



Física
Nivel superior
Prueba 3

Miércoles 31 de octubre de 2018 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora 15 minutos

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Instrucciones para los alumnos

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas a tal efecto.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[45 puntos]**.

Sección A	Preguntas
Conteste todas las preguntas.	1 – 2

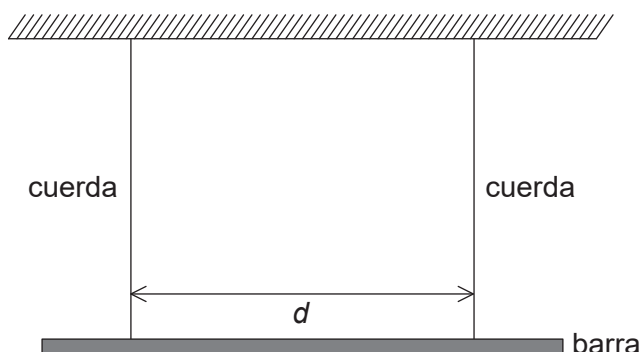
Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	3 – 7
Opción B — Física en ingeniería	8 – 11
Opción C — Toma de imágenes	12 – 16
Opción D — Astrofísica	17 – 21



Sección A

Conteste **todas** las preguntas. Escriba sus respuestas en las casillas provistas a tal efecto.

1. En una investigación para medir la aceleración de caída libre, se suspende horizontalmente una barra de dos cuerdas verticales de igual longitud. Las cuerdas están separadas entre sí una distancia d .



Cuando se desplaza la barra un ángulo pequeño y a continuación se suelta, se producen oscilaciones armónicas simples en el plano horizontal.

La predicción teórica para el periodo T de las oscilaciones está dada por la siguiente ecuación:

$$T = \frac{c}{d\sqrt{g}}$$

donde c es una constante numérica conocida.

- (a) Indique la unidad de c . [1]

.....

- (b) Un alumno registra el tiempo de 20 oscilaciones de la barra. Explique cómo este procedimiento conduce a una medida más exacta del tiempo T de **una** oscilación. [2]

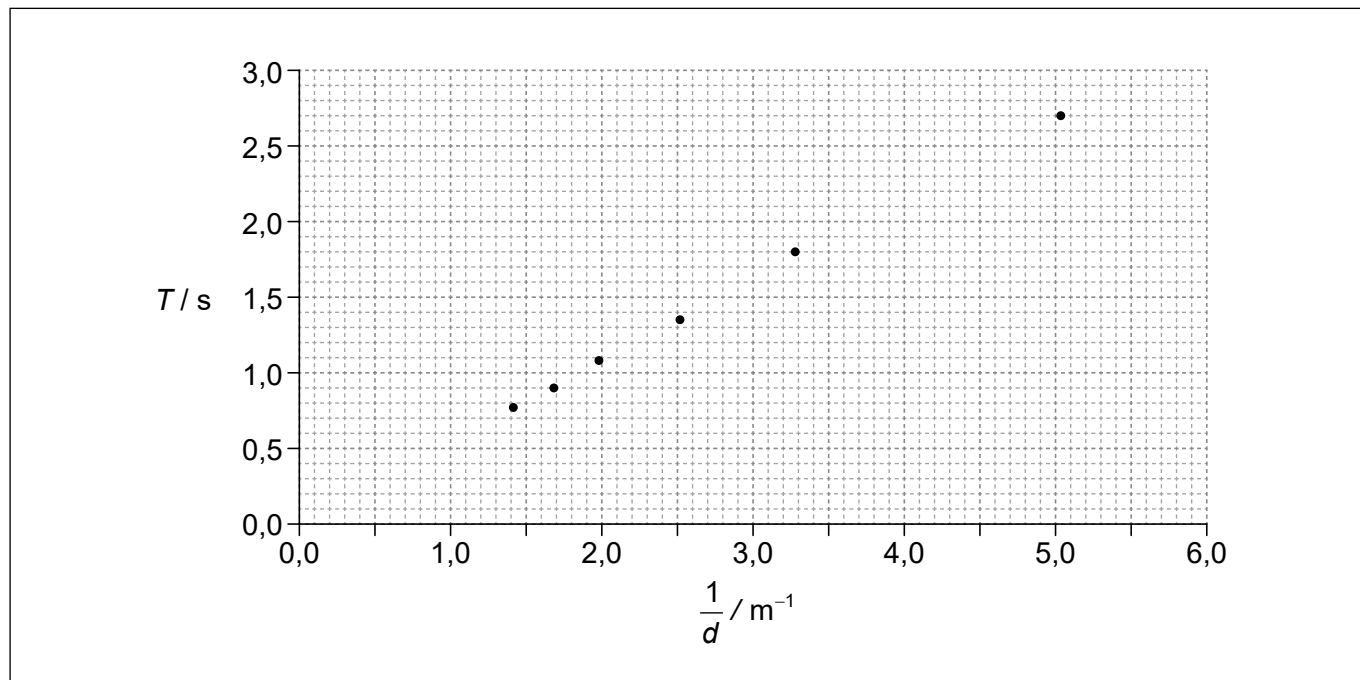
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (c) En un experimento se cambió el valor de d . El gráfico muestra los valores de T frente a $\frac{1}{d}$. Las barras de error son insignificantemente pequeñas.



- (i) Dibuje con precisión la línea de ajuste óptimo para los datos. [1]
- (ii) Sugiera si los datos son consistentes con la predicción teórica. [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (d) El valor numérico de la constante c en unidades del SI es 1,67. Determine g utilizando el gráfico.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



2. En un experimento para medir el calor latente específico de vaporización del agua L_v , un alumno utiliza un calentador eléctrico para hervir agua. Una masa m de agua se vaporiza durante un tiempo t . Se puede calcular L_v utilizando la relación

$$L_v = \frac{VIt}{m}$$

donde V es el voltaje aplicado al calentador e I la corriente que le atraviesa.

- (a) Resuma por qué, durante el experimento, V e I deberían permanecer constantes.

[1]

.....

- (b) Resuma si el valor de L_v calculado en este experimento, se espera que sea mayor o menor que el valor verdadero.

[2]

.....

- (c) Un alumno sugiere que para obtener un valor más exacto de L_v el experimento debería llevarse a cabo dos veces, usando diferentes velocidades de calentamiento. Con un voltaje y una corriente V_1, I_1 la masa de agua vaporizada en el tiempo t es m_1 . Con un voltaje y una corriente V_2, I_2 la masa de agua vaporizada en el tiempo t es m_2 . El alumno utiliza a continuación la expresión

$$L_v = \frac{(V_1 I_1 - V_2 I_2) t}{m_1 - m_2}$$

para calcular L_v . Sugiera, refiriéndose a las pérdidas caloríficas, por qué esto constituye una mejora.

[2]

.....

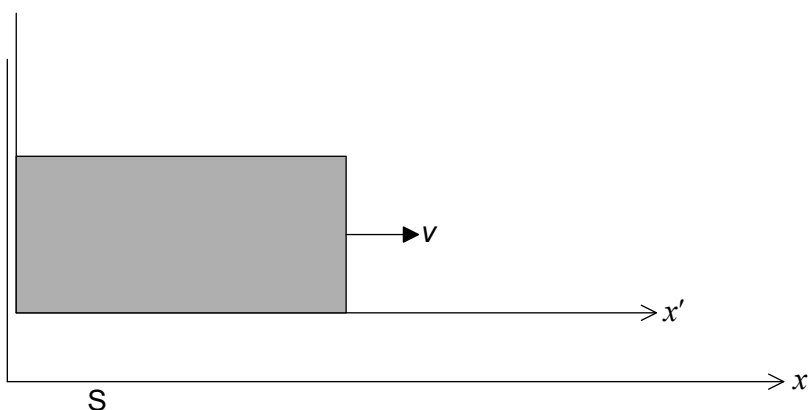


Sección B

Conteste **todas** las preguntas de **una** de las opciones. Escriba sus respuestas en las casillas provistas a tal efecto.

Opción A — Relatividad

3. El diagrama muestra los ejes de dos sistemas de referencia inerciales. El sistema S representa el suelo y el sistema S' es una caja que se mueve hacia la derecha respecto de S con rapidez v .



- (a) Indique qué se entiende por sistema de referencia.

[1]

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 3)

- (b) Cuando los orígenes de los dos sistemas de referencia coinciden, todos los relojes marcan cero. En ese momento, desde la pared izquierda de la cabina se emite un haz de luz con rapidez c hacia la pared derecha de la cabina. La cabina tiene una longitud propia L . Considérese el evento E = la luz llega a la pared derecha de la cabina.

Utilizando la relatividad **galileana**,

- (i) explique por qué la coordenada temporal de E en el sistema de referencia S es $t = \frac{L}{c}$. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) y por lo tanto, muestre que la coordenada espacial de E en el sistema de referencia S es $x = L + \frac{vL}{c}$. [1]

.....

.....

.....

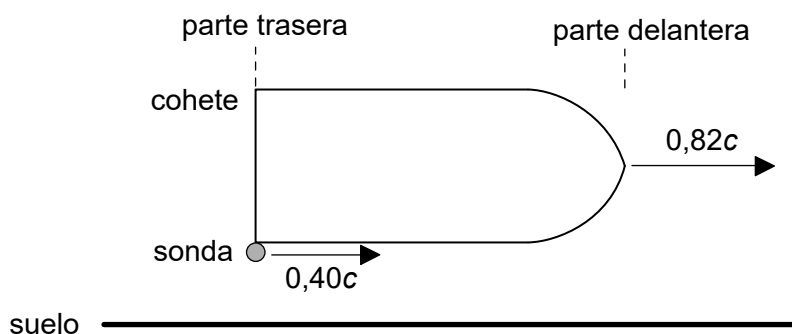
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

4. Un cohete de longitud propia 120 m se mueve hacia la derecha con rapidez $0,82c$ respecto al suelo.



Se lanza una sonda desde la parte trasera del cohete con rapidez $0,40c$ respecto al cohete.

- (a) Calcule la rapidez de la sonda respecto del suelo.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 4)

- (b) Determine el tiempo que tarda la sonda en llegar a la parte delantera del cohete según un observador

(i) en reposo en el cohete.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) en reposo en el suelo.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

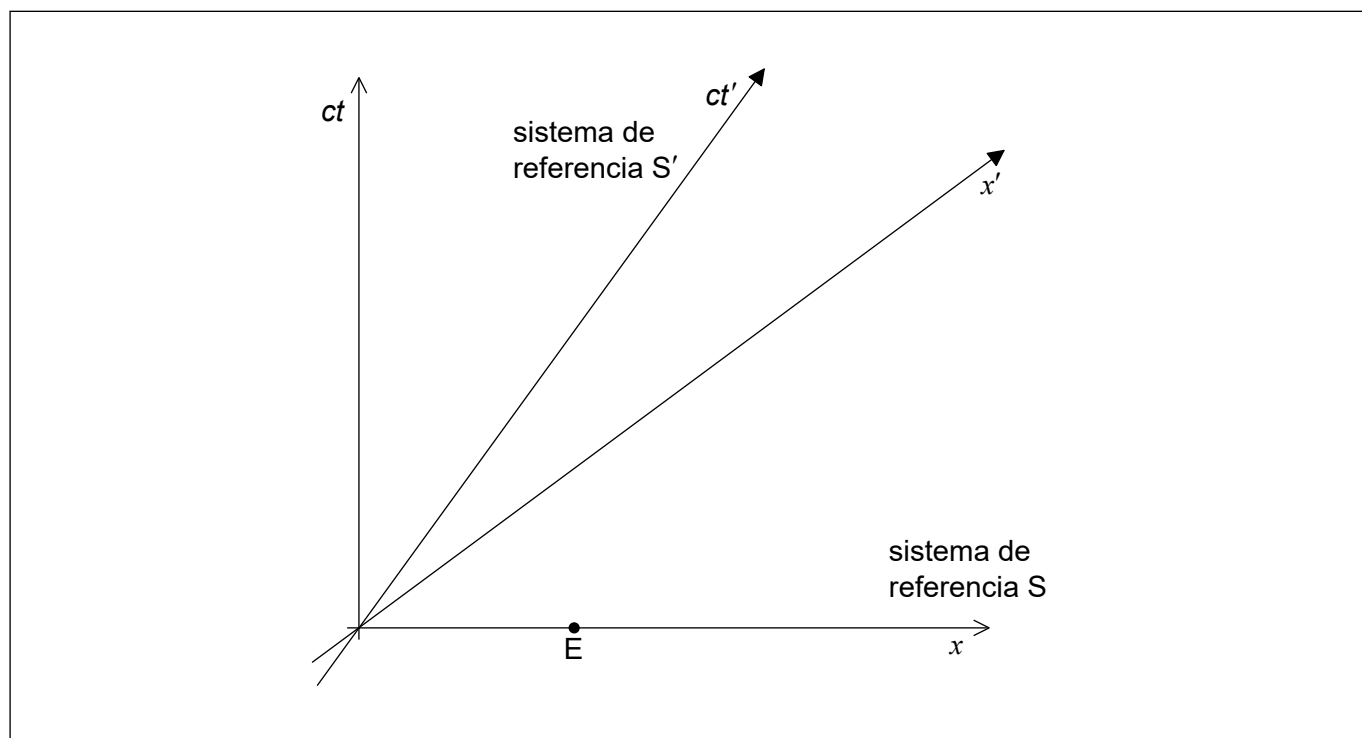
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

5. El diagrama de espacio-tiempo muestra los ejes de un sistema de referencia inercial S y los ejes de un segundo sistema de referencia inercial S' que se mueve con rapidez $0,745c$ respecto de S. Cuando los relojes de ambos sistemas de referencia marcan cero los orígenes de los dos sistemas de referencia coinciden.



- (a) El evento E tiene las coordenadas $x = 1 \text{ m}$ y $ct = 0$ en el sistema de referencia S. Muestre que en el sistema de referencia S' la coordenada espacial y la coordenada temporal del evento E son

(i) $x' = 1,5 \text{ m}$.

[2]

.....

.....

.....

(ii) $ct' = -1,1 \text{ m}$.

[1]

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 5)

(b) Rotule sobre el diagrama

(i) la coordenada espacial del evento E en el sistema de referencia S'. Rotule este evento con la letra P. [1]

(ii) el evento que tiene por coordenadas $x' = 1,0$ m y $ct' = 0$. Rotule este evento con la letra Q. [1]

(c) Una barra en reposo en el sistema de referencia S tiene una longitud propia de 1,0 m. En $t = 0$ el extremo izquierdo de la barra está en $x = 0$ y el extremo derecho está en $x = 1,0$ m.

Utilizando el diagrama de espacio-tiempo,

(i) resuma, sin efectuar cálculos, por qué los observadores en el sistema de referencia S' miden una longitud de la barra inferior a 1,0 m. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) estime, en m, la longitud de esta barra en el sistema de referencia S'. [1]

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

6. Un electrón con energía total 1,50 MeV colisiona con un positrón en reposo. Como consecuencia de ello se producen dos fotones. Uno de los fotones se mueve en la misma dirección y sentido que el electrón y el otro lo hace en el sentido opuesto.

- (a) Muestre que la cantidad de movimiento del electrón es $1,41 \text{ MeV c}^{-1}$. [1]

.....

.....

.....

- (b) Las cantidades de movimiento de los fotones producidos tienen magnitudes p_1 y p_2 . Un alumno escribe las siguientes ecuaciones correctas:

$$p_1 - p_2 = 1,41 \text{ MeV c}^{-1}$$

$$p_1 + p_2 = 2,01 \text{ MeV c}^{-1}$$

- (i) Explique el origen de cada una de esas ecuaciones. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calcule, en MeV c^{-1} , p_1 y p_2 . [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

7. Una sonda lanzada desde una nave espacial se mueve hacia el horizonte de sucesos de un agujero negro.

- (a) (i) Indique qué se entiende por horizonte de sucesos de un agujero negro. [1]

.....

.....

- (ii) La masa del agujero negro es de $4,0 \times 10^{36}$ kg. Calcule el radio de Schwarzschild del agujero negro. [1]

.....

.....

- (b) La sonda permanece estacionaria sobre el horizonte de sucesos del agujero negro de (a). La sonda envía un pulso de radio cada 1,0 segundos (según miden los relojes de la sonda). La nave espacial recibe los pulsos cada 2,0 segundos (según miden los relojes de la nave espacial). Determine la distancia de la sonda al centro del agujero negro. [3]

.....

.....

.....

.....

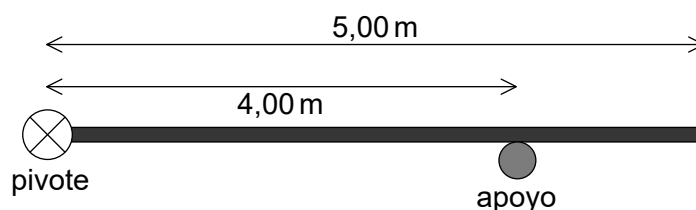
.....

.....

Fin de la opción A

Opción B — Física en ingeniería

8. Una barra uniforme de peso 36,0 N y longitud 5,00 m descansa en horizontal. La barra está pivotada en su extremo izquierdo y está apoyada a una distancia de 4,00 m del pivote sin rozamiento.



- (a) Calcule la fuerza que ejerce el apoyo sobre la barra. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) De repente, se quita el apoyo y la barra comienza a girar alrededor del pivote en el sentido de las agujas del reloj. El momento de inercia de la barra alrededor del pivote es de 30,6 kg m².

- (i) Calcule, en rad s⁻², la aceleración angular inicial α de la barra. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Después de un tiempo t la barra forma un ángulo θ con la horizontal. Resuma por qué **no puede** utilizarse la ecuación $\theta = \frac{1}{2}\alpha t^2$ para determinar el tiempo que tarda θ en tomar el valor $\frac{\pi}{2}$ (esto es, para que la barra quede vertical por primera vez). [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 8)

(c) En el momento en que la barra queda vertical

(i) muestre que la rapidez angular es $\omega = 2,43 \text{ rad s}^{-1}$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) calcule el momento angular de la barra. [1]

.....

.....

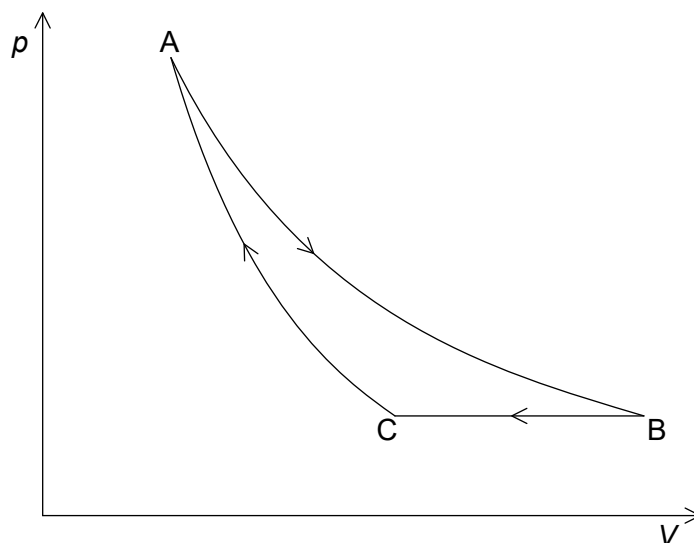
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

9. El diagrama pV de una máquina térmica que utiliza un gas ideal consta de una expansión isotérmica $A \rightarrow B$, una compresión isobárica $B \rightarrow C$ y una compresión adiabática $C \rightarrow A$.



Se dispone de los siguientes datos:

Temperatura en A	$= 385 \text{ K}$
Presión en A	$= 2,80 \times 10^6 \text{ Pa}$
Volumen en A	$= 1,00 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
Volumen en B	$= 2,80 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
Volumen en C	$= 1,85 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 9)

(a) Muestre que en C

(i) la presión es de $1,00 \times 10^6 \text{ Pa}$.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) la temperatura es de 254 K.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Muestre que la energía térmica transferida desde el gas durante el proceso $B \rightarrow C$ es de 238 J.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página 19)



No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en
esta página no serán corregidas.



(Continuación: opción B, pregunta 9)

- (c) (i) El trabajo efectuado por el gas en el proceso $A \rightarrow B$ es 288 J. Calcule el rendimiento del ciclo.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Indique, sin efectuar cálculos, durante qué proceso ($A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$ o $C \rightarrow A$) disminuye la entropía del gas.

[1]

.....

.....

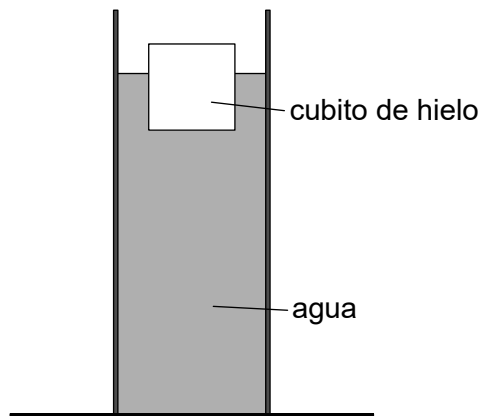
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

10. (a) Un cubito de hielo flota en el agua contenida en un tubo.



El cubito de hielo se funde.

Sugiera qué sucederá en el nivel de agua del tubo.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

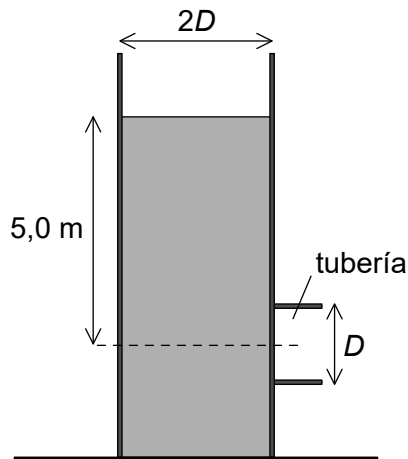
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 10)

- (b) Se inserta una tubería horizontal en el tubo cilíndrico de modo que su centro quede a una profundidad de 5,0 m de la superficie del agua. El diámetro D de la tubería es la mitad que el del tubo.



Cuando la tubería se abre, el agua sale de la tubería con una rapidez u y la superficie del agua en el tubo se mueve hacia abajo con rapidez v .

- (i) Resuma por qué $u = 4v$.

[2]

.....

.....

- (ii) La densidad del agua es 1000 kg m^{-3} . Calcule u .

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

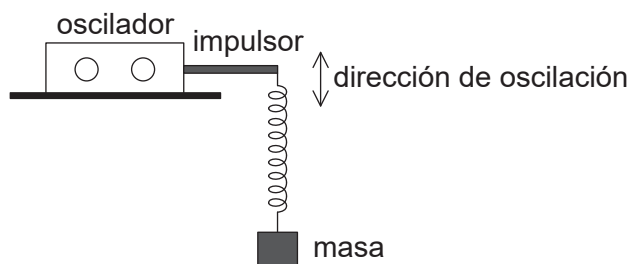
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

11. Una masa está sujeta a un muelle vertical. El otro extremo del muelle está sujeto al impulsor de un oscilador.



La masa está realizando oscilaciones armónicas muy ligeramente amortiguadas. La frecuencia del impulsor es **mayor** que la frecuencia natural del sistema. En cierto instante, el impulsor se está moviendo hacia abajo.

- (a) Indique y explique el sentido del movimiento de la masa en ese instante.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (b) El oscilador es apagado. El sistema tiene un factor de calidad (factor Q) de 22. La amplitud inicial es 10 cm. Determine la amplitud después de **un** periodo completo de oscilación.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

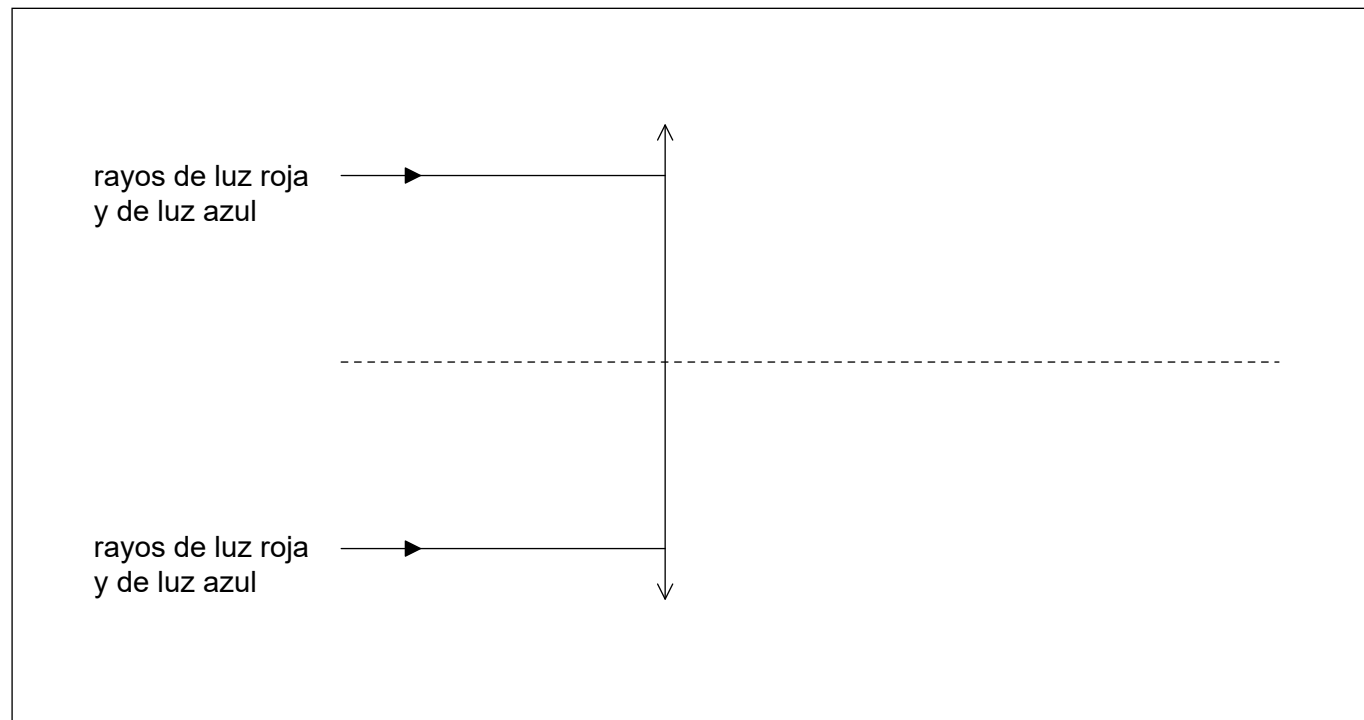
Fin de la opción B



40EP22

Opción C — Toma de imágenes

12. El índice de refracción del vidrio disminuye cuando aumenta la longitud de onda. El diagrama muestra rayos de luz que inciden sobre una lente convergente de vidrio. La luz es una mezcla de luz roja y de luz azul.



- (a) Sobre el diagrama, dibuje con precisión líneas que muestren los rayos después de refractarse en la lente. Rotule los rayos rojos refractados con la letra R y los rayos azules refractados con la letra B.

[3]

- (b) (i) Sugiera cómo se modifican los rayos refractados en (a) cuando la lente convergente se reemplaza por una lente divergente.

[1]

.....

.....

- (ii) En consecuencia, indique cómo puede corregirse la aberración de la lente convergente en (a).

[1]

.....

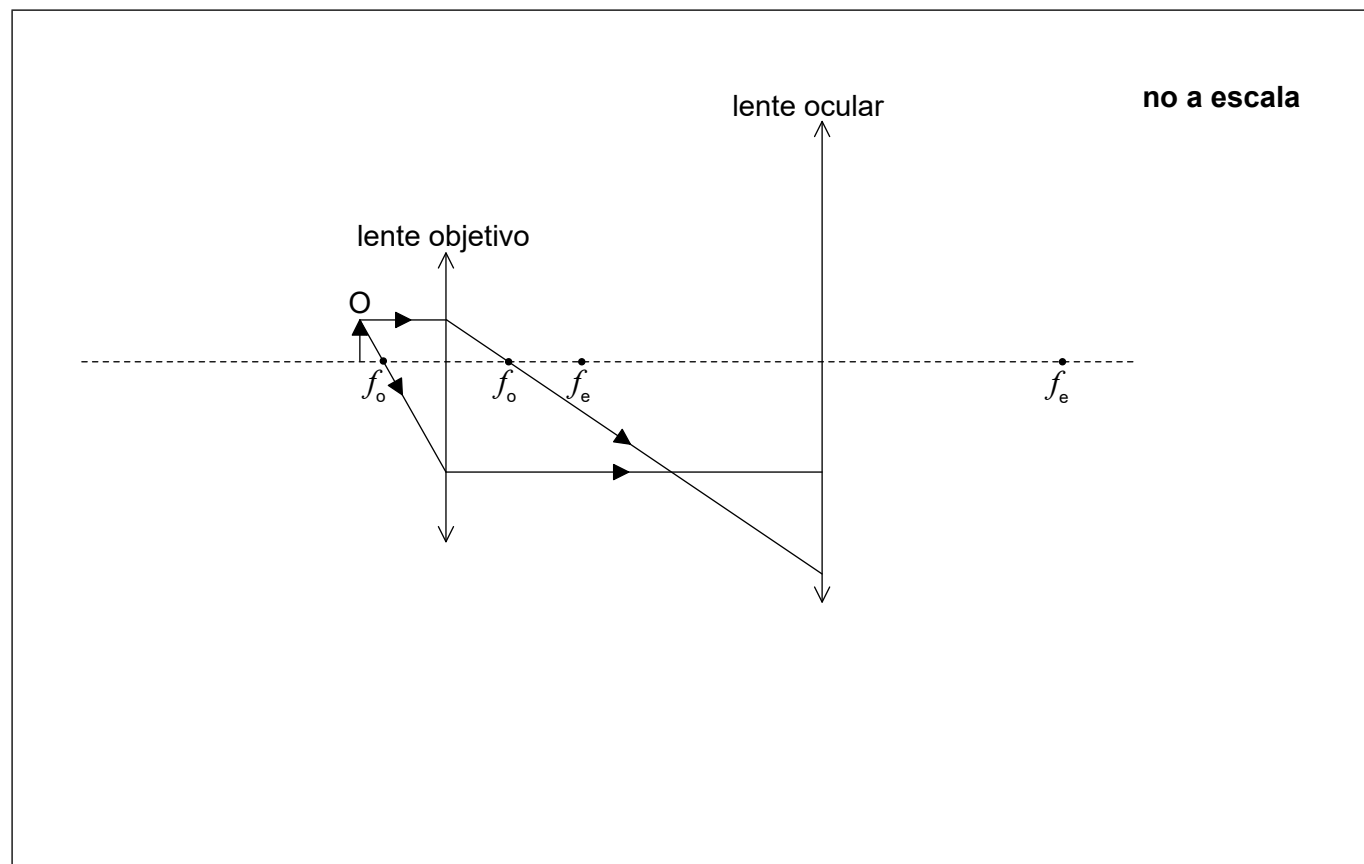
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

13. El diagrama muestra dos rayos de luz que forman una imagen intermedia por la lente objetivo de un microscopio compuesto óptico. Esos rayos inciden en la lente ocular. Están indicados los puntos focales de las dos lentes.



- (a) Sobre el diagrama, dibuje con precisión los rayos para mostrar la formación de la imagen final.

[2]

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 13)

- (b) El objeto O está situado a una distancia de 24,0 mm de la lente objetivo y la imagen final se forma a una distancia de 240 mm de la lente ocular. La longitud focal de la lente objetivo es de 20,0 mm y la de la lente ocular es de 60,0 mm. El punto cercano del observador está a una distancia de 240 mm de la lente ocular.

- (i) Calcule la distancia entre las lentes.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Determine el aumento del microscopio.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

- 14.** (a) Una fibra óptica consta de un núcleo de vidrio de índice de refracción 1,52 rodeado de un revestimiento de índice de refracción n . El ángulo crítico en la frontera vidrio-revestimiento es de 84° .

(i) Calcule n . [2]

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

(ii) Los índices de refracción del vidrio y del revestimiento solo son ligeramente diferentes. Sugiera por qué esto es lo deseable. [1]

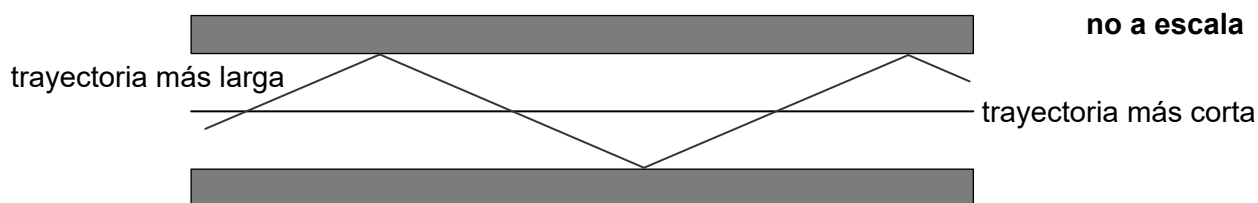
.....
.....
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 14)

- (b) El diagrama muestra las trayectorias más larga y más corta que un rayo puede seguir por el interior de la fibra.



Para la trayectoria más larga, los rayos inciden en la frontera núcleo-revestimiento con un ángulo ligeramente mayor que el ángulo crítico. La fibra óptica tiene una longitud de 12 km.

- (i) Muestre que el trayecto más largo es 66 m mayor que el trayecto más corto. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Determine el tiempo de retardo entre la llegada de señales debido a la distancia extra de (b)(i). [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Sugiera si esta fibra puede utilizarse para transmitir información a una frecuencia de 100 MHz. [1]

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página 29)

No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en
esta página no serán corregidas.



40EP28

(Opción C: continuación)

- 15.** En la toma de imágenes por resonancia magnética nuclear (RMN), un paciente es expuesto a un fuerte campo magnético externo para que los espines de los protones de su cuerpo se alineen de modo paralelo o antiparalelo al campo magnético. Entonces, se dirige hacia el paciente un pulso de ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (RF).

(a) Describa el efecto de la señal de RF sobre los protones del cuerpo.

[1]

.....

.....

(b) Resuma la medición que es preciso hacer después de apagar la señal de RF.

[2]

.....

.....

.....

.....

(c) Describa cómo la medición en (b) proporciona información al médico para el diagnóstico.

[2]

.....

.....

.....

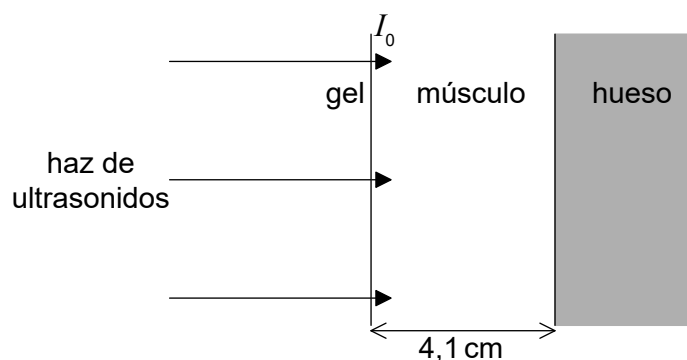
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

16. Un haz de ultrasonidos de intensidad I_0 entra en una capa de músculo de espesor 4,1 cm.



La fracción de intensidad reflejada en una interfase es

$$\left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

donde Z_1 y Z_2 son las impedancias acústicas de los dos medios de la interfase. Después de recorrer una distancia x en un medio, la intensidad del ultrasonido se reduce en un factor $e^{-\mu x}$ donde μ es el coeficiente de absorción.

Se dispone de los siguientes datos:

Impedancia acústica del músculo	$= 1,7 \times 10^6 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Impedancia acústica del hueso	$= 6,3 \times 10^6 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Coeficiente de absorción del músculo	$= 23 \text{ m}^{-1}$

(La opción C continúa en la página siguiente)

(Continuación: opción C, pregunta 16)

Determine, en función de I_0 , la intensidad del ultrasonido que

- (a) incide sobre la interfase músculo-hueso. [2]

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

- (b) se refleja en la interfase músculo-hueso. [2]

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

- (c) regresa a la interfase músculo-gel. [1]

.....
.....

Fin de la opción C

No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en
esta página no serán corregidas.



40EP32

Opción D — Astrofísica

17. Una característica distintiva de la constelación de Orión es el Trapecio, un cúmulo estelar abierto dentro de Orión.

(a) Distinga entre una constelación y un cúmulo abierto.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Mintaka es una de las estrellas de Orión.

(i) El ángulo de paralaje de Mintaka, medido desde la Tierra, es de $3,64 \times 10^{-3}$ arco-segundo. Calcule, en pársec, la distancia aproximada de Mintaka a la Tierra.

[1]

.....

.....

(ii) Indique por qué hay una distancia máxima que los astrónomos pueden medir utilizando el paralaje estelar.

[1]

.....

.....

(c) La Gran Nebulosa se ubica en Orión. Describa, utilizando el criterio de Jeans, la condición necesaria para que una nebulosa forme una estrella.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



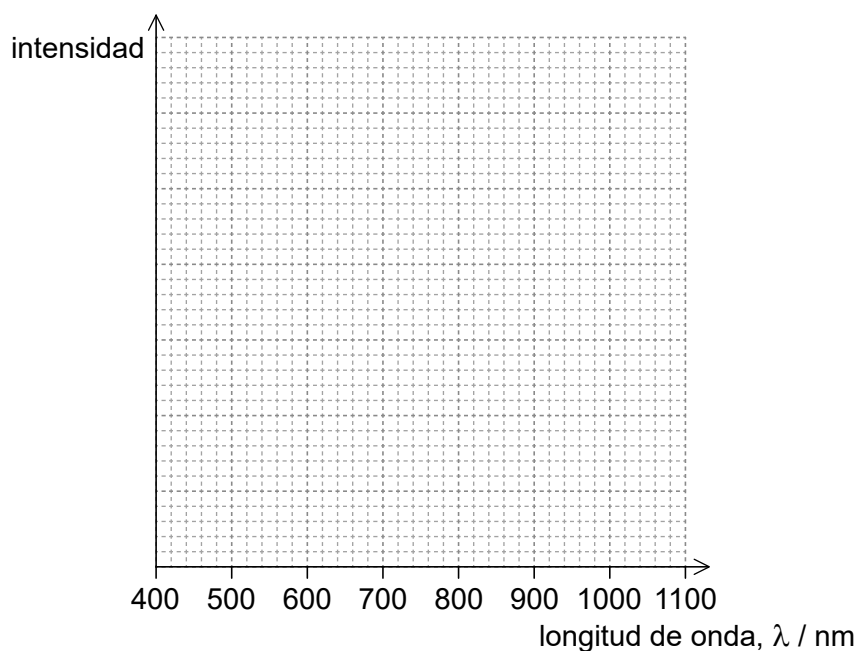
(Opción D: continuación)

18. La temperatura superficial de la estrella Épsilon Indi es de 4600 K.

- (a) (i) Determine el pico de longitud de onda de la radiación emitida por Épsilon Indi. [1]

.....

- (ii) Utilizando los ejes, dibuje con precisión la variación de la intensidad de la radiación emitida por Épsilon Indi con la longitud de onda. [2]



(La opción D continúa en la página siguiente)

(iii) Se dispone de los siguientes datos del Sol:

Temperatura superficial = 5800 K
Luminosidad = $L_{\odot}$
Masa = $M_{\odot}$
Radio = $R_{\odot}$

Épsilon Indi tiene un radio $0,73 R_{\odot}$. Muestre que la luminosidad de Épsilon Indi es $0,2 L_{\odot}$.

[2]

[illegible]

(b) Épsilon Indi es una estrella de la secuencia principal. Muestre que la masa de Épsilon Indi es $0,64 M_{\odot}$.

[1]

.....

.....

.....

.....

(c) El Sol permanecerá alrededor de nueve mil millones de años en la secuencia principal. Calcule cuánto permanecerá Épsilon Indi en la secuencia principal.

[2]

[illegible]

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 18)

- (d) Describa la etapas en la evolución de Épsilon Indi desde el momento en que abandone la secuencia principal hasta su estado final estable.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

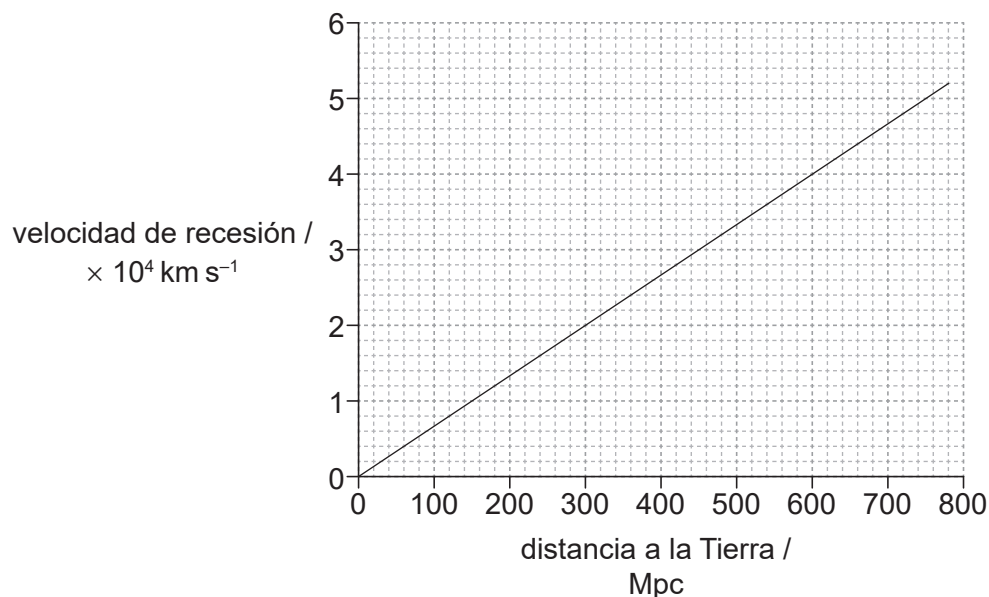
.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

19. El gráfico muestra la variación con la distancia a la Tierra de las velocidades de recesión de galaxias distantes.



- (a) Resuma cómo midió Hubble las velocidades de recesión de las galaxias.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Use el gráfico para determinar la edad del universo en s.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

20. (a) Resuma qué se entiende por energía oscura.

[2]

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

(b) Indique **dos** candidatos para la materia oscura.

[2]

.....
.....

21. (a) Muestre que la temperatura del universo es inversamente proporcional al factor de escala cósmica.

[3]

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

(b) La temperatura actual de la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB) es de 3 K. Estime el tamaño del universo respecto a su tamaño actual, cuando la temperatura de la CMB era de 300 K.

[1]

.....
.....

Fin de la opción D



No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en
esta página no serán corregidas.



No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en
esta página no serán corregidas.



40EP40