

© International Baccalaureate Organization 2024

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 2024

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, 2024

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 2**

26 de abril de 2024

**Zona A** mañana | **Zona B** mañana | **Zona C** mañana

Número de convocatoria del alumno

2 horas 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.
- Conteste todas las preguntas.
- 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 **[90 puntos]**.



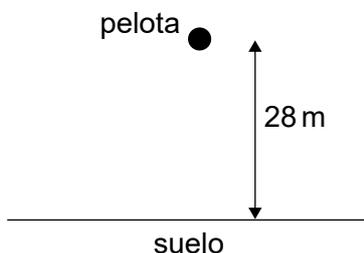
**No** escriba en esta página.

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



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

1. Se suelta una pelota de masa 2,7 g, en reposo, desde una altura de 28 m sobre el suelo horizontal.



(a) Muestre que en ausencia de resistencia del aire la pelota impacta en el suelo con una rapidez de alrededor de  $23 \text{ ms}^{-1}$ . [1]

.....  
.....

(b) Sobre la pelota actúa una fuerza  $F$  de resistencia del aire.  $F$  puede modelarse como  $F = kv^2$ , en donde  $v$  es la rapidez y  $k$  es una constante.

(i) Determine la unidad de  $k$  en función de unidades fundamentales. [2]

.....  
.....

(ii) Describa cómo alcanza la pelota la velocidad terminal. [2]

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

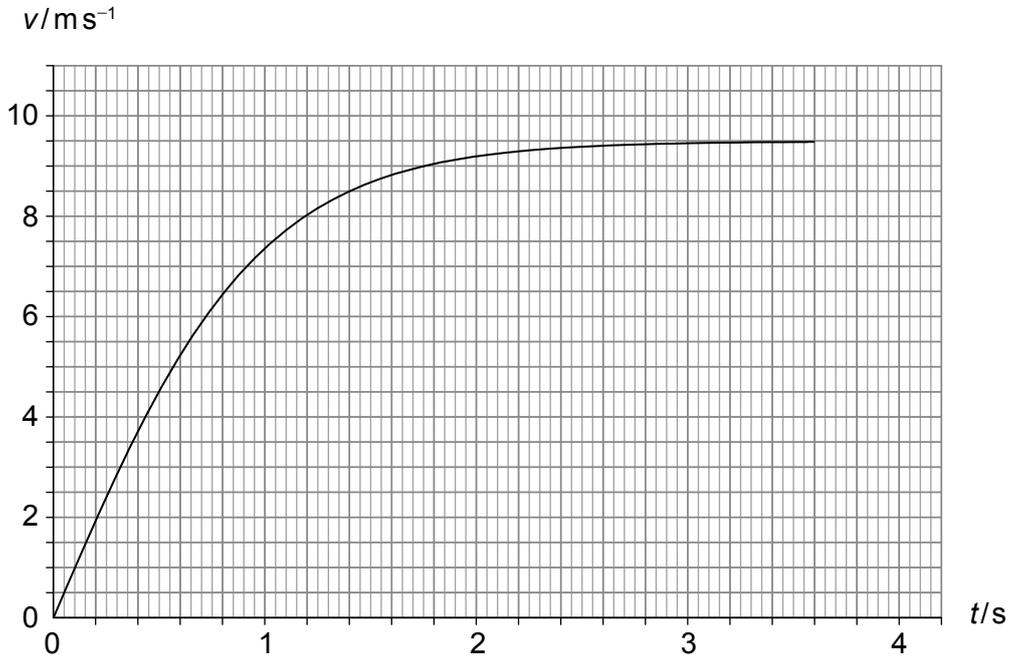
**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



**Véase al dorso**

**(Pregunta 1: continuación)**

- (c) En el gráfico, se muestra la variación con el tiempo  $t$  de la rapidez  $v$  de la pelota desde el instante en que se suelta hasta que impacta en el suelo.



- (i) Indique el valor del área bajo la curva. [1]

.....

- (ii) Determine  $k$ . [2]

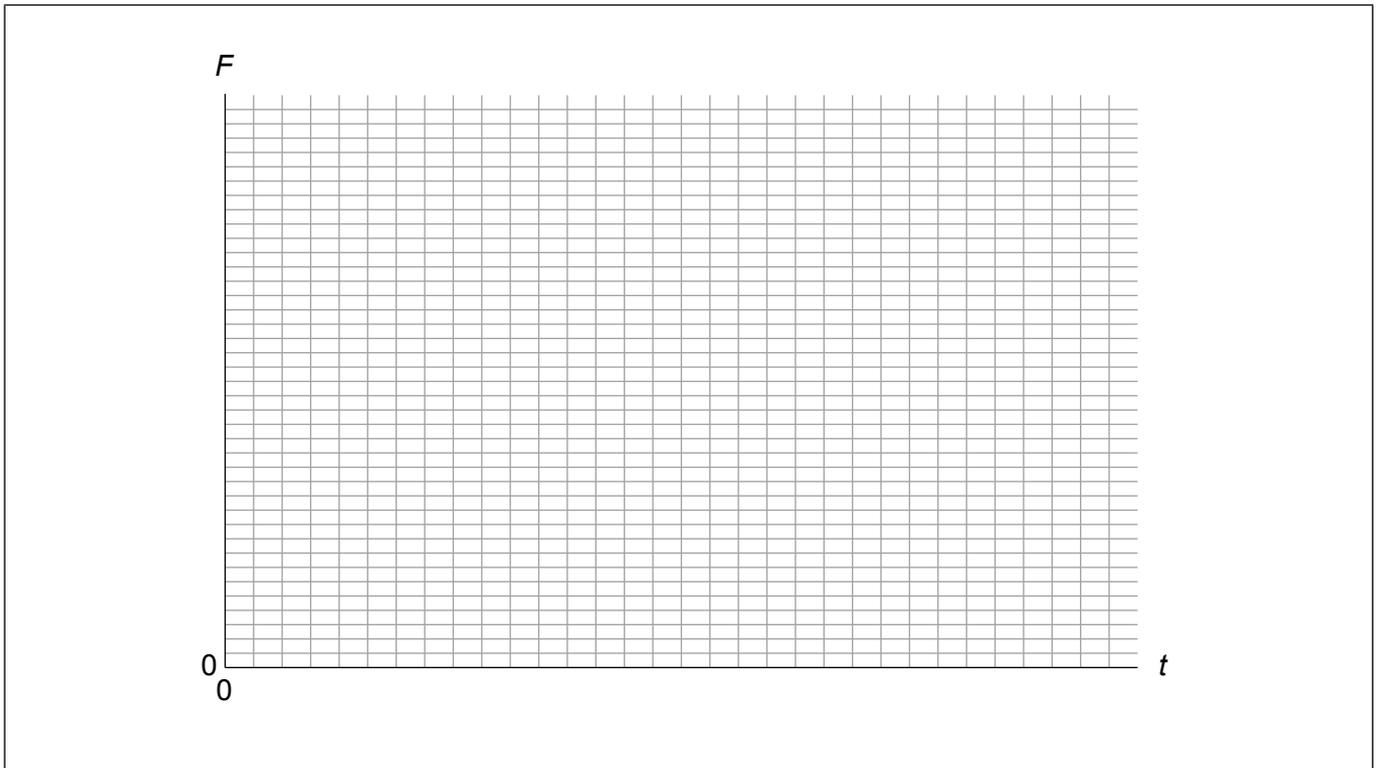
.....  
.....  
.....  
.....

**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



**(Pregunta 1: continuación)**

- (iii) Sobre los siguientes ejes, dibuje un gráfico que muestre la variación de la magnitud de la fuerza **resultante**,  $F$ , sobre la pelota frente al tiempo  $t$ . No se requieren números sobre los ejes. [1]



- (iv) Calcule la potencia media disipada por la fuerza de resistencia del aire. [3]

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

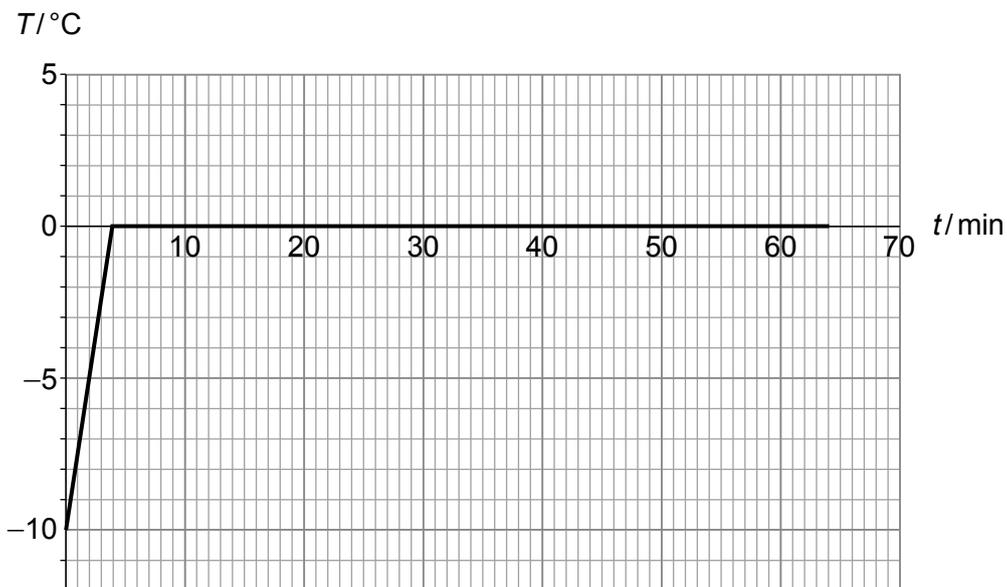
- (d) La pelota rebota desde el suelo con una rapidez de  $7,8 \text{ ms}^{-1}$ . La pelota está en contacto con el suelo durante un tiempo  $T$ . La fuerza media **resultante** sobre la pelota durante este tiempo es de  $1,1 \text{ N}$ .

Determine  $T$ . [2]

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



2. Se coloca hielo machacado con masa de 35 g y a temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  en una habitación templada. En el gráfico, se muestra la variación de la temperatura  $T$  del hielo frente al tiempo  $t$ .



El calor específico del hielo es de  $2100\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ .

- (a) (i) Muestre que la tasa media a la cual se transfiere energía térmica al hielo es de aproximadamente 3 W. [2]

.....

.....

.....

- (ii) Estime el calor latente de fusión del hielo. [2]

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 2: continuación)**

- (b) Entre los 4 y los 64 minutos, coexisten hielo sólido y agua líquida a 0 °C. Compare y contraste, durante este tiempo, la energía interna del hielo sólido con la de una masa igual de agua líquida.

[2]

.....

.....

.....

.....



32EP07

Véase al dorso

3. (a) Resuma qué se entiende por onda progresiva. [2]

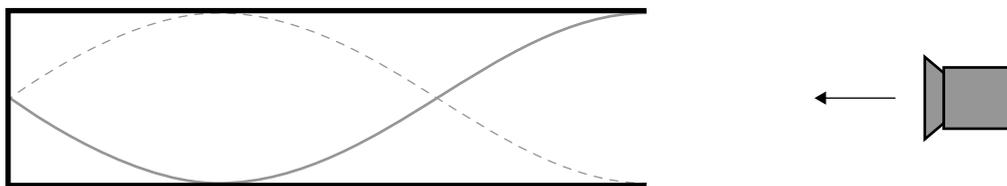
.....

.....

.....

.....

(b) Un altavoz emite sonido de frecuencia 210 Hz hacia el interior de una tubería con un extremo abierto y el otro cerrado. El diagrama muestra una representación de la onda estacionaria que se establece en la tubería.



La longitud de la tubería es de 1,20 m.

(i) Resuma cómo se forma la onda estacionaria en la tubería. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Determine la longitud de onda para esta onda. [1]

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 3: continuación)**

- (iii) Calcule la velocidad del sonido en la tubería, indicando la respuesta con un número apropiado de cifras significativas.

[2]

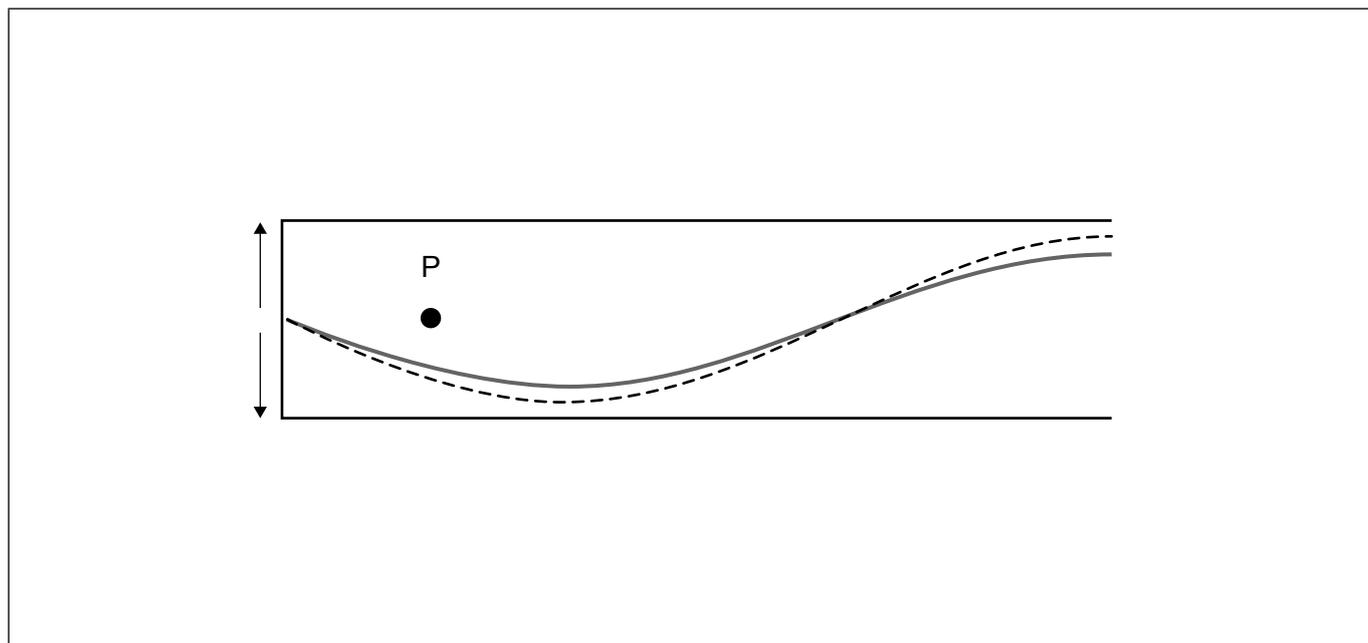
.....

.....

.....

.....

- (c) La línea sólida representa la onda estacionaria en el tiempo  $t$  y la línea a trazos representa la onda estacionaria en un instante posterior. El punto es la posición de **equilibrio** de una partícula P en la tubería. La flecha hacia arriba indica desplazamientos hacia la derecha y la flecha hacia abajo desplazamientos hacia la izquierda.



Sobre el diagrama, dibuje

- (i) un punto para indicar la posición aproximada de P en el tiempo  $t$ ,

[1]

- (ii) una flecha para indicar la velocidad de P en el tiempo  $t$ .

[1]

**(Esta pregunta continúa en la página 11)**



**No** escriba en esta página.

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



32EP10

**(Pregunta 3: continuación)**

- (d) La amplitud de las oscilaciones de la onda estacionaria de (b) es de 4,2 mm.  
La masa de la partícula P de (c) es de  $1,8 \times 10^{-6}$  kg.

Calcule

- (i) la energía total de P, [2]

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

- (ii) el desplazamiento de P, cuando su energía cinética es igual a su energía potencial. [2]

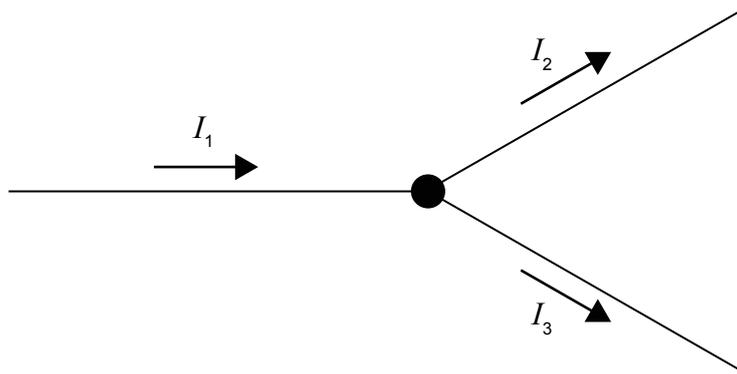
.....  
.....  
.....  
.....

- (e) Se reduce la frecuencia del sonido hasta 140 Hz. Explique por qué no se formará una onda estacionaria en la tubería. [2]

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



4. (a) El diagrama muestra una unión en un circuito.



Las corrientes en los tres cables están relacionadas por  $I_1 = I_2 + I_3$ .

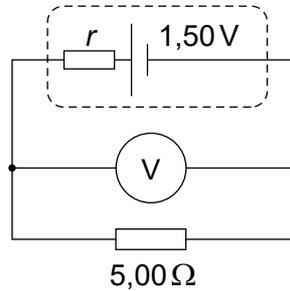
Indique la ley fundamental de la física a partir de la cual se deriva esta relación.

[1]

.....

.....

- (b) Se conecta una celda de f. e. m. 1,50V y resistencia interna  $r$  a un resistor con resistencia de  $5,00\Omega$  y a un voltímetro ideal  $V$ .



La lectura del voltímetro es de 1,20V.

- (i) Determine la resistencia interna  $r$  de la celda.

[2]

.....

.....

.....

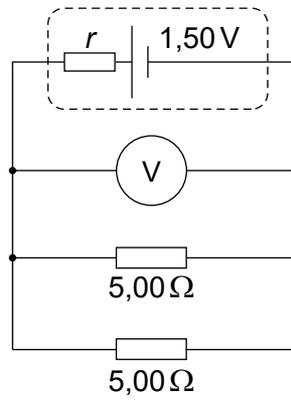
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 4: continuación)**

(ii) Se conecta un segundo resistor de  $5,00\ \Omega$  en paralelo al primer resistor.



Indique y explique la variación, si la hubiera, en la lectura del voltímetro sin cálculos adicionales.

[2]

.....

.....

.....

.....

**(Esta pregunta continúa en la página 15)**



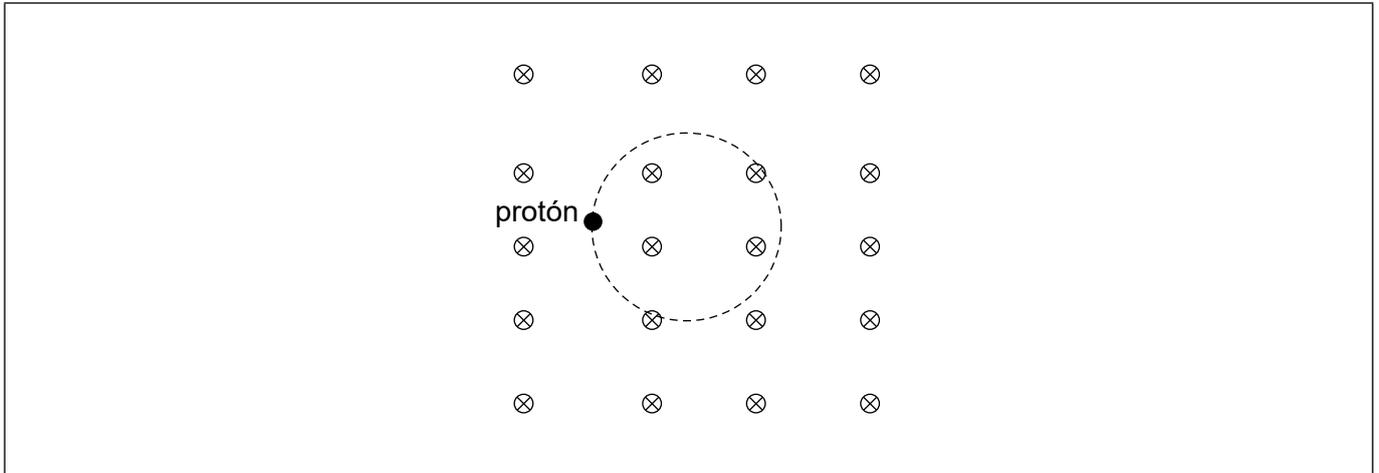
**No** escriba en esta página.

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



**(Pregunta 4: continuación)**

- (c) Un protón se desplaza siguiendo una trayectoria circular en una región de campo magnético uniforme con una densidad de flujo magnético  $B$  que está orientada hacia dentro del plano de la página.



- (i) Sobre el diagrama, dibuje una flecha para indicar la velocidad del protón en la posición mostrada. [1]
- (ii) Muestre que la frecuencia de revolución del protón viene dada por  $f = \frac{eB}{2\pi m_p}$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) La magnitud de  $B$  es de 2,5T. Calcule la frecuencia de revolución del protón. [1]

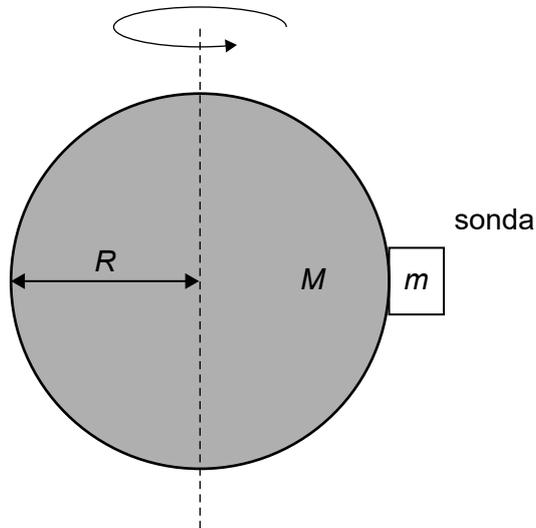
.....

.....



5. Una sonda de masa  $m$  aterriza sobre el ecuador de un asteroide en rotación que tiene masa  $M$  y radio  $R$ .

la figura no está dibujada a escala



El asteroide rota con una velocidad angular  $\omega$ .

- (a) Dibujando un diagrama de cuerpo libre para la sonda, muestre que la fuerza normal,  $N$ , sobre la sonda debida al asteroide viene dada por  $N = m\left(\frac{GM}{R^2} - \omega^2 R\right)$ . [2]

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 5: continuación)**

(b) Deduzca que la sonda permanecerá sobre la superficie del asteroide solamente

si  $\omega \leq \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$ .

[1]

.....  
.....

(c) Otra sonda orbita en torno al Sol.

(i) La distancia entre la sonda y el Sol es 4 veces la distancia entre la Tierra y el Sol. Muestre que la intensidad de la radiación solar en la superficie de la sonda es de  $85 \text{ W m}^{-2}$ .

[2]

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

(ii) Estime la temperatura de equilibrio de la sonda, suponiendo que se comporta como un cuerpo negro.

[2]

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



6. (a) Los quarks son partículas elementales.

(i) Indique qué se entiende por partícula elemental. [1]

.....  
.....

(ii) Enumere las fuerzas fundamentales que actúan sobre los quarks. [1]

.....  
.....

(iii) El barión lambda ( $\Lambda^0$ ) tiene un contenido de quarks uds. Se desintegra según la reacción  $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$ . El contenido de quarks del pión es  $\bar{u}d$ .

Indique y explique qué interacción fundamental es la responsable de esta desintegración. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 6: continuación)**

- (b) (i) Aludiendo al concepto de energía de enlace, explique por qué la masa combinada de los nucleones de un núcleo es mayor que la masa del núcleo. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Se dispone de las siguientes energías de enlace por nucleón:

Th: 7,645074 MeV  
Ra: 7,679917 MeV  
He: 7,073915 MeV

Determine la energía liberada en la desintegración  ${}_{90}^{228}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{224}\text{Ra} + {}_2^4\text{He}$ . [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Se observa que, a veces, la desintegración alfa del torio viene acompañada por emisión de rayos gamma. Sugiera una explicación para esta observación. [2]

.....

.....

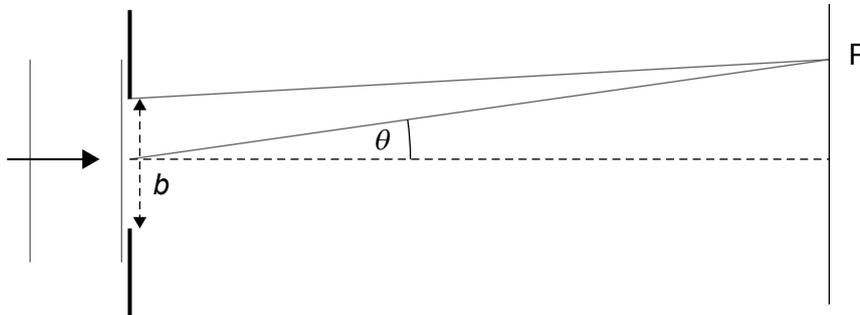
.....

.....



7. En una rendija única rectangular de apertura  $b$  se difracta luz de longitud de onda  $\lambda$ . El diagrama muestra dos rayos de luz que salen de la parte alta y de la parte central de la rendija. Los rayos proceden del mismo frente de onda. El ángulo de difracción es  $\theta$ . Para ángulos pequeños, puede utilizarse la aproximación  $\sin \theta \approx \theta$ .

la figura no está dibujada a escala



Los rayos se unen en el punto P sobre una pantalla a una distancia muy grande de la rendija.

- (a) (i) Muestre que la diferencia de fase entre los dos rayos en P es  $\frac{\pi b \theta}{\lambda}$ . [2]

.....

.....

- (ii) Los dos rayos interfieren de forma destructiva en P para formar el primer mínimo del patrón de difracción de la rendija única. Explique por qué  $\theta = \frac{\lambda}{b}$ . [1]

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 7: continuación)**

(b) El Telescopio Espacial James Webb (JWST) tiene un diámetro eficaz de 6,5 m.

(i) Calcule el mínimo tamaño lineal a una distancia de 13 600 millones de años luz ( $1,3 \times 10^{26}$  m) que puede ser resuelto por el JWST cuando opera a una longitud de onda de 1200 nm. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) El JWST puede operar también a longitudes de onda mayores que 1200 nm. Sugiera si la resolución del telescopio mejorará a mayores longitudes de onda. [1]

.....

.....



**No** escriba en esta página.

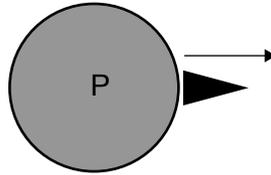
Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



8. Un planeta P uniforme esférico tiene masa  $M$  y radio  $R$ .

(a) Se lanza un proyectil de masa  $m$  con energía cinética  $\frac{2GMm}{3R}$  desde la superficie de P.

la figura no está dibujada a escala



Determine si el proyectil escapará del campo gravitatorio de P.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

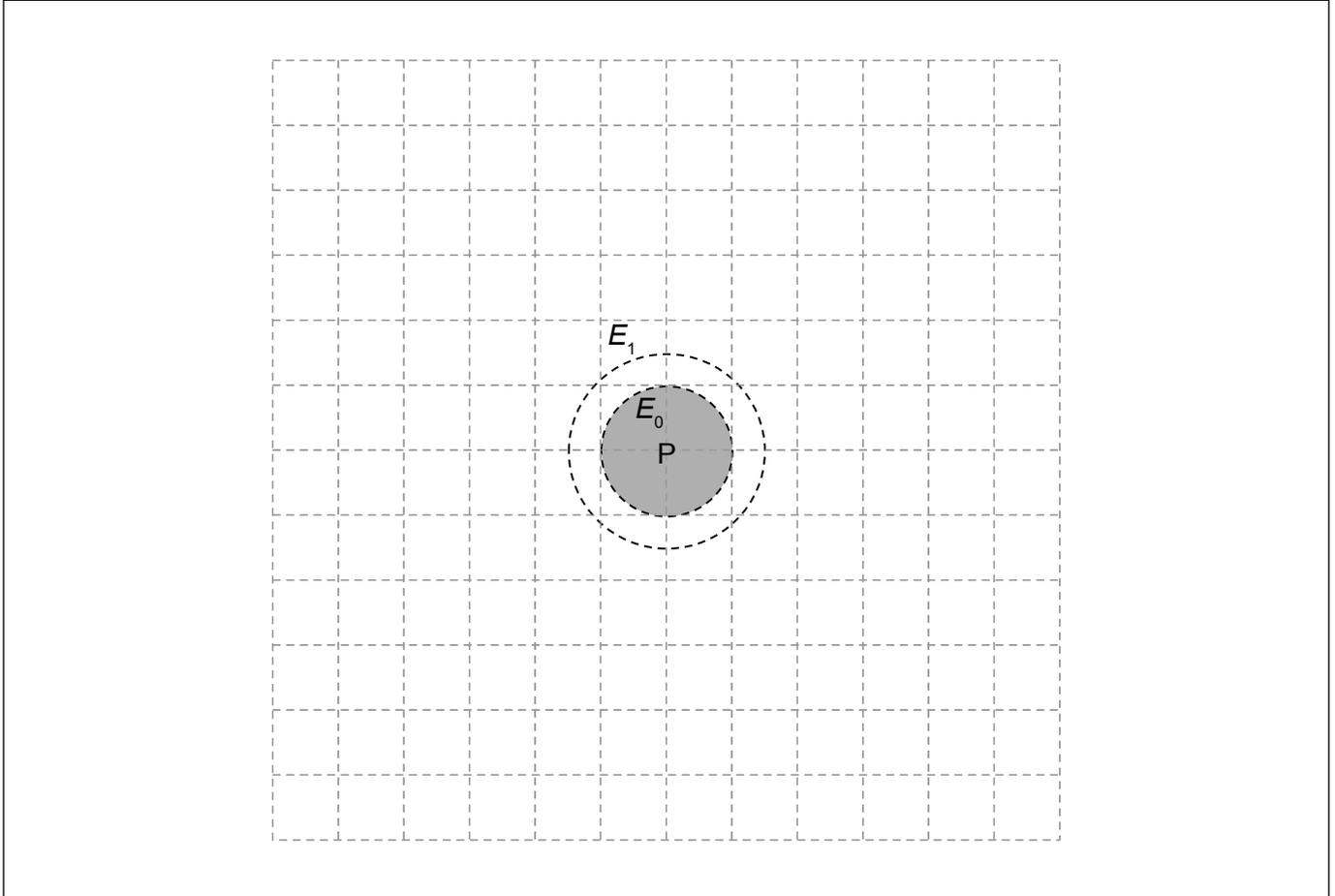


32EP23

Véase al dorso

**(Pregunta 8: continuación)**

- (b) La superficie de P es una superficie equipotencial  $E_0$ . El círculo a trazos marcado como  $E_1$  es una línea equipotencial a una distancia  $\frac{3R}{2}$  desde el centro de P. La diferencia de potencial entre  $E_1$  y  $E_0$  es de  $2,2 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ .



- (i) El radio  $R$  de P es de  $8,5 \times 10^6 \text{ m}$ .

Estime la magnitud de la intensidad del campo gravitatorio entre  $E_1$  y  $E_0$ . [2]

.....

.....

.....

.....

**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**

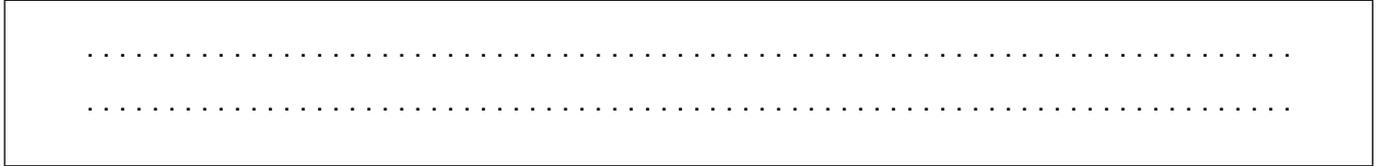


**(Pregunta 8: continuación)**

- (ii)  $E_2$  es una línea equipotencial tal que la diferencia de potencial entre  $E_2$  y  $E_1$  vale también  $2,2 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ .

Dibuje la línea equipotencial  $E_2$  sobre el diagrama.

[2]

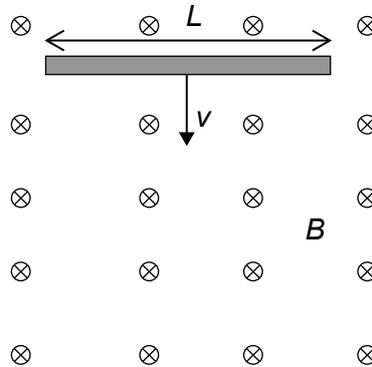


**No** escriba en esta página.

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



9. (a) Se hace mover una barra conductora de longitud  $L$  con rapidez  $v$  formando ángulos rectos con un campo magnético uniforme de densidad de flujo  $B$ . El campo está orientado hacia el interior del plano de la página.



- (i) Muestre, utilizando la ley de Faraday o de otra manera, que la diferencia de potencial,  $V$ , establecida entre los extremos de la barra es  $V = vBL$ . [3]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Identifique el extremo de la barra que adquiere carga negativa. [1]

.....

.....

.....

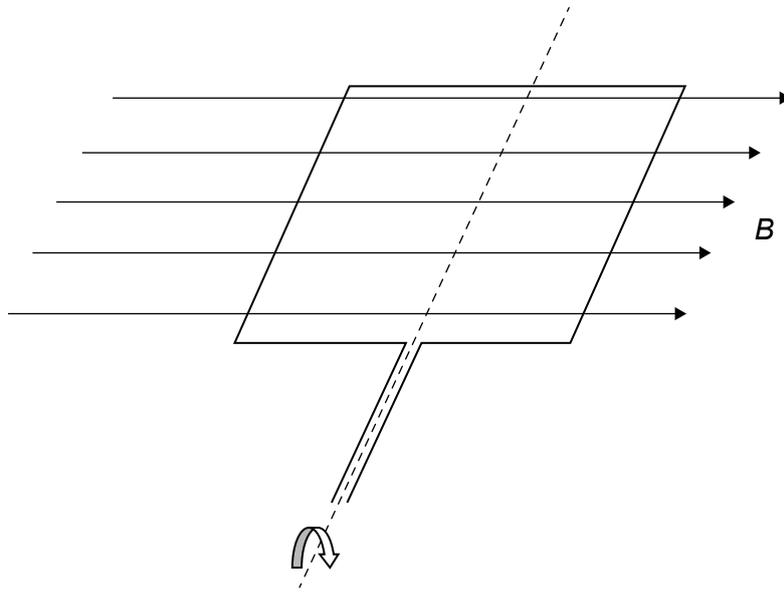
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 9: continuación)**

- (b) Una bobina está rotando en una región de campo magnético con una velocidad angular de  $12,56 \text{ rad s}^{-1}$ . Para  $t = 0$ , el campo es paralelo a la superficie de la bobina.



- (i) Indique el enlace de flujo magnético a través de la bobina para  $t = 0$ . [1]

.....

.....

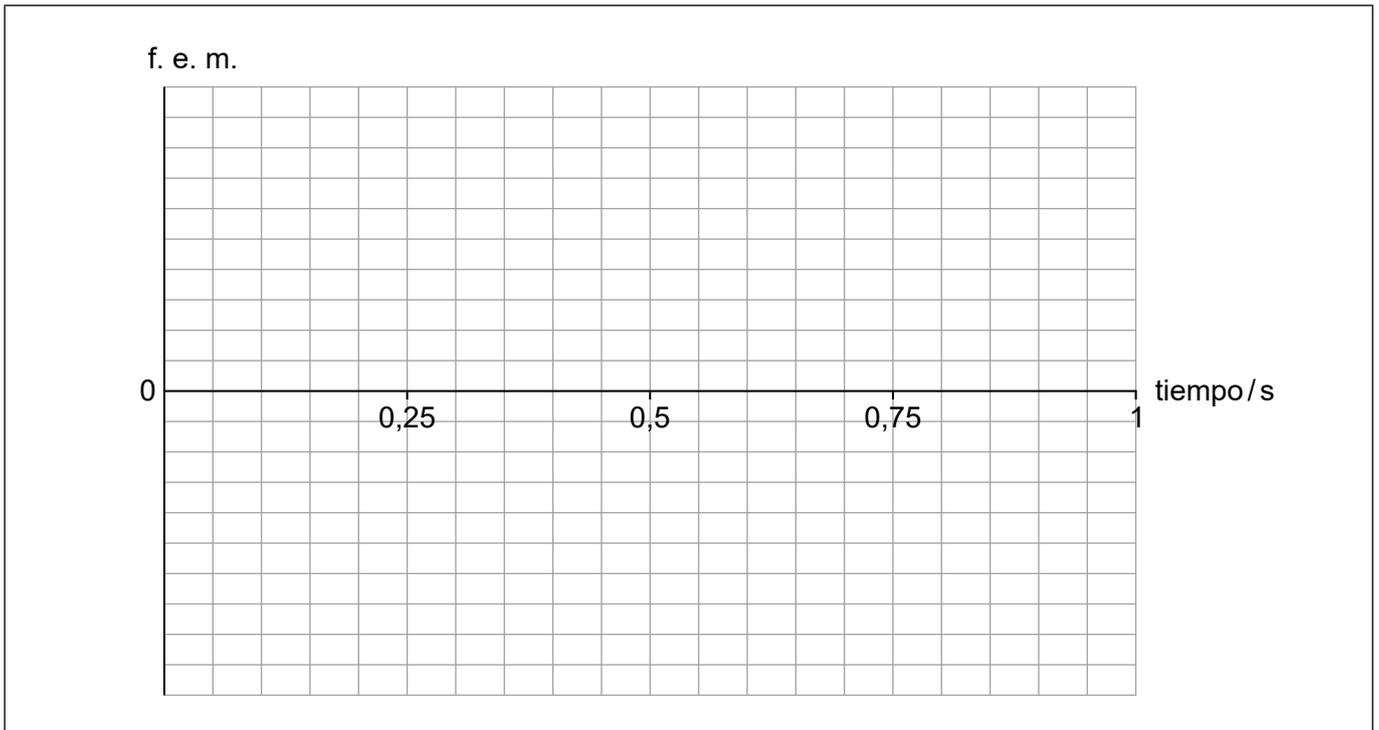
**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



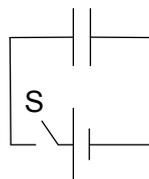
**(Pregunta 9: continuación)**

- (ii) Dibuje, sobre los ejes, un gráfico que muestre la variación con el tiempo de la f. e. m. inducida en la espira. (No se requieren números sobre el eje vertical.) [2]

.....  
.....



- (c) Se conecta un capacitor a una celda. Se cierra el interruptor S y el capacitor se carga por completo.



- Se inserta a continuación un dieléctrico entre las placas del capacitor. Sugiera qué le ocurrirá, si le ocurre algo, a la carga en una placa del capacitor. [2]

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



10. (a) (i) En el modelo de Bohr para el átomo de hidrógeno, el momento orbital angular está cuantizado ( $mvr = n \frac{h}{2\pi}$ ). Resuma el efecto que tiene esto sobre la energía del electrón. [1]

.....  
.....

- (ii) Para el átomo de hidrógeno, el radio de la órbita del electrón en el estado  $n = 2$  es cuatro veces mayor que el radio de la órbita en el estado  $n = 1$ . Determine el cociente  $\frac{v_2}{v_1}$  entre la rapidez del electrón en el estado  $n = 2$  y la velocidad en el estado  $n = 1$ . [2]

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

- (b) Compare y contraste la predicción de Bohr para el radio de una órbita del electrón del hidrógeno con la descripción del electrón en términos de una función de onda. [2]

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

- (c) Determine, utilizando el principio de incertidumbre, la energía cinética mínima de un neutrón dentro de un núcleo de radio  $3 \times 10^{-15}$  m. [2]

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



**No** escriba en esta página.

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



32EP31

**No** escriba en esta página.

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



32EP32