

© 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 2**

26 de octubre de 2023

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

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]**.



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

1. Una sonda espacial de masa 95 kg está diseñada para aterrizar sobre la superficie de un asteroide. La intensidad de campo gravitatorio  $g$  en la superficie del asteroide es  $2,7 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-2}$ .

(a) El radio  $r$  del asteroide es 230 km. Calcule la masa del asteroide.

[2]

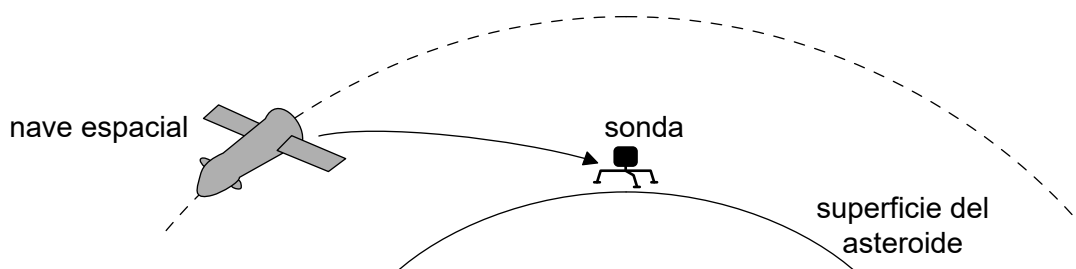
.....

.....

.....

.....

(b) La sonda es transportada al asteroide a bordo de una nave espacial.



Calcule el peso de la sonda cuando está cerca de la superficie del asteroide.

[1]

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 1: continuación)**

- (c) (i) A medida que la sonda se aproxima a la superficie del asteroide, se enciende el motor de un cohete para enlentecer su descenso. Explique cómo cambia el motor la rapidez de la sonda.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) El motor del cohete ejerce una fuerza constante de 12,0 N. Determine durante cuánto tiempo debe estar encendido el cohete para reducir la rapidez de la sonda desde  $0,64 \text{ m s}^{-1}$  hasta cero. Indique su respuesta con el número adecuado de cifras significativas.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**(Esta pregunta continúa en la página 5)**



**No** escriba en esta página.

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



**(Pregunta 1: continuación)**

- (d) (i) Muestre que la velocidad de escape del asteroide  $v_{\text{esc}}$  está dada por

$$v_{\text{esc}} = \sqrt{2gr} . \quad [1]$$

.....

.....

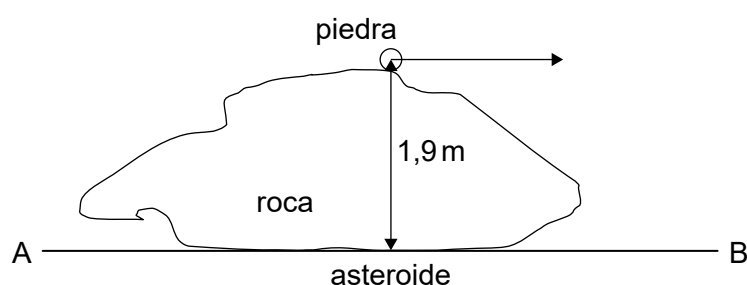
- (ii) Calcule la velocidad de escape del asteroide. [1]

.....

.....

- (e) Mientras la sonda aterriza, una pequeña piedra situada sobre una roca de la superficie del asteroide es proyectada horizontalmente desde lo alto de la roca. La rapidez horizontal de la piedra es  $34 \text{ m s}^{-1}$  y su altura sobre la superficie del asteroide  $1,9 \text{ m}$ .

**la figura no está dibujada a escala**



- Estime la distancia horizontal, a lo largo de la línea AB, desde el punto en que la piedra es proyectada hasta el punto en que toma tierra. Ignore la curvatura del asteroide. [2]

.....

.....

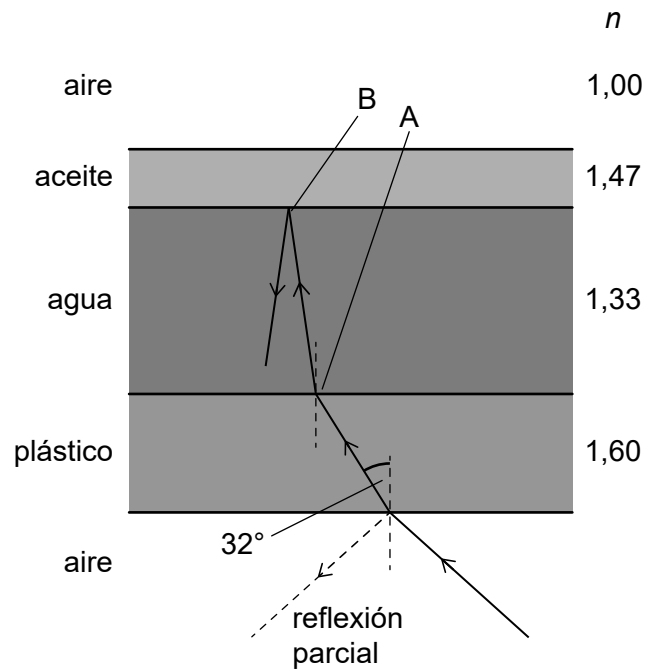
.....

.....



2. Luz monocromática entra por la base de una cubeta de plástico que contiene agua y una capa de aceite flotando sobre ella. Un estudiante dibuja un diagrama para mostrar las direcciones que sigue la luz a medida que atraviesa las capas. El diagrama del estudiante tiene un **error** en la posición A y otro **error** en la posición B. Los índices de refracción de los materiales se muestran en el diagrama.

la figura no está dibujada a escala



La luz se refracta a un ángulo de  $32^\circ$  cuando entra en la capa de plástico, como se muestra.

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 2: continuación)**

(a) Identifique, indicando la razón, el **error** en el diagrama de la luz

(i) que atraviesa la interfase plástico–agua (posición A). [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) en la interfase agua–aceite (posición B). [2]

.....

.....

.....

.....

(b) Calcule el ángulo de incidencia en la interfase aire–plástico. [2]

.....

.....

.....

.....

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





**(Pregunta 2: continuación)**

- (c) Calcule el ángulo crítico para la interfase plástico–agua.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (d) El estudiante plantea la hipótesis de que el rayo de luz parcialmente reflejado desde la superficie inferior de plástico está polarizado.

- (i) Resuma el significado de polarización.

[1]

.....

.....

- (ii) Explique cómo puede comprobarse experimentalmente esa hipótesis.

[2]

.....

.....

.....

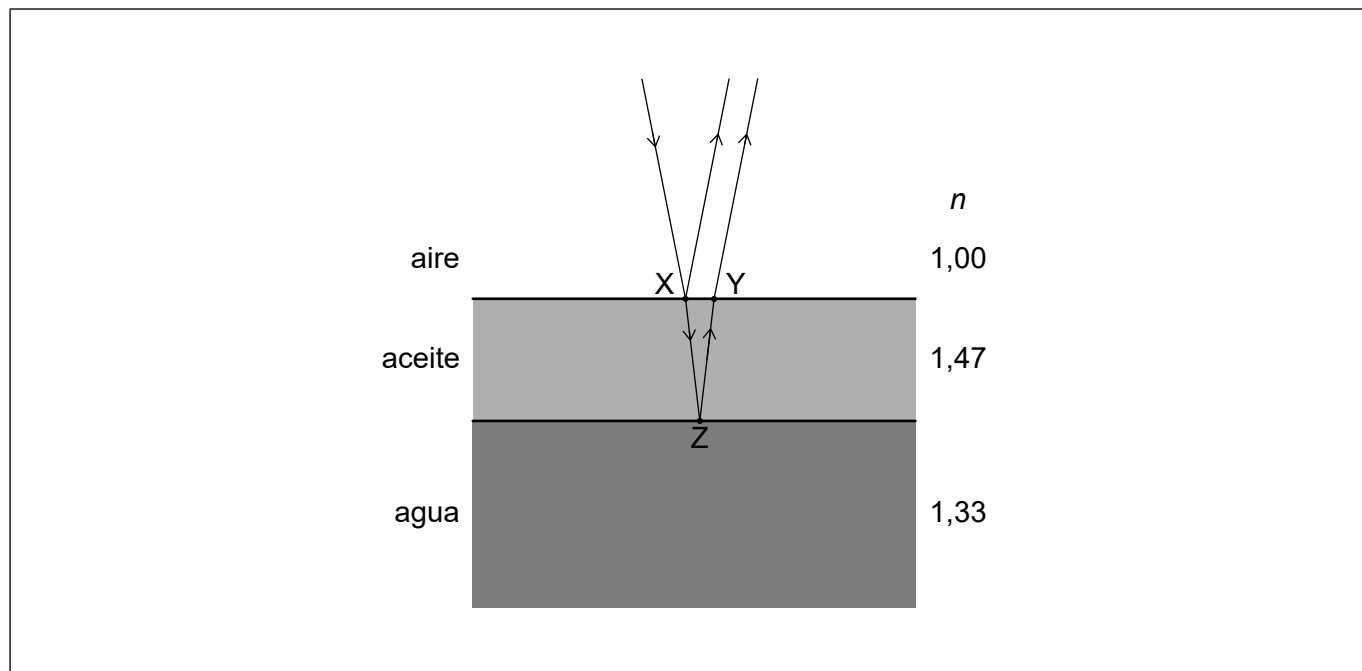
.....

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



**(Pregunta 2: continuación)**

- (e) Luz monocromática de longitud de onda en el aire  $6,3 \times 10^{-7} \text{ m}$  incide desde arriba en perpendicular a la capa de aceite. Los rayos en el diagrama se muestran en incidencia casi perpendicular por claridad. Sobre el diagrama se muestran tres posiciones X, Y y Z.



- (i) Identifique, indicando la razón, una posición en la que hay un cambio de fase de  $180^\circ$ .

[1]

.....

.....

- (ii) Determine el espesor mínimo de la capa de aceite para el cual la luz **no** se refleja. Indique su respuesta con el número adecuado de cifras significativas.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



3. Un ingeniero diseña un calentador eléctrico para derretir el hielo de la ventanilla trasera de un coche. El calentador consta de un único cable metálico delgado hecho con una aleación de alta resistencia. Las partes horizontales del cable tienen una longitud de 0,60 m y están separadas por una distancia vertical de 0,030 m. El calentador está diseñado para una fuente de alimentación de 12 V y para una potencia de salida de 150 W.

la figura no está dibujada a escala



- (a) (i) Calcule la resistencia del calentador cuando está a su temperatura de trabajo. [1]

.....  
 .....

- (ii) La resistividad de la aleación de alta resistencia es  $1,5 \times 10^{-6} \Omega \text{ m}$ . Calcule el radio del cable. [3]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 3: continuación)**

- (b) El calentador se utiliza para limpiar en la ventana una capa de hielo situada sobre la zona indicada por la línea de puntos del diagrama. El agua que ha fundido fluye alejándose inmediatamente del calentador. Determine el tiempo mínimo requerido para fundir el hielo. [3]

Espesor de la capa de hielo = 0,50 mm

Temperatura inicial del hielo = 0 °C

Densidad del hielo = 900 kg m<sup>-3</sup>

Calor latente específico de fusión del hielo = 0,336 MJ kg<sup>-1</sup>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) La batería del coche estaba casi descargada antes de encender el calentador. Discuta cómo afecta esto probablemente a su respuesta a (b). [2]

.....

.....

.....

.....

- (d) Resuma **dos** razones de por qué es importante para los científicos investigar soluciones eficaces para el almacenamiento de energía usando la tecnología de baterías. [2]

1. ....

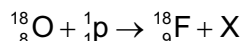
.....

2. ....

.....



4. El flúor-18 ( $^{18}_9\text{F}$ ) puede crearse cuando un protón que se mueve con gran rapidez interacciona con un núcleo de oxígeno-18 ( $^{18}_8\text{O}$ ). La ecuación nuclear para este proceso es la siguiente:



- (a) (i) Identifique X.

[1]

.....

- (ii) Explique por qué el protón debe moverse con gran rapidez para que ocurra este proceso.

[3]

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

- (b) El flúor-18, que es un emisor de positrones, se inyecta en un paciente durante un tratamiento médico. La actividad inicial requerida para el tratamiento es 1,5 GBq. El paciente no resulta seguro para los demás hasta que esa actividad haya disminuido.

$$\text{Constante de desintegración del flúor-18} = 1,1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

Calcule el tiempo que debe transcurrir para que la actividad disminuya desde su valor inicial hasta 1,2 MBq. Suponga que nada de flúor sale del cuerpo del paciente durante ese tiempo.

[2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 4: continuación)**

(c) Un positrón puede producirse también por medio del proceso de producción de pares.

(i) Indique la relación entre las partículas emitidas en un proceso de producción de pares.

[1]

.....

(ii) Identifique la otra partícula producida durante la producción de pares.

[1]

.....

(iii) Sugiera por qué la producción de pares solo puede ocurrir cuando un único fotón está próximo a un núcleo.

[2]

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

(iv) Sugiera lo que probablemente le suceda al positrón después de su producción.

[1]

.....  
.....



5. La tabla muestra algunos de los niveles de energía de un átomo de hidrógeno.

	Nivel	Energía/eV
Estado ionizado	$n = \infty$	0
Estados excitados	$n = 3$	–1,51
	$n = 2$	–3,40
Estado fundamental	$n = 1$	–13,6

- (a) Distinga entre un átomo en un estado excitado y un átomo en un estado ionizado.

[1]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Explique cómo se emite radiación electromagnética desde un átomo de hidrógeno en un estado excitado.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 5: continuación)**

- (c) Cuando radiación de longitud de onda  $6,6 \times 10^{-7} \text{ m}$  incide sobre un gas de hidrógeno frío algo de ella es absorbida por el gas.

- (i) Indique la región del espectro electromagnético en que sitúa esta radiación. [1]

.....

- (ii) Determine los estados inicial y final del átomo de hidrógeno que están involucrados en esta absorción. [3]

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



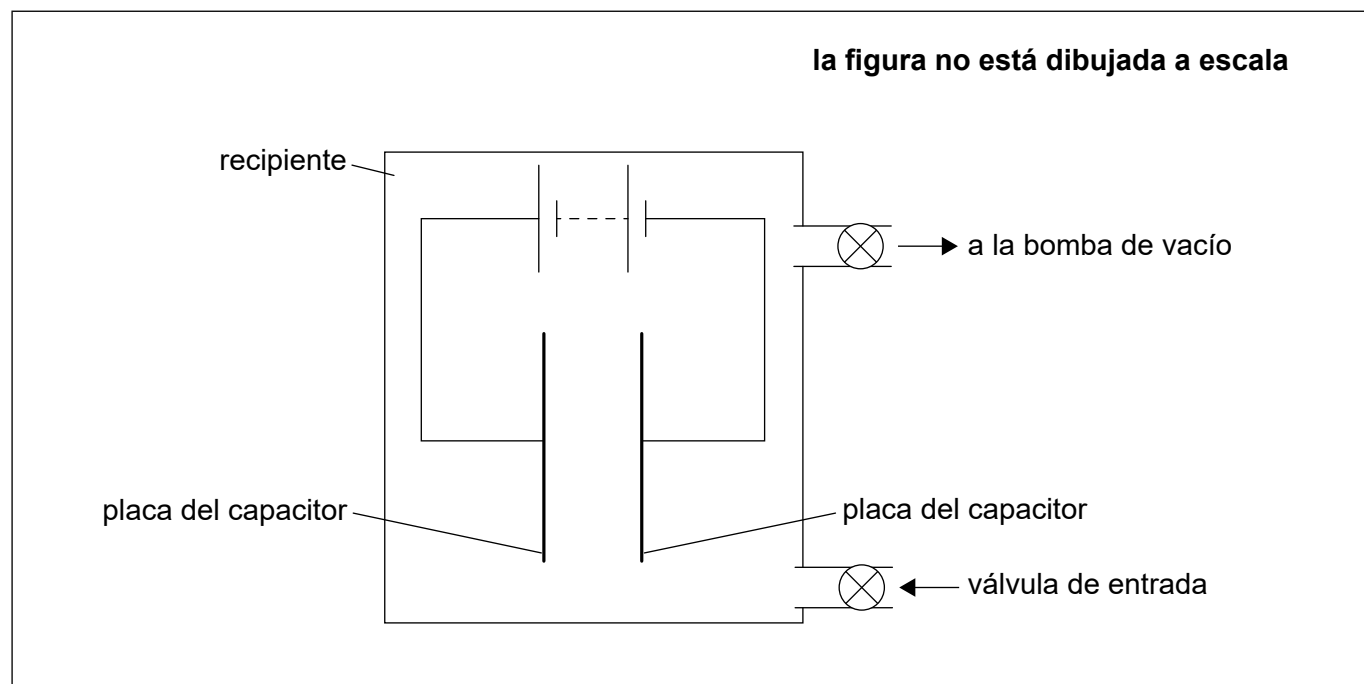


**No** escriba en esta página.

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



6. Un capacitor consta de dos placas cuadradas de metal, dispuestas paralelamente la una a la otra y conectadas a una fuente de alimentación que tiene resistencia interna. El capacitor se encuentra en un recipiente en cuyo interior puede o bien hacerse el vacío con una bomba, o bien llenarse con un gas.



- (a) Se hace el vacío en el recipiente de modo que no hay aire entre las placas. Las placas están inicialmente descargadas y entonces se conecta la fuente de alimentación.

- (i) Dibuje sobre el diagrama la disposición de las líneas de campo eléctrico entre las placas. [2]

- (ii) El capacitor tiene una capacitancia de 75 pF. La separación entre placas es de 3,2 mm. Determine la longitud de un lado de una placa. [2]

.....

.....

- (iii) La f.e.m. de la fuente de alimentación es de 16 kV. Calcule la carga máxima almacenada por el capacitor. [1]

.....

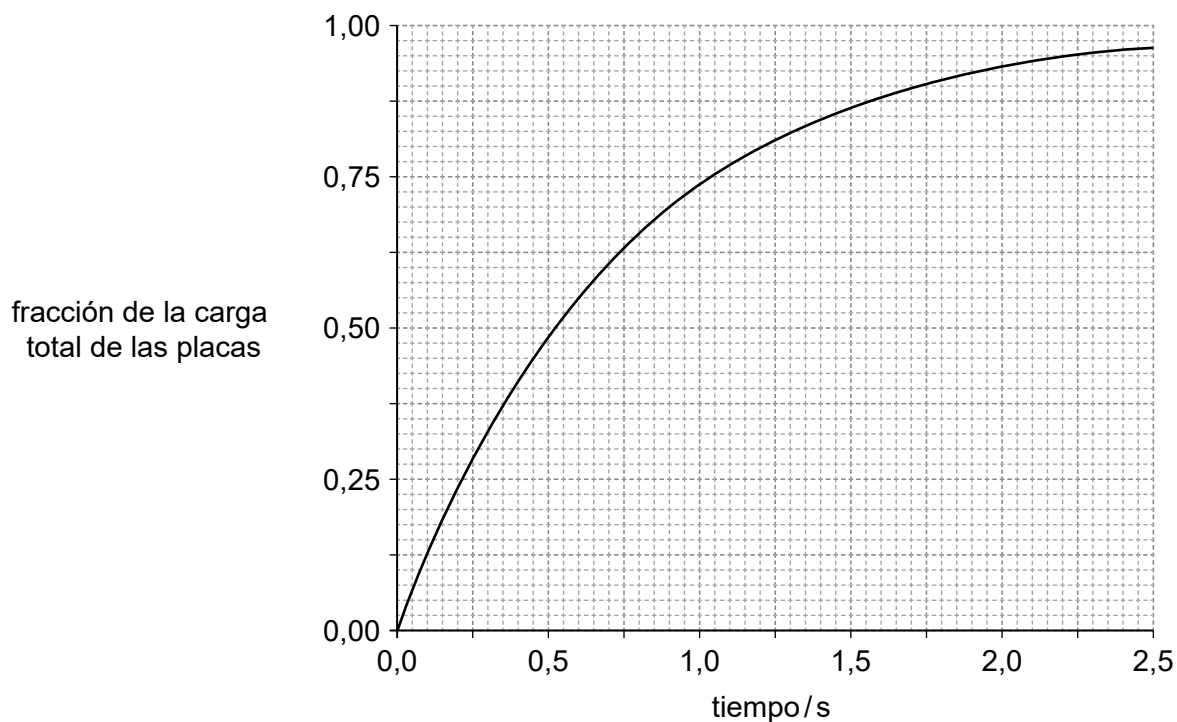
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 6: continuación)**

- (b) El gráfico muestra la variación con el tiempo de la fracción de la carga total de las placas después de conectarse la fuente de alimentación, sin aire en el recipiente.



A continuación se abre el recipiente a la atmósfera de modo que el aire penetra entre sus placas. Se observa que el aire conduce y descarga el capacitor cuando la diferencia de potencial entre las placas excede de 9,0 kV. Suponga que la capacitancia del capacitor no cambia cuando el aire está presente.

- (i) Calcule la mínima intensidad de campo eléctrico entre las placas a la que el capacitor se descargará.

[1]

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



**(Pregunta 6: continuación)**

- (ii) Determine, utilizando el gráfico, el tiempo que tarda el aire en hacerse conductor por primera vez.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Se reemplaza el aire por un gas que tiene una permitividad relativa mayor que el aire. Este gas también conduce cuando la diferencia de potencial entre las placas excede de 9,0 kV. Explique cómo cambia el tiempo en (b)(ii) cuando el aire es reemplazado por el gas.

[2]

.....

.....

.....

.....

**(Esta pregunta continúa en la página 21)**



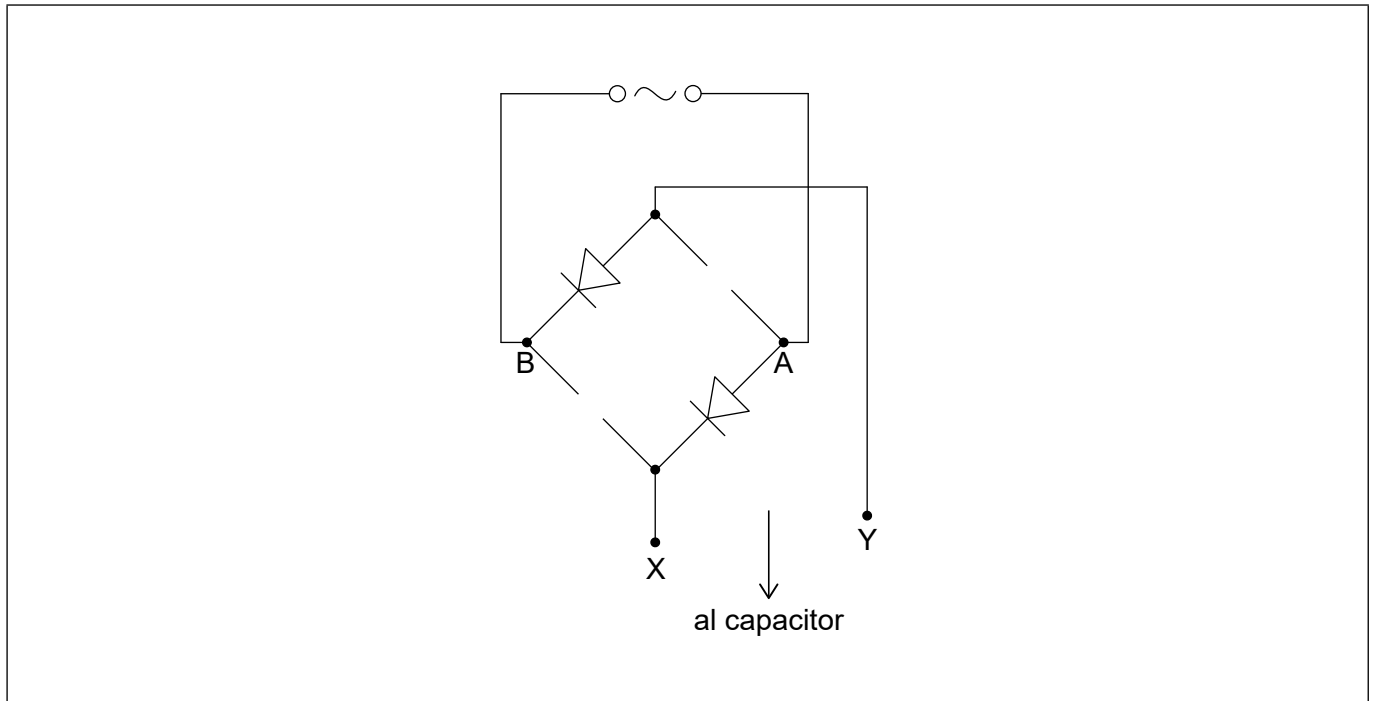
**No** escriba en esta página.

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



**(Pregunta 6: continuación)**

- (d) Se reemplaza la fuente de alimentación de corriente continua (CC) por otra fuente de alimentación de corriente alterna (CA) y un rectificador de onda completa. Se muestra un diagrama incompleto del rectificador y de la fuente de alimentación.



- (i) Dibuje sobre el diagrama lo que falta del puente de diodos. [1]
- (ii) Resuma, haciendo referencia a los puntos A y B del dispositivo, por qué la carga solo fluye en un sentido a través de las terminales de salida XY del rectificador. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



7. Ceres es un planeta enano del cinturón de asteroides. Se dispone de los siguientes datos:

Distancia media de Ceres al Sol =  $4,4 \times 10^{11}$  m

Potencia media de salida del Sol =  $3,8 \times 10^{26}$  W

- (a) (i) Determine la temperatura media de Ceres, suponiendo que radia como un cuerpo negro.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Ceres tiene un núcleo rocoso sólido cubierto de hielo sólido. La temperatura media es mayor que la de su respuesta a (a)(i) debido a que los núcleos radiactivos del centro de Ceres se están desintegrando. Resuma cómo la energía de las desintegraciones radiactivas alcanza la superficie.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 7: continuación)**

- (b) A bajas temperaturas, tales como la temperatura media de Ceres, el agua experimenta un cambio de fase directamente de sólido a gas.

- (i) Compare las condiciones moleculares de la fase sólida y de la fase gaseosa a la misma temperatura.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) La temperatura superficial máxima de Ceres es de  $-38^{\circ}\text{C}$ . Las observaciones muestran que cantidades significativas de vapor de agua se liberan cada segundo desde la superficie de Ceres cuando la temperatura alcanza ese máximo. Calcule la energía cinética media de una molécula de vapor de agua a esa temperatura.

[1]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Se dispone de los siguientes datos:

$$\text{Radio de Ceres} = 4,7 \times 10^5 \text{ m}$$

$$\text{Masa de Ceres} = 9,0 \times 10^{20} \text{ kg}$$

Muestre que el potencial gravitatorio en la superficie de Ceres es aproximadamente  $-10^5 \text{ J kg}^{-1}$ .

[1]

.....

.....

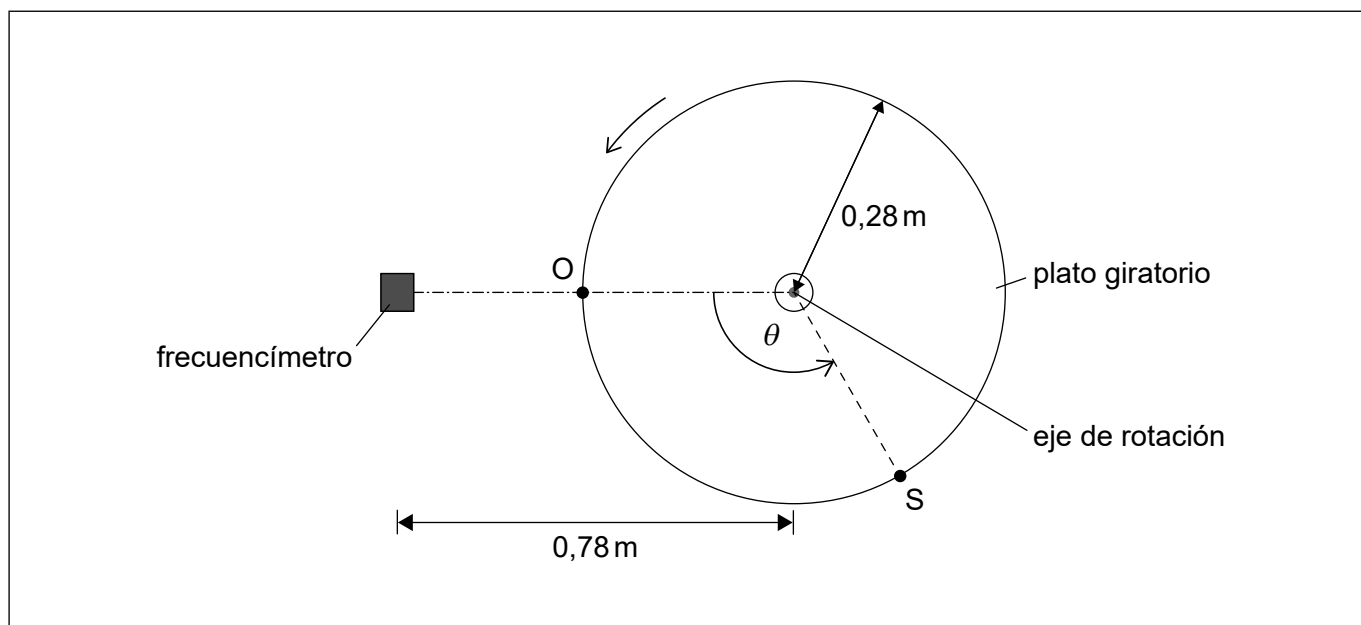
.....

.....

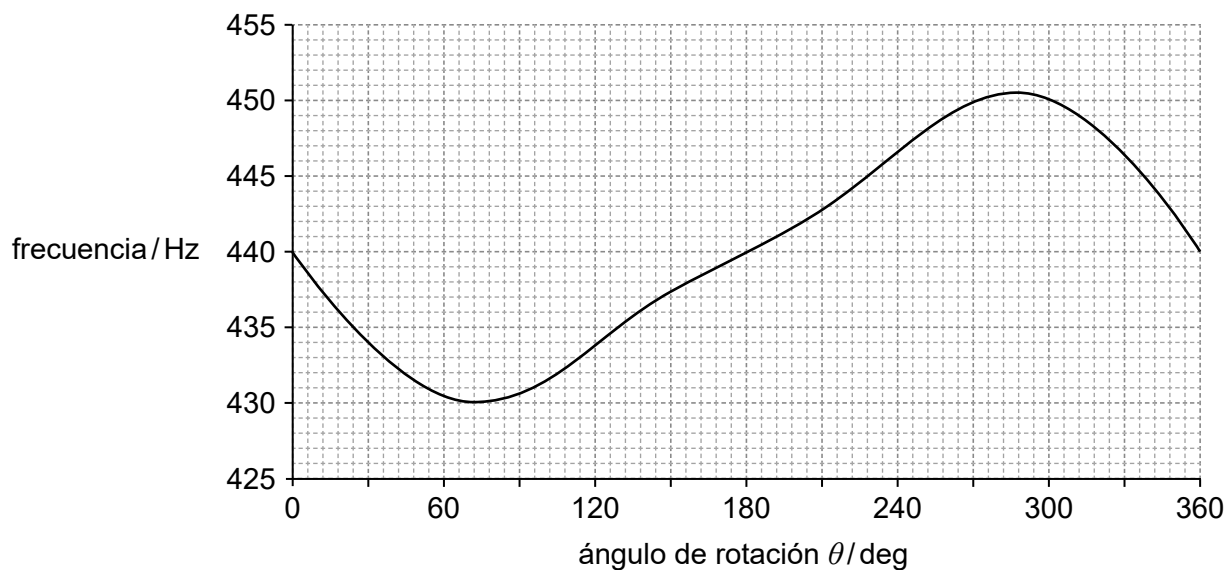




8. El **diagrama** muestra una fuente puntual de sonido S situada en el borde de un plato giratorio horizontal que gira alrededor de un eje vertical. El sonido se detecta utilizando un pequeño frecuencímetro estacionario situado a 0,78 m del eje del plato giratorio. El radio del plato giratorio es de 0,28 m. La velocidad lineal de S es mucho menor que la velocidad del sonido.



El **gráfico** muestra la variación de la frecuencia detectada con el ángulo de rotación  $\theta$  para una revolución completa del plato giratorio.



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 8: continuación)

- (a) (i) Identifique sobre el **diagrama** la posición de S para la cual la frecuencia detectada es máxima. Rotule esta posición como A. [1]
- (ii) Resuma por qué esa variación de frecuencia máxima no sucede cuando  $\theta = 90^\circ$  o cuando  $\theta = 270^\circ$ . [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Determine la velocidad angular del plato giratorio. La velocidad del sonido es  $330 \text{ m s}^{-1}$ . Indique su respuesta con la unidad apropiada. [5]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**No** escriba en esta página.

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



28EP26

**No** escriba en esta página.

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



28EP27

**No** escriba en esta página.

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



28EP28