



**FÍSICA**  
**NIVEL MEDIO**  
**PRUEBA 3**

Martes 11 de mayo de 2010 (mañana)

1 hora

Número de convocatoria del alumno

0	0								
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--

---

**INSTRUCCIONES PARA LOS ALUMNOS**

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas de dos de las opciones en los espacios provistos.
- Cuando termine el examen, indique en las casillas correspondientes de la portada de su examen las letras de las opciones que ha contestado.



**Opción A — Visión y fenómenos ondulatorios**

**A1.** Esta pregunta trata de la visión y el ojo.

(a) Indique **una** función de

(i) los conos. [1]

.....  
.....

(ii) los bastoncillos. [1]

.....  
.....

(b) Describa la distribución de conos y bastoncillos en la retina. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

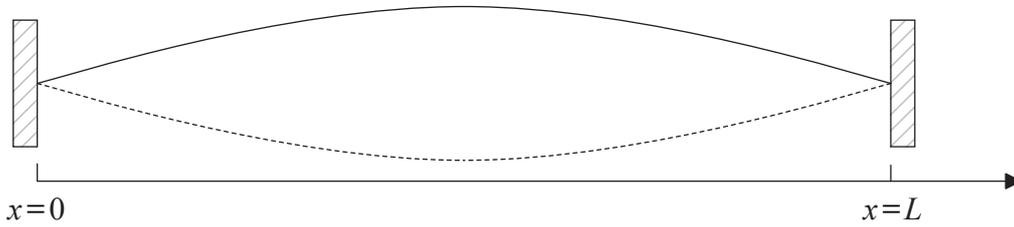
(c) Se quiere observar un objeto bajo luz muy tenue. En relación a su respuesta a (b) explique por qué el objeto se ve con más claridad cuando se le mira de lado y no directamente. [2]

.....  
.....  
.....  
.....



A2. Esta pregunta trata de las ondas estacionarias.

Una cuerda fija en sus dos extremos se hace vibrar en modo fundamental (primer armónico).



Los extremos fijos de la cuerda se encuentran en  $x=0$  y  $x=L$ .

Cada punto sobre la cuerda oscila con un movimiento armónico simple. El desplazamiento,  $y$ , de la cuerda en un punto  $x$  en el tiempo  $t$  viene dado por la ecuación

$$y = A \cos(500\pi t)$$

en donde  $A = 12 \operatorname{sen}\left(\frac{\pi x}{2}\right)$ .

En estas fórmulas,  $x$  está en metros y  $t$  está en segundos. Utilizando esta ecuación,

(a) explique por qué la amplitud de la onda estacionaria no es constante. [1]

.....  
.....

(b) calcule la frecuencia de la onda estacionaria. [2]

.....  
.....  
.....

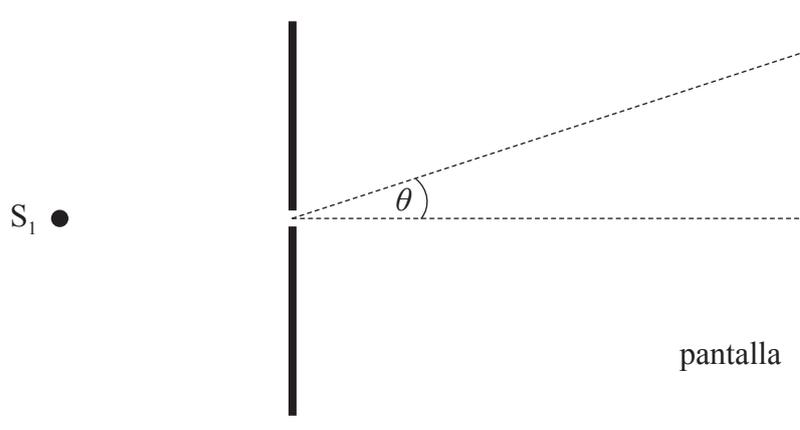
(c) demuestre que  $L=2,0$  m. [1]

.....  
.....

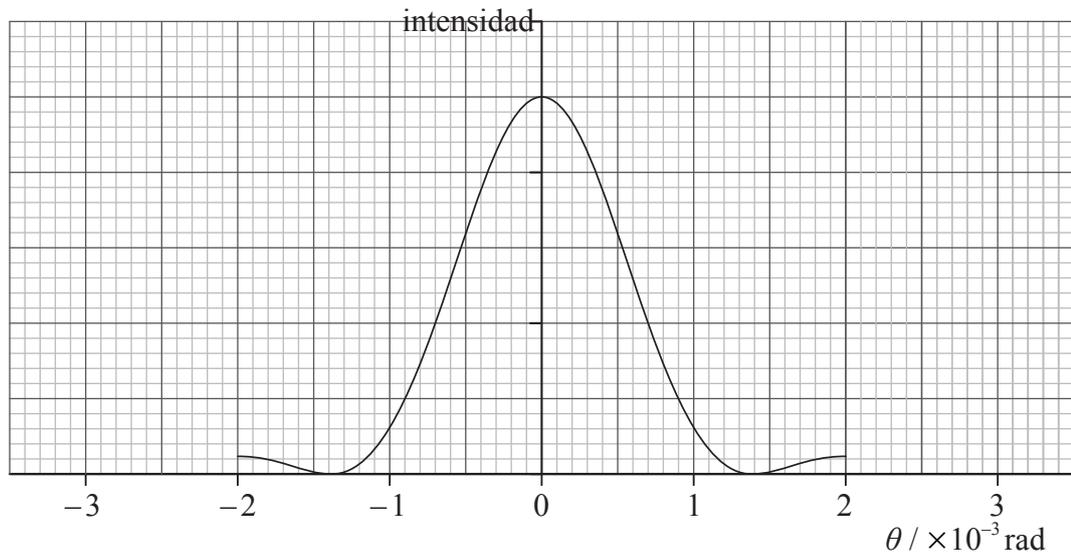


**A3.** Esta pregunta trata de la difracción y la resolución.

- (a) La luz procedente de una fuente puntual monocromática  $S_1$  incide sobre una rendija estrecha rectangular.



Tras atravesar la rendija, la luz incide sobre una pantalla a una cierta distancia de la rendija. La gráfica muestra cómo varía la distribución de la intensidad sobre la pantalla en función del ángulo  $\theta$  mostrado en el diagrama.



*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta A3: continuación)

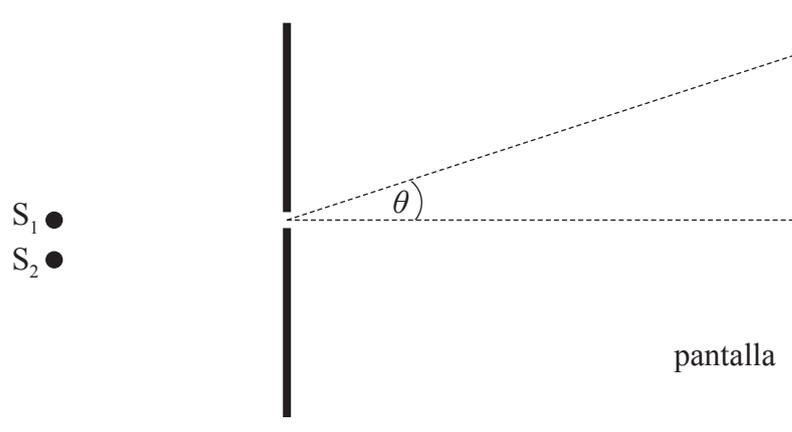
- (i) La anchura de la rendija es de  $4,0 \times 10^{-4}$  m. Utilice datos de la gráfica para calcular la longitud de onda de la luz. [2]

.....

.....

.....

- (ii) Se coloca una fuente luminosa idéntica  $S_2$  cerca de  $S_1$ , como se muestra.



Las imágenes de las dos fuentes luminosas sobre la pantalla resultan apenas resueltas de acuerdo con el criterio de Rayleigh. Sobre la gráfica en la página anterior, dibuje la distribución de intensidad de la segunda fuente. [1]

- (b) El observatorio astronómico Very Large Array (VLA) permite analizar señales de radio procedentes de galaxias distantes. El diámetro combinado del VLA es de 36 km. Una región de tamaño lineal  $L$  dentro de la radiogalaxia M87 emite ondas de radio con una frecuencia de 43 GHz. La galaxia está a una distancia de  $4,7 \times 10^{23}$  m de la Tierra. El VLA recoge apenas resuelta la región emisora de radio. Estime el valor de  $L$ . [3]

.....

.....

.....

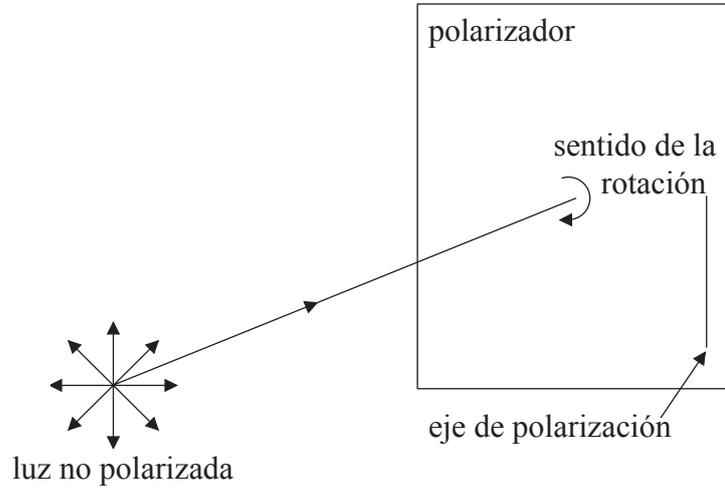
.....

.....



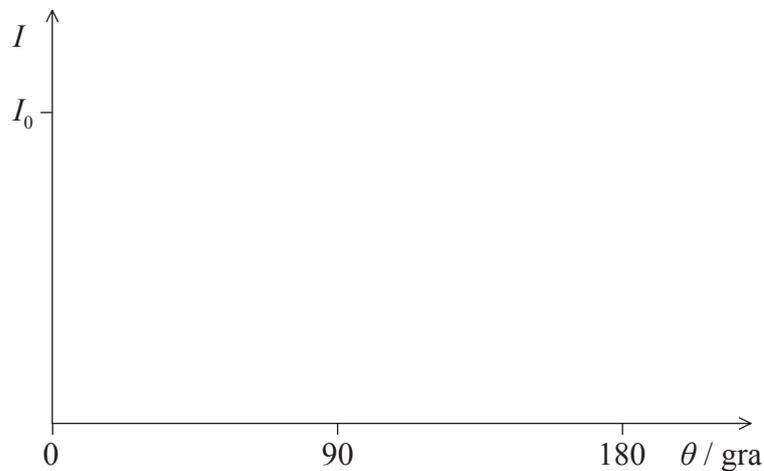
A4. Esta pregunta trata de la polarización.

- (a) Un haz de luz no polarizada de intensidad  $I_0$  incide sobre un polarizador. El eje de polarización del polarizador está inicialmente en vertical, como se muestra.



A continuación se hace rotar el polarizador  $180^\circ$  en el sentido indicado. Sobre los siguientes ejes, esquematice una gráfica que muestre la variación con respecto al ángulo de rotación  $\theta$ , de la intensidad de la luz transmitida,  $I$ , cuando  $\theta$  varía de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ . Rotule su bosquejo de gráfica con la letra U.

[2]

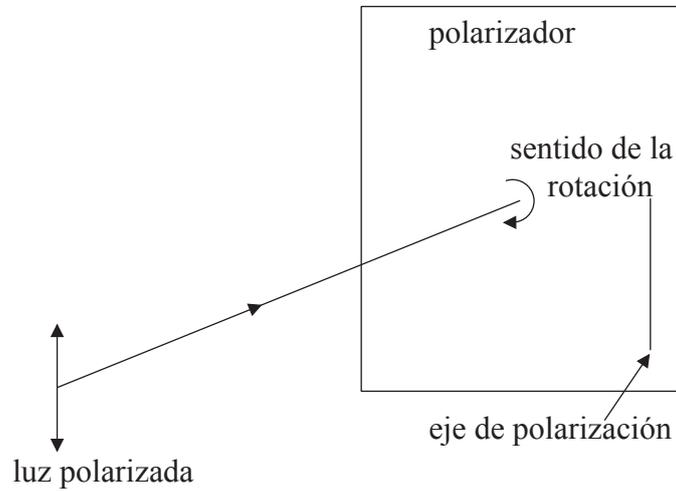


(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta A4: continuación)

- (b) El haz de (a) se sustituye ahora por un haz de luz polarizada de la misma intensidad. El plano de polarización de la luz es inicialmente paralelo al eje de polarización del polarizador.



A continuación se hace rotar el polarizador  $180^\circ$  en el sentido indicado. Sobre los mismos ejes de (a), esquematice una gráfica que muestre la variación con respecto al ángulo de rotación  $\theta$ , de la intensidad de luz transmitida,  $I$ , cuando  $\theta$  varía de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ . Rotule su bosquejo de gráfica con la letra P.

[2]



**Opción B — Física cuántica y física nuclear**

**B1.** Esta pregunta trata del efecto fotoeléctrico.

- (a) En el efecto fotoeléctrico, se emiten electrones desde una superficie de metal casi inmediatamente después de que la luz incida sobre la superficie, es decir, sin demora de tiempo. Explique esta observación en relación con la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico. [2]

.....

.....

.....

.....

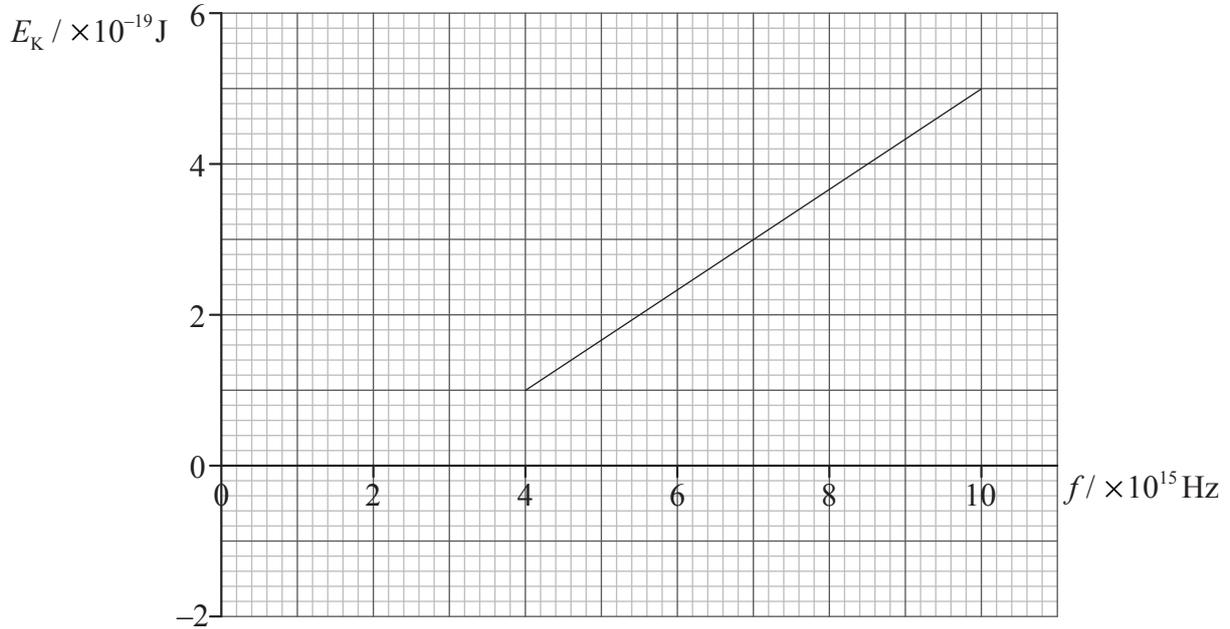
.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta B1: continuación)

- (b) La gráfica muestra la variación con la frecuencia  $f$  de la luz incidente de la energía cinética máxima  $E_k$  de los electrones emitidos.



Utilice la gráfica para

- (i) estimar la función de trabajo de la superficie de metal. [1]

.....  
.....

- (ii) calcular la velocidad máxima de los electrones emitidos para una luz incidente de frecuencia  $5,0 \times 10^{15}$  Hz. [3]

.....  
.....  
.....  
.....



**B2.** Esta pregunta trata de los aspectos cuánticos del electrón.

- (a) Se dice que la energía de los electrones en los átomos está cuantizada. Indique qué se entiende por energía cuantizada. [1]

.....

.....

- (b) Un electrón que se encuentra confinado para moverse en una región de longitud  $L$  solo puede tener energías dadas por la ecuación

$$E_n = \frac{h^2 n^2}{8\pi m L^2}$$

en donde  $n$  es un entero positivo.

Para  $L = 1,0 \times 10^{-10}$  m, utilice la ecuación anterior para

- (i) calcular que la diferencia mínima entre los niveles de energía permitidos del electrón es  $5,8 \times 10^{-18}$  J. [2]

.....

.....

.....

- (ii) determinar la longitud de onda del fotón cuya energía es  $5,8 \times 10^{-18}$  J. [3]

.....

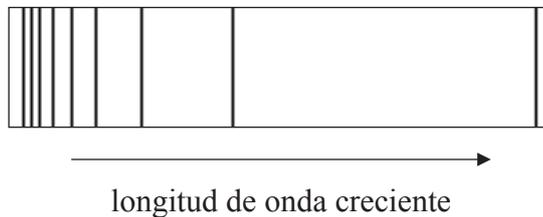
.....

.....

.....

.....

- (c) En el diagrama se muestra parte del espectro de emisión del hidrógeno.



- Sugiera si este espectro puede explicarse mediante el modelo de (b). [2]

.....

.....

.....

.....



**B3.** Esta pregunta trata de la desintegración radiactiva.

(a) La constante de desintegración de un isótopo particular es  $\lambda=0,048\text{ s}^{-1}$ . Una muestra de este isótopo contiene inicialmente  $2,0 \times 10^{12}$  núcleos del isótopo.

(i) Defina *constante de desintegración*. [1]

.....  
.....

(ii) Estime el número de núcleos que se desintegrarán en el primer segundo. [1]

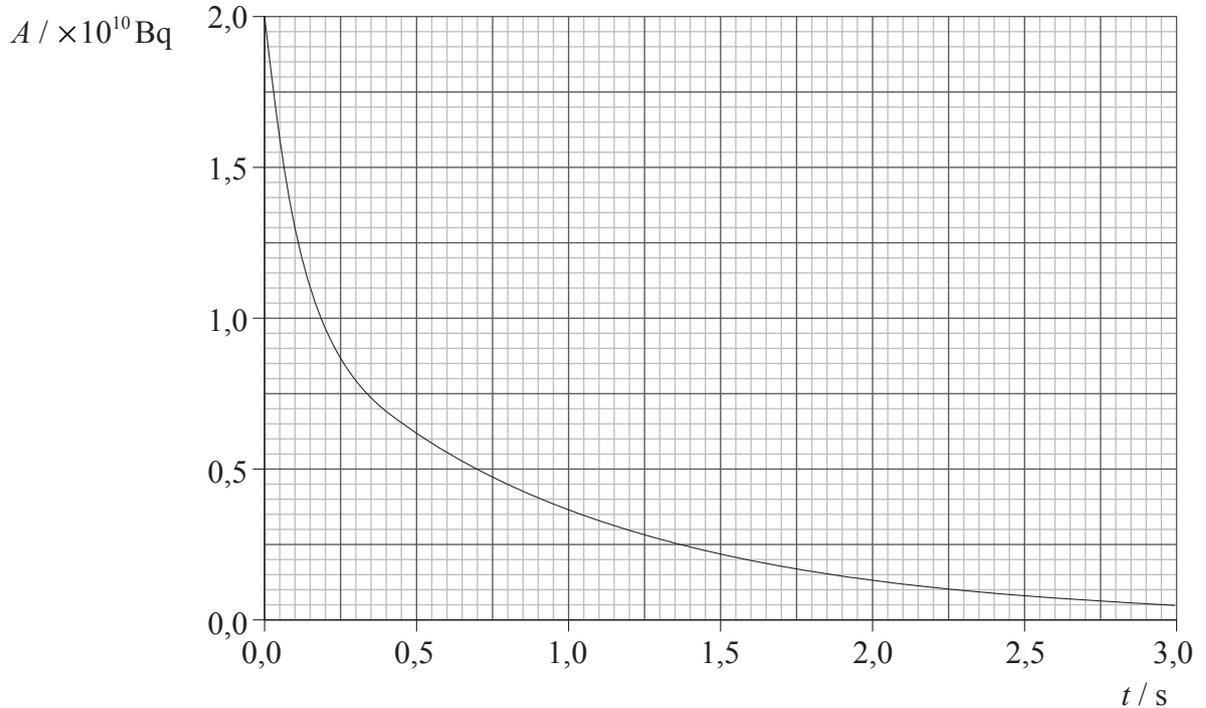
.....  
.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta B3: continuación)

- (b) La gráfica muestra la variación con el tiempo  $t$  de la actividad  $A$  de una muestra que contiene material radiactivo consistente en dos isótopos diferentes. Cada isótopo se desintegra en un isótopo hijo estable.



- (i) Utilice la gráfica para explicar cómo puede deducirse que la muestra contiene más que un isótopo. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

- (ii) Uno de los isótopos de la muestra tiene una semivida que es menor de 0,20s. Utilice la gráfica para estimar la semivida del otro isótopo. Explique su razonamiento. [2]

.....  
.....  
.....  
.....



**Opción C — Tecnología digital**

**C1.** Esta pregunta trata del dispositivo acoplado por carga (CCD).

- (a) La luz procedente de un objeto que incide sobre los píxeles de un CCD da lugar a diferencias de potencial en los píxeles. Resuma cómo se utilizan estas diferencias de potencial para producir la imagen del objeto. [2]

.....

.....

.....

- (b) El CCD de una cámara digital concreta tiene  $5,0 \times 10^6$  píxeles y un área de recepción de  $22 \text{ mm}^2$ . Sobre el área de recepción incide luz con intensidad de  $1,4 \text{ Wm}^{-2}$  durante un intervalo de tiempo de 85 ms. La energía media de los fotones de la luz incidente es de  $3,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ . El rendimiento cuántico del CCD es del 75%.

- (i) Indique qué se entiende por rendimiento cuántico. [1]

.....

.....

- (ii) Demuestre que el número de fotones que inciden sobre **un** píxel del CCD en el intervalo de tiempo de 85 ms es aproximadamente  $1,5 \times 10^6$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) La capacitancia de un píxel del CCD es de 12 pF. Demuestre que la diferencia de potencial establecida en el píxel es de aproximadamente 15 mV. [2]

.....

.....

.....

- (iv) El voltaje de (b)(iii) se digitaliza como un número binario de cuatro bits. Determine el equivalente binario de este voltaje. [1]

.....

.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta C1: continuación)

- (c) Los CCD que detectan rayos X se utilizan en la actualidad en el diagnóstico médico. Indique la ventaja para el paciente de un CCD detector de rayos X con rendimiento cuántico alto. [1]

.....

.....

.....

C2. Esta pregunta trata del sistema de telefonía móvil.

En el sistema de telefonía móvil, cada área geográfica se divide en un número de células o celdas con una estación base en cada célula, cada una conectada a un controlador de comunicación celular.

Describa la función de las estaciones de base y del controlador de comunicación celular. [4]

Estaciones de base: .....

.....

.....

.....

Controlador de comunicación celular: .....

.....

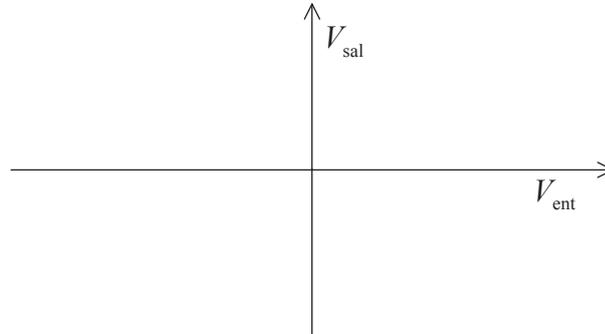
.....

.....

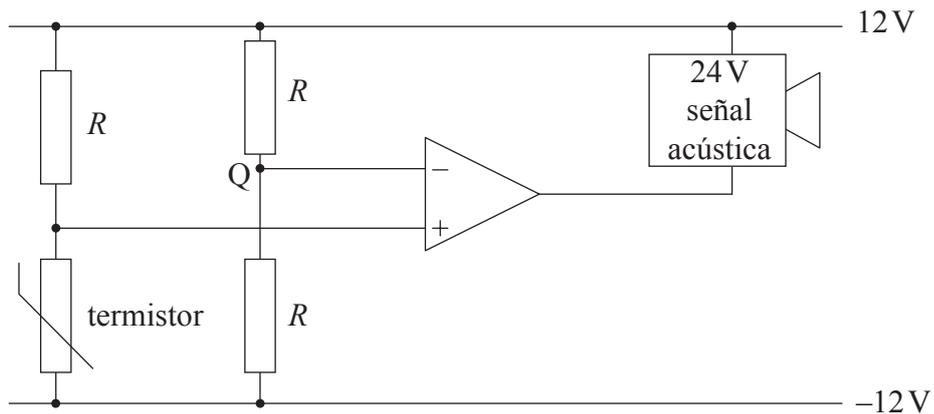


C3. Esta pregunta trata del amplificador operacional.

- (a) Sobre los siguientes ejes, dibuje un bosquejo de gráfica que muestre la variación con el voltaje de entrada  $V_{ent}$  del voltaje de salida  $V_{sal}$  de un amplificador operacional no inversor. [2]



- (b) Un dispositivo de alerta de temperatura hace uso de una señal acústica que suena cuando la diferencia de potencial en él es de 24 V. A continuación se muestra el circuito en el dispositivo de alerta.



Se requiere que la señal acústica suene cuando la temperatura del termistor exceda los 50°C.

- (i) Indique el voltaje en el punto Q. [1]

.....

- (ii) A una temperatura de 50°C la resistencia del termistor es  $R$ . Explique por qué la señal acústica sonará cuando la temperatura exceda los 50°C. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



**Opción D — Relatividad y física de partículas**

**D1.** Esta pregunta trata de la cinemática relativista.

- (a) Indique qué se entiende por longitud propia e intervalo de tiempo propio. [2]

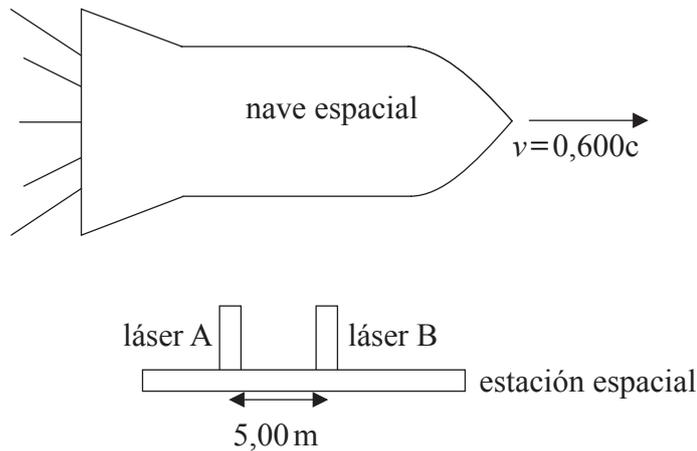
Longitud propia: .....

.....

Intervalo de tiempo propio: .....

.....

- (b) Una nave espacial se desplaza con velocidad  $v=0,600c$  relativa a una estación espacial. Dos láseres, A y B, sobre la estación espacial se encuentran separados 5,00 m, según la medida de los observadores de la estación espacial. El factor gamma para una velocidad de  $v=0,600c$  es  $\gamma=1,25$ .



- (i) Desde la estación espacial se envía una señal de radio a la nave espacial. La transmisión dura 6,00 s según los relojes de la estación espacial. Calcule la duración de la transmisión según los observadores de la nave espacial. [2]

.....

.....

.....

- (ii) Calcule la distancia entre los láseres A y B según los observadores de la nave espacial. [2]

.....

.....

.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



*(Pregunta D1: continuación)*

(c) Los láseres de (b) son disparados **simultáneamente** según los observadores de la **estación espacial**. La luz de cada láser deja sendas marcas sobre la nave espacial. Los observadores de la nave espacial miden la distancia entre las dos marcas en 6,25 m. Según los observadores de la nave espacial

(i) indique qué láser se disparó primero. [1]

.....

(ii) determine la diferencia en tiempo entre los disparos de los dos láseres. [2]

.....  
.....  
.....  
.....



**D2.** Esta pregunta trata de los quarks.

La siguiente tabla muestra la carga eléctrica de los tres quarks más ligeros en función de  $e$ , la carga del protón.

Sabor de quark	arriba ( <i>up</i> ) u	abajo ( <i>down</i> ) d	extraño ( <i>strange</i> ) s
Carga eléctrica / $e$	$\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$

(a) Utilizando los datos de la tabla, determine

- (i) el contenido de quarks de un mesón con carga +1 y extrañeza (*strangeness*) 0 y el de un barión con carga -1 y extrañeza -3. [2]

Mesón: .....

Barión: .....

- (ii) los posibles valores de espín del mesón de (a)(i). [1]

.....

(b) Indique el principio de exclusión de Pauli. [1]

.....  
.....

(c) Explique cómo el barión con contenido de quarks  $uuu$  y espín  $\frac{3}{2}$  no viola el principio de exclusión de Pauli. [1]

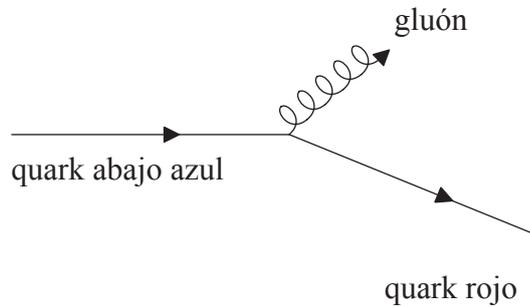
.....  
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta D2: continuación)

- (d) En el diagrama de Feynman mostrado un quark abajo azul emite un gluón y produce un quark rojo.



Deduzca

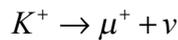
- (i) el sabor de quark (tipo) del quark producido. [1]

.....

- (ii) los números cuánticos de color del gluón emitido. [1]

.....

- (e) El kaón positivo  $K^+$  (compuesto por quarks  $u\bar{s}$ ) se desintegra en un antimuón y un neutrino de acuerdo con la siguiente reacción.



Explique cómo puede deducirse que esta desintegración es un proceso de interacción débil. [1]

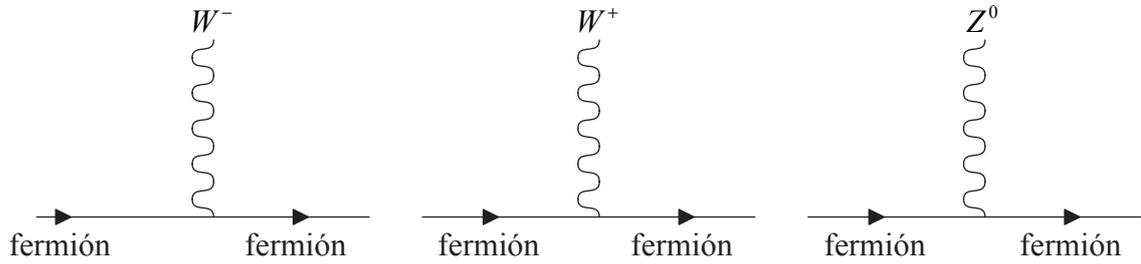
.....  
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta D2: continuación)

(f) El diagrama muestra tres de los vértices de interacción para la interacción débil.



Utilizando el vértice apropiado, dibuje un diagrama de Feynman para la desintegración  $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$  identificando todas las partículas involucradas.

[3]



**Opción E — Astrofísica**

**E1.** Esta pregunta trata de la densidad de población relativa de las estrellas y las galaxias.

El número de estrellas en torno al Sol, dentro de una distancia de 17 años-luz, es de 75.  
El número de galaxias en el grupo local, dentro de una distancia de  $4,0 \times 10^6$  años-luz desde el Sol, es de 26.

(a) Calcule la densidad de población media, por año-luz<sup>3</sup>, de estrellas y galaxias. [2]

Estrellas: .....  
.....  
.....

Galaxias: .....  
.....  
.....

(b) Utilice su respuesta de (a) para determinar el cociente

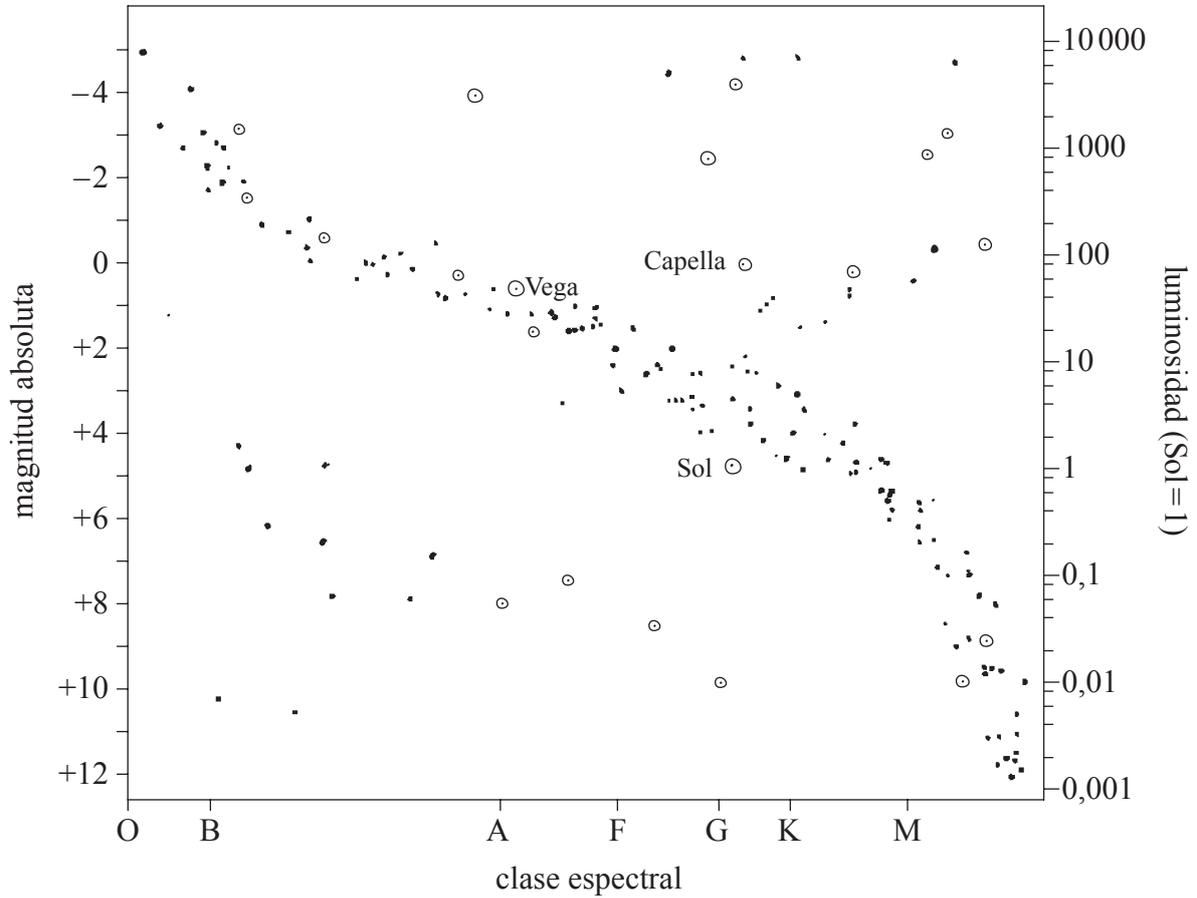
$$\frac{\text{densidad de población media de estrellas}}{\text{densidad de población media de galaxias}} \quad [1]$$

.....  
.....



E2. Esta pregunta trata de la luminosidad, tamaño y distancia de las estrellas.

El diagrama de Hertzsprung-Russell (HR) muestra la variación de la magnitud absoluta de las estrellas respecto a la clase espectral.



La estrella Capella y el Sol están en la misma clase espectral (G). Utilizando el diagrama de HR,

(a) (i) sugiera por qué Capella tiene un área superficial mayor que el Sol. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

(ii) estime la luminosidad de Capella en función de la del Sol. [1]

.....  
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta E2: continuación)

(iii) calcule el radio de Capella en función del radio del Sol. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

(b) El método de paralaje espectroscópico puede utilizarse para medir la distancia de la estrella Vega.

(i) Utilizando el diagrama HR, indique la magnitud absoluta de Vega. [1]

.....

(ii) La magnitud aparente de Vega es 0,0. Determine (en parsec) la distancia a Vega desde la Tierra. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

(iii) La luz procedente de Vega es absorbida por una nube de polvo situada entre Vega y la Tierra. Sugiera el efecto, si lo hubiera, que esto tendrá en la determinación de la distancia a Vega desde la Tierra. [2]

.....  
.....  
.....

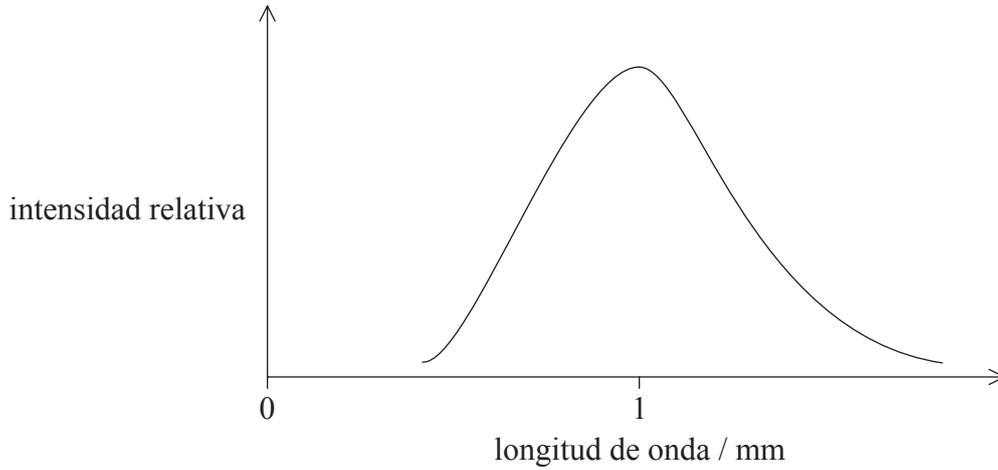
(c) Vega es una estrella muy masiva. Indique por qué Vega no sufrirá colapso gravitatorio. [1]

.....  
.....



**E3.** Esta pregunta trata de la radiación de fondo cósmico de microondas (CMB) y la densidad del universo.

La gráfica muestra la intensidad relativa de la CMB como función de la longitud de onda.



(a) Explique cómo esta gráfica es consistente con el modelo del Big Bang del universo. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

(b) La densidad del universo determinará su destino final. Resuma los problemas vinculados a la determinación de la densidad del universo. [2]

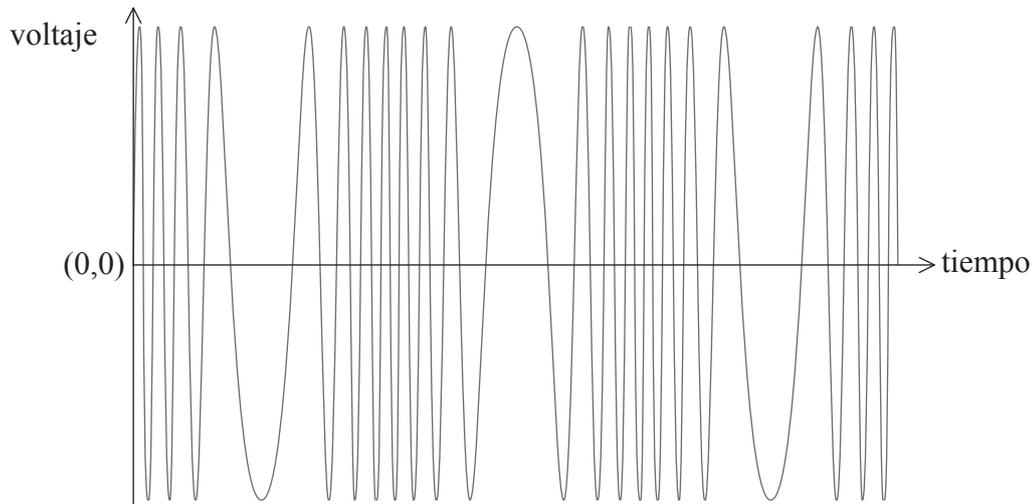
.....  
.....  
.....  
.....



**Opción F — Comunicaciones**

**F1.** Esta pregunta trata de la modulación.

- (a) El diagrama muestra cómo varía con el tiempo la señal de voltaje de una onda portadora modulada en frecuencia (FM).



La onda portadora está modulada por una señal de frecuencia única.

Sobre los anteriores ejes, esquematice la señal de información.

[1]

- (b) Indique y explique **una** ventaja del uso de la modulación de frecuencia (FM) en lugar de la modulación de amplitud (AM).

[2]

.....

.....

.....

.....

.....



**F2.** Esta pregunta trata del muestreo.

Se muestrea una llamada de teléfono con una frecuencia de muestreo de 8,0 kHz. Se almacena cada muestra como un número binario de cuatro bits. La duración de cada bit de la muestra es de 4,0  $\mu$ s.

(a) Calcule el intervalo de tiempo entre el final de una muestra y el comienzo de la siguiente. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

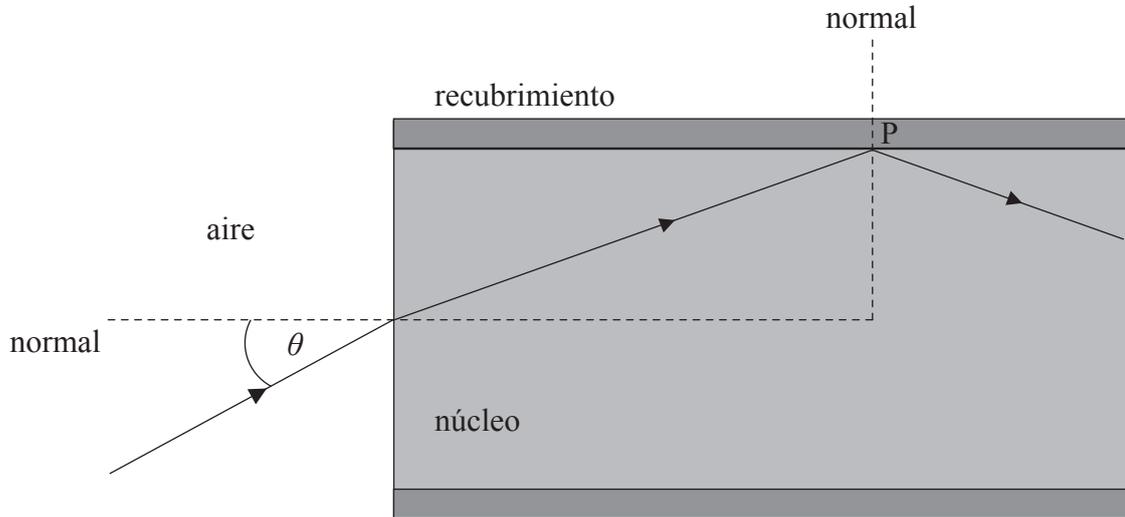
(b) Resuma, en relación con su respuesta en (a), qué se entiende por multiplexación por división de tiempo. [2]

.....  
.....  
.....  
.....



F3. Esta pregunta trata de la transmisión de señales en una fibra óptica.

- (a) Un rayo de luz entra en una fibra óptica desde el aire. El rayo forma un ángulo  $\theta$  con la normal y sufre reflexión total interna en el punto P.



El índice de refracción del núcleo es 1,56 y el del recubrimiento es 1,38.

- (i) Calcule el ángulo crítico de la frontera recubrimiento-núcleo. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Demuestre que el mayor ángulo de incidencia  $\theta$  en el aire para el cual tiene lugar la reflexión interna total en la frontera recubrimiento-núcleo es  $46,7^\circ$ . [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

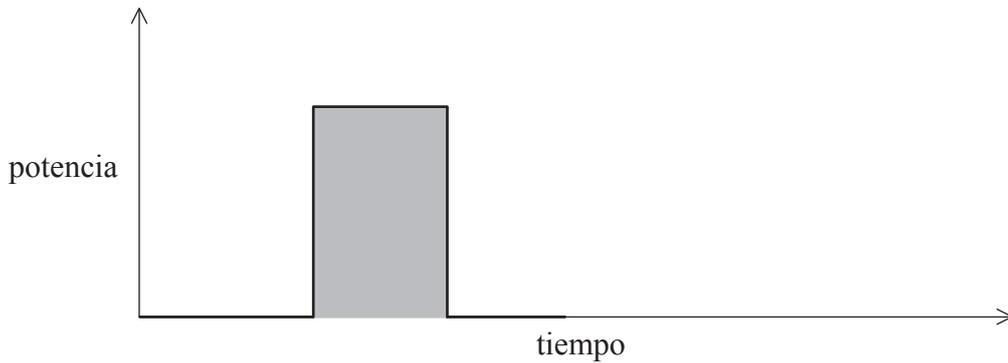


(Pregunta F3: continuación)

- (b) Distinga entre la dispersión modal y la dispersión material en una fibra óptica. [2]

.....  
.....  
.....

- (c) Se alimenta una fibra óptica monomodo con la señal mostrada.



- (i) Indique qué representa el área sombreada. [1]

.....

- (ii) Utilice los anteriores ejes para dibujar la forma que tendrá la señal después de que se haya desplazado una distancia grande en la fibra. [2]

- (iii) La potencia de la señal de entrada en una fibra monomodo es de 15,0 mW. La atenuación por unidad de longitud para esta fibra es de 1,24 dB km<sup>-1</sup>. Determine la potencia de la señal de salida después de que la señal se haya desplazado una distancia de 3,40 km en la fibra. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



**Opción G — Ondas electromagnéticas**

**G1.** Esta pregunta trata de la luz láser.

(a) Resuma cómo se produce la luz láser. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

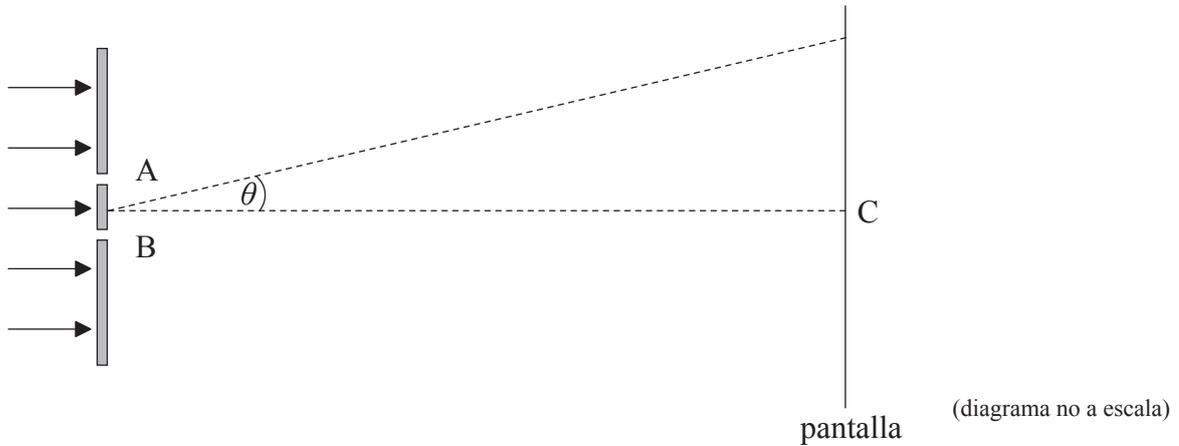
(b) Indique **dos** maneras en que la luz emitida por un láser difiere de la luz emitida desde un bombilla de filamento convencional. [2]

.....  
.....  
.....  
.....



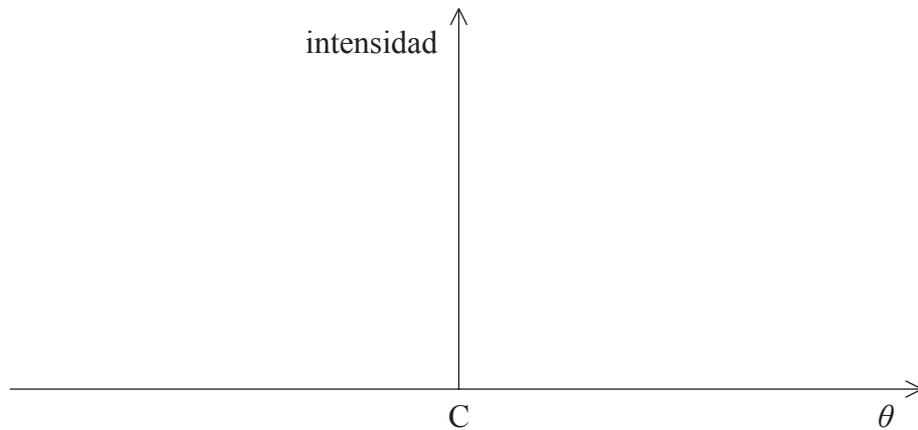
G2. Esta pregunta trata de la interferencia.

(a) Sobre dos rendijas muy estrechas A y B incide la luz de un láser.



El punto C sobre la pantalla se encuentra justo enfrente del punto medio de las rendijas.

(i) Sobre los siguientes ejes, esquematice la variación con el ángulo  $\theta$  de la intensidad de la luz sobre la pantalla. [2]



(ii) La separación de las rendijas es de 0,120 mm y la longitud de onda de la luz es de  $6,80 \times 10^{-7}$  m. La distancia entre las rendijas y la pantalla es de 1,40 m. Calcule la separación de las franjas brillantes sobre la pantalla. [2]

.....  
.....  
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



*(Pregunta G2: continuación)*

(b) Se cubre la rendija A con un vidrio transparente. El efecto del vidrio consiste en incrementar la longitud de la trayectoria de la luz de la rendija a la pantalla en media longitud de onda. Puede suponerse que la cantidad de luz absorbida por el vidrio es despreciable. Indique y explique el efecto o efectos, si los hay, del vidrio sobre

(i) el patrón de intensidad que ha dibujado en (a)(i). [2]

.....  
.....

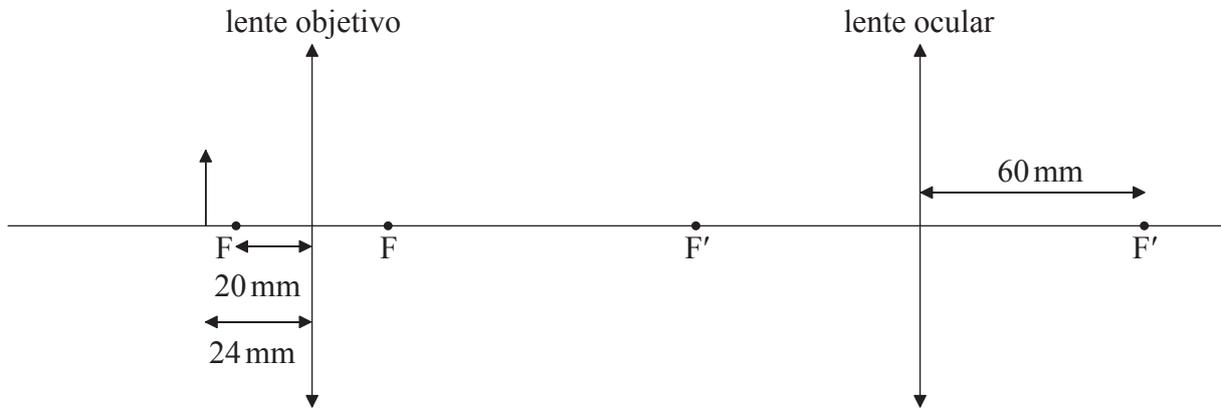
(ii) la separación de las franjas brillantes calculada en (a)(ii). [2]

.....  
.....



G3. Esta pregunta trata de un microscopio compuesto.

El diagrama (que no está a escala) es de un microscopio compuesto.



La distancia focal de la lente objetivo es de 20 mm y la de la lente ocular es de 60 mm. Se coloca un pequeño objeto a una distancia de 24 mm de la lente objetivo. El microscopio produce una imagen virtual final del objeto a una distancia de 240 mm de la lente ocular.

(a) (i) Determine, mediante cálculo, la distancia a la lente objetivo de la imagen formada por la lente objetivo. [2]

.....  
.....  
.....

(ii) Explique por qué la imagen de (a)(i) es real. [1]

.....  
.....

(iii) Determine la distancia a la lente ocular de la imagen formada por la lente objetivo. [2]

.....  
.....  
.....

(b) Determine el aumento total del microscopio. [2]

.....  
.....  
.....

