

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 written permission from the IB.

Additionally, the license tied with this product prohibits commercial 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, is not permitted and is subject to the IB's prior written consent via a license. More information on how to request a license can be obtained from <http://www.ibo.org/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

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 de l'IB.

De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation commerciale 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, n'est pas autorisée et est soumise au consentement écrit préalable de l'IB par l'intermédiaire d'une licence. Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour demander une licence, rendez-vous à l'adresse <http://www.ibo.org/fr/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

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 que medie la autorización escrita del IB.

Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso con fines comerciales 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— no está permitido y estará sujeto al otorgamiento previo de una licencia escrita por parte del IB. En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una licencia: <http://www.ibo.org/es/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

**Física**  
**Nivel Superior**  
**Prueba 3**

Miércoles 6 de noviembre de 2019 (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

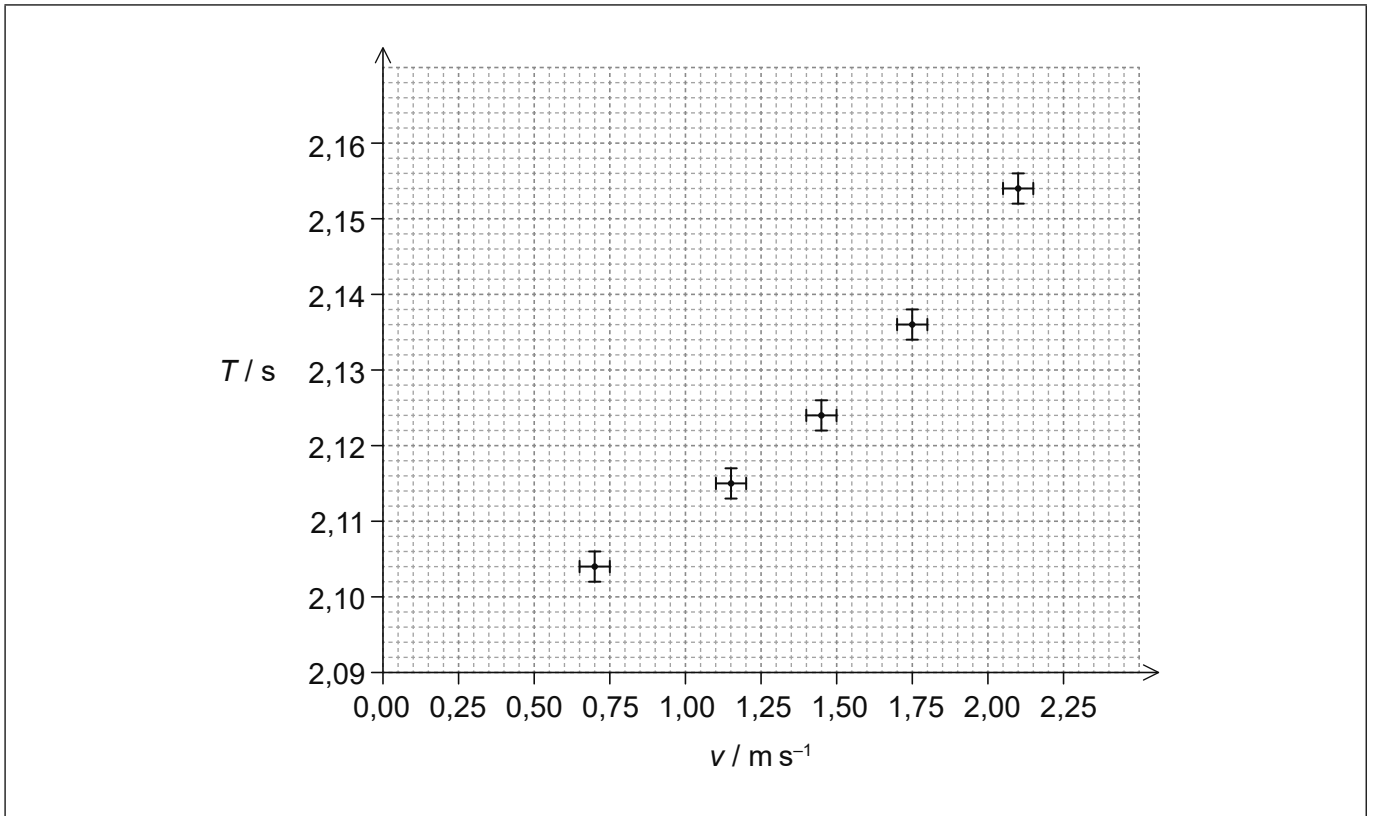
Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	3 – 6
Opción B — Física en ingeniería	7 – 10
Opción C — Toma de imágenes	11 – 14
Opción D — Astrofísica	15 – 17



### Sección A

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

1. Un alumno investiga cómo varía el periodo  $T$  de un péndulo simple con la rapidez máxima  $v$  de la lenteja del péndulo soltando el péndulo desde diferentes ángulos iniciales, partiendo del reposo. Se ha dibujado un gráfico de la variación de  $T$  con  $v$ .



- (a) Haciendo referencia al gráfico, sugiera por qué resulta improbable que la relación entre  $T$  y  $v$  sea lineal.

[1]

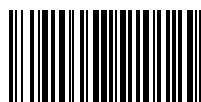
.....  
.....

- (b) Determine la incertidumbre relativa de  $v$  cuando  $T = 2,115\text{s}$ , expresándola con **una** cifra significativa.

[2]

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

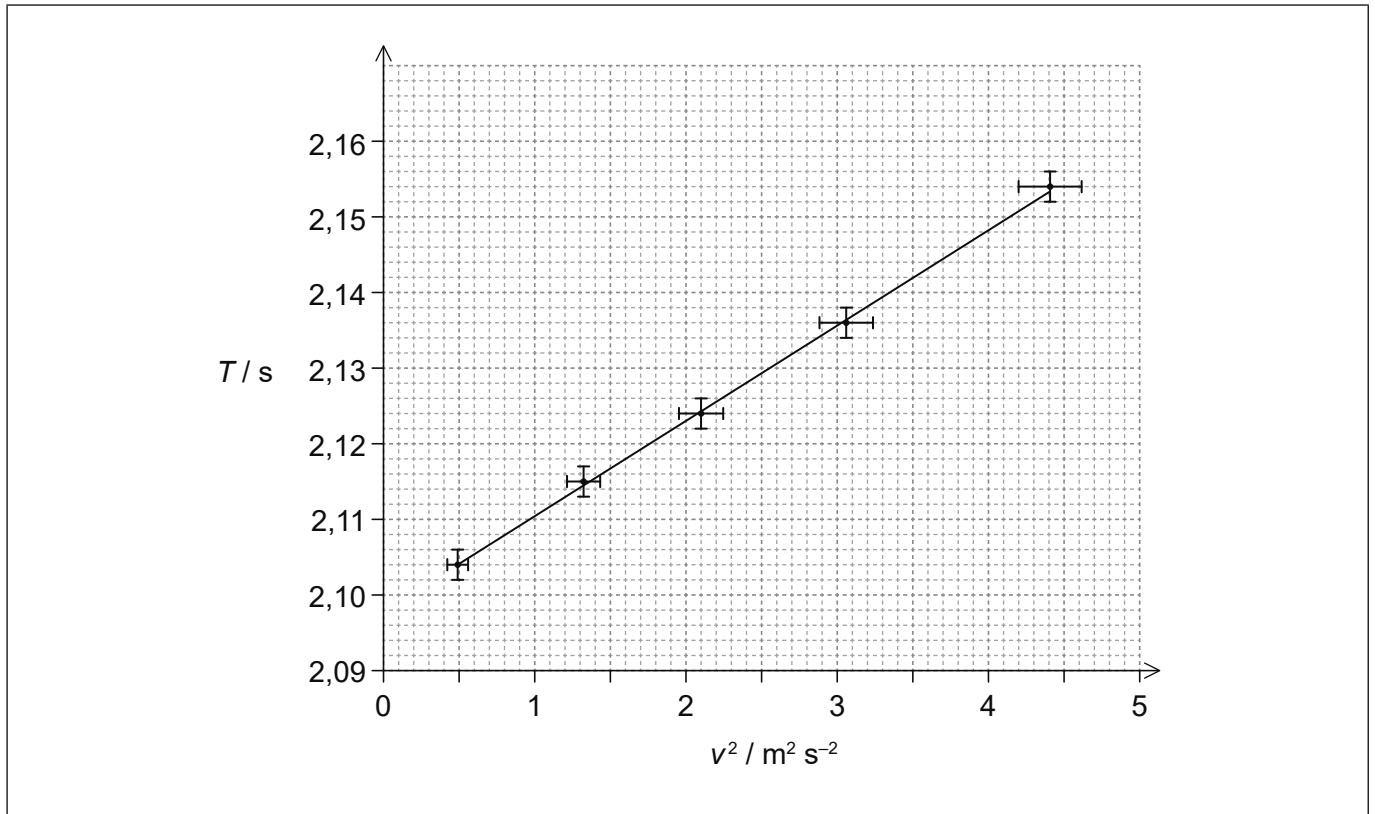
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



32EP02

**(Pregunta 1: continuación)**

- (c) El alumno propone como hipótesis que la relación entre  $T$  y  $v$  es  $T = a + bv^2$ , donde  $a$  y  $b$  son constantes. Para verificar esta hipótesis se dibuja un gráfico que muestra la variación de  $T$  con  $v^2$ . El gráfico muestra los datos y la línea de ajuste óptimo.



Determine  $b$ , dando una unidad apropiada para  $b$ .

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



32EP03

Véase al dorso

**No** escriba en esta página.

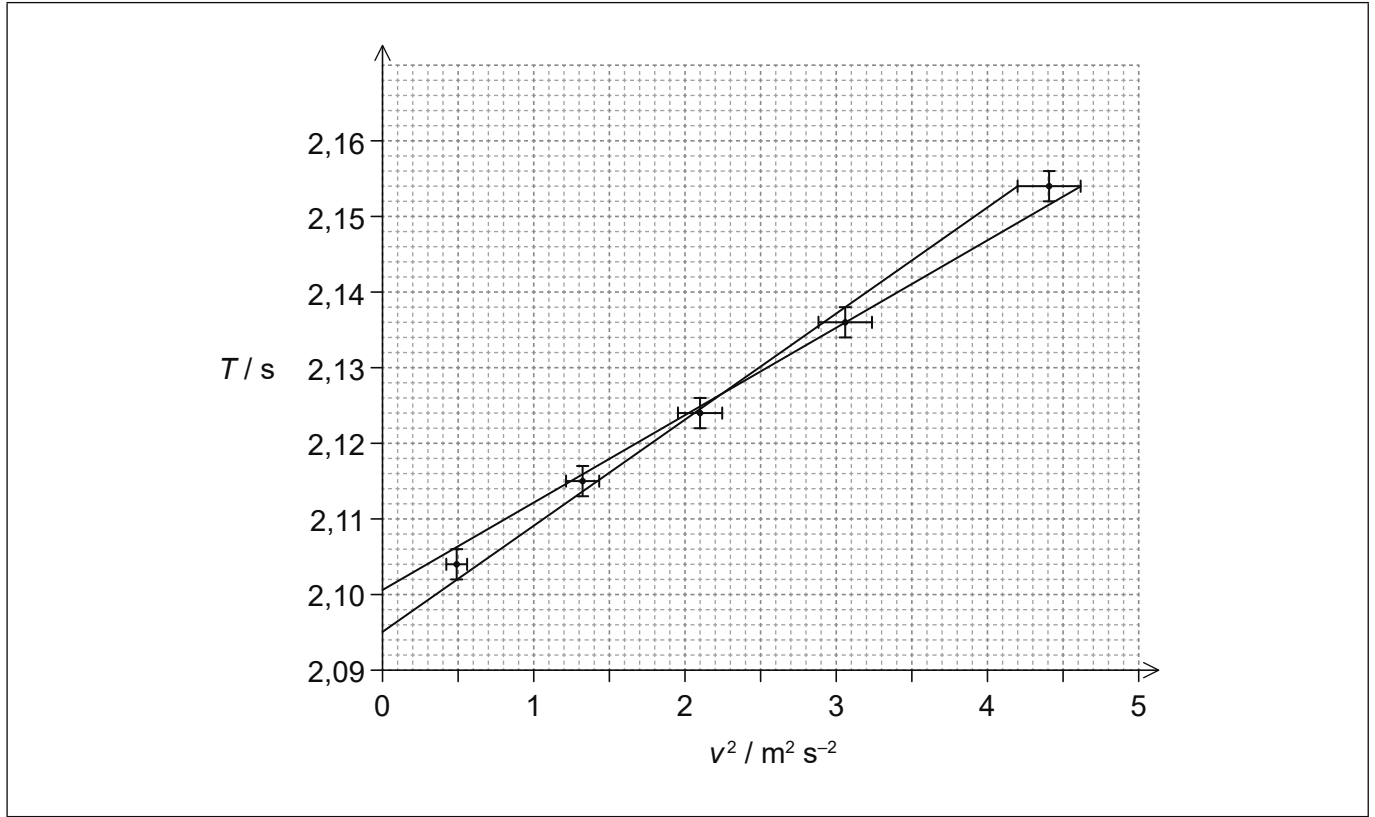
Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



32EP04

**(Pregunta 1: continuación)**

(d) Se muestran las rectas de gradiente mínimo y máximo.



Estime la incertidumbre absoluta de  $a$ .

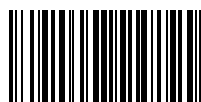
[2]

.....

.....

.....

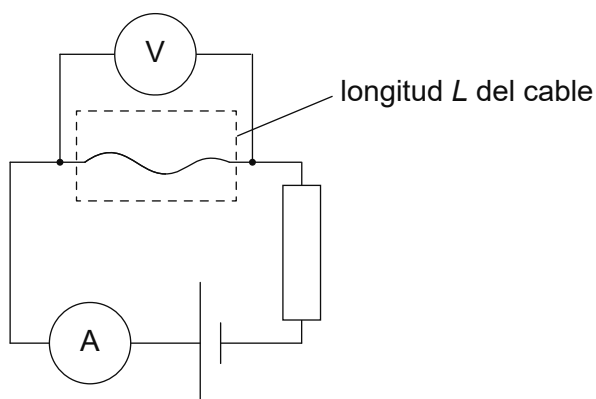
.....



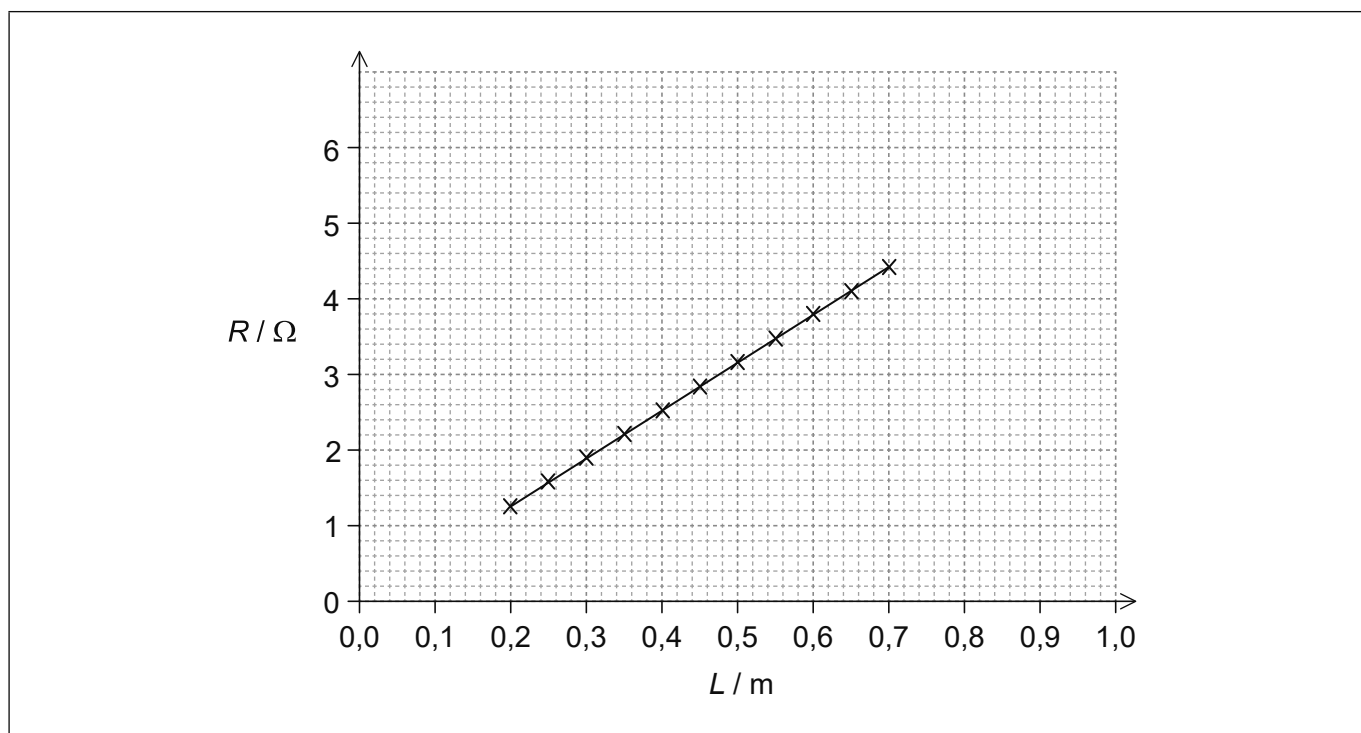
32EP05

Véase al dorso

2. La resistencia  $R$  de un cable de longitud  $L$  puede medirse utilizando el circuito mostrado.



(a) En un experimento, el cable tiene un diámetro uniforme de  $d = 0,500$  mm. El gráfico muestra los datos obtenidos para la variación de  $R$  con  $L$ .



La pendiente de la línea de ajuste óptimo es  $6,30 \Omega \text{m}^{-1}$ .

(i) Estime la resistividad del material del cable. Indique su respuesta con un número apropiado de cifras significativas. [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



32EP06

**(Pregunta 2: continuación)**

- (ii) Haciendo referencia a la potencia disipada en el cable, explique la utilidad del resistor conectado en serie con el cable para medir  $R$ .

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Se repite el experimento utilizando un cable hecho del mismo material, pero de mayor diámetro que el cable del apartado (a). Sobre los ejes del apartado (a), dibuje con precisión el gráfico para este segundo experimento.

[2]



32EP07

Véase al dorso



### Sección B

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

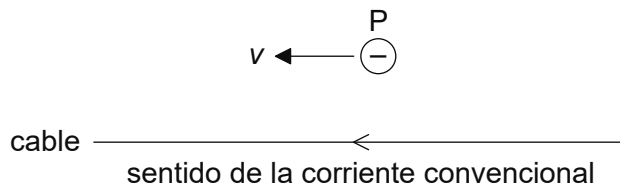
#### Opción A — Relatividad

3. (a) Uno de los dos postulados de la relatividad especial indica que la velocidad de la luz en el vacío es la misma para todos los observadores en sistemas de referencia inerciales. Indique el otro postulado de la relatividad especial. [1]

.....

.....

- (b) Un largo cable recto conductor de corriente se encuentra en reposo en un laboratorio. Una partícula cargada negativamente P, exterior al cable, se mueve paralelamente a la corriente con velocidad constante  $v$  respecto al laboratorio.



En el sistema de referencia del laboratorio, la partícula P experimenta una fuerza repulsiva hacia afuera del cable.

- (i) Indique la naturaleza de la fuerza sobre la partícula P en el sistema de referencia del laboratorio. [1]

.....

.....

- (ii) Utilizando su respuesta al apartado (a), deduzca la naturaleza de la fuerza que actúa sobre la partícula P en el sistema en reposo de P. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



32EP08

**(Continuación: opción A, pregunta 3)**

(iii) Explique cómo surge la fuerza del apartado (b)(ii). [2]

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

(iv) La velocidad de P es  $0,30c$  respecto al laboratorio. Una segunda partícula Q se mueve con una velocidad de  $0,80c$  respecto al laboratorio.



Calcule la rapidez de Q respecto a P. [2]

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

**(La opción A continúa en la página siguiente)**



32EP09

**Véase al dorso**

**(Opción A: continuación)**

4. Un tren está moviéndose a través de un puente con una rapidez  $v = 0,40c$ . El observador A está en reposo en el tren. El observador B está en reposo respecto al puente.

La longitud del puente  $L_B$  según el observador B es de 2,0 km.

(a) Calcule, para el observador A,

(i) la longitud  $L_A$  del puente.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) el tiempo que tarda en atravesar el puente.

[2]

.....

.....

.....

.....

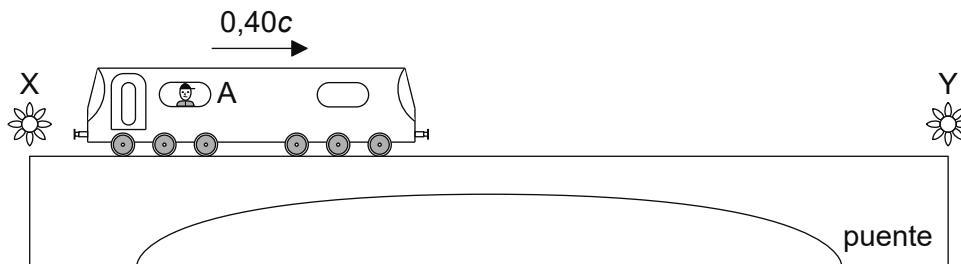
(b) Resuma por qué  $L_B$  es la longitud propia del puente.

[1]

.....

.....

(c) Según el observador B, dos lámparas situadas en los extremos del puente se encienden simultáneamente mientras el observador A atraviesa el puente. El suceso X es el encendido de la lámpara en un extremo del puente. El suceso Y es el encendido de la lámpara en el otro extremo del puente.



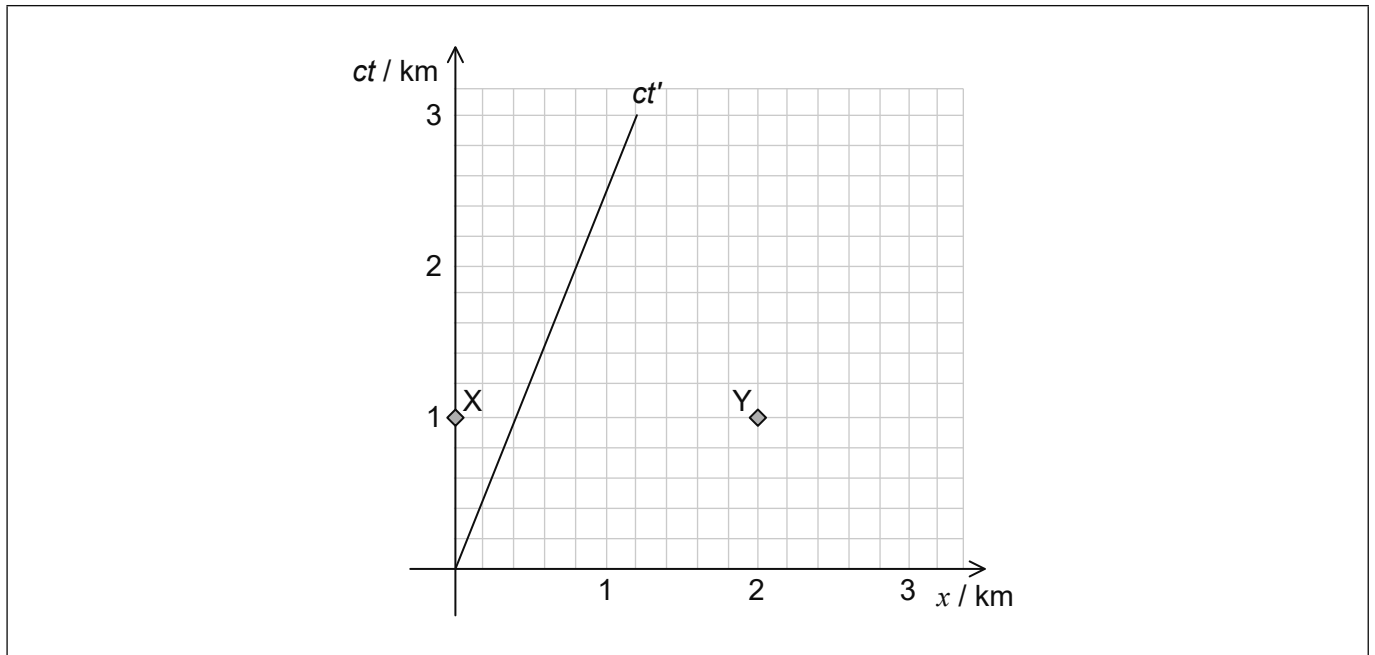
**(La opción A continúa en la página siguiente)**



32EP10

**(Continuación: opción A, pregunta 4)**

Los sucesos X e Y se muestran en el diagrama espacio-tiempo. Los ejes espacial y temporal del sistema de referencia del observador B son  $x$  y  $ct$ . La línea rotulada  $ct'$  es la línea de universo del observador A.



- (i) Sobre el diagrama espacio-tiempo, dibuje con precisión el eje espacial del sistema de referencia del observador A. Rotule ese eje como  $x'$ . [1]
- (ii) Utilizando el diagrama, demuestre qué lámpara **fue encendida** primero según el observador A. [2]

.....

- (iii) Utilizando el diagrama, demuestre qué lámpara es la que el observador A **observa** que luce primero. [2]

.....

- (iv) Determine el intervalo de tiempo entre X e Y según el observador A. [2]

.....

.....

.....

.....

**(La opción A continúa en la página siguiente)**

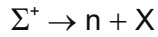


32EP11

**Véase al dorso**

**(Opción A: continuación)**

5. Una partícula  $\Sigma^+$  en reposo se desintegra en un neutrón y otra partícula X, según la reacción



Se dispone de los siguientes datos:

$$\begin{aligned} \text{Masa en reposo de } \Sigma^+ &= 1190 \text{ MeV } c^{-2} \\ \text{Cantidad de movimiento del neutrón} &= 185 \text{ MeV } c^{-1} \end{aligned}$$

(a) Calcule, para el neutrón,

(i) la energía total. [1]

.....  
.....

(ii) la rapidez. [2]

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

(b) Determine la masa en reposo de X. [3]

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

**(La opción A continúa en la página siguiente)**



**(Opción A: continuación)**

6. El radio de Schwarzschild de un agujero negro es  $R$ . A una distancia de  $0,5R$  del horizonte de sucesos del agujero negro, una sonda emite ondas de radio de frecuencia  $f$  que son recibidas por un observador muy alejado del agujero negro.

(a) Explique por qué la frecuencia de las ondas de radio detectadas por el observador es menor que  $f$ . [2]

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

(b) La sonda emite 20 pulsos cortos de esas ondas de radio cada minuto, según un reloj en la sonda. Calcule el intervalo de tiempo entre pulsos según lo mide el observador. [2]

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

**Fin de la opción A**



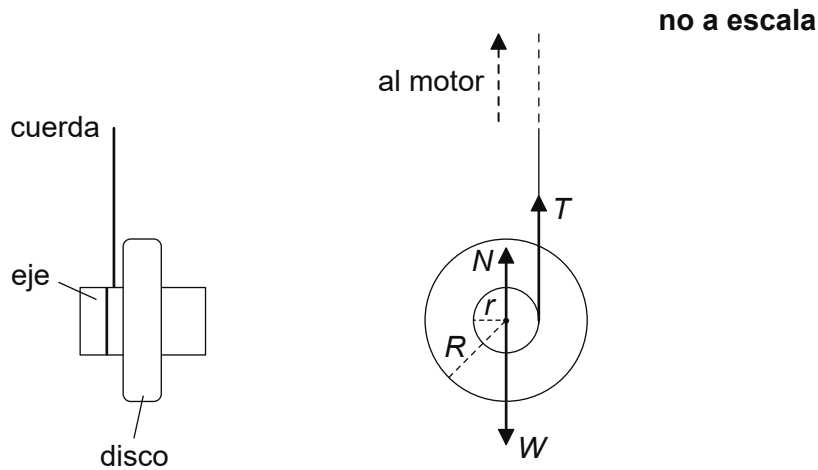
32EP13

Véase al dorso

**Opción B — Física en ingeniería**

7. Un volante está formado por un disco sólido con una masa  $M$  de 5,00 kg montado sobre un pequeño eje radial. La masa del eje es despreciable. El radio  $R$  del disco es 6,00 cm y el radio  $r$  del eje 1,20 cm.

Una cuerda de grosor despreciable se enrolla en el eje. Un motor eléctrico tira de la cuerda ejerciendo una fuerza vertical de tensión  $T$  sobre el volante. El diagrama muestra las fuerzas que actúan sobre el volante.  $W$  es el peso y  $N$  la reacción normal del soporte del volante.



El momento de inercia del volante respecto del eje es  $I = \frac{1}{2}MR^2$ .

- (a) Indique el momento de fuerzas que proporciona la fuerza  $W$  respecto al eje del volante. [1]

.....

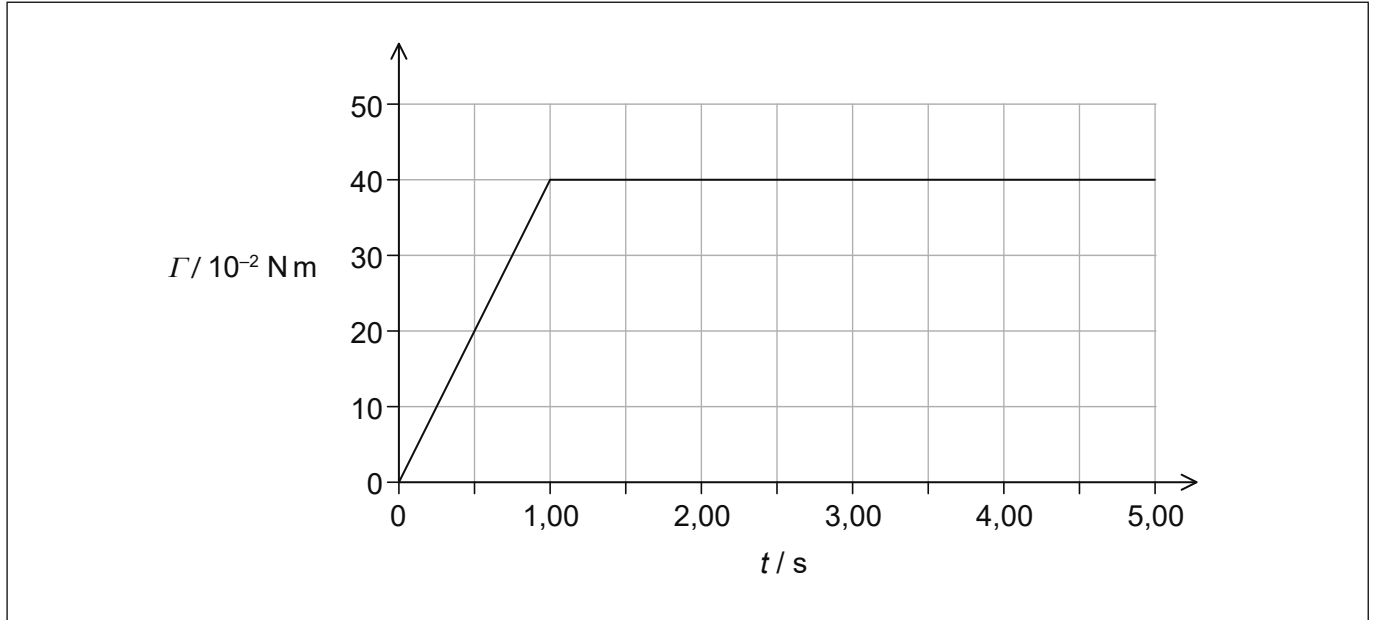
.....

**(La opción B continúa en la página siguiente)**



**(Continuación: opción B, pregunta 7)**

- (b) El volante se encuentra inicialmente en reposo. En el instante  $t = 0$  se enciende el motor y una fuerza de tensión dependiente del tiempo actúa sobre el volante. El momento de fuerza  $\Gamma$  ejercido sobre el volante por la fuerza de tensión de la cuerda varía con  $t$  tal y como se muestra en el gráfico.



- (i) Identifique la cantidad física representada por el área bajo el gráfico. [1]

.....  
.....

- (ii) Muestre que la velocidad angular del volante en  $t = 5,00 \text{ s}$  es  $200 \text{ rad s}^{-1}$ . [2]

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

- (iii) Calcule la tensión máxima de la cuerda. [1]

.....  
.....

**(La opción B continúa en la página siguiente)**



32EP15

**Véase al dorso**



**(Continuación: opción B, pregunta 7)**

(c) En  $t = 5,00\text{ s}$  la cuerda se desenrolla por completo y queda desconectada del volante. El volante permanece girando alrededor del eje.

(i) El volante está en equilibrio de traslación. Distinga entre equilibrio de traslación y equilibrio de rotación. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) En  $t = 5,00\text{ s}$  el volante está girando con velocidad angular de  $200\text{ rad s}^{-1}$ . Los rodamientos en que se apoya ejercen un momento de fuerza de rozamiento constante sobre el eje. El volante llega al reposo tras  $8,00 \times 10^3$  revoluciones. Calcule la magnitud del momento de fuerza de rozamiento ejercido sobre el volante. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

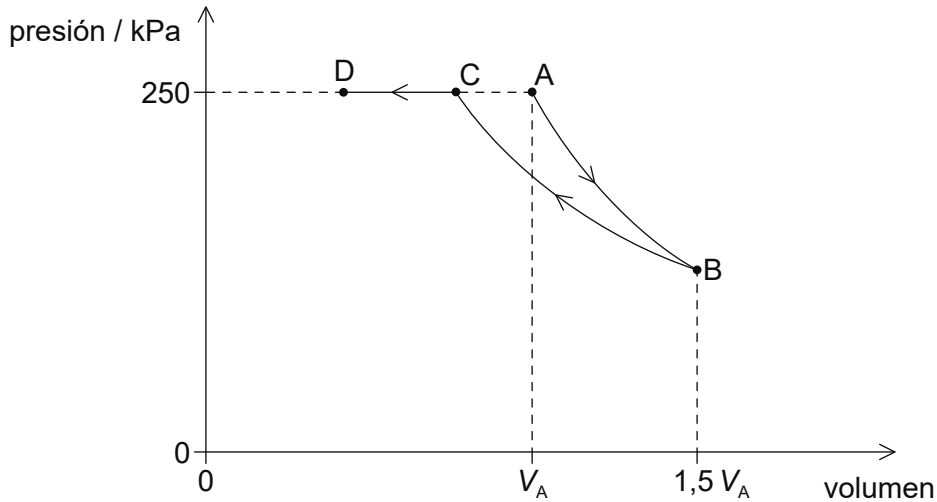
.....

**(La opción B continúa en la página siguiente)**



**(Opción B: continuación)**

8. Un gas ideal que consta de 0,300 mol experimenta el proceso ABCD. AB es una expansión adiabática desde el volumen inicial  $V_A$  hasta el volumen  $1,5 V_A$ . BC es una compresión isotérmica. Las presiones en C y en D son iguales que en A.



Se dispone de los siguientes datos:

- Presión en A = 250 kPa
- Volumen en C =  $3,50 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
- Volumen en D =  $2,00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

- (a) (i) Muestre que la presión en B es aproximadamente 130 kPa. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calcule el cociente  $\frac{V_A}{V_C}$ . [1]

.....

.....

**(La opción B continúa en la página siguiente)**



32EP17

Véase al dorso

**(Continuación: opción B, pregunta 8)**

- (b) El gas en C se comprime aún más hasta D a presión constante. Durante esta compresión la temperatura disminuye 150 K.

Para la compresión CD,

- (i) determine la energía térmica retirada del sistema. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) explique por qué disminuye la entropía del gas. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) indique y explique si se viola la segunda ley de la termodinámica. [2]

.....

.....

.....

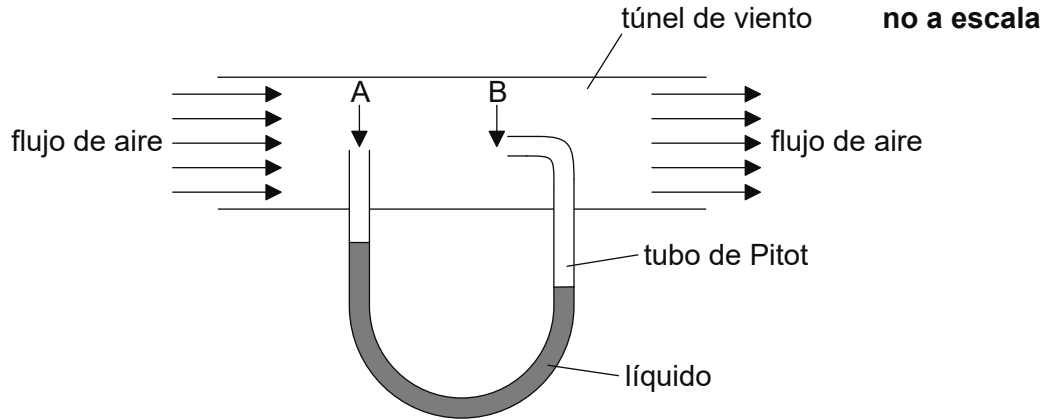
.....

**(La opción B continúa en la página siguiente)**



**(Opción B: continuación)**

9. El tubo de Pitot mostrado en el diagrama se utiliza para determinar la rapidez del aire que fluye de manera constante en un túnel de viento horizontal. El estrecho tubo entre los puntos A y B se ha rellenado de un líquido. En el punto B la rapidez del aire es cero.



- (a) Explique por qué los niveles del líquido están a alturas diferentes. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) La densidad del líquido del tubo es  $8,7 \times 10^2 \text{ kg m}^{-3}$  y la densidad del aire es  $1,2 \text{ kg m}^{-3}$ . La diferencia en los niveles del líquido es de 6,0 cm. Determine la rapidez del aire en A. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**(La opción B continúa en la página siguiente)**

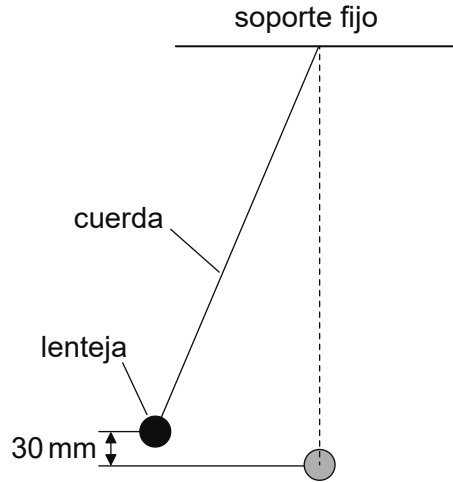


32EP19

**Véase al dorso**

**(Opción B: continuación)**

10. Se desplaza la lenteja de un péndulo hasta que su centro se encuentre 30 mm por encima de la posición de reposo y entonces se suelta. El movimiento del péndulo es ligeramente amortiguado.



- (a) Describa que se entiende por movimiento amortiguado. [1]

.....  
.....

- (b) Después de una oscilación completa, la altura de la lenteja del péndulo sobre la posición de reposo ha disminuido hasta 28 mm. Calcule el factor  $Q$ . [1]

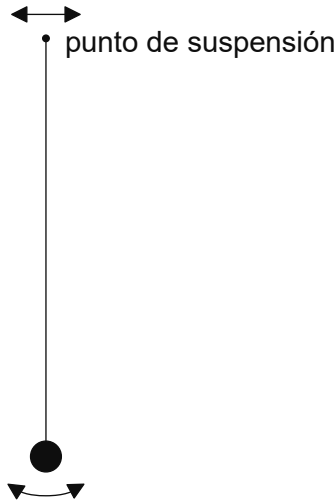
.....  
.....  
.....  
.....

**(La opción B continúa en la página siguiente)**



**(Continuación: opción B, pregunta 10)**

- (c) A continuación, el punto de suspensión vibra horizontalmente con una pequeña amplitud y frecuencia 0,80 Hz, que es la frecuencia natural del péndulo. La cuantía del amortiguamiento no cambia.



Cuando el péndulo oscila con una amplitud constante la energía almacenada en el sistema es de 20 mJ. Calcule la potencia media, en W, entregada al péndulo por la fuerza impulsora.

[2]

.....

.....

.....

.....

**Fin de la opción B**

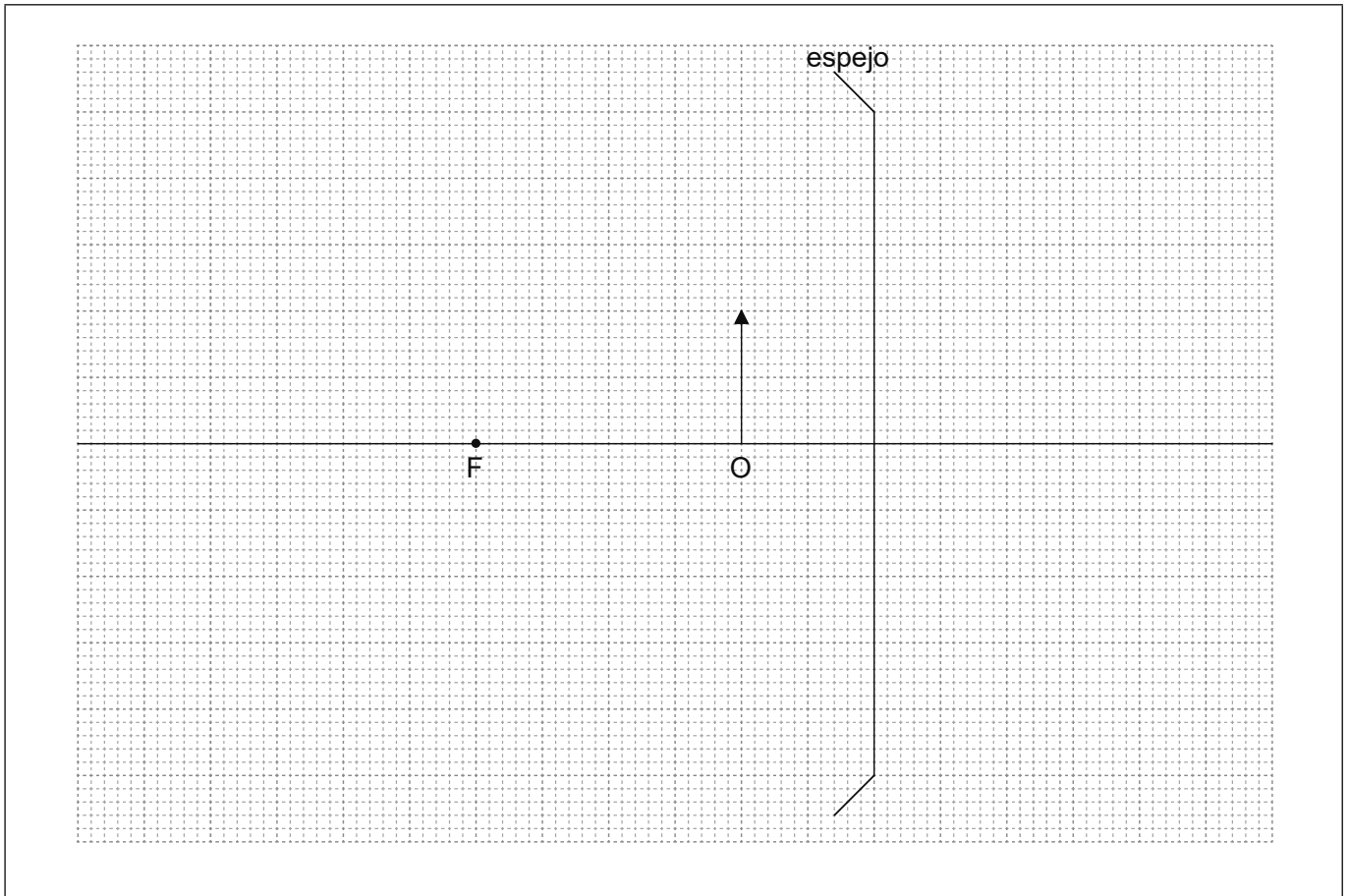


32EP21

Véase al dorso

**Opción C — Toma de imágenes**

11. (a) El diagrama, dibujado a escala, muestra un objeto O situado frente a un espejo convergente. El punto focal del espejo está rotulado como F.



- (i) Elabore un diagrama de rayos para localizar la posición de la imagen formada por el espejo. Rotule la imagen como I. [2]
- (ii) Estime el aumento lineal de la imagen. [1]

.....

.....

- (iii) Describa **dos** características de la imagen. [1]

.....

.....

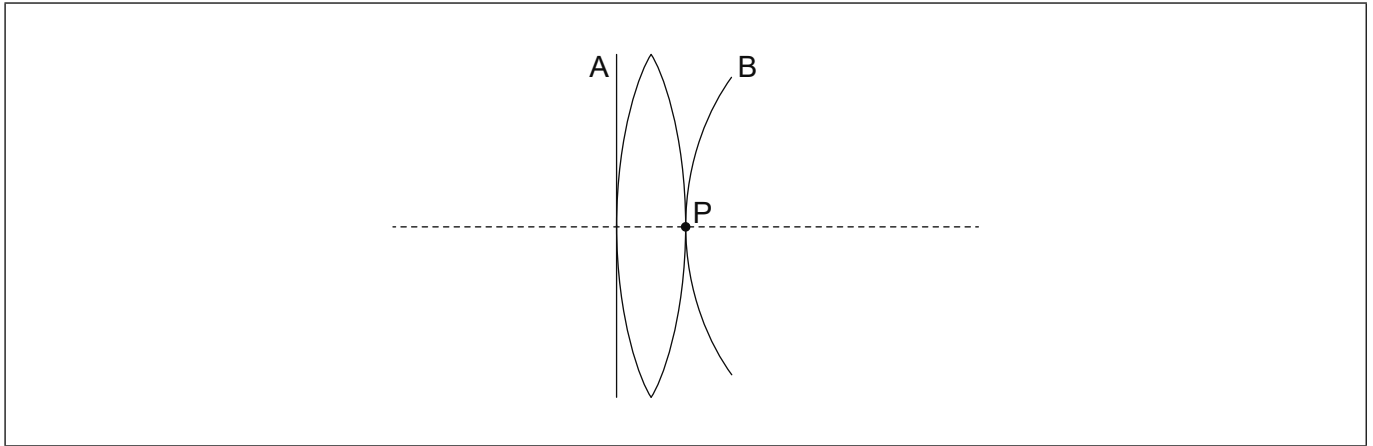
(La opción C continúa en la página siguiente)



32EP22

**(Continuación: opción C, pregunta 11)**

- (b) Un frente de onda plano de luz blanca, rotulado A, incide sobre una lente convergente. El punto P está sobre la superficie de la lente y en el eje principal. La componente **azul** del frente de onda transmitido, rotulada B, está pasando por el punto P.



- (i) Dibuje aproximadamente sobre el diagrama el frente de onda de luz **roja** pasando por el punto P. Rotule este frente de onda como R. [1]
- (ii) Explique la aberración cromática, haciendo referencia a su diagrama en (b)(i). [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Un doblete acromático reduce el efecto de la aberración cromática. Describa un doblete acromático. [2]

.....

.....

**(La opción C continúa en la página siguiente)**



32EP23

**Véase al dorso**



**(Opción C: continuación)**

12. Un pequeño objeto está situado a una distancia de 2,0 cm de la lente objetivo de un microscopio óptico compuesto en ajuste normal.

Se dispone de los siguientes datos:

- Aumento del microscopio = 70
- Longitud focal del ocular = 3,0 cm
- Distancia al punto cercano = 24 cm

(a) Indique qué se entiende por ajuste normal cuando se refiere a un microscopio compuesto.

[1]

.....

.....

(b) Calcule, en cm, la distancia entre el ocular y la imagen formada por la lente objetivo.

[2]

.....

.....

.....

.....

(c) Determine, en cm, la longitud focal de la lente objetivo.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**(La opción C continúa en la página siguiente)**



32EP24

**(Opción C: continuación)**

**13.** Las señales de la comunicación se transmiten a grandes distancias por medio de fibras ópticas.

(a) Describa por qué es posible un ritmo mayor de transferencia de datos en fibras ópticas que en cables de par trenzado.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Se transmite una señal a lo largo de una fibra óptica con una atenuación por unidad de longitud de  $0,40 \text{ dB km}^{-1}$ . La señal debe amplificarse cuando la potencia de la señal cae hasta el 0,02 % de su potencia de entrada.

(i) Indique **una** causa de atenuación en una fibra óptica.

[1]

.....

.....

(ii) Determine la distancia a la que debe amplificarse la señal.

[2]

.....

.....

.....

.....

**(La opción C continúa en la página siguiente)**

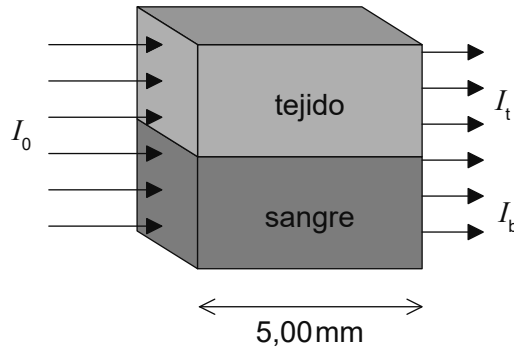


32EP25

**Véase al dorso**

**(Opción C: continuación)**

14. (a) Un haz de rayos X, de intensidad  $I_0$ , se utiliza para examinar el flujo de sangre en una arteria de la pierna de un paciente. El haz pasa a través de espesores iguales de sangre y de tejido blando.



El espesor tanto de la sangre como del tejido es de 5,00 mm. La intensidad de los rayos X emergentes del tejido es  $I_t$  y la intensidad emergente de la sangre es  $I_b$ .

Se dispone de los siguientes datos:

Coefficiente de absorción másico del tejido	$= 0,379 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$
Coefficiente de absorción másico de la sangre	$= 0,385 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$
Densidad del tejido	$= 1,10 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
Densidad de la sangre	$= 1,06 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

- (i) Muestre que el cociente  $\frac{I_b}{I_t}$  es cercano a 1.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**(La opción C continúa en la página siguiente)**



32EP26

**(Continuación: opción C, pregunta 14)**

- (ii) Haciendo referencia a su respuesta a (a)(i), indique y explique qué es necesario hacer para producir una imagen clara de la arteria de la pierna usando rayos X. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) En resonancia magnética nuclear (RMN), se hace que los protones en el interior de un paciente emitan radiación electromagnética de radiofrecuencia. Resuma el mecanismo mediante el cual los protones emiten esta radiación. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Fin de la opción C**



32EP27

**Véase al dorso**

**Opción D — Astrofísica**

**15.** Eta Casiopea A y B es un sistema estelar binario localizado en la constelación de Casiopea.

(a) Distinga entre constelación y cúmulo estelar. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) Se dispone de los siguientes datos:

$$\begin{aligned} \text{Brillo aparente de Eta Casiopea A} &= 1,1 \times 10^{-9} \text{ Wm}^{-2} \\ \text{Brillo aparente de Eta Casiopea B} &= 5,4 \times 10^{-11} \text{ Wm}^{-2} \\ \text{Luminosidad del Sol, } L_{\odot} &= 3,8 \times 10^{26} \text{ W} \end{aligned}$$

(i) El pico en la longitud de onda de la radiación de Eta Casiopea A está en 490 nm. Muestre que la temperatura superficial de Eta Casiopea A es aproximadamente 6000 K. [1]

.....

.....

(ii) La temperatura superficial de Eta Casiopea B es de 4100 K. Determine el cociente  $\frac{\text{radio de Eta Casiopea A}}{\text{radio de Eta Casiopea B}}$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**(La opción D continúa en la página siguiente)**



32EP28

**(Continuación: opción D, pregunta 15)**

- (iii) La distancia del sistema Eta Casiopea a la Tierra es de  $1,8 \times 10^{17}$  m.  
Calcule, en términos de  $L_{\odot}$ , la luminosidad de Eta Casiopea A.

[2]

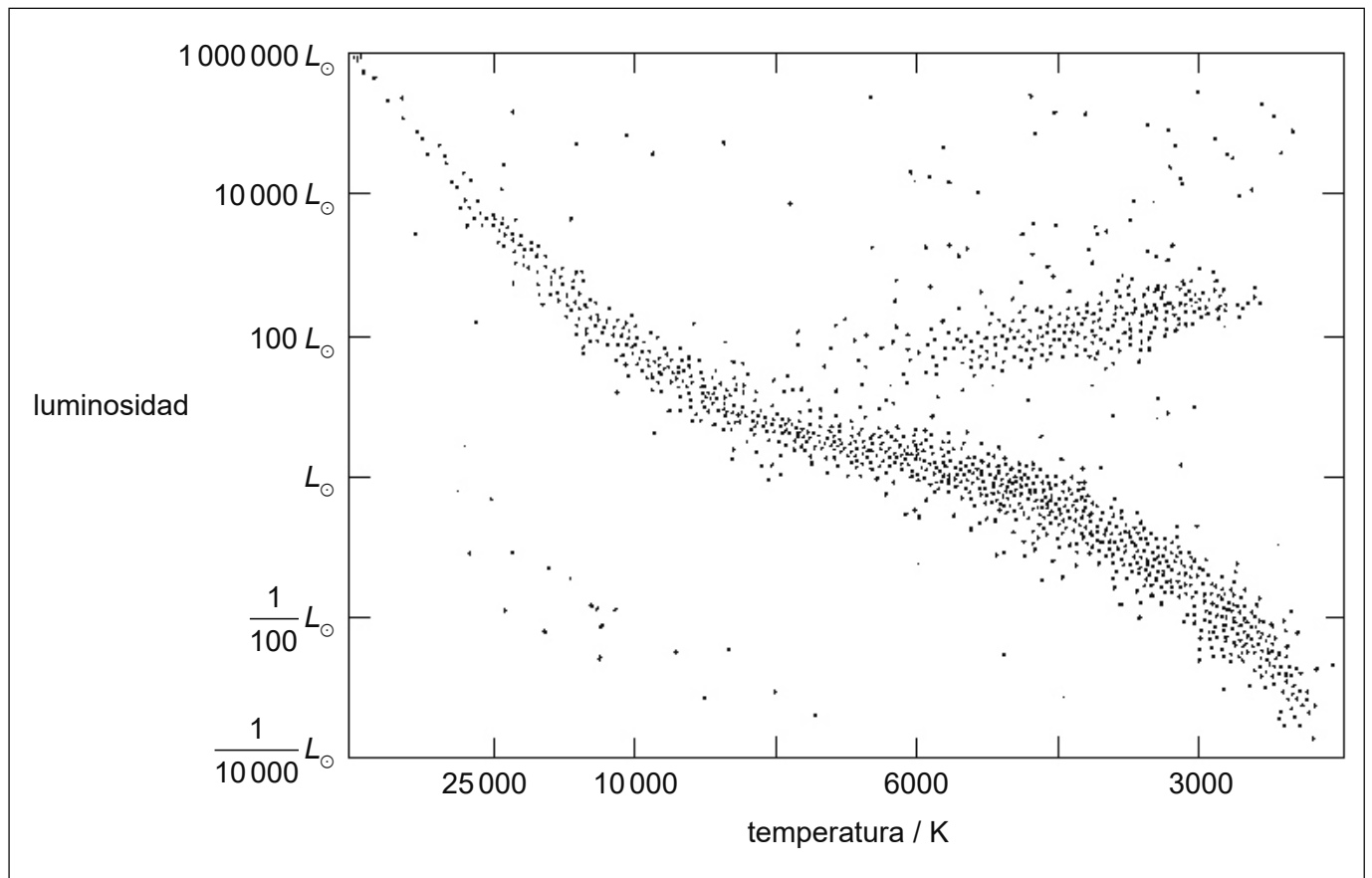
.....

.....

.....

.....

- (c) Se muestra un diagrama de Hertzsprung–Russell (HR).



- (i) Sobre el diagrama de HR, dibuje con precisión la posición actual de Eta Casiopea A.

[1]

- (ii) Indique el tipo estelar de Eta Casiopea A.

[1]

.....

.....

**(La opción D continúa en la página siguiente)**



32EP29

**Véase al dorso**

**(Continuación: opción D, pregunta 15)**

- (iii) Calcule el cociente  $\frac{\text{masa de Eta Casiopea A}}{\text{masa del Sol}}$ . [1]

.....

.....

- (iv) Deduzca el estado evolutivo final de Eta Casiopea A. [2]

.....

.....

.....

.....

16. (a) (i) Resuma cómo se utilizan los espectros de luz de las galaxias distantes para confirmar la hipótesis de la expansión del universo. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) En un laboratorio de la Tierra, la luz procedente de una fuente de hidrógeno contiene una línea espectral de longitud de onda 122 nm. La luz de la misma línea espectral que llega a la Tierra desde una galaxia distante tiene una longitud de onda de 392 nm. Determine el cociente entre el tamaño actual del universo y el tamaño del universo cuando la galaxia emitió esa luz. [2]

.....

.....

.....

.....

**(La opción D continúa en la página siguiente)**



32EP30

**(Continuación: opción D, pregunta 16)**

(b) Evidencias obtenidas en el observatorio espacial Planck sugieren que la densidad de materia en el universo es aproximadamente el 32 % de la densidad crítica del universo.

(i) Indique qué se entiende por densidad crítica. [1]

.....  
.....

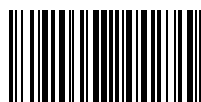
(ii) Calcule la densidad de materia en el universo, utilizando la constante de Hubble  $70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ . [3]

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

(iii) Se estima que menos del 20 % de la materia del universo es observable. Discuta cómo los científicos usan las curvas de rotación de las galaxias para explicarlo. [2]

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

**(La opción D continúa en la página siguiente)**



32EP31

Véase al dorso



**(Opción D: continuación)**

17. (a) Próxima Centauri es una estrella de la secuencia principal con una masa de 0,12 masas solares.

Estime  $\frac{\text{tiempo de vida en la secuencia principal de Próxima Centauri}}{\text{tiempo de vida en la secuencia principal del Sol}}$ . [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Describa por qué el hierro es el elemento más pesado que puede producirse en el proceso de fusión nuclear dentro de las estrellas. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Discuta **un** proceso por medio del cual los elementos más pesados que el hierro se forman en las estrellas. [3]

.....

.....

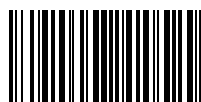
.....

.....

.....

.....

**Fin de la opción D**



32EP32