

© International Baccalaureate Organization 2023

All rights reserved. No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without the prior written permission from the IB. Additionally, the license tied with this product prohibits use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, whether fee-covered or not, is prohibited and is a criminal offense.

More information on how to request written permission in the form of a license can be obtained from <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organisation du Baccalauréat International 2023

Tous droits réservés. Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite préalable de l'IB. De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, moyennant paiement ou non, est interdite et constitue une infraction pénale.

Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour obtenir une autorisation écrite sous la forme d'une licence, rendez-vous à l'adresse <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organización del Bachillerato Internacional, 2023

Todos los derechos reservados. No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin la previa autorización por escrito del IB. Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales—, ya sea incluido en tasas o no, está prohibido y constituye un delito.

En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una autorización por escrito en forma de licencia: <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

Física

Nivel Superior

Prueba 3

25 de octubre de 2023

Zona A tarde | **Zona B** tarde | **Zona C** tarde

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

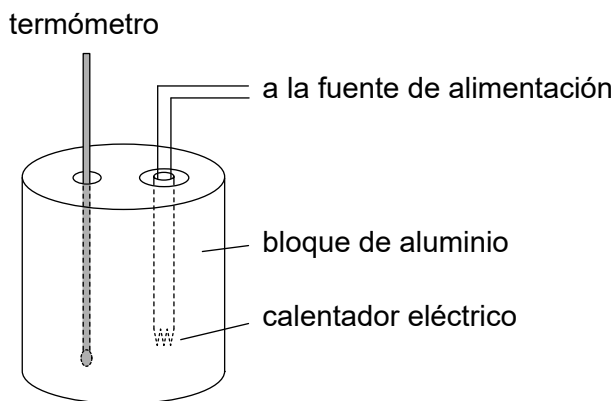
Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	3 – 7
Opción B — Física en ingeniería	8 – 11
Opción C — Toma de imágenes	12 – 16
Opción D — Astrofísica	17 – 20



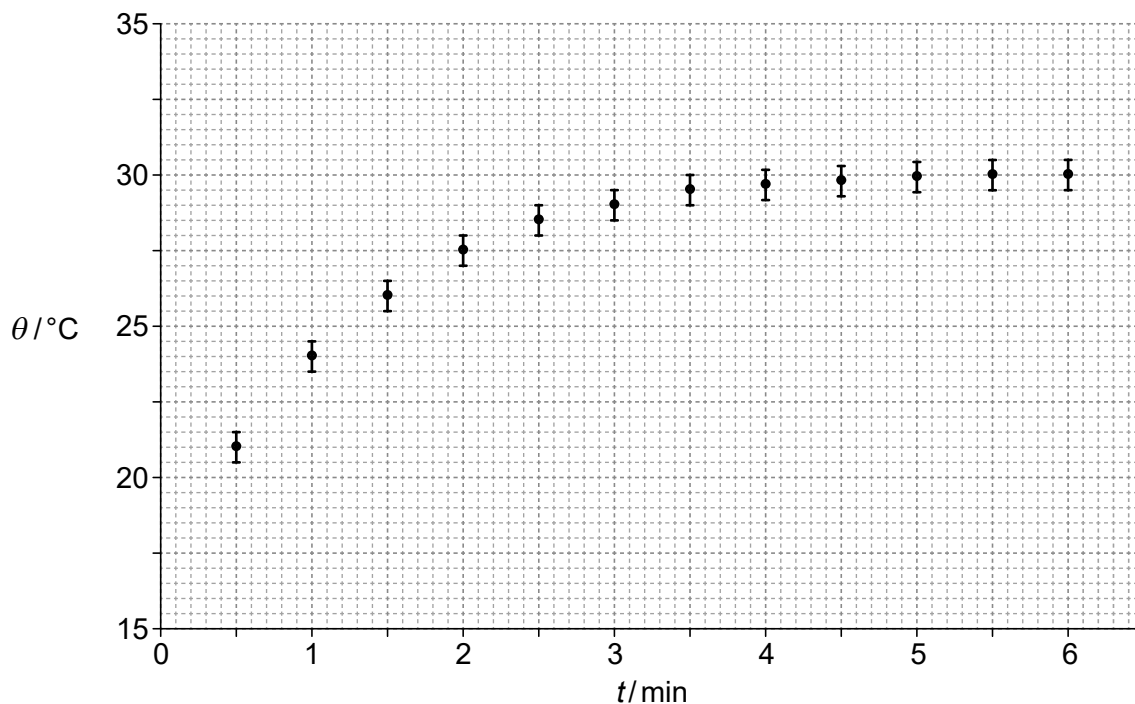
Sección A

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

- Un termómetro y un calentador eléctrico se insertan en pequeños orificios abiertos en un bloque macizo de aluminio.



En el instante $t = 0$ se enciende el calentador. El gráfico muestra la variación de la temperatura θ del bloque con el tiempo t .



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (a) (i) Sobre el gráfico, dibuje la línea de ajuste óptimo de los datos. [1]
- (ii) Estime la temperatura inicial del bloque. [1]

.....

.....

- (b) Sugiera por qué la temperatura del bloque se aproxima a un valor constante. [2]

.....

.....

.....

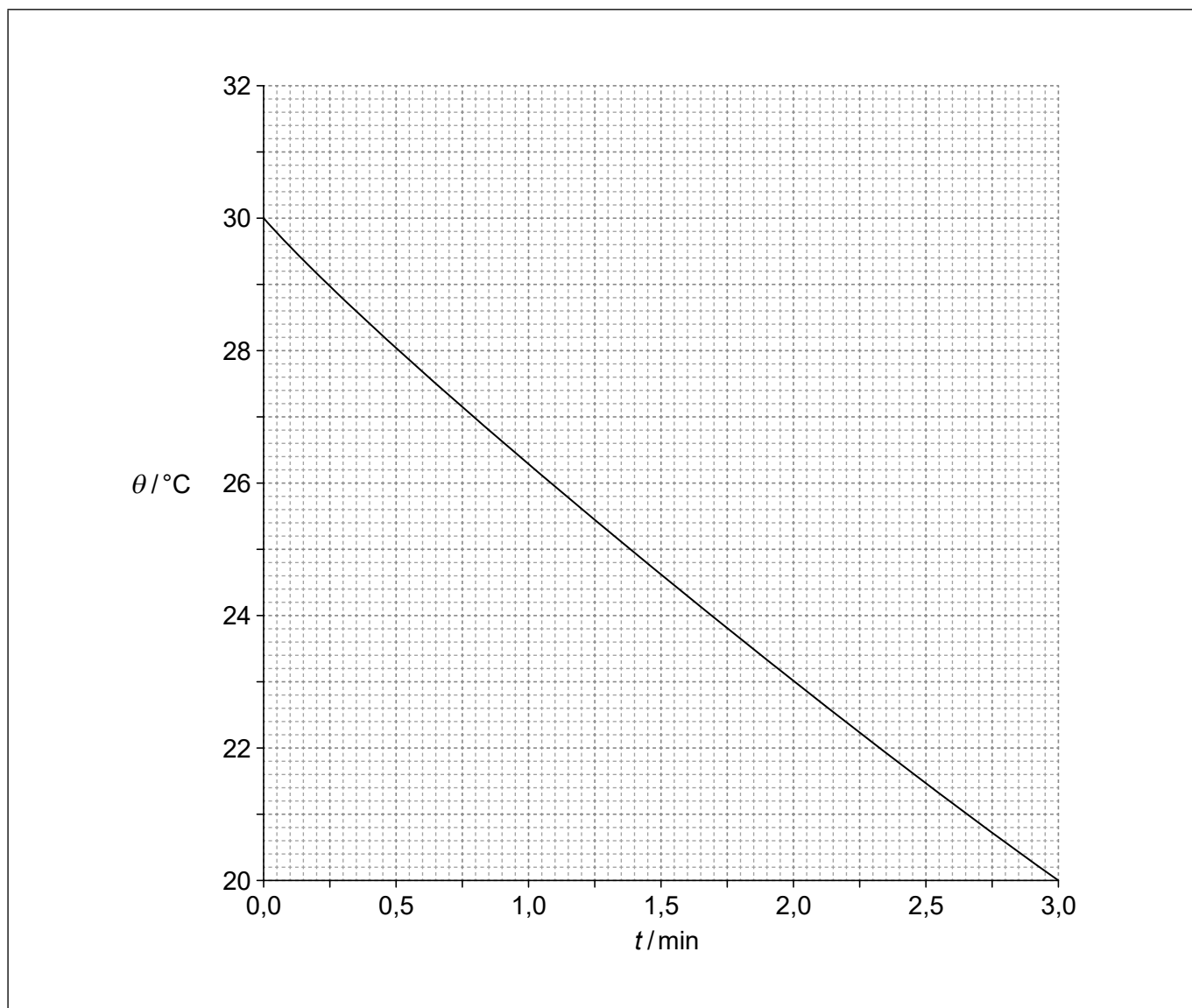
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (c) Cuando la temperatura haya alcanzado un valor constante se apaga el calentador. El gráfico muestra la variación de la temperatura θ del bloque con el tiempo t .



Muestre que el ritmo **inicial** de variación de la temperatura del bloque es aproximadamente $-4,0 \text{ K min}^{-1}$.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (d) La potencia del calentador es 52 W. La masa del bloque es 0,85 kg. Determine el calor específico del aluminio.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (e) La incertidumbre en porcentaje del ritmo de variación en (c) es del 4 %. La incertidumbre en porcentaje de la potencia del calentador es del 3 % y la correspondiente de la masa del bloque es del 1 %.

- (i) Estime la incertidumbre absoluta del calor específico del aluminio.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Escriba el valor del calor específico del aluminio, su incertidumbre y su unidad. Exprese su respuesta con el número adecuado de cifras significativas.

[1]

.....

.....

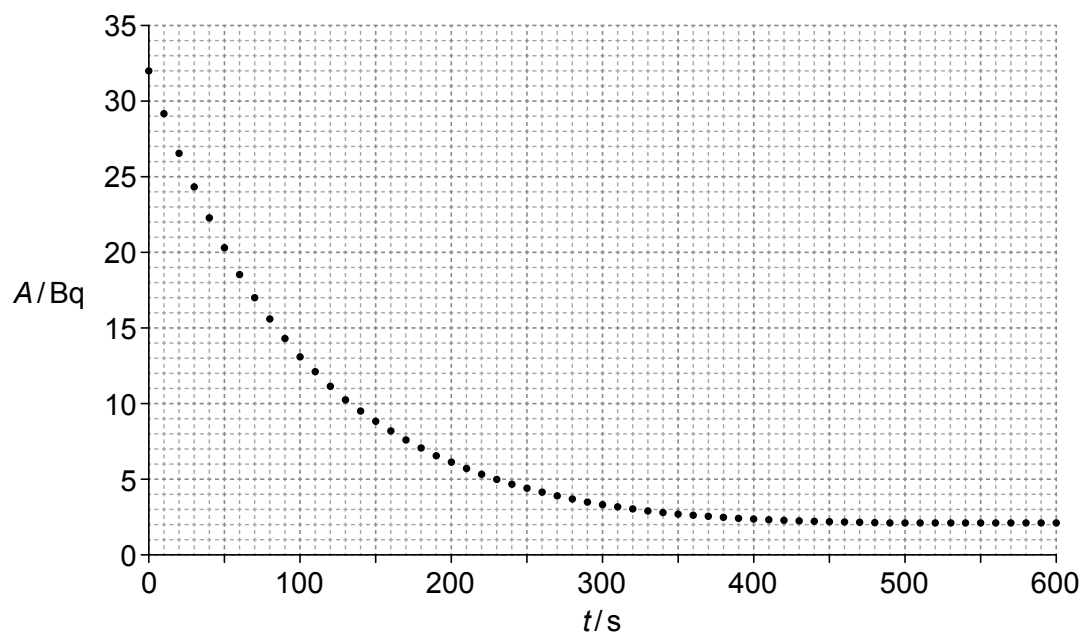


No escriba en esta página.

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



2. El gráfico muestra la variación con el tiempo t de la actividad A de una muestra de protactinio-234.



- (a) Sugiera por qué la actividad se aproxima a un valor constante no nulo.

[1]

.....

.....

- (b) Estime la semivida del protactinio-234, explicando su respuesta.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

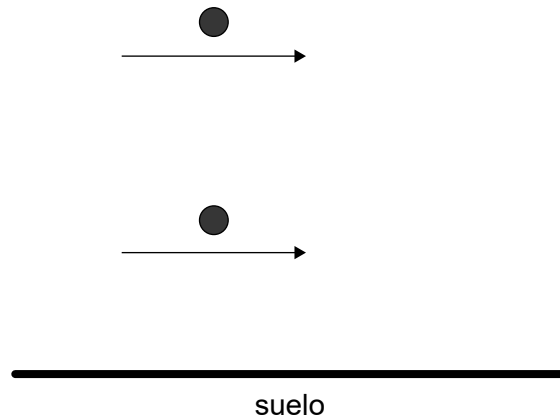


Sección B

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

Opción A — Relatividad

3. Dos muones están moviéndose paralelamente el uno al otro, con la misma velocidad relativa al suelo.



En el sistema de referencia en el que los muones están en reposo, la fuerza entre ellos es una fuerza eléctrica repulsiva.

- (a) Explique, para el sistema de referencia del suelo,

- (i) por qué hay una fuerza magnética adicional entre los muones.

[1]

.....

.....

.....

.....

- (ii) si es la fuerza eléctrica o la magnética la que tiene mayor magnitud.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 3)

- (b) En los experimentos de desintegración de muones, los muones producidos en la alta atmósfera de la Tierra se mueven hacia el suelo con una velocidad cercana a la velocidad de la luz. Los detectores situados en el suelo registran la llegada de muones. Resuma cómo apoyan estos experimentos la dilatación del tiempo. [3]

.....

.....

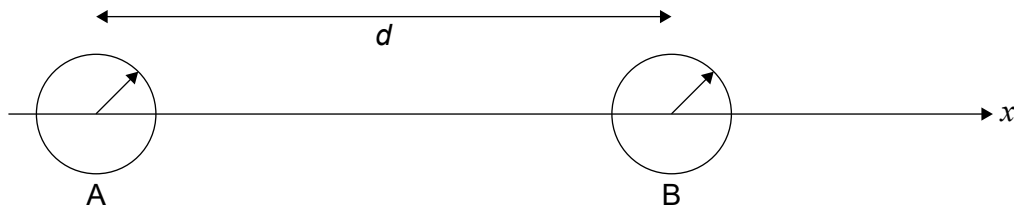
.....

.....

.....

.....

4. El diagrama muestra dos relojes, A y B, que se han sincronizado. El reloj A está en el origen y el reloj B está alejado una distancia d en el mismo sistema inercial de referencia.



Sugiera una manera posible en que los relojes fueron sincronizados. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

5. Una nave espacial abandona la Tierra con una rapidez $0,800c$, relativa a la Tierra, en su viaje hacia un planeta que está a 12,0 años luz según mediciones realizadas en la Tierra.

(a) Calcule el tiempo que tarda en llegar la nave espacial al planeta según un observador

(i) en la Tierra.

[1]

.....
.....

(ii) en la nave espacial.

[2]

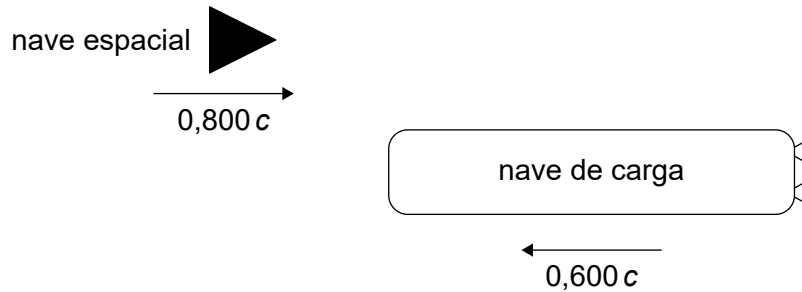
.....
.....
.....
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 5)

- (b) En su viaje a ese planeta, la nave espacial se cruza con una nave de carga que regresa a la Tierra. La longitud propia de la nave de carga es de 992 m y su rapidez relativa a la Tierra de $0,600\,c$.



- (i) Indique qué se entiende por longitud propia.

[1]

.....

.....

- (ii) Muestre que la rapidez de la nave de carga relativa a la nave espacial es $0,946\,c$.

[1]

.....

.....

- (iii) Calcule la longitud de la nave de carga según un observador en la nave espacial.

[2]

.....

.....

.....

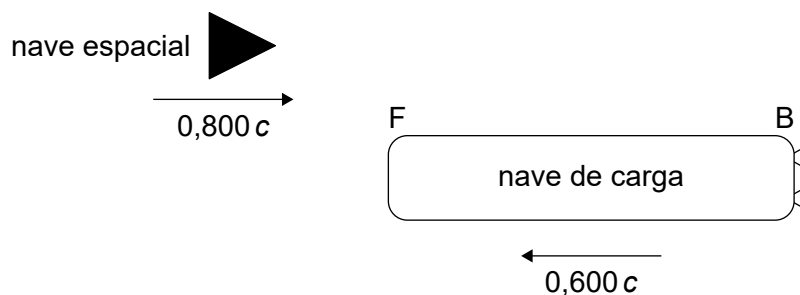
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)

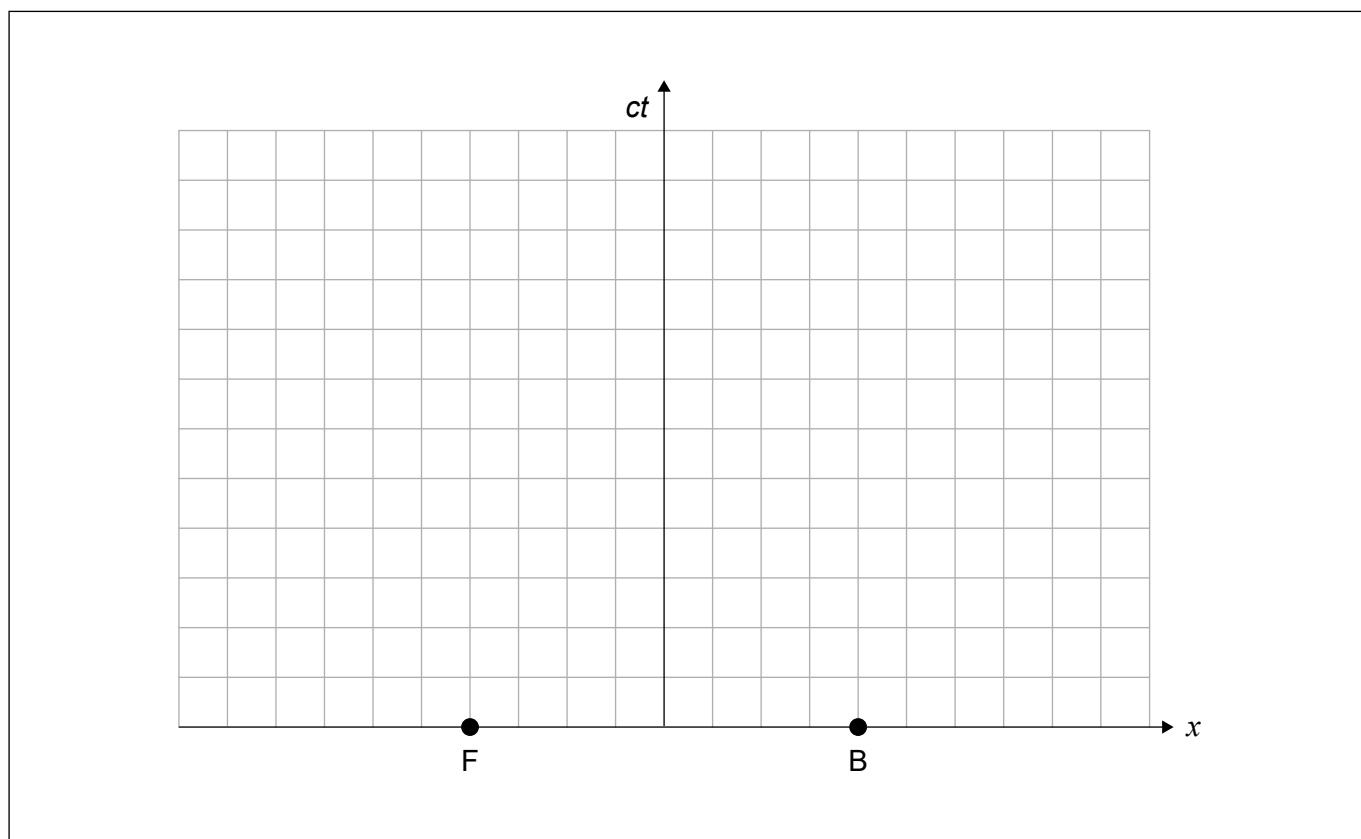


(Continuación: opción A, pregunta 5)

- (c) Cuando la nave espacial se acerca a la nave de carga, desde la parte frontal de la nave de carga (F) se emite una señal luminosa hacia la parte trasera (B).



La situación está representada en el diagrama espacio-tiempo que muestra el sistema de referencia en reposo de la nave de carga. F y B representan las partes delantera y trasera de la nave de carga, respectivamente, cuando se emite la señal. La escala en ambos ejes es la misma.



(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 5)

- (i) Sobre el diagrama espacio-tiempo, elabore las líneas que muestran la llegada de la señal luminosa a la parte trasera de la nave de carga. Rotule este evento con la letra A. [2]
- (ii) Determine el tiempo que tarda la señal en llegar a la parte trasera de la nave de carga, según la nave espacial. [2]

.....

.....

.....

.....

6. Se acelera un protón desde el reposo hasta que su cantidad de movimiento es de $2,50 \text{ GeV c}^{-1}$.

Calcule

- (a) la diferencia de potencial a través de la que es acelerado el protón. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) la rapidez del protón tras ser acelerado. [2]

.....

.....

.....

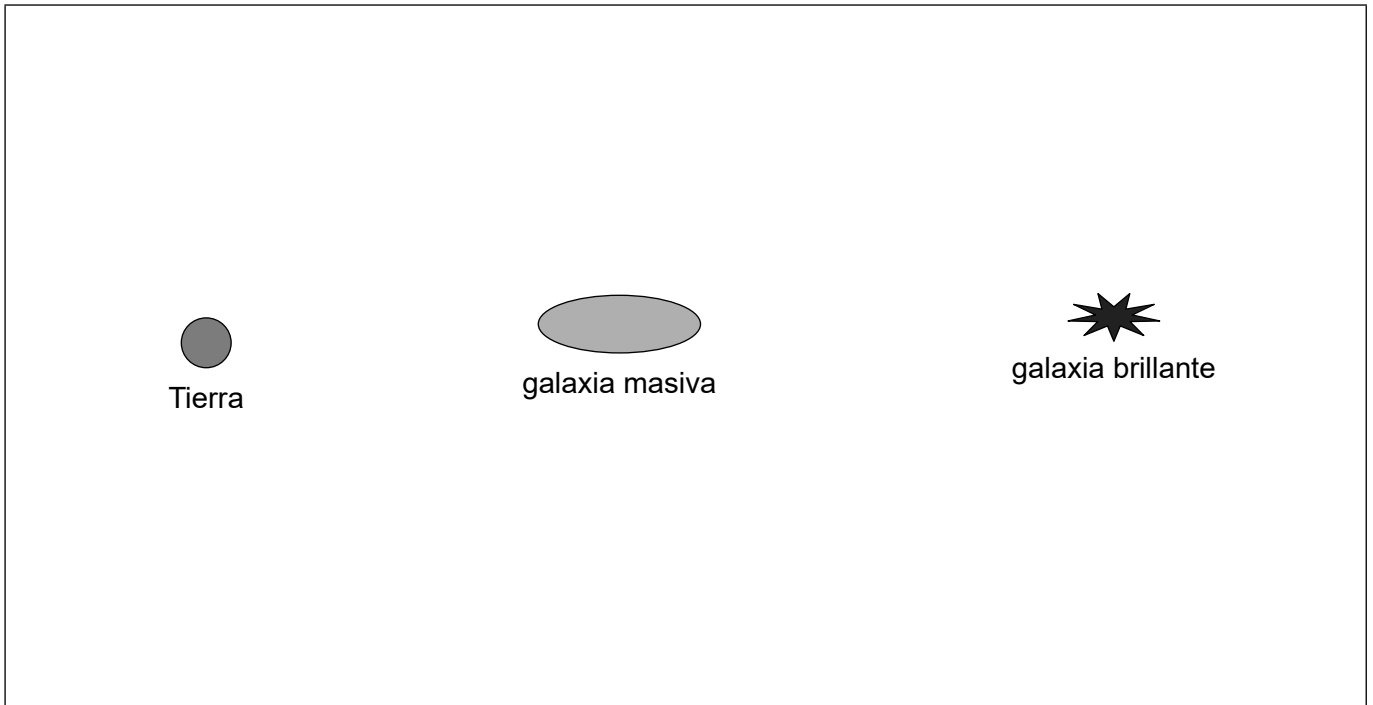
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

7. (a) Luz procedente de una brillante galaxia lejana llega a un telescopio en la Tierra después de haber viajado a través de una galaxia masiva. Se forman imágenes múltiples de la galaxia brillante.



Explique la formación de las imágenes múltiples. (Puede dibujar un diagrama para ayudarse en su respuesta.)

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 7)

- (b) Indique qué se entiende por horizonte de sucesos de un agujero negro.

[1]

.....
.....

- (c) El radio del horizonte de sucesos de un agujero negro es R . Una sonda está a una distancia de $0,25 R$ **más allá** del horizonte de sucesos. La sonda envía pulsos de radio a intervalos de $1,0$ s, según la sonda. Calcule el tiempo entre la llegada de los pulsos a una nave espacial alejada del agujero negro.

[2]

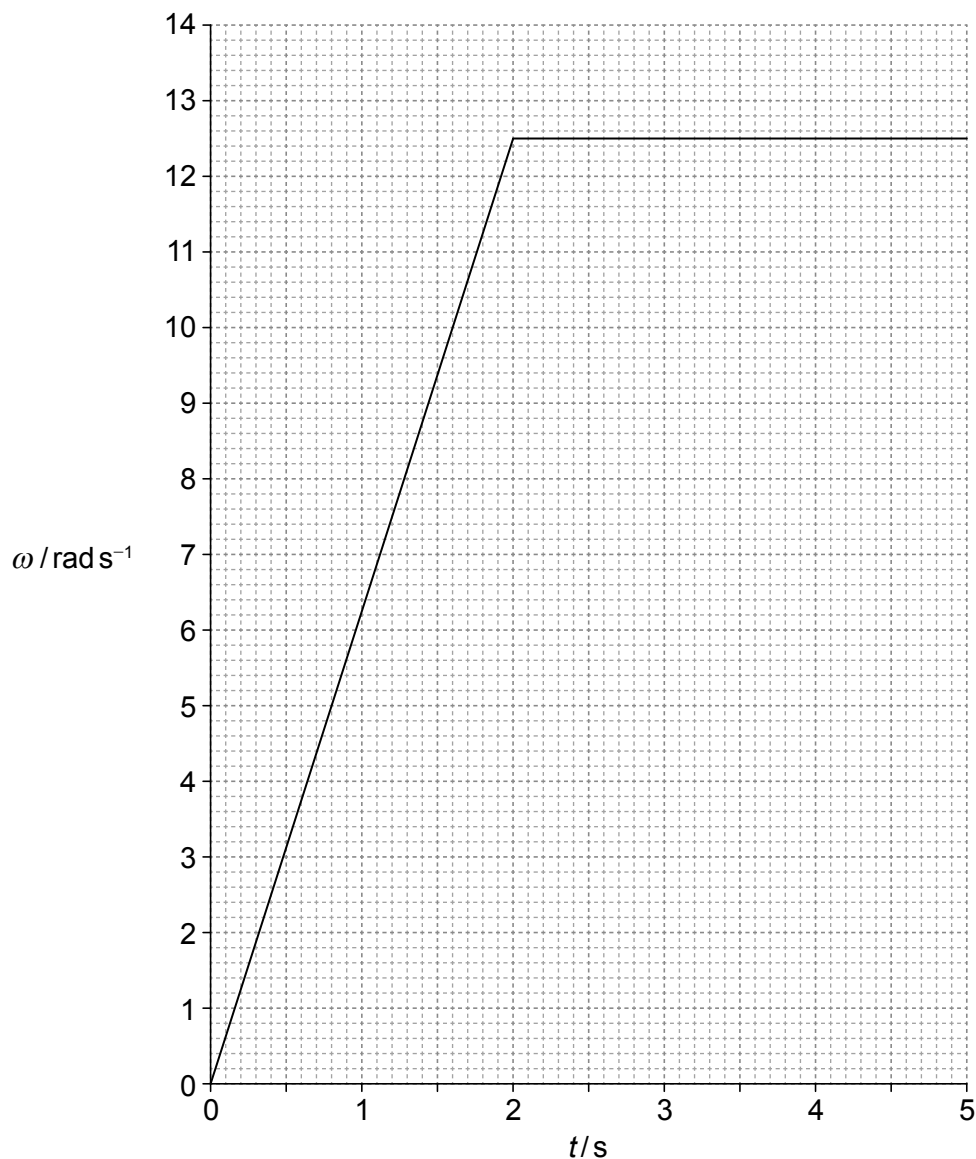
.....
.....
.....
.....

Fin de la opción A



Opción B — Física en ingeniería

8. Un momento de fuerzas neto actúa sobre un disco horizontal de masa 0,20 kg y radio 0,40 m, que está inicialmente en reposo. El disco comienza a rotar. El gráfico muestra la variación, con el tiempo t , de la velocidad angular ω del disco.



El momento de inercia de un disco de masa M y radio R alrededor de un eje vertical que pasa por su centro es $\frac{1}{2}MR^2$.

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 8)

- (a) Muestre que la aceleración angular del disco es aproximadamente 6 rad s^{-2} . [1]

.....
.....

- (b) Calcule el momento de fuerzas que actúa sobre el disco mientras acelera. [2]

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

(La opción B continúa en la página 19)



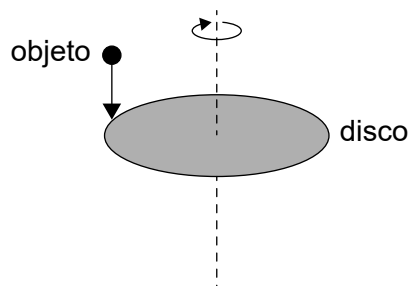
No escriba en esta página.

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



(Continuación: opción B, pregunta 8)

- (c) Mientras el disco está girando con su velocidad angular final constante, un pequeño objeto de masa $0,10\text{ kg}$ cae sobre el disco y se adhiere al borde del disco.



- (i) Calcule la nueva velocidad angular del disco.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Determine la fracción de la energía total del disco que se perdió.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

9. Un gas ideal monoatómico está encerrado en un cilindro con un émbolo. Se dispone de los siguientes datos:

Presión inicial del gas = $1,00 \times 10^5$ Pa

Temperatura inicial = 712 K

Cantidad de gas = $6,00 \times 10^{-4}$ mol

El gas experimenta una expansión adiabática hasta un volumen de $8,00 \times 10^{-5}$ m³.

- (a) (i) Determine la presión del gas después de la expansión adiabática. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Determine el trabajo efectuado por el gas durante la expansión. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 9)

- (b) A continuación, el gas experimenta una compresión isobárica hasta que su volumen es igual que el volumen inicial.

- (i) Calcule la energía disipada en esta compresión isobárica. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) El gas regresa a su estado inicial por medio de un proceso isovolumétrico. La energía suministrada durante este proceso es de 3,9 J. Calcule el rendimiento de este ciclo. [1]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Resuma por qué es importante que se diseñen máquinas con alto rendimiento, aunque todas las máquinas obedezcan a la primera ley de la termodinámica. [1]

.....

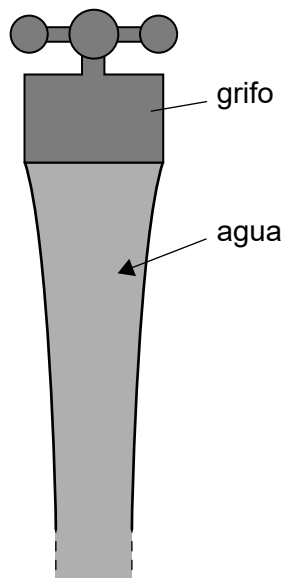
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

10. El diagrama muestra el agua que sale de un grifo (toma de agua).



- (a) El agua sale del grifo con una rapidez inicial de $1,2 \text{ m s}^{-1}$. Calcule la rapidez del agua cuando haya caído $0,20 \text{ m}$.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Explique por qué el diámetro del chorro de agua disminuye.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

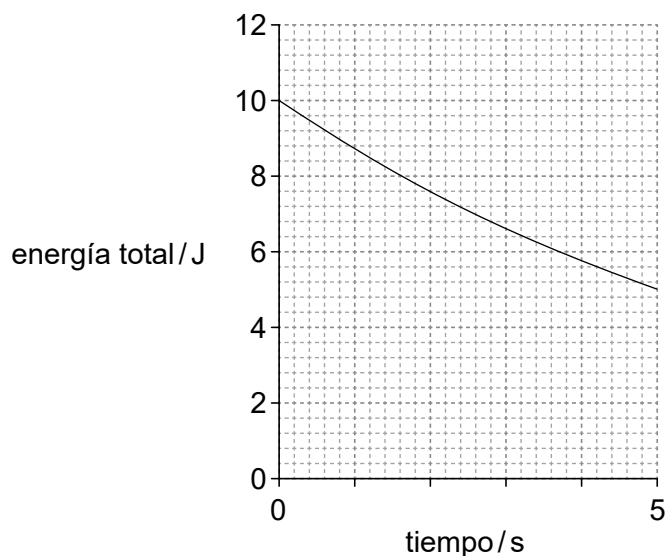
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

11. Un sistema masa-resorte (masa-muelle) experimenta oscilaciones amortiguadas con un periodo temporal de 5,0 s. En el instante $t = 0$, su desplazamiento es máximo. El gráfico muestra la variación de la energía total del sistema con el tiempo.



- (a) (i) Calcule el factor de calidad Q del sistema.

[1]

.....

.....

- (ii) Dibuje, sobre los ejes, un gráfico que muestre cómo varía con el tiempo la energía potencial del sistema.

[2]

- (b) Explique por qué los ingenieros deben considerar la resonancia cuando diseñan estructuras.

[2]

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción B

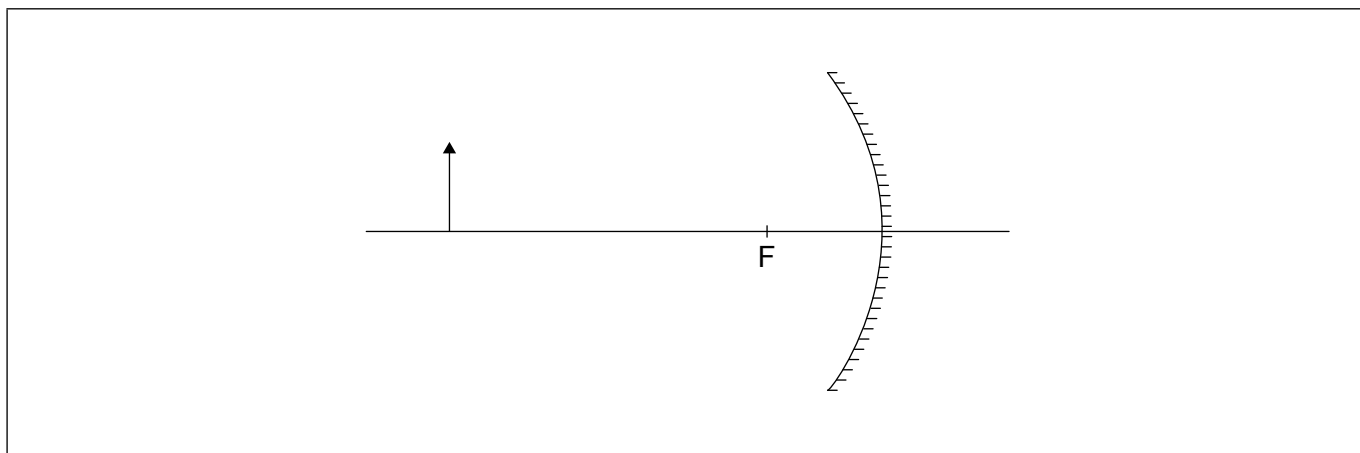


40EP23

Véase al dorso

Opción C — Toma de imágenes

12. El diagrama muestra un objeto situado frente a un espejo esférico convergente con el punto focal en F.



- (a) Elabore un diagrama de rayos para mostrar la formación de la imagen. [2]
- (b) A continuación, se mueve el espejo hacia la derecha una gran distancia. Resuma el efecto que tiene sobre el aumento de la imagen. [2]

.....

.....

.....

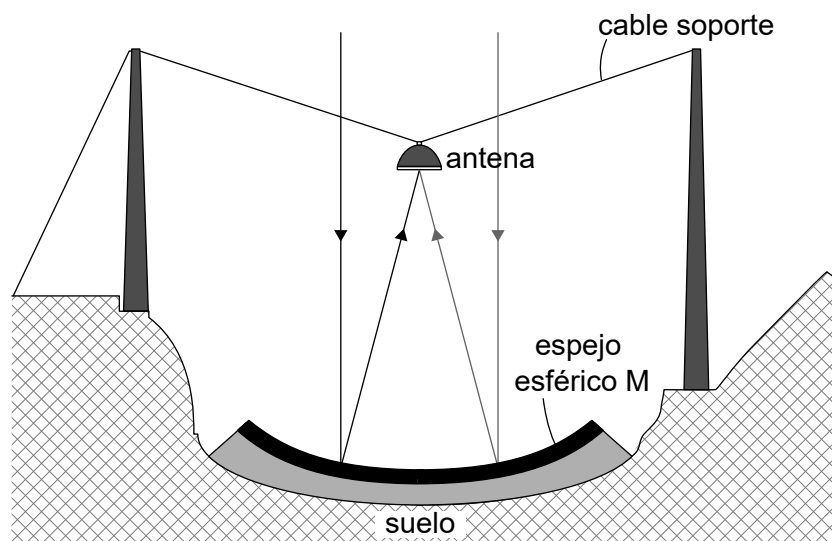
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

13. El radiotelescopio de plato único de Arecibo tenía un espejo esférico fijo M de diámetro 0,3 km, hecho de un gran número de paneles planos de aluminio. La antena podía moverse.



- (a) Explique por qué se utilizó un gran número de paneles planos para construir el espejo esférico fijo M.

[1]

.....

.....

.....

.....

- (b) El telescopio estaba montado sobre el suelo y no podía ser orientado. Para una posición dada de la Tierra, explique cómo el radiotelescopio podía recoger información de diferentes partes del cielo.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Continuación: opción C, pregunta 13)

- (c) Los científicos prefieren montar los telescopios ópticos lejos de la superficie de la Tierra. Resume **dos** ventajas de situar un telescopio óptico en el espacio.

[2]

- | | |
|----|----------------|
| 1. |
..... |
| 2. |
..... |

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

- 14.** Un microscopio compuesto óptico tiene una lente objetivo con longitud focal 10,0 mm y una lente ocular con longitud focal 50,0 mm. Se sitúa un objeto a una distancia de 10,6 mm de la lente objetivo. La imagen final se forma a una distancia de 250 mm de la lente ocular.

- (a) (i) Calcule la distancia de la imagen intermedia a la lente objetivo. [1]

.....

.....

.....

- (ii) Calcule el aumento angular del microscopio. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Determine la distancia entre las dos lentes. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

- 15.** Una fibra de índice escalonado tiene un núcleo de índice de refracción 1,47 y un revestimiento de índice de refracción 1,45.

(a) (i) Calcule el ángulo crítico en la frontera núcleo-revestimiento.

[1]

.....
.....

(ii) La atenuación de la fibra es de $-5,0$ dB. Se envía a la fibra una señal de 12 mW. Calcule la potencia de salida de la fibra.

[2]

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

(b) Haciendo referencia a la dispersión del material, explique la ventaja de utilizar radiación monocromática en una fibra.

[3]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

- 16.** (a) (i) Describa cómo se generan ultrasonidos. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Distinga entre un escáner tipo A y un escáner tipo B en imágenes médicas por ultrasonidos. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 16)

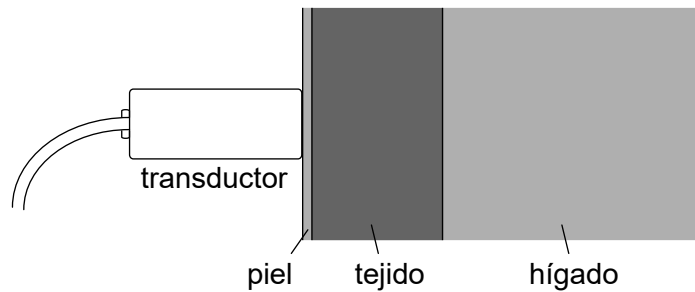
- (b) Cuando un ultrasonido se propaga de un medio a otro, la fracción de intensidad incidente que se refleja en la frontera entre ambos se denomina coeficiente de reflexión R .

Se dispone de los siguientes datos:

Coeficiente de reflexión en la frontera piel–tejido $R_{st} = 7,24 \times 10^{-3}$

Coeficiente de reflexión en la frontera tejido–hígado $R_{tl} = 5,70 \times 10^{-6}$

Un transductor emite un ultrasonido que incide sobre la piel. La piel transmite el ultrasonido sin pérdida alguna de intensidad. El ultrasonido se refleja en la frontera tejido–hígado y se recibe de vuelta en el transductor.



- (i) Determine la fracción de la intensidad emitida del ultrasonido que es detectada por el transductor.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 16)

- (ii) En un escáner de ultrasonidos, la distancia del hígado a la piel no debería superar 250 longitudes de onda. Estime la frecuencia mínima necesaria para escanear un hígado que se encuentra a 5,0 cm de la frontera piel–tejido. La velocidad del sonido en el tejido es de 1500 ms^{-1} .

[2]

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

- (c) Indique **una** ventaja del uso de ultrasonidos cuando se estudian los órganos internos de un paciente.

[1]

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

Fin de la opción C



No escriba en esta página.

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



Opción D — Astrofísica

17. El ángulo de paralaje de la estrella Vega es de 0,131 segundos de arco.

(a) (i) Describa qué se entiende por ángulo de paralaje. [1]

.....

.....

.....

.....

(ii) Muestre que la distancia a Vega es de 25 años luz. [1]

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 17)

- (b) Se dispone de la siguiente información sobre las estrellas Vega y β Ori.

	Distancia/al	Luminosidad	Temperatura/K
Vega	25	$54 L_{\odot}$	9600
β Ori	780	$40\,000 L_{\odot}$	11\,000

L_{\odot} es la luminosidad de nuestro Sol.

- (i) Determine si es Vega o β Ori la que aparece más brillante desde la Tierra. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calcule el cociente $\frac{\text{radio de } \beta \text{ Ori}}{\text{radio de Vega}}$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 17)

- (c) (i) Vega es una estrella de la secuencia principal. Muestre que la masa de Vega es aproximadamente tres masas solares.

[1]

.....

.....

- (ii) Discuta si β Ori es una estrella de la secuencia principal.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Describa la etapa final más probable en la evolución de Vega.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

18. (a) Indique qué se entiende por radiación cósmica de fondo de microondas (CMB). [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) La temperatura actual de la CMB es aproximadamente 2,8 K. Calcule el pico de longitud de onda de la CMB. [1]

.....

.....

- (c) El factor de escala cósmica R del universo en el momento de emisión de la CMB era 1100 veces menor que su valor actual.

- (i) Indique qué se entiende por factor de escala cósmica del universo. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Explique cómo se puede deducir que cuando se emitió la CMB la temperatura del universo era 1100 veces mayor que la temperatura actual. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

19. (a) Sugiera por qué

- (i) una estrella debe tener gran masa para poder producir elementos pesados por fusión nuclear.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) los elementos más pesados que el hierro **no** pueden producirse por fusión nuclear.

[1]

.....

.....

.....

.....

- (b) Describa cómo la captura de neutrones lleva a la producción de elementos más pesados que el hierro.

[2]

.....

.....

.....

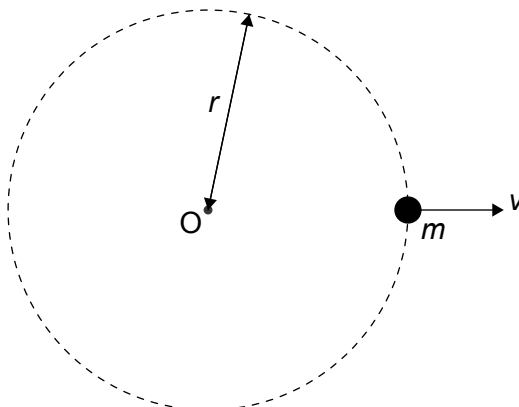
.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

20. Se puede considerar que el universo está lleno de polvo con densidad uniforme. Una partícula de masa m se mueve con rapidez $v = H_0 r$ cuando está a una distancia r del un punto O, donde H_0 es la constante de Hubble. Solo la masa encerrada en una esfera de radio r ejerce fuerza sobre la partícula.



- (a) (i) Muestre que la partícula puntual llegará justamente hasta el infinito siempre que la densidad sea

$$\frac{3H_0^2}{8\pi G}.$$

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Evalúe esta densidad utilizando $H_0 = 68 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

[1]

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 20)

- (b) En cosmología moderna, la densidad de (a)(i) se denomina densidad crítica. Describa el significado de esta densidad crítica para modelos de universo que incluyan energía oscura.

[2]

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción D



No escriba en esta página.

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



40EP40