límite en que la **velocidad del electrón = velocidad de la luz**. (0.5 pt)

9) En el siguiente diagrama HR



a) Identifique qué letra corresponde a la estrella (1 pt)

Con mayor radio: **B** (0.25 pt)

Con menor radio: **A** (0.25 pt)

Más azul: **A** (0.25 pt)

Más roja: **E** (0.25 pt)

b) Escriba para cada letra: la etapa evolutiva a la que corresponde Y de dónde proviene la energía que sostiene al objeto contra el colapso gravitatorio (pueden repetirse) (2.5 pt)

A: **Enana blanca**, soportada por la presión de electrones degenerados (0.5 pt)

B: **Gigante roja (RGB)**, soportada por la **quema de H en una capa** (0.5 pt)
(también podría haber puesto early AGB con quema de He en capa, o TP-AGB con quema intermitente de H y He en capas, lo importante es que haya puesto gigante y quema en capa)

C: **Secuencia principal, quema de H en el núcleo** (0.5 pt)

D: **Secuencia principal, quema de H en el núcleo** (0.5 pt)

E: **Secuencia principal, quema de H en el núcleo** (0.5 pt)

Parte B: Ejercicios (4 pt)

1) Asumiendo una densidad central del sol de $\rho_{\odot} = 1.5 \times 10^5 \text{ kg m}^{-3}$, una opacidad media central de $\kappa = 0.217 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ y un radio solar de $R_{\odot} = 6.96 \times 10^8 \text{ m}$, estime

a) el camino libre medio para un fotón en el centro del sol (0.5 pt).

b) el número de pasos en promedio que necesitaría un fotón para salir del sol si el camino libre medio calculado en a) se mantuviera constante durante todo el viaje del fotón hasta la superficie (0.5 pt).

c) el tiempo que tardaría un fotón en salir del Sol si lo que calculó en a y b fuese válido para todo el viaje (1.0 pt).

Fórmulas:

Desplazamiento neto d tras N pasos en una caminata aleatoria: $d = \ell\sqrt{N}$

Camino libre medio: $\ell = \frac{1}{\kappa\rho}$

Solución:

a) El camino libre medio es:

$$\ell = \frac{1}{\kappa\rho} = \frac{1}{(0.217 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1})(1.5 \times 10^5 \text{ kg m}^{-3})}$$

$\ell = 3.07 \times 10^{-5} \text{ metros}$

b) Como el desplazamiento neto acumulado tras N pasos es $d = \ell\sqrt{N}$, el número de pasos que se requiere para que el desplazamiento neto sea $1R_{\odot}$ es:

$$N = \left(\frac{d}{\ell}\right)^2 = \left(\frac{R_{\odot}}{\ell}\right)^2$$

$$N = 5.13 \times 10^{26} \text{ pasos}$$

c) En cada paso el fotón avanza una distancia promedio ℓ a una velocidad c , por lo que en cada paso se demora en promedio ℓ/c .

Si el fotón necesita N pasos para salir del sol, el tiempo total que le tardará es N veces ℓ/c :

$$t = \frac{N\ell}{c} :$$

Y el tiempo que le tomará en dar esos N pasos es entonces:

$$t = N\ell/c = 5.25 \times 10^{13} \text{ segundos} \sim 1.66 \times 10^6 \text{ años} = \text{entre 1 y 2 millones de años!}$$

2. Encuentre el fotón de menor longitud de onda emitido por una transición libre-ligado en las series de:

- a)** Lyman (0.5 pt)
- b)** Balmer (0.5 pt)
- c)** Paschen (0.5 pt)
- d)** ¿En qué regiones del espectro electromagnético se encuentran estas longitudes de onda? (0.5 pt)

Use $1/\lambda = R_H(1/n_{\text{low}}^2 - 1/n_{\text{high}}^2)$ donde $1/R_H = 91.18 \text{ nm}$

Solución: La menor longitud de onda corresponde a la transición más energética, por lo que se emitirán cuando la transición sea desde el infinito ($n_{\text{high}} = \infty$)

$$\lambda_{\infty} = \frac{1}{R_H} n_{\text{low}}^2 = (91.18 \text{ nm}) n_{\text{low}}^2.$$

- a) Lyman ($n_{\text{low}} = 1$) $\rightarrow \lambda_{\infty} = 91.18 \text{ nm}$ (0.5 pt)
- b) Balmer ($n_{\text{low}} = 2$) $\rightarrow \lambda_{\infty} = 364.7 \text{ nm}$ (0.5 pt)
- c) Paschen ($n_{\text{low}} = 3$) $\rightarrow \lambda_{\infty} = 820.6 \text{ nm}$ (0.5 pt)
- d) $91.18 \text{ nm} = \text{UV}$, $364.7 \text{ nm} = \text{UV}$ (cercano al visible por lo que si puso visible también se considera buena), $820.6 \text{ nm} = \text{infrarrojo}$ (0.5 pt)