

**Física**  
**Nivel superior**  
**Prueba 3**

Martes 16 de mayo de 2017 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora 15 minutos

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

**Instrucciones para los alumnos**

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

Sección A	Preguntas
Conteste todas las preguntas.	1 – 2

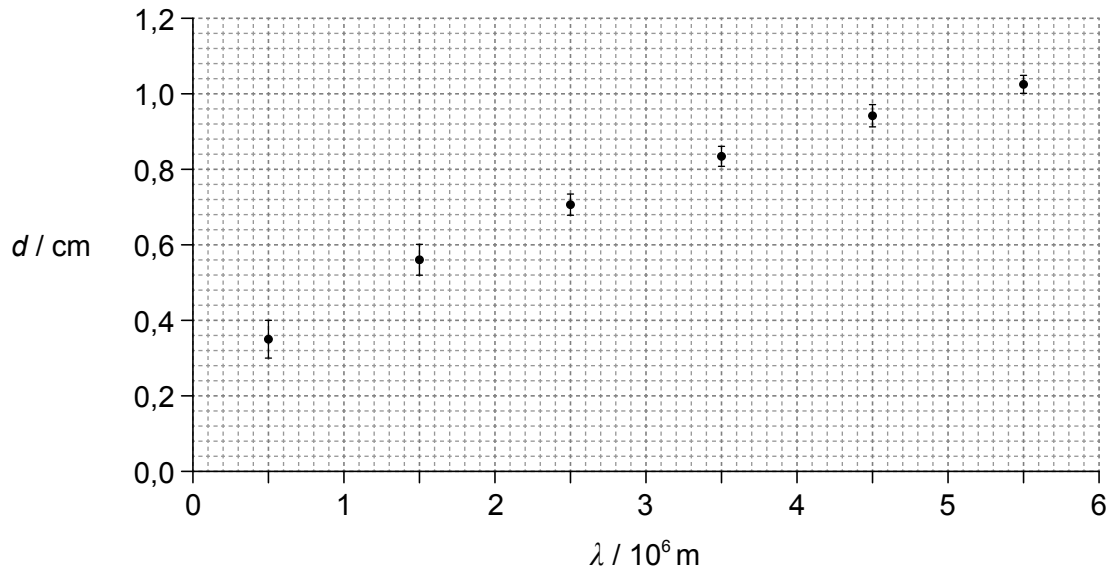
Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	3 – 7
Opción B — Física en ingeniería	8 – 11
Opción C — Toma de imágenes	12 – 16
Opción D — Astrofísica	17 – 20



### Sección A

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

1. Una onda de radio de longitud de onda  $\lambda$  incide sobre un conductor. El gráfico muestra la variación de la distancia máxima  $d$  que penetra en el conductor, con la longitud de onda  $\lambda$ .



- (a) Sugiera por qué es improbable que la relación entre  $d$  y  $\lambda$  sea lineal.

[1]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



40EP02

**(Pregunta 1: continuación)**

(b) Para  $\lambda = 5,0 \times 10^5$  m, calcule

(i) la incertidumbre relativa de  $d$ . [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) la incertidumbre en porcentaje de  $d^2$ . [1]

.....

.....

.....

.....

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

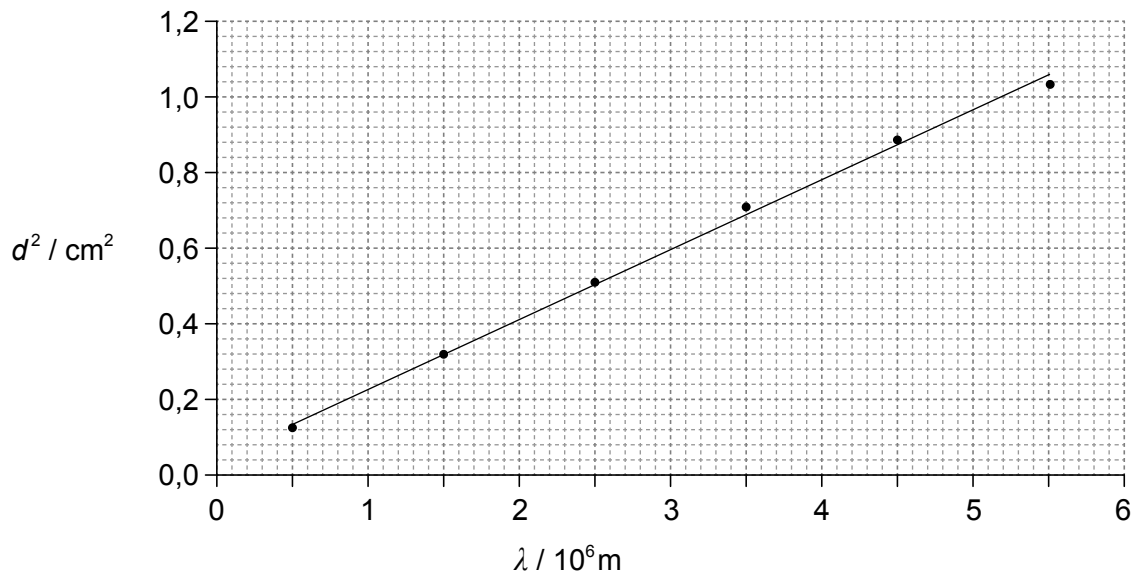


40EP03

**Véase al dorso**

**(Pregunta 1: continuación)**

- (c) El gráfico muestra la variación de  $d^2$  con la longitud de onda  $\lambda$ . No se muestran las barras de error y se ha dibujado la línea de ajuste óptimo.



Un alumno indica que la línea de ajuste óptimo es  $d^2 = a + b\lambda$ . Cuando  $d^2$  y  $\lambda$  se expresan en términos de las unidades fundamentales del SI, el alumno encuentra que  $a = 0,040 \times 10^{-4}$  y  $b = 1,8 \times 10^{-11}$ .

- (i) Indique las unidades fundamentales (SI) de las constantes  $a$  y  $b$ . [2]

$a$ : .....

$b$ : .....

- (ii) Determine la distancia de penetración en el conductor para ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia. [2]

.....

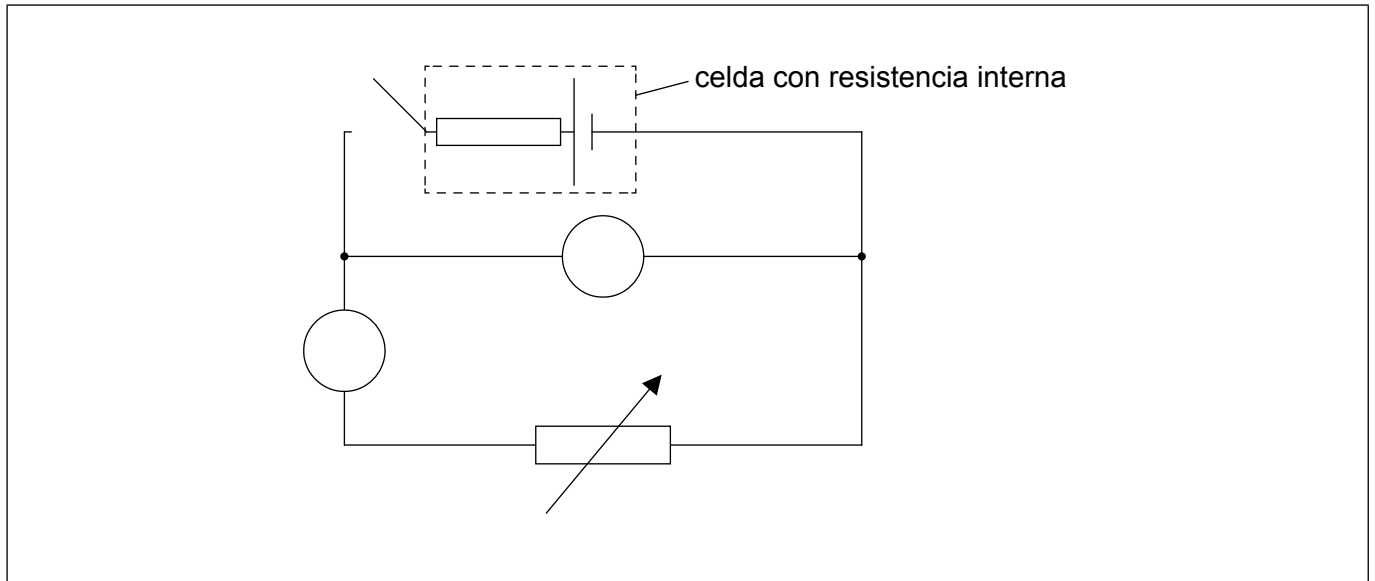
.....

.....

.....



2. El circuito mostrado puede utilizarse para medir la resistencia interna de una celda.



(a) Un amperímetro y un voltímetro están conectados al circuito. Rotule el amperímetro con la letra A y el voltímetro con la letra V.

[1]

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

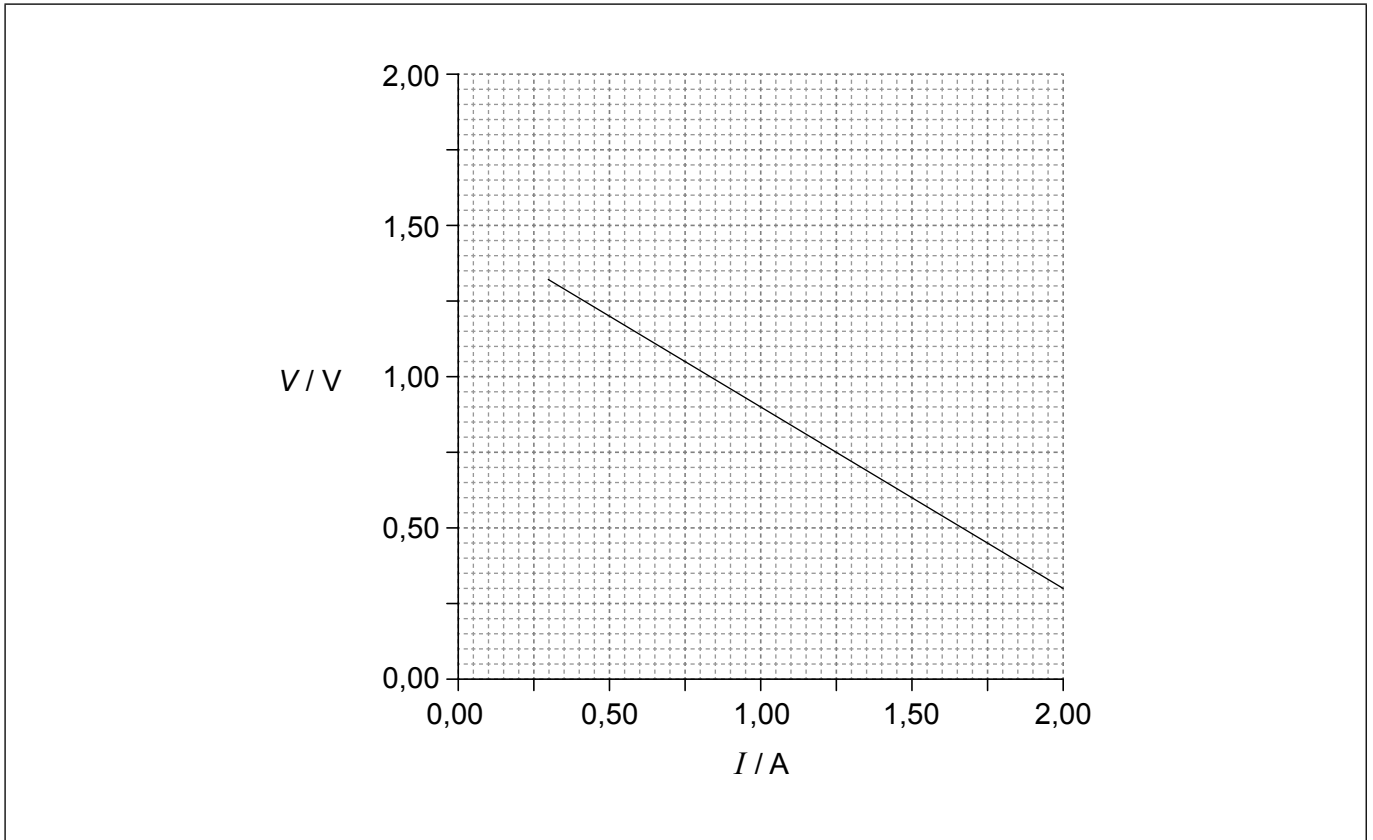


40EP05

Véase al dorso

**(Pregunta 2: continuación)**

- (b) En un experimento, un alumno obtiene el siguiente gráfico que muestra la variación con la corriente  $I$  de la diferencia de potencial  $V$  a través de la celda.



Utilizando el gráfico, determine la mejor estimación de la resistencia interna de la celda.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



40EP06

**(Pregunta 2: continuación)**

(c) El amperímetro utilizado en el experimento de (b) es un medidor analógico. El alumno toma las mediciones sin comprobar el “error de cero” del amperímetro.

(i) Indique qué se entiende por error de cero. [1]

.....  
.....

(ii) Después de llevar a cabo las mediciones, el alumno observa que el amperímetro tiene un error de cero positivo. Explique qué efecto, si lo hay, tendrá este error de cero sobre el valor calculado en (b) para la resistencia interna. [2]

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



40EP07

Véase al dorso

### Sección B

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

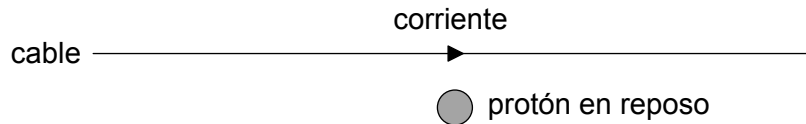
#### Opción A — Relatividad

- 3. (a) Indique **una** predicción de la teoría del electromagnetismo de Maxwell que sea consistente con la relatividad especial. [1]

.....

.....

- (b) Se establece una corriente en un cable rectilíneo largo que se encuentra en reposo en el laboratorio.



Un protón está en reposo respecto al laboratorio y al cable.

El observador X se encuentra en reposo en el laboratorio. El observador Y se mueve hacia la derecha con rapidez constante respecto al laboratorio. Compare y contraste cómo los observadores X e Y dan cuenta de cualquier fuerza no gravitatoria que actúe sobre el protón.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



40EP08



**(Opción A: continuación)**

4. Los muones son partículas inestables con un tiempo de vida propio de  $2,2 \mu\text{s}$ . Los muones se producen a  $2,0 \text{ km}$  del suelo y se mueven hacia abajo con una rapidez de  $0,98c$  respecto del suelo. Para esta rapidez  $\gamma = 5,0$ . Discuta, haciendo los cálculos adecuados, cómo este experimento proporciona una evidencia de la dilatación del tiempo.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

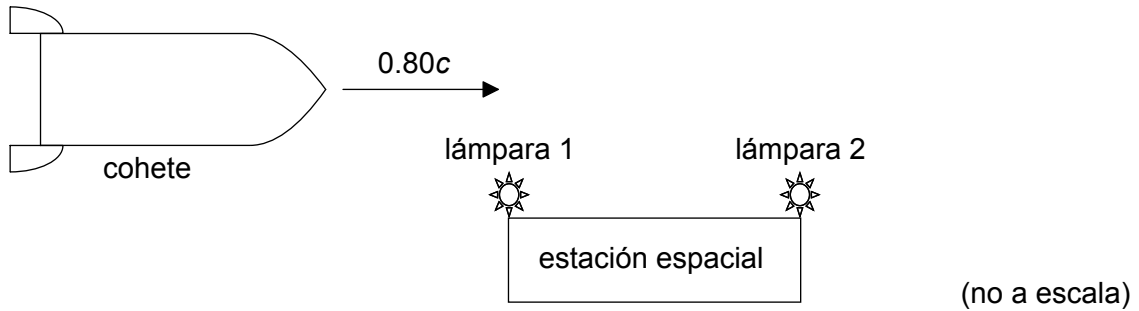


40EP09

**Véase al dorso**

**(Opción A: continuación)**

5. Un cohete de longitud propia 450 m se aproxima a una estación espacial cuya longitud propia es de 9,0 km. La rapidez del cohete respecto a la estación espacial es de  $0,80c$ .



X es un observador que está en reposo en la estación espacial.

- (a) (i) Calcule la longitud del cohete según X. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Desde el cohete se libera un transbordador espacial. El transbordador se mueve con rapidez  $0,20c$  **hacia la derecha** según X. Calcule la **velocidad** del transbordador respecto del cohete. [2]

.....

.....

.....

.....

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



**(Continuación: opción A, pregunta 5)**

(b) Dos lámparas situadas en los extremos de la estación espacial se encienden al mismo tiempo, según X. Utilizando la transformación de Lorentz, determine para un observador en reposo en el cohete,

(i) el intervalo de tiempo entre el encendido de las lámparas. [2]

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

(ii) qué lámpara se enciende primero. [1]

.....  
.....

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

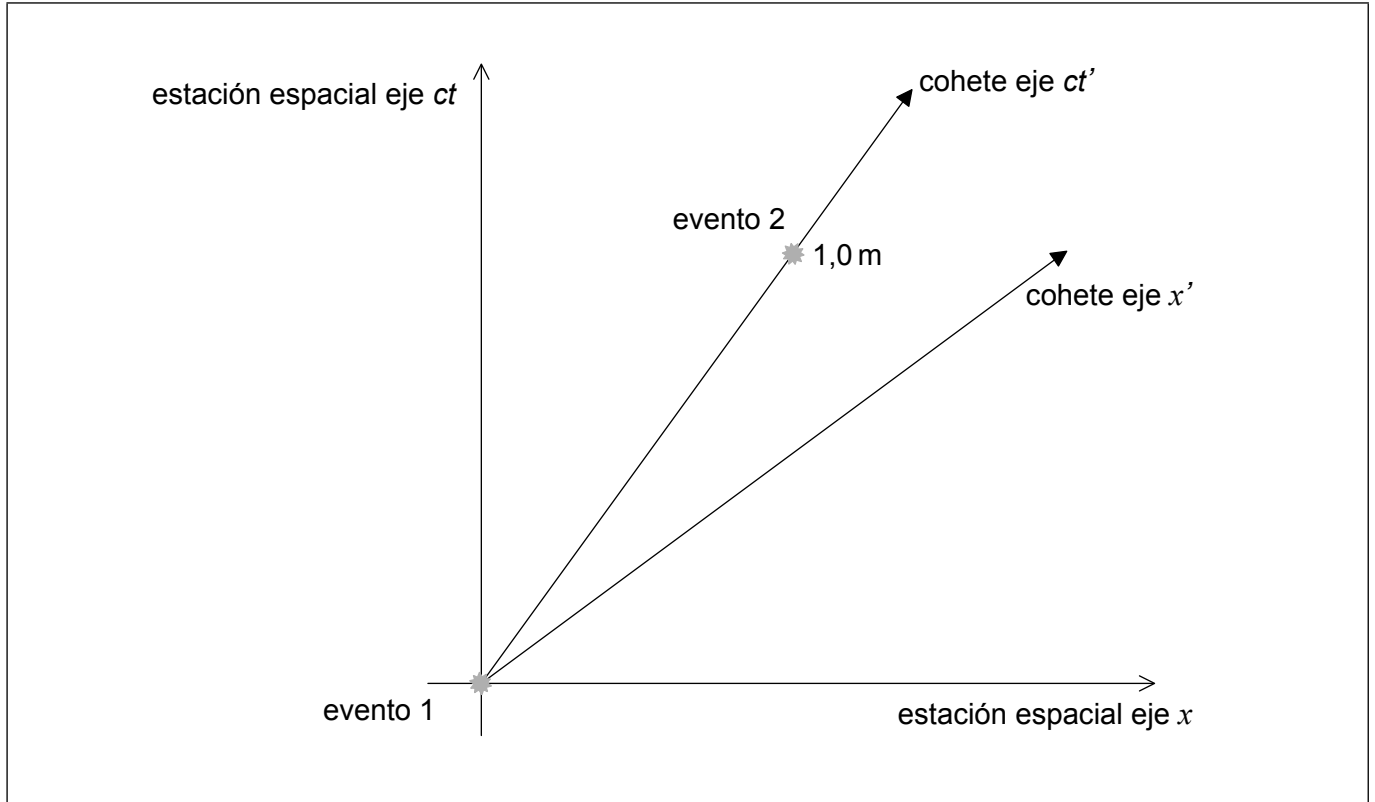


40EP11

**Véase al dorso**

**(Continuación: opción A, pregunta 5)**

- (c) El cohete transporta una lámpara diferente. El evento 1 representa el destello de la lámpara del cohete teniendo lugar en el origen de **ambos** sistemas de referencia. El evento 2 es el destello de la lámpara del cohete en el instante  $ct' = 1,0\text{m}$ , según el cohete. Las coordenadas del evento 2 para los observadores de la estación espacial son  $x$  y  $ct$ .



- (i) Rotule sobre le diagrama las coordenadas  $x$  y  $ct$ . [2]
- (ii) Indique y explique si la coordenada  $ct$  en (c)(i) es menor que, igual a o mayor que  $1,0\text{m}$ . [2]

.....

.....

.....

.....

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



40EP12

**(Continuación: opción A, pregunta 5)**

(iii) Calcule el valor de  $c^2t^2 - x^2$ .

[2]

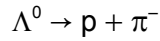
.....

.....

.....

.....

6. Una partícula lambda  $\Lambda^0$  en reposo se desintegra en un protón p y un pión  $\pi^-$  de acuerdo con la reacción:



donde la energía en reposo de p = 938 MeV y la energía en reposo de  $\pi^- = 140$  MeV.

La rapidez del pión después de la desintegración es  $0,597c$ . Para esta rapidez  $\gamma = 1,2265$ . Calcule la rapidez del protón.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



40EP13

**Véase al dorso**

**(Opción A: continuación)**

7. (a) (i) Indique lo que se entiende por horizonte de sucesos de un agujero negro. [1]

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

(ii) Muestre que el área superficial  $A$  de la esfera correspondiente al horizonte de sucesos viene dada por

$$A = \frac{16\pi G^2 M^2}{c^4}. \quad [1]$$

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

(iii) Sugiera por qué el área superficial del horizonte de sucesos no puede disminuir nunca. [1]

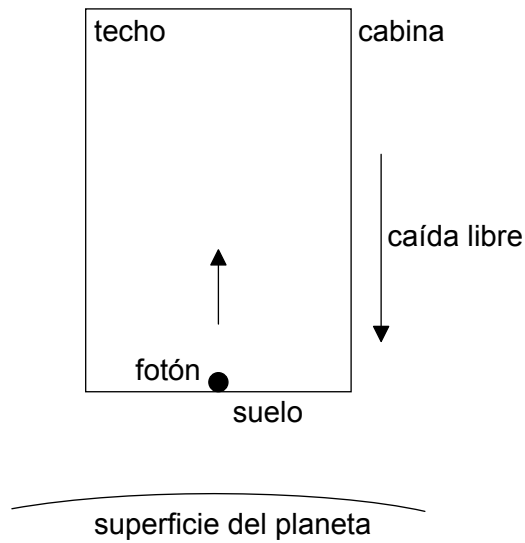
.....  
.....  
.....  
.....

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



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

- (b) El diagrama muestra una cabina que está cayendo libremente en el campo gravitatorio de un planeta.



Desde el suelo de la cabina se emite un fotón de frecuencia  $f$  y se recibe en el techo. Indique y explique la frecuencia del fotón medida en el techo.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Fin de la opción A**

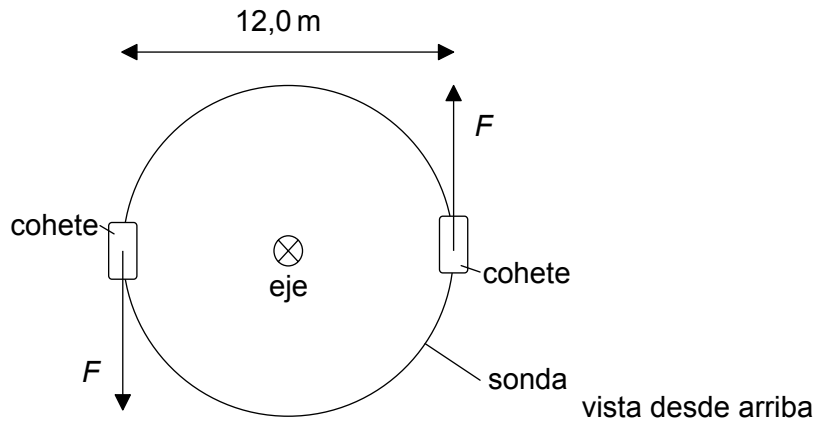


40EP15

**Véase al dorso**

**Opción B — Física en ingeniería**

8. Una sonda espacial cilíndrica de masa  $8,00 \times 10^2 \text{ kg}$  y diámetro  $12,0 \text{ m}$  se encuentra en reposo en el espacio exterior.



Se encienden los cohetes situados en puntos diametralmente opuestos, de modo que la sonda gira alrededor de su eje. Cada cohete ejerce una fuerza  $F = 9,60 \times 10^3 \text{ N}$ . El momento de inercia de la sonda alrededor de su eje es de  $1,44 \times 10^4 \text{ kg m}^2$ .

- (a) (i) Deduzca la aceleración lineal del centro de masas de la sonda. [1]

.....

.....

- (ii) Calcule el momento de fuerzas resultante respecto al eje de la sonda. [2]

.....

.....

.....

- (b) Las fuerzas actúan durante  $2,00 \text{ s}$ . Muestre que la rapidez angular final de la sonda es aproximadamente  $16 \text{ rad s}^{-1}$ . [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)

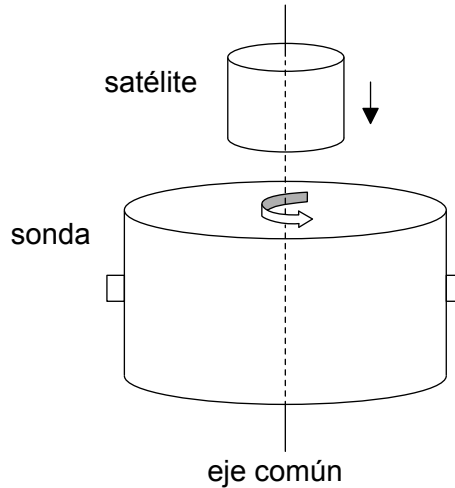


40EP16



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

- (c) El diagrama muestra un satélite que se acerca con rapidez despreciablemente pequeña a la sonda en rotación. Inicialmente, el satélite no está girando, pero después de acoplarse a la sonda ambos giran juntos.



El momento de inercia del satélite alrededor de su eje es de  $4,80 \times 10^3 \text{ kg m}^2$ . Los ejes de la sonda y del satélite coinciden.

- (i) Determine la rapidez angular final del sistema sonda-satélite. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calcule la pérdida de energía cinética de rotación debida al acoplamiento de la sonda con el satélite. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

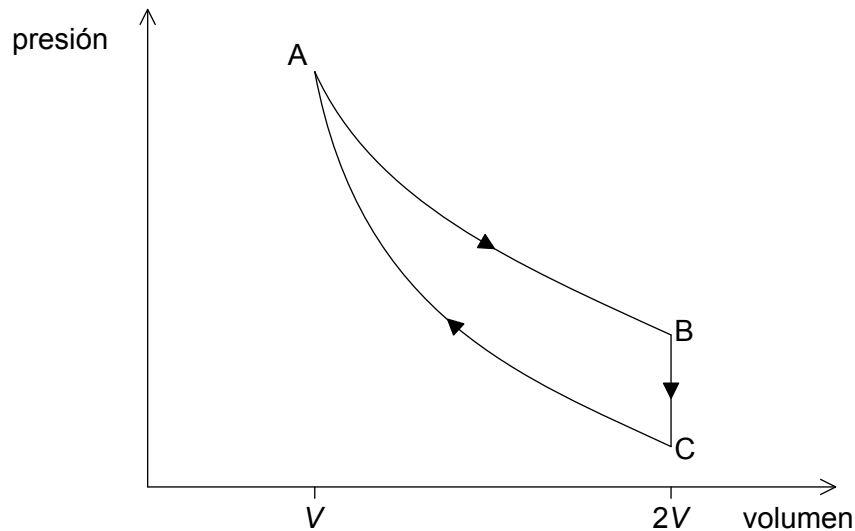


40EP17

**Véase al dorso**

**(Opción B: continuación)**

9. Un motor térmico opera según el ciclo mostrado en el diagrama presión-volumen. El ciclo consiste en una expansión isotérmica AB, un cambio isovolumétrico BC y una compresión adiabática CA. El volumen en B es el doble que el volumen en A. El gas es un gas ideal monoatómico.



En A, la presión del gas es de  $4,00 \times 10^6$  Pa, la temperatura es de 612 K y el volumen es de  $1,50 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ . El trabajo efectuado por el gas durante la expansión isotérmica es de 416 J.

- (a) (i) Justifique por qué la energía térmica suministrada durante la expansión AB es de 416 J.

[1]

.....  
.....

- (ii) Muestre que la temperatura del gas en C es de 386 K.

[2]

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

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



40EP18

**(Continuación: opción B, pregunta 9)**

- (iii) Muestre que la energía térmica extraída del gas en el proceso BC es aproximadamente 330 J [2]

.....

.....

.....

.....

- (iv) Determine el rendimiento del motor térmico. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Indique y explique en qué punto del ciclo ABCA es mayor la entropía del gas. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**(La opción B continúa en la página 21)**



40EP19

**Véase al dorso**

**No** escriba en esta página.

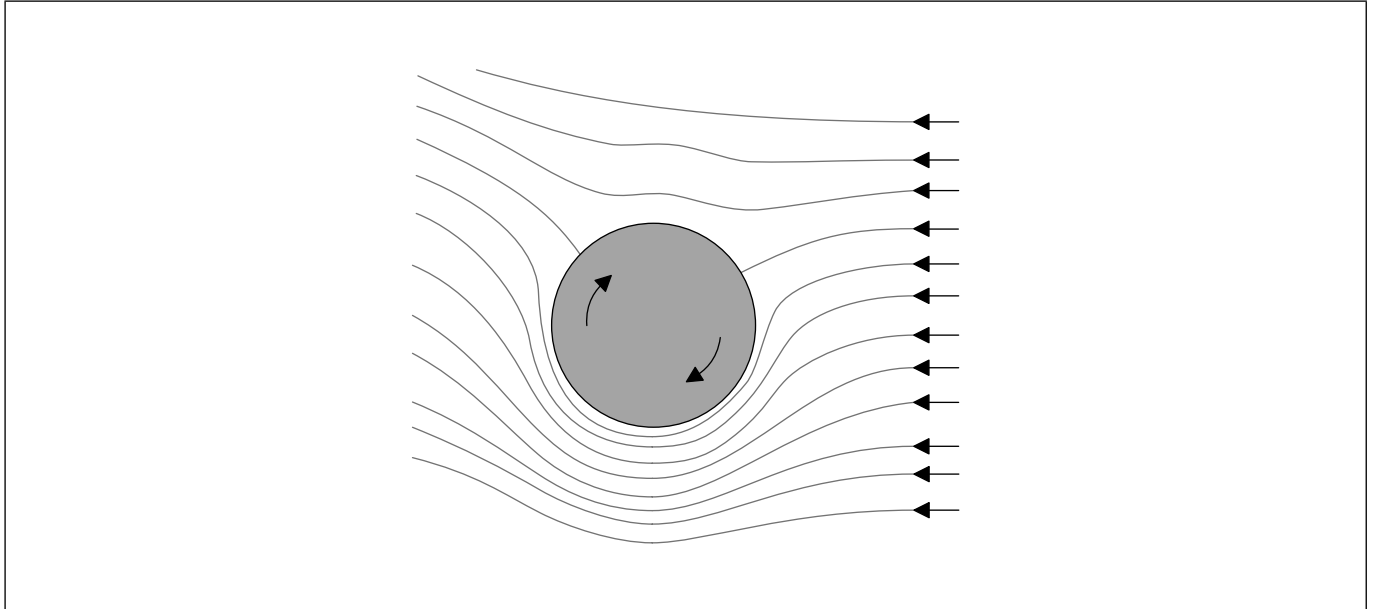
Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



40EP20

**(Opción B: continuado de la página 19)**

10. Una pelota se mueve en el seno del aire en reposo y gira en el sentido de las agujas del reloj alrededor de un eje horizontal que pasa por su centro. El diagrama muestra las líneas de corriente alrededor de la pelota.



- (a) El área superficial de la pelota es de  $2,50 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ . La rapidez del aire es de  $28,4 \text{ m s}^{-1}$  debajo de la pelota y  $16,6 \text{ m s}^{-1}$  encima de la pelota. La densidad del aire es de  $1,20 \text{ kg m}^{-3}$ .

- (i) Estime la magnitud de la fuerza que actúa sobre la pelota, ignorando la gravedad.

[2]

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

- (ii) Sobre el diagrama, dibuje con precisión una flecha que indique la dirección y sentido de esa fuerza.

[1]

- (b) Indique **una** suposición que haya hecho en su estimación de (a)(i).

[1]

.....  
.....

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

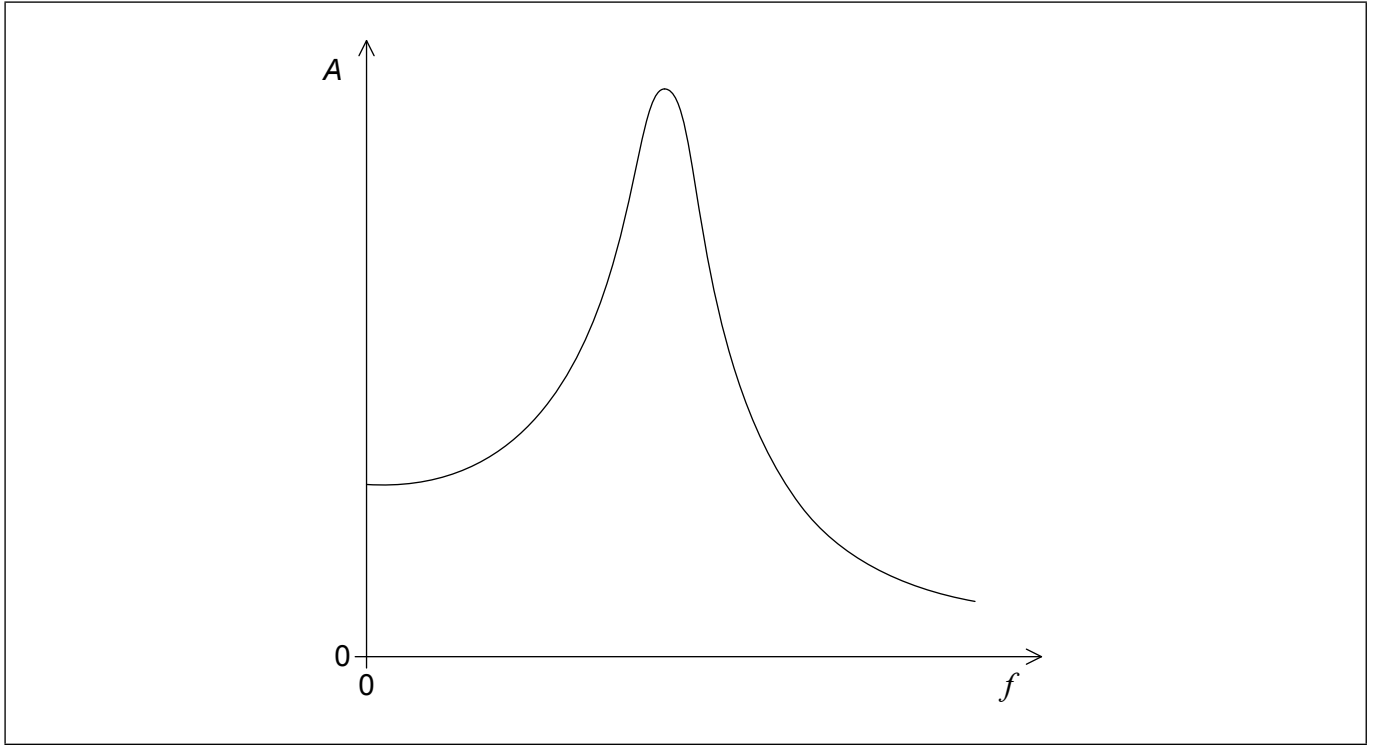


40EP21

**Véase al dorso**

**(Opción B: continuación)**

11. Un sistema impulsor está ligeramente amortiguado. El gráfico muestra la variación de la amplitud de oscilación  $A$  con la frecuencia impulsora  $f$ .



- (a) Sobre el diagrama, dibuje aproximadamente una curva que muestre la variación de la amplitud con la frecuencia impulsora, cuando el amortiguamiento del sistema **aumenta**.

[2]

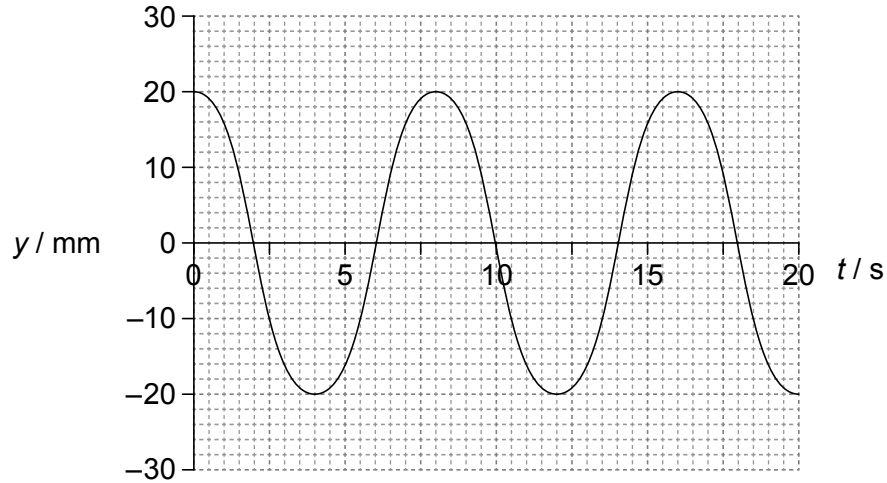
**(La opción B continúa en la página siguiente)**



40EP22

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

- (b) Una masa sujeta a un muelle es forzada a oscilar conectándola a un oscilador de onda senoidal. El gráfico muestra la variación con el tiempo  $t$  del desplazamiento resultante y de la masa. La frecuencia del oscilador de onda senoidal es la misma que la frecuencia natural de oscilación del sistema muelle-masa.



- (i) Indique y explique el desplazamiento del oscilador de onda senoidal en  $t=8,0$  s. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Se apaga el oscilador y el muelle sigue oscilando. El factor  $Q$  es 25.

Calcule el cociente  $\frac{\text{energía almacenada}}{\text{pérdida de energía}}$  para las oscilaciones del sistema muelle-masa. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

**Fin de la opción B**

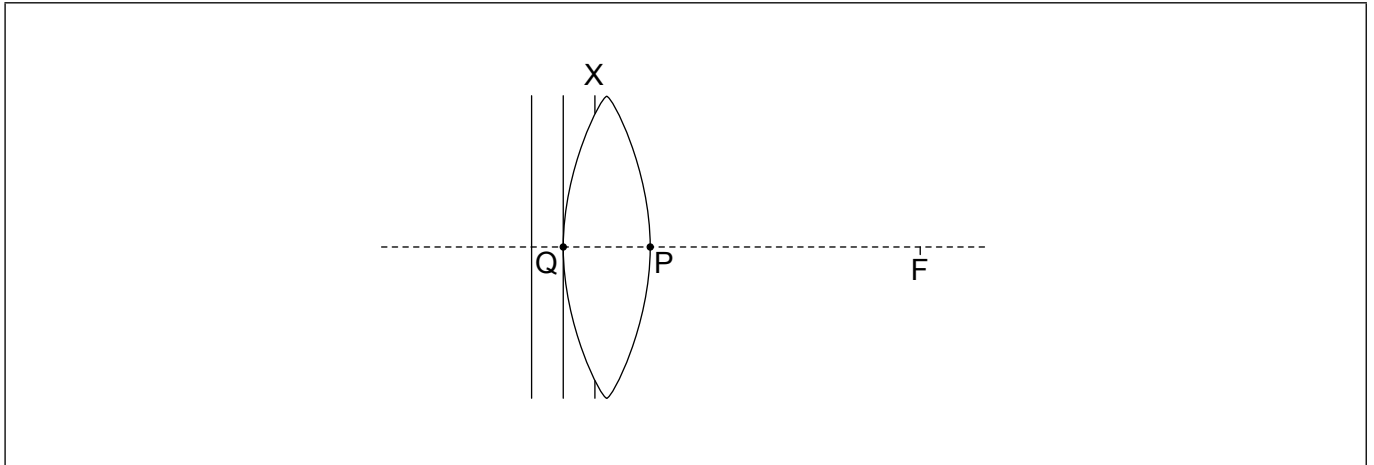


40EP23

Véase al dorso

**Opción C — Toma de imágenes**

12. El diagrama muestra frentes de onda planos incidentes sobre una lente convergente. El punto focal de la lente se indica con la letra F.



El frente de onda X está incompleto. Los puntos Q y P se encuentran sobre la superficie de la lente y en el eje principal.

- (a) Sobre el diagrama, dibuje aproximadamente
- (i) la parte del frente de onda X que está dentro de la lente. [1]
  - (ii) el frente de onda en el aire que pasa por el punto P. Rotule este frente de onda como Y. [1]
- (b) Explique su dibujo aproximado de (a)(i). [2]

.....

.....

.....

.....

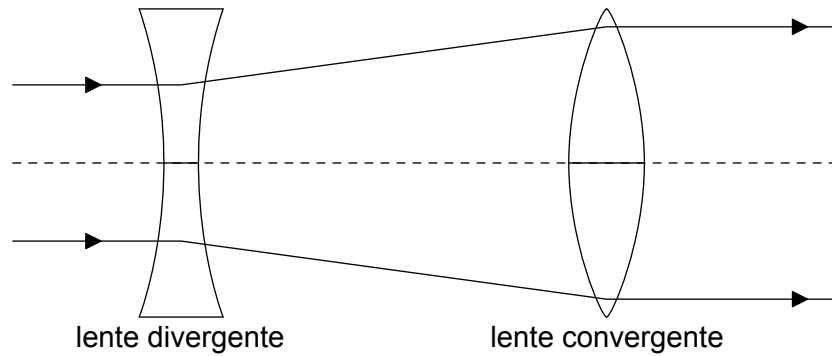
**(La opción C continúa en la página siguiente)**





**(Continuación: opción C, pregunta 12)**

- (c) Dos rayos paralelos inciden sobre un sistema que consta de una lente divergente de longitud focal 4,0 cm y de una lente convergente de longitud focal 12 cm.



Los rayos emergen paralelos de la lente convergente. Determine la distancia entre las dos lentes.

[2]

.....

.....

.....

.....

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



40EP25

Véase al dorso

**(Opción C: continuación)**

13. Dos lentes convergentes distantes entre sí 90 cm se utilizan como telescopio astronómico refractor simple en ajuste normal. El aumento angular de este montaje es 17.

(a) Determine la longitud focal de cada lente. [2]

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

(b) Se utiliza el telescopio para formar una imagen de la Luna. El ángulo subtendido por la imagen de la Luna en el ocular es de 0,16 rad. La distancia a la Luna es de  $3,8 \times 10^8$  m. Estime el diámetro de la Luna. [3]

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

(c) Indique **dos** ventajas del uso de telescopios a bordo de satélites en comparación con telescopios situados en la Tierra. [2]

1. ....  
.....  
.....  
2. ....  
.....  
.....

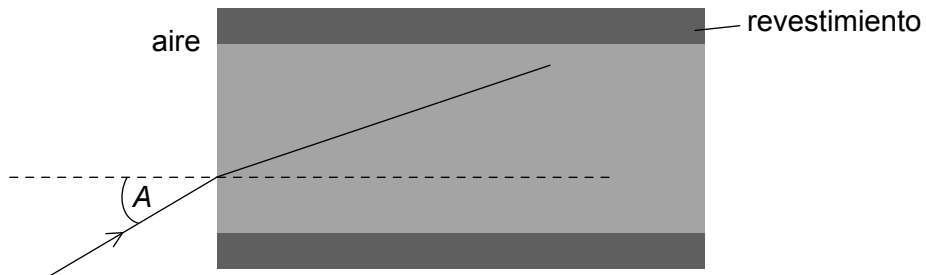
**(La opción C continúa en la página siguiente)**



40EP26

**(Opción C: continuación)**

14. (a) El diagrama muestra un rayo de luz en el aire que penetra en el núcleo de una fibra óptica.



El rayo forma un ángulo  $A$  con la normal a la interfase aire-núcleo. El índice de refracción del núcleo es 1,52 y el del revestimiento 1,48.

Determine el mayor ángulo  $A$  para el cual el rayo de luz permanecerá dentro del núcleo de la fibra.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

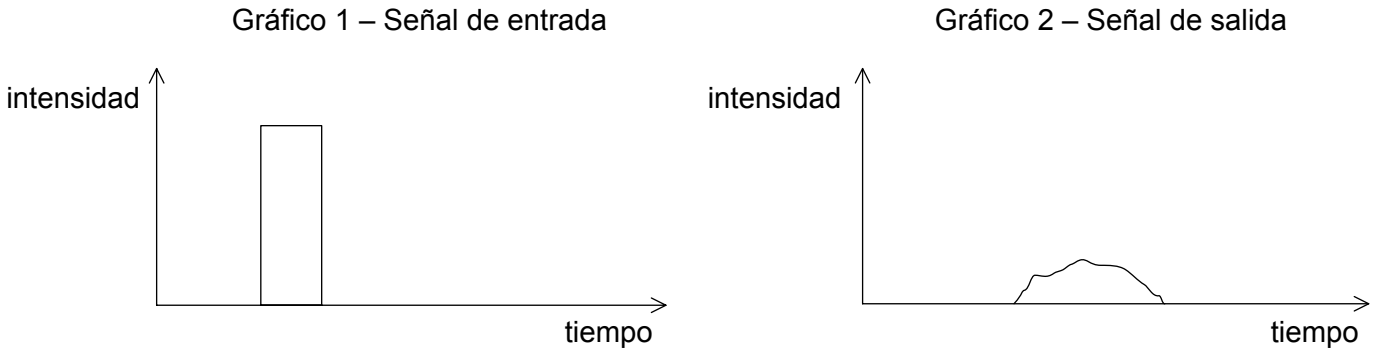


40EP27

**Véase al dorso**

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

- (b) Los gráficos muestran la variación con el tiempo de la intensidad de una señal que se está transmitiendo a través de la fibra óptica. El gráfico 1 muestra la señal de entrada en la fibra y el gráfico 2 la señal de salida de la fibra. Las escalas de ambos gráficos son iguales.



- (i) Identifique las características de la señal de salida que indican la presencia de atenuación y de dispersión.

[2]

atenuación: .....

dispersión: .....

- (ii) La longitud de la fibra óptica es de 5,1 km. La potencia de entrada de la señal es de 320 mW. La potencia de salida es 77 mW. Calcule la atenuación por unidad de longitud en la fibra, en  $\text{dB km}^{-1}$ .

[2]

.....

.....

.....

.....

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



40EP28

**(Opción C: continuación)**

15. (a) Indique una frecuencia típica utilizada en imágenes médicas por ultrasonidos. [1]

.....

(b) Describa como produce ultrasonidos un transductor de ultrasonidos. [3]

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

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



40EP29

**Véase al dorso**

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

(c) La densidad de un músculo es de  $1075 \text{ kg m}^{-3}$  y la rapidez de los ultrasonidos en ese músculo es de  $1590 \text{ m s}^{-1}$ .

(i) Calcule la impedancia acústica  $Z$  del músculo. [1]

.....  
.....

(ii) Ultrasonidos de intensidad  $0,012 \text{ W cm}^{-2}$  inciden sobre una interfase agua-músculo. La impedancia acústica del agua es  $1,50 \times 10^6 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

La fracción de la intensidad incidente que es reflejada está dada por

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

donde  $Z_1$  y  $Z_2$  son las impedancias acústicas de los medios 1 y 2, respectivamente.

Calcule la intensidad de la señal reflejada.

[2]

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

16. En resonancia magnética nuclear (RMN) la imagen de la radiación electromagnética de radiofrecuencia se detecta con los sensores de imagen. Discuta el origen de esa radiación. [3]

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

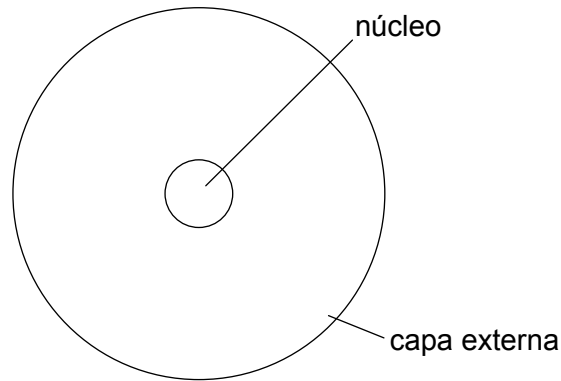
**Fin de la opción C**



40EP30

**Opción D — Astrofísica**

17. El diagrama muestra la estructura de una estrella típica de la secuencia principal.



(a) Indique el elemento más abundante en el núcleo y el elemento más abundante en la capa externa.

[2]

núcleo: .....

capa externa: .....

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

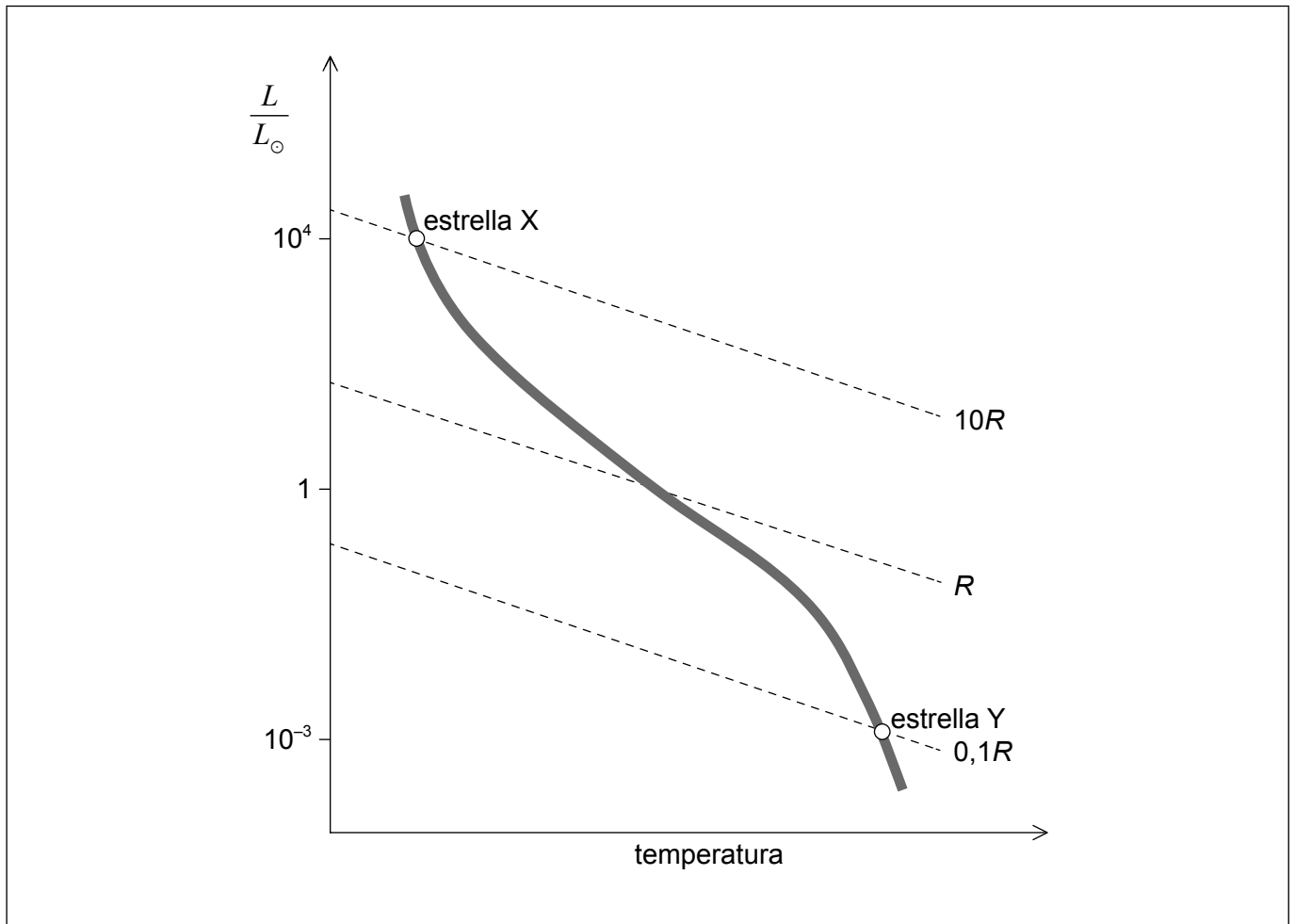


40EP31

**Véase al dorso**

**(Continuación: opción D, pregunta 17)**

- (b) El diagrama de Hertzsprung–Russell (HR) muestra dos estrellas de la secuencia principal X e Y, e incluye líneas de radio constante. R es el radio del Sol.



Utilizando la relación masa-luminosidad y la información del gráfico, determine la razón  $\frac{\text{densidad de la estrella X}}{\text{densidad de la estrella Y}}$ .

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



40EP32



**(Continuación: opción D, pregunta 17)**

(c) Es probable que la estrella X evolucione hasta estrella de neutrones.

(i) Sobre el diagrama HR de (b), dibuje con precisión la línea que indique la trayectoria evolutiva de la estrella X. [1]

(ii) Resuma por qué la estrella de neutrones que queda después de la etapa de supernova no colapsa bajo la acción de la gravedad. [1]

.....  
.....

(iii) El radio de una estrella de neutrones típica es de 20 km y su temperatura superficial de  $10^6$  K. Determine la luminosidad de esa estrella de neutrones. [2]

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

(iv) Determine la región del espectro electromagnético en la que la estrella de neutrones de (c)(iii) emite la mayor parte de su energía. [2]

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

18. (a) Describa qué se entiende por modelo Big Bang del universo. [2]

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

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



40EP33

**Véase al dorso**

**(Continuación: opción D, pregunta 18)**

- (b) Indique **dos** características de la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB) que sean consistentes con el modelo del Big Bang. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Cierta línea de emisión de una galaxia lejana muestra un corrimiento hacia el rojo  $z = 0,084$ .

La constante de Hubble es  $H_0 = 68 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ .

- (i) Determine la distancia a la galaxia en Mpc. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Describa cómo pueden usarse las supernovas de tipo I a para medir la distancia a esta galaxia. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



**(Opción D: continuación)**

19. (a) (i) Utilizando el concepto del origen cosmológico del corrimiento hacia el rojo, derive la relación

$$T \propto \frac{1}{R}$$

entre la temperatura  $T$  de la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB) y el factor de escala cósmica  $R$ .

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) La temperatura actual de la CMB es de 2,8 K. Esta radiación fue emitida cuando el universo era más pequeño en un factor de 1100. Estime la temperatura de la CMB en el momento de su emisión.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Indique cómo se interpretan las anisotropías en la distribución de la CMB.

[1]

.....

.....

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



**(Opción D: continuación)**

20. (a) Describa qué se entiende por materia oscura. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) La distribución de masa de un sistema esférico es tal que la densidad  $\rho$  varía con la distancia al centro  $r$  como

$$\rho = \frac{k}{r^2}$$

donde  $k$  es una constante.

Muestre que la curva de rotación de este sistema viene descrita por

$v = \text{constante}$ . [1]

.....

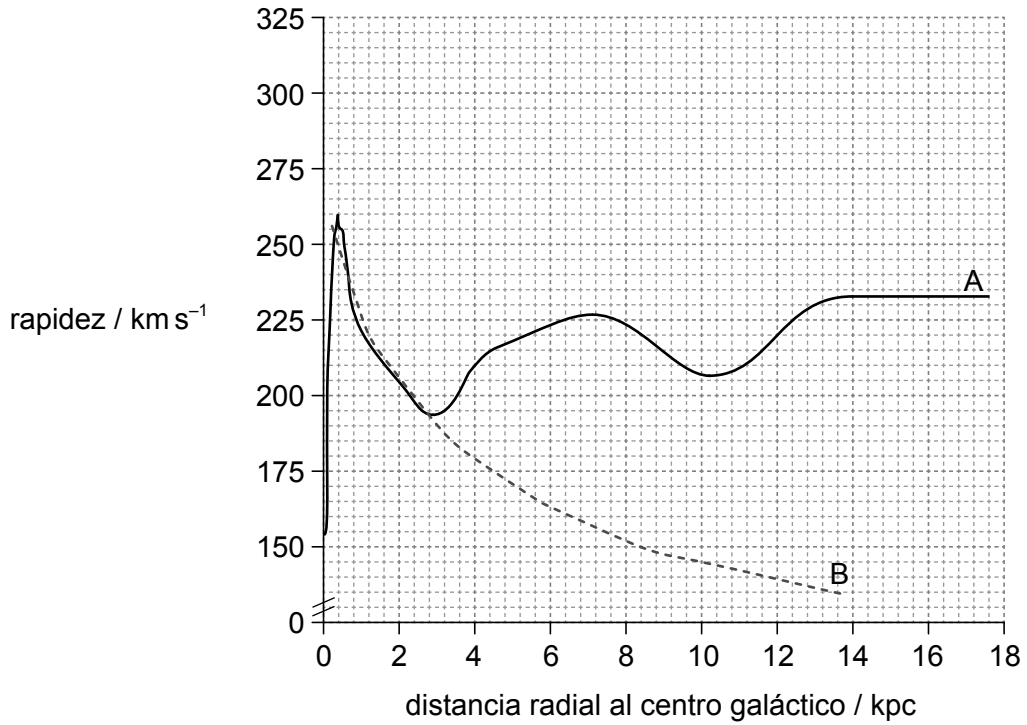
.....

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



**(Continuación: opción D, pregunta 20)**

- (c) La curva A muestra la curva de rotación real de una galaxia cercana. La curva B muestra la curva de rotación predicha basada en las estrellas visibles de la galaxia.



Explique cómo la curva A proporciona una evidencia para la materia oscura.

[2]

.....

.....

.....

.....

**Fin de la opción D**



40EP37

**No** escriba en esta página.

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



40EP38

**No** escriba en esta página.

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



40EP39

**No** escriba en esta página.

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



40EP40