

Física
Nivel superior
Prueba 3

Miércoles 9 de noviembre de 2016 (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.
- 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 – 3

Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	4 – 9
Opción B — Física en ingeniería	10 – 14
Opción C — Toma de imágenes	15 – 20
Opción D — Astrofísica	21 – 25



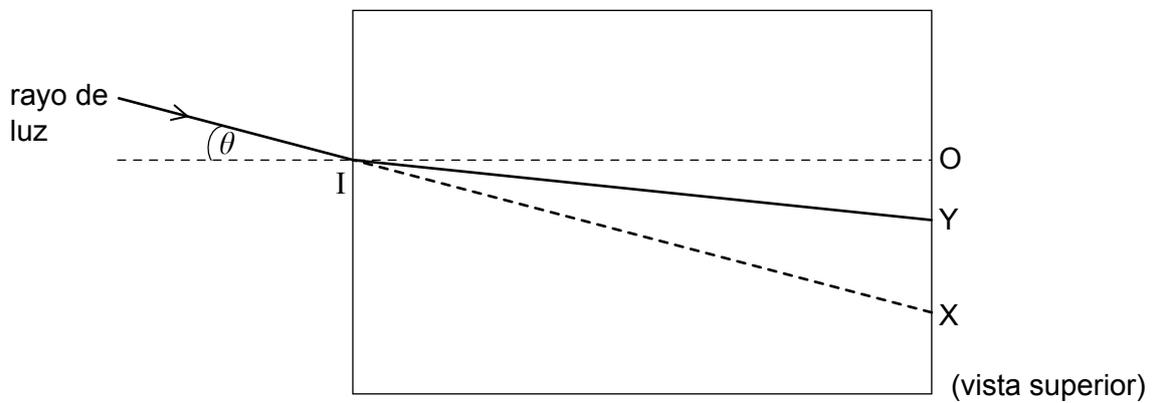
Sección A

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

1. Una alumna mide el índice de refracción del agua proyectando un rayo de luz sobre un contenedor transparente.

IO muestra la dirección de la normal en el punto en el que la luz incide sobre el contenedor. IX muestra la dirección del rayo de luz cuando el contenedor está vacío. IY muestra la dirección del rayo de luz desviado cuando el contenedor está lleno de agua.

Se hace variar el ángulo de incidencia θ y la alumna determina la posición de O, X e Y para cada ángulo de incidencia.



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

La tabla muestra los datos obtenidos por la alumna. La incertidumbre en cada medición de longitud es $\pm 0,1$ cm.

OX / cm	OY / cm
1,8	1,3
3,6	2,6
5,8	4,0
8,4	5,5
11,9	7,3
17,3	9,5
27,4	12,2

- (a) (i) Resuma por qué OY tiene mayor incertidumbre en porcentaje que OX para cada par de datos. [1]

.....

.....

- (ii) El índice de refracción del agua viene dado por $\frac{OX}{OY}$ cuando OX es pequeño.

Calcule la incertidumbre relativa del valor del índice de refracción del agua para OX = 1,8 cm. [2]

.....

.....

.....

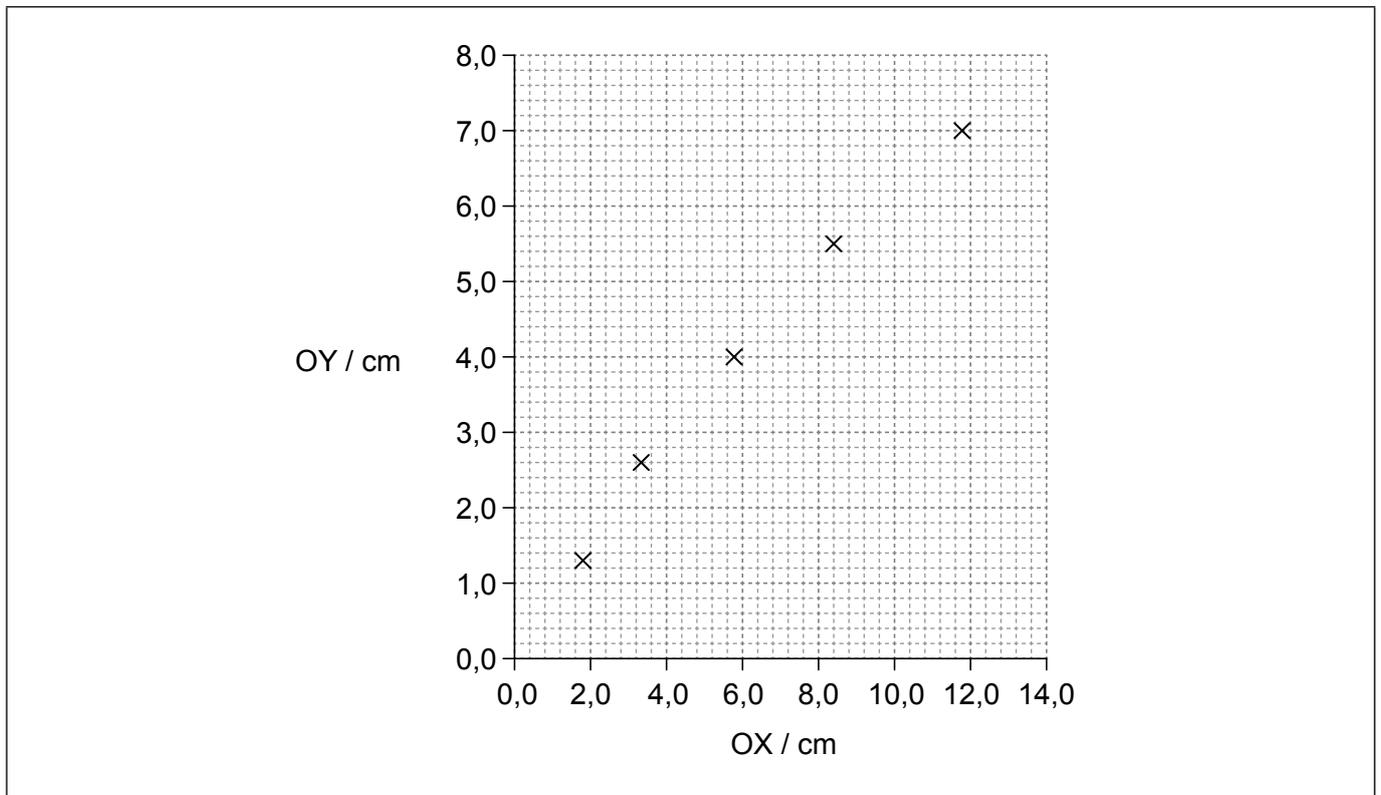
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

(b) Se representa una gráfica de la variación de OY frente a OX.



- (i) Dibuje sobre la gráfica las barras de error para OY cuando OX=1,8 cm y cuando OY=5,8 cm. [1]
- (ii) Determine, utilizando la gráfica, el índice de refracción del agua en el contenedor para valores de OX menores de 6,0 cm. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (iii) El índice de refracción para un material viene también dado por $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$, en donde i es el ángulo de incidencia y r es el ángulo de refracción.

Resuma por qué la gráfica de la página 4 se desvía de una línea recta para valores grandes de OX .

[1]

.....

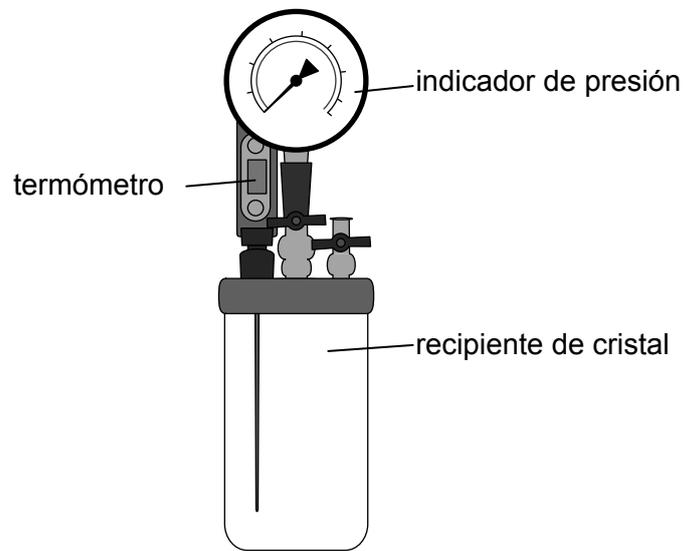
.....



44EP05

Véase al dorso

2. Se utiliza un aparato para verificar una ley de gases. El recipiente de cristal contiene un volumen fijo de aire. Se pueden tomar mediciones mediante el termómetro y el indicador de presión.



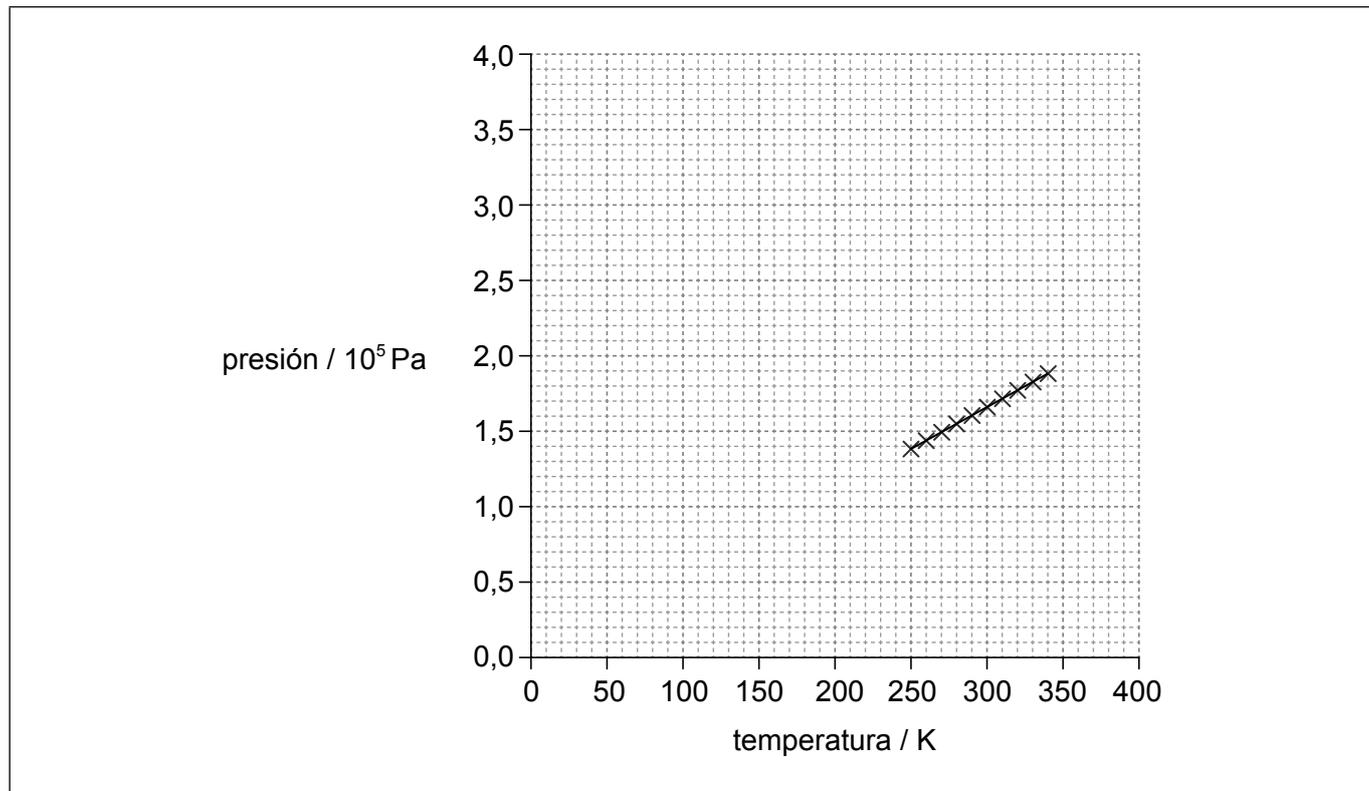
Se enfría el aparato en un congelador y se mete después en un baño de agua de modo que la temperatura del gas aumenta lentamente. Se registran la presión y temperatura del gas.

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

(a) La gráfica muestra los datos registrados.



Identifique la unidad fundamental del SI para la pendiente de la gráfica presión-temperatura.

[1]

.....

(b) Se repite el experimento utilizando un gas diferente en el recipiente de cristal. La presión es baja en ambos experimentos y los dos gases pueden considerarse ideales.

(i) Utilizando los ejes proporcionados en (a), dibuje la gráfica esperada para este segundo experimento.

[1]

(ii) Explique la forma y el punto de intersección con el eje de la gráfica dibujada en (b)(i).

[2]

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



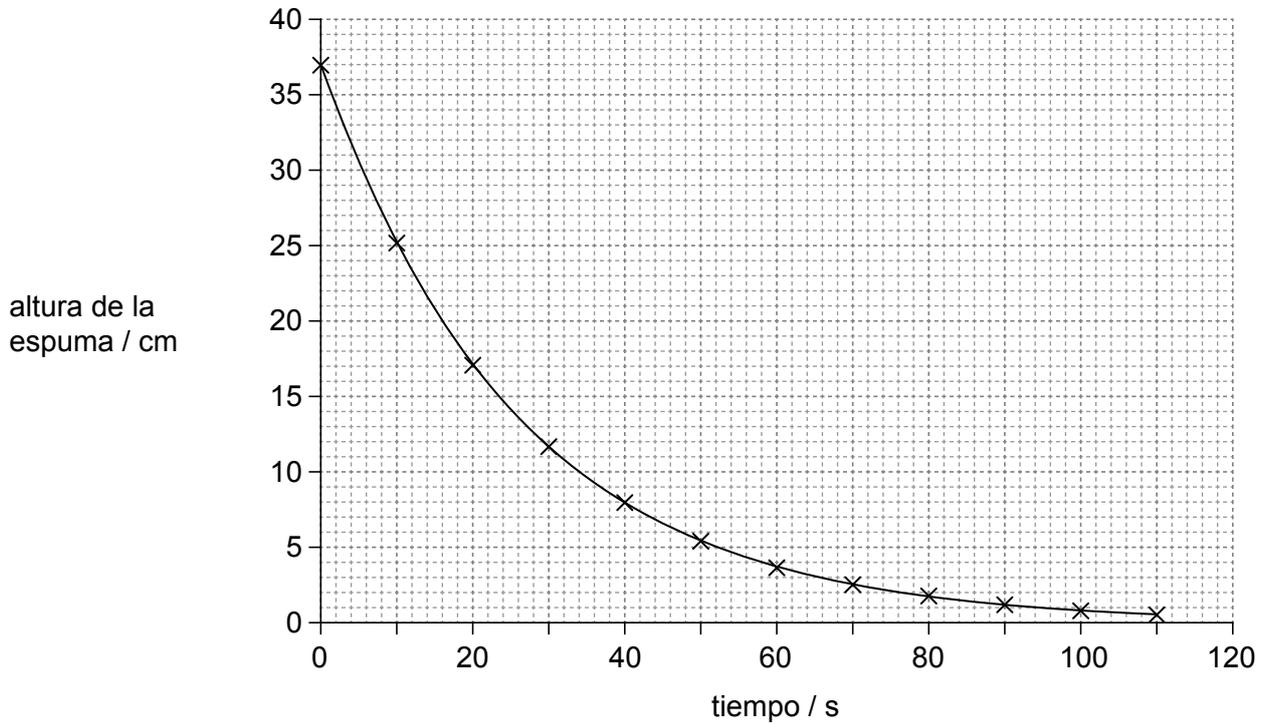
No escriba en esta página.

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



44EP08

3. Un alumno vierte una bebida gaseosa enlatada en un contenedor cilíndrico tras agitar la lata con violencia antes de abrirla. Se produce un gran volumen de espuma que llena el contenedor. La gráfica muestra la variación de la altura de la espuma con el tiempo.



(a) Determine el tiempo transcurrido para que la espuma baje hasta

(i) la mitad de su altura inicial.

[1]

.....
.....

(ii) un cuarto de su altura inicial.

[1]

.....
.....

(b) La variación en la altura de la espuma puede modelarse utilizando ideas de otras áreas de la física. Identifique **otra** situación en la física que se modela de una manera similar.

[1]

.....
.....

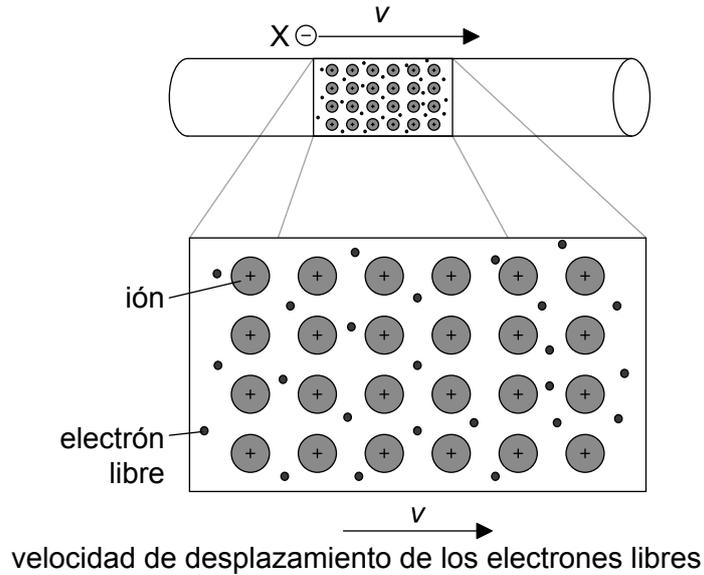


Sección B

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

Opción A — Relatividad

4. Un electrón X se desplaza en paralelo a un cable que transporta corriente. Los iones positivos y el cable están fijos en el sistema de referencia del laboratorio. La velocidad de desplazamiento de los electrones libres en el cable es igual a la velocidad del electrón externo X.



(a) Defina *sistema de referencia*.

[1]

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 4)

(b) En el sistema de referencia del laboratorio, la fuerza sobre X es magnética.

(i) Indique la naturaleza de la fuerza que actúa sobre X en el sistema de referencia en el que X está en reposo. [1]

.....
.....

(ii) Explique cómo surge esta fuerza. [3]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)



44EP11

Véase al dorso

(Opción A: continuación)

5. (a) Defina *longitud propia*. [1]

.....
.....

(b) Un pion cargado se desintegra espontáneamente en un tiempo de 26 ns, tal como se mide en el sistema de referencia en el que está estacionario. El pion se desplaza con una velocidad de $0,96c$ con respecto a la Tierra. Calcule el tiempo de vida del pion que mediría un observador sobre la Tierra. [2]

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

(c) En el sistema de referencia del pion, la Tierra se desplaza una distancia X antes de que el pion se desintegre. En el sistema de referencia de la Tierra, el pion se desplaza una distancia Y antes de que el pion se desintegre. Demuestre, con cálculos, cómo se aplica a esta situación la contracción de longitudes. [3]

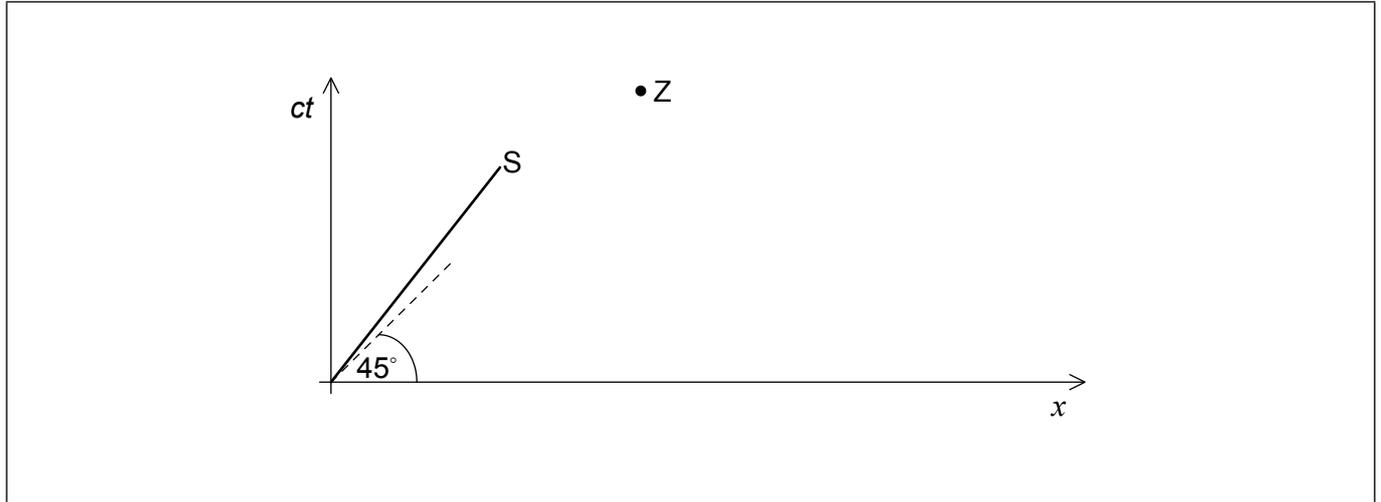
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

6. Una nave espacial S abandona la Tierra con una rapidez $v=0,80c$. Se muestra el diagrama de espacio-tiempo para la Tierra. Se sincronizan un reloj en la Tierra y otro reloj en la nave espacial en el origen del diagrama de espacio-tiempo.



- (a) Calcule el ángulo entre la línea de universo de S y la línea de universo de la Tierra. [1]

.....
.....

- (b) Dibuje, sobre el diagrama, el eje x' para el sistema de referencia de S. [1]
- (c) En el diagrama se muestra un suceso Z. Rotule las coordenadas de este suceso en el sistema de referencia de S. [1]

(La opción A continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Opción A: continuación)

7. Dos gemelos idénticos, A y B, están inicialmente en la Tierra. El gemelo A permanece en la Tierra mientras que el gemelo B abandona la Tierra con una rapidez de $0,6c$ en un viaje de ida y vuelta hasta un punto situado a tres años luz de la Tierra.

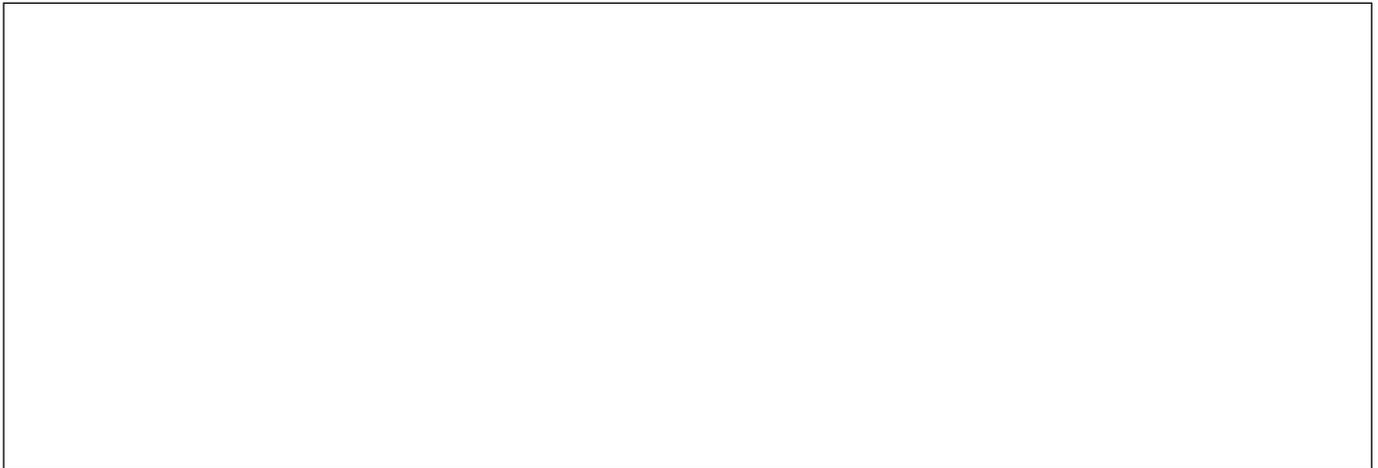
(a) Calcule el tiempo invertido en el viaje en el sistema de referencia del gemelo A como se mediría en la Tierra. [1]

.....
.....

(b) Determine el tiempo invertido en el viaje en el sistema de referencia del gemelo B. [2]

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

(c) Dibuje, para el sistema de referencia del gemelo A, un diagrama de espacio-tiempo que represente las líneas de universo para los dos gemelos. [1]



(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 7)

(d) Sugiera cómo aparece la paradoja de los gemelos y cómo se resuelve.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



44EP15

Véase al dorso

(Opción A: continuación)

8. Un electrón y un positrón tienen rapidez idénticas pero se desplazan en sentidos opuestos. Su colisión da lugar a la aniquilación de ambas partículas y a la producción de dos fotones de energía idéntica. La energía cinética inicial del electrón es de 2,00 MeV.

(a) Explique, en función de una ley de conservación, por qué se han de crear dos fotones. [1]

.....
.....

(b) Determine la rapidez del electrón incidente. [3]

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

(c) Calcule la energía y el momento de cada fotón tras la colisión. [2]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

9. El sistema de posicionamiento global (GPS) utiliza satélites que orbitan en torno a la Tierra. Los satélites transmiten información a la Tierra utilizando señales de tiempo de alta precisión que se extraen de relojes atómicos en los satélites. Las señales de tiempo necesitan corregirse debido al corrimiento hacia el rojo gravitatorio que sucede por estar los satélites a una altura de 20 Mm sobre la superficie de la Tierra.

(a) La intensidad del campo gravitatorio a 20 Mm sobre la superficie de la Tierra es de alrededor de $0,6 \text{ N kg}^{-1}$. Estime la corrección temporal diaria que se necesitará aplicar a las señales de tiempo por causa del desplazamiento al rojo gravitatorio. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Sugiera, si su respuesta a (a) infravalora o sobrevalora la corrección requerida para la señal de tiempo. [1]

.....

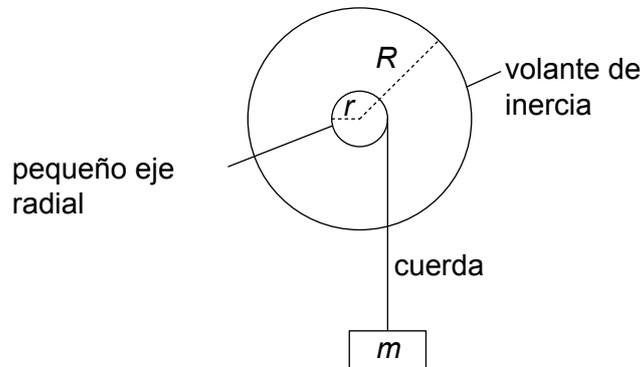
.....

Fin de la opción A



Opción B — Física en ingeniería

10. Un volante de inercia consta de un cilindro sólido, con un pequeño eje radial que sobresale de su centro.



Se dispone de los siguientes datos para el volante de inercia.

Masa del volante de inercia M	= 1,22 kg
Radio del eje pequeño r	= 60,0 mm
Radio del volante de inercia R	= 240 mm
Momento de inercia	= $0,5 MR^2$

Se conecta un objeto de masa m al eje mediante una cuerda ligera y se deja que caiga en vertical desde el reposo, ejerciendo un momento de fuerza sobre el volante de inercia.

- (a) La velocidad del objeto que cae es de $1,89 \text{ m s}^{-1}$ en 3,98 s. Calcule la aceleración angular media del volante de inercia. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Muestre que el momento de fuerza que actúa sobre el volante de inercia es de alrededor de 0,3 Nm. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 10)

(c) (i) Calcule la tensión en la cuerda.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Determine la masa m del objeto que cae.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)

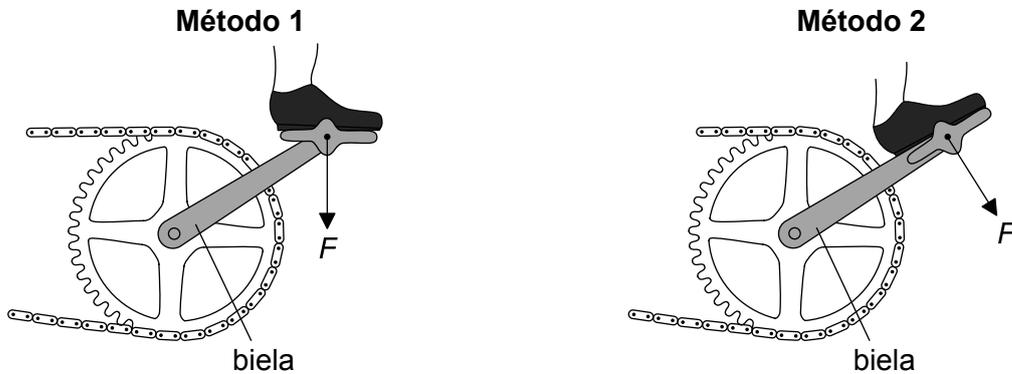


44EP19

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

11. El diagrama muestra dos métodos de accionar por pedales una bicicleta aplicando una fuerza F .



En el método 1, el pedal se mantiene siempre horizontal respecto al suelo. Un alumno afirma que el método 2 es mejor porque el pedal se mantiene siempre paralelo a la biela. Explique por qué el método 2 es más eficaz.

[2]

.....

.....

.....

.....

12. Una central nuclear ideal puede modelarse como un motor térmico que funciona entre una temperatura caliente de $612\text{ }^\circ\text{C}$ y una temperatura fría de $349\text{ }^\circ\text{C}$.

(a) Calcule el rendimiento de Carnot de la central nuclear.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 12)

- (b) Explique, con una razón, por qué una central nuclear verdadera que funcione entre las temperaturas indicadas no puede alcanzar el rendimiento calculado en (a). [2]

.....
.....

- (c) La central nuclear funciona a un 71,0% del rendimiento de Carnot. La potencia producida es de 1,33 GW. Calcule cuánto desecho de energía térmica se libera por hora. [3]

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

- (d) Discuta la producción de desecho de calor por parte de la central en relación con la primera y segunda leyes de la termodinámica. [3]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

13. (a) Un cubo sólido de lado 0,15 m tiene una densidad media de 210 kg m^{-3} .

(i) Calcule el peso del cubo.

[1]

.....
.....

(ii) Se mete el cubo en gasolina con densidad de 720 kg m^{-3} . Calcule la proporción del volumen del cubo que queda por encima de la superficie de la gasolina.

[2]

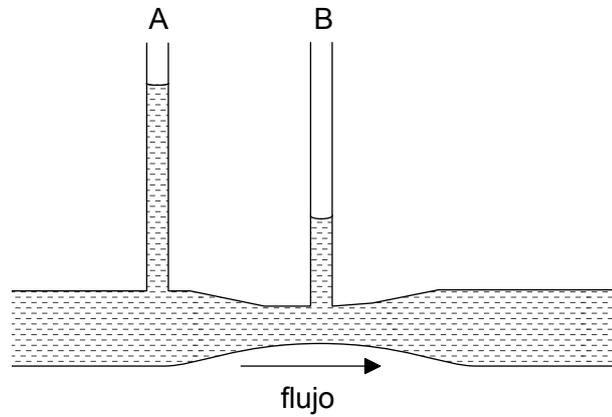
.....
.....
.....
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 13)

- (b) Por una tubería con un estrechamiento fluye agua. A lo largo de la tubería se sitúan dos tubos verticales A y B, abiertos al aire.



Describe por qué el tubo B tiene un nivel de agua más bajo que el tubo A.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)

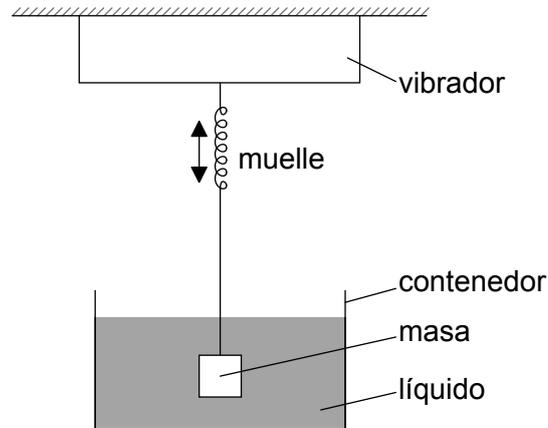


44EP23

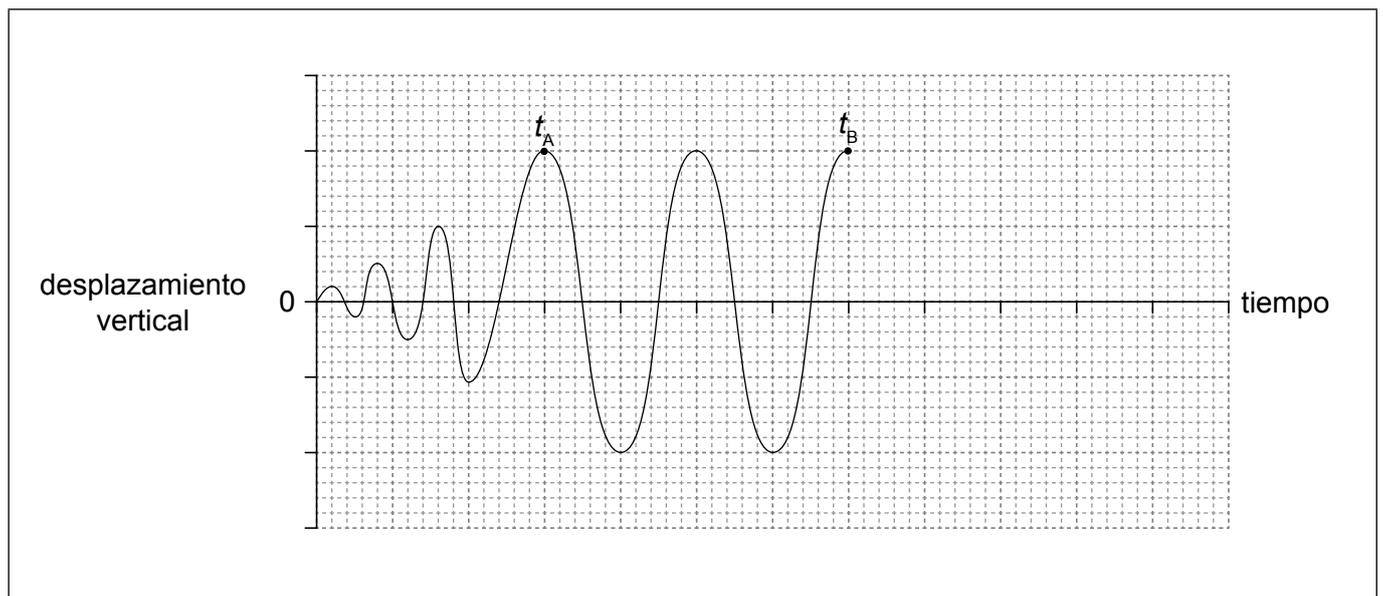
Véase al dorso

(Opción B: continuación)

14. Se hace vibrar un sistema masa–muelle (resorte) en vertical y a la frecuencia de resonancia del sistema. Mediante un líquido se amortigua el movimiento del sistema.



En el instante $t=0$ se enciende el vibrador. En el instante t_B se apaga el vibrador y el sistema vuelve al reposo. En la gráfica se muestra la variación con el tiempo del desplazamiento vertical del sistema hasta t_B .



(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 14)

(a) Explique, en relación con la energía en el sistema, la amplitud de la oscilación entre

(i) $t=0$ y t_A . [1]

.....
.....

(ii) t_A y t_B . [1]

.....
.....

(b) El sistema está críticamente amortiguado. Dibuje, sobre la gráfica de la página 24, la variación del desplazamiento con el tiempo desde t_B hasta que el sistema vuelve al reposo. [2]

Fin de la opción B



No escriba en esta página.

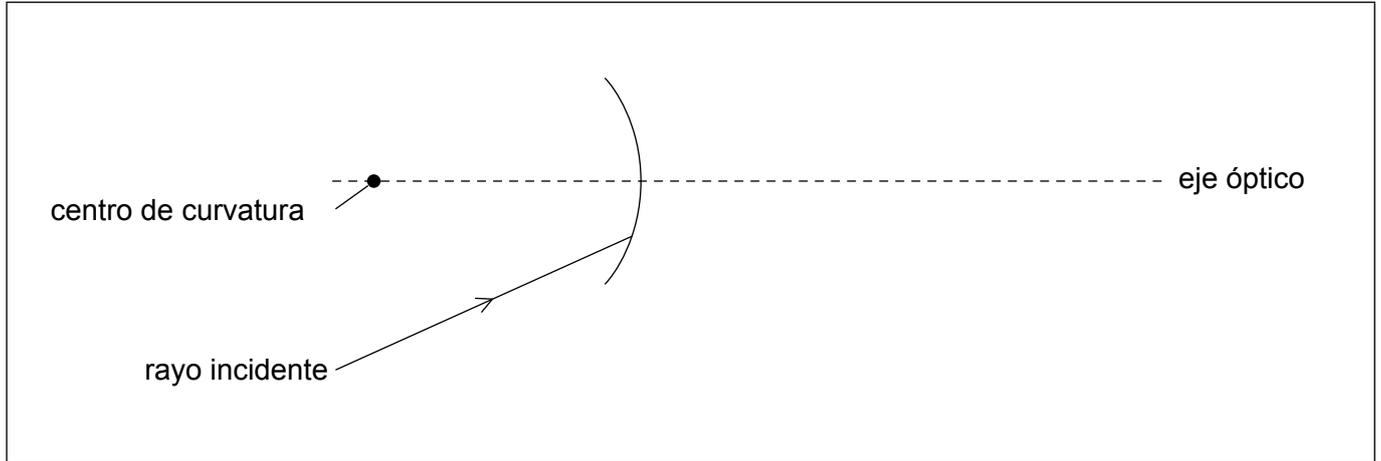
Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



Opción C — Toma de imágenes

15. Los espejos convergentes esféricos son superficies reflectantes que se obtienen recortando una esfera. El diagrama muestra un espejo, en el que el punto representa el centro de curvatura del espejo.

(a) Sobre un espejo convergente incide un rayo de luz. Sobre el diagrama, dibuje la reflexión del rayo incidente mostrado. [2]



(b) El rayo incidente mostrado en el diagrama forma un ángulo significativo con el eje óptico.

(i) Indique la aberración producida por este tipo de rayos. [1]

.....
.....

(ii) Resuma cómo se corrige esta aberración. [1]

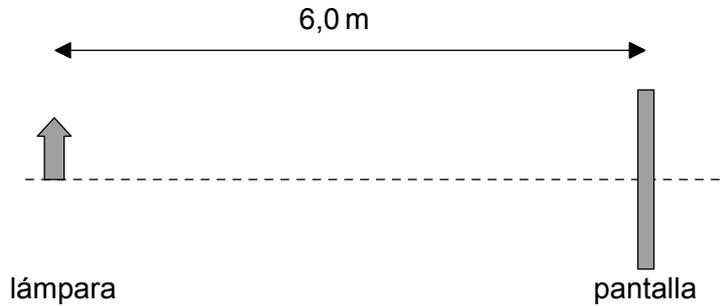
.....
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

16. Se coloca una lámpara a 6,0 m de una pantalla.



En un punto entre la lámpara y la pantalla se coloca una lente de modo que se produce una imagen real invertida sobre la pantalla. La imagen producida es 4,0 veces mayor que la lámpara.

(a) Identifique la naturaleza de la lente. [1]

.....
.....

(b) Determine la distancia entre la lámpara y la lente. [3]

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

(c) Calcule la longitud focal de la lente. [1]

.....
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 16)

- (d) Se mueve la lente a una segunda posición en la que la imagen sobre la pantalla vuelve a estar enfocada. La distancia lámpara–pantalla no varía. Compare las características de esta nueva imagen con la original. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



44EP29

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

17. Tanto los telescopios refractores ópticos como los microscopios compuestos constan de dos lentes convergentes.

(a) Compare las longitudes focales requeridas para la lente objetivo en un telescopio refractor y en un microscopio compuesto. [1]

.....
.....

(b) Un alumno tiene cuatro lentes convergentes de longitudes focales 5, 20, 150 y 500 mm. Determine el aumento máximo que puede obtenerse con un telescopio refractor utilizando **dos** de las lentes. [1]

.....
.....

(c) Hay telescopios ópticos con diámetros en torno a 10 m. Hay radiotelescopios de plato sencillo con diámetros como mínimo 10 veces mayores.

(i) Discuta por qué, para un mismo número de fotones incidentes por unidad de área, los radiotelescopios necesitan ser mucho mayores que los telescopios ópticos. [1]

.....
.....

(ii) Resuma cómo es posible que los radiotelescopios alcancen diámetros del orden de mil kilómetros. [1]

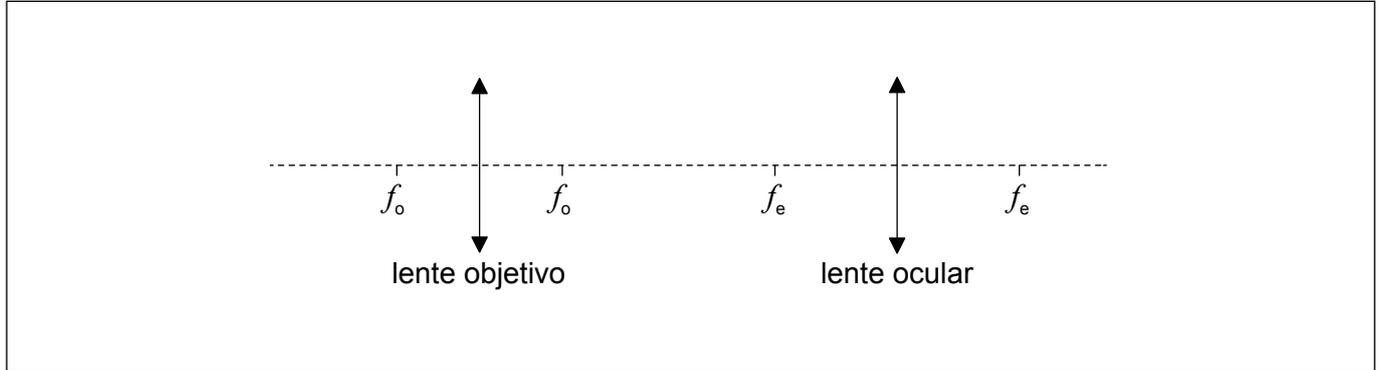
.....
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 17)

- (d) El diagrama muestra una vista esquemática de un microscopio compuesto, con los puntos focales f_o de la lente objetivo y los puntos focales f_e de la lente ocular marcados sobre el eje.



Sobre el diagrama, identifique con una X una posición adecuada para la imagen formada por el objetivo del microscopio compuesto.

[1]

- (e) La imagen 1 muestra detalles de los pétalos de una flor bajo la luz visible. La imagen 2 muestra la misma flor bajo luz ultravioleta. El aumento es el mismo, pero la resolución es mayor en la imagen 2.

Imagen 1

Imagen 2



Explique por qué un microscopio ultravioleta puede mejorar la resolución de un microscopio compuesto.

[1]

.....

.....

(La opción C continúa en la página 33)



44EP31

Véase al dorso

No escriba en esta página.

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



44EP32

(Opción C: continuado de la página 31)

18. Las fibras ópticas pueden clasificarse según la manera en que la luz las atraviesa como fibras monomodo o multimodo. Las fibras multimodo pueden clasificarse en fibras de índice escalonado o de índice gradual.

(a) Indique la principal diferencia física entre las fibras de índice escalonado y las de índice gradual.

[1]

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

(b) Explique por qué las fibras de índice gradual ayudan a reducir la dispersión de guía de ondas.

[2]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



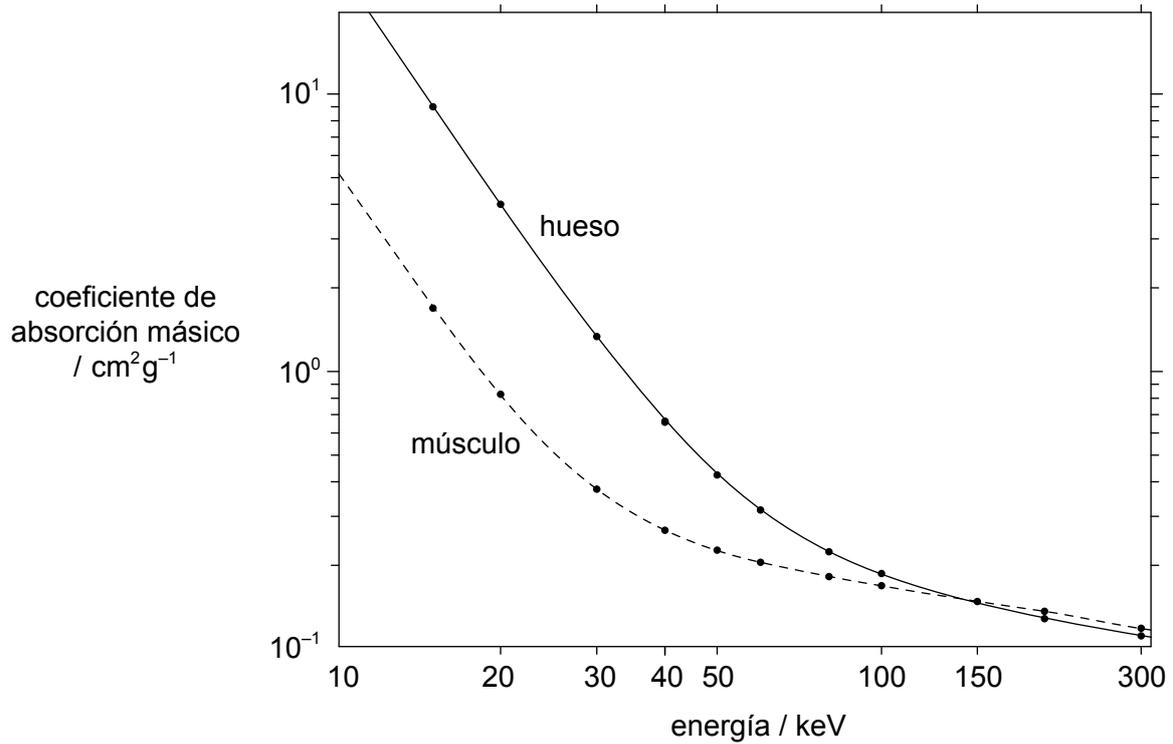
44EP33

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

19. El coeficiente de atenuación lineal μ de un material se ve afectado por la energía del haz de rayos X y por la densidad ρ del material. El coeficiente de absorción másico es igual a $\frac{\mu}{\rho}$ para tener en cuenta la densidad del material.

La gráfica muestra la variación del coeficiente de absorción másico frente a la energía del haz de rayos X para músculo y hueso.



- (a) Muestre que el coeficiente de atenuación para el hueso de densidad 1800 kg m^{-3} , para los rayos X de 20 keV, es de aproximadamente 7 cm^{-1} .

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 19)

- (b) La densidad del músculo es 1200 kg m^{-3} . Calcule el cociente de intensidades para comparar la atenuación producida por 1 cm de hueso y 1 cm de músculo, para un haz de 20 keV. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Sugiera por qué no serían adecuados haces con energía mayor de unos 150 keV para tomar imágenes de una sección hueso-músculo de un cuerpo. [1]

.....

.....

- 20. (a) Indique la propiedad de los protones utilizados en la toma de imágenes por resonancia magnética nuclear (RMN). [1]

.....

.....

- (b) Explique cómo se producen en la RMN el campo gradiente y la resonancia que permiten la formación de imágenes sobre un plano concreto. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción C



44EP35

Véase al dorso

Opción D — Astrofísica

21. Alpha Centauri A y B es un sistema binario de estrellas en la secuencia principal.

	Alpha Centauri A	Alpha Centauri B
Luminosidad	$1,5L_{\odot}$	$0,5L_{\odot}$
Temperatura superficial / K	5800	5300

(a) Indique qué se entiende por sistema binario de estrellas. [1]

.....
.....

(b) (i) Calcule $\frac{b_A}{b_B} = \frac{\text{brillo aparente de Alpha Centauri A}}{\text{brillo aparente de Alpha Centauri B}}$. [2]

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

(ii) La luminosidad del Sol es de $3,8 \times 10^{26}$ W. Calcule el radio de Alpha Centauri A. [2]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 21)

- (c) Muestre, sin cálculos, que el radio de Alpha Centauri B es menor que el radio de Alpha Centauri A.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (d) Alpha Centauri A está en equilibrio con radio constante. Explique cómo se mantiene este equilibrio.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)

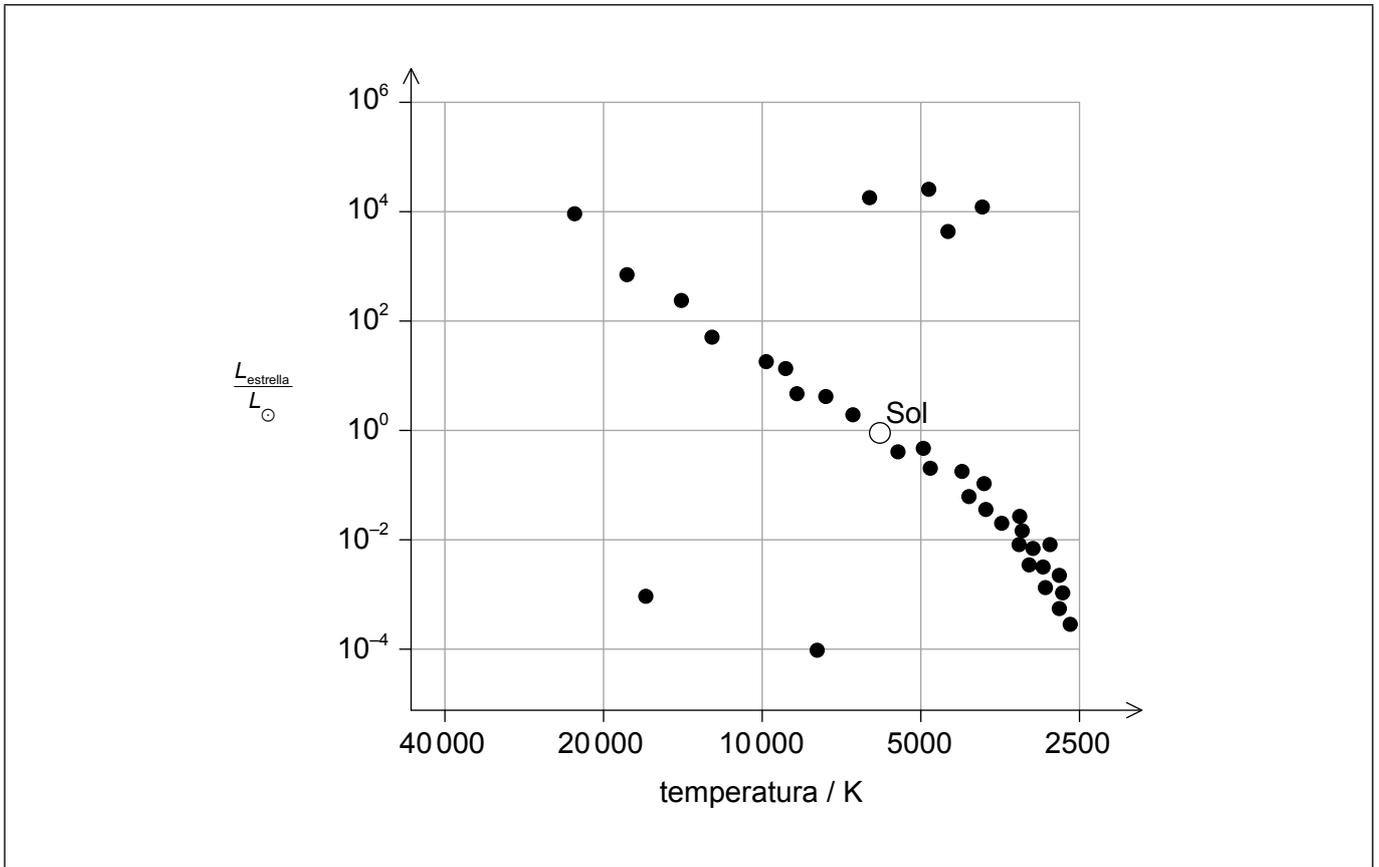


44EP37

Véase al dorso

(Continuación: opción D, pregunta 21)

(e) Se muestra un diagrama estándar de Hertzsprung–Russell (HR).



Utilizando el diagrama HR, dibuje la posición actual de Alpha Centauri A y su trayectoria evolutiva esperada.

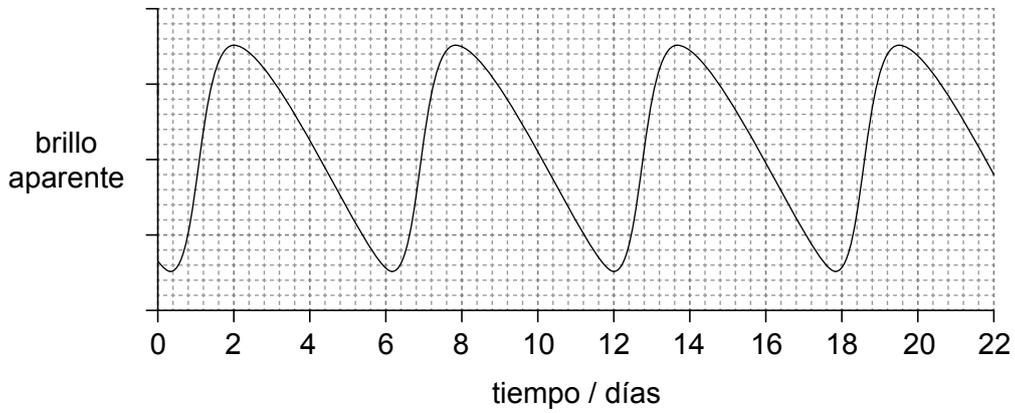
[2]

(La opción D continúa en la página siguiente)

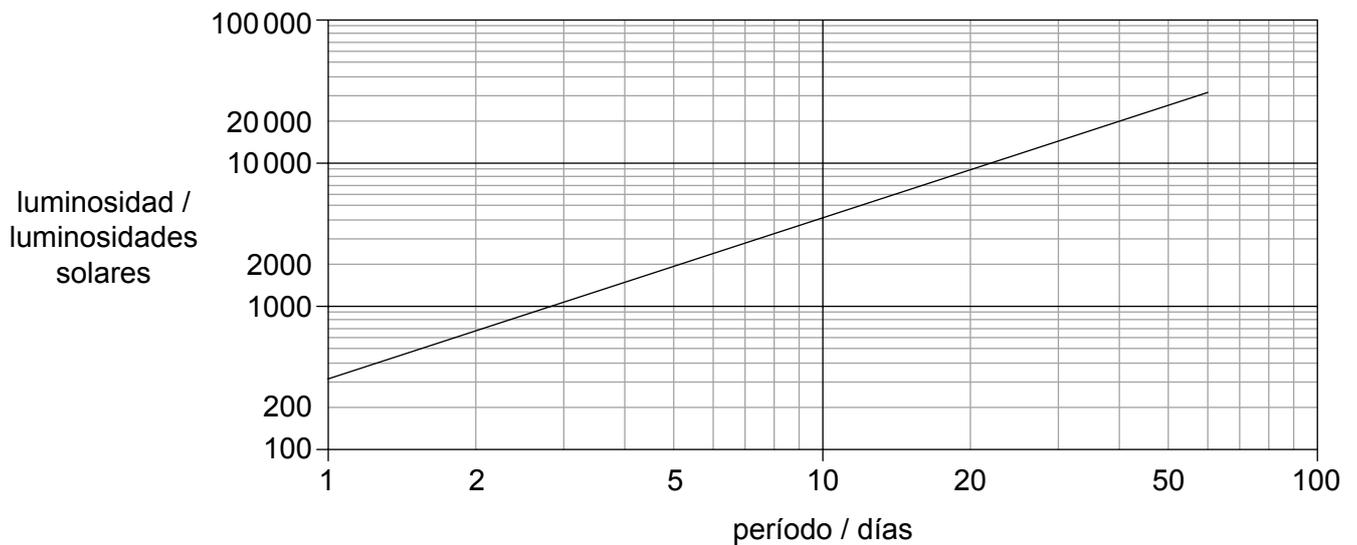


(Opción D: continuación)

22. La primera gráfica muestra la variación con el tiempo del brillo aparente de una estrella cefeida.



La segunda gráfica muestra la luminosidad media frente al período para las estrellas cefeidas.



Determine la distancia de la Tierra a la estrella cefeida en pársecs. La luminosidad del Sol es de $3,8 \times 10^{26}$ W. El brillo aparente medio de la estrella cefeida es de $1,1 \times 10^{-9}$ W m⁻².

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



44EP39

Véase al dorso

(Opción D: continuación)

23. La longitud de onda máxima del espectro de la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB) corresponde a una temperatura de 2,76 K.

(a) Identifique otras **dos** características de la radiación CMB que se pueden predecir a partir de la teoría del Big Bang caliente.

[2]

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

(b) Una línea espectral del espectro del hidrógeno medido actualmente en el laboratorio tiene una longitud de onda de 21 cm. Desde la emisión de la radiación CMB, el factor de escala cósmica ha cambiado en un factor de 1100. Determine la longitud de onda de la línea espectral de 21 cm en la radiación CMB observada hoy en día.

[1]

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

24. (a) Describa cómo algunas estrellas enanas blancas se convierten en supernovas de tipo Ia. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) A partir de lo anterior, explique por qué se utiliza una supernova de tipo Ia como vela (candela) estándar. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Explique cómo la observación de las supernovas de tipo Ia condujo a la hipótesis de la existencia de la energía oscura. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

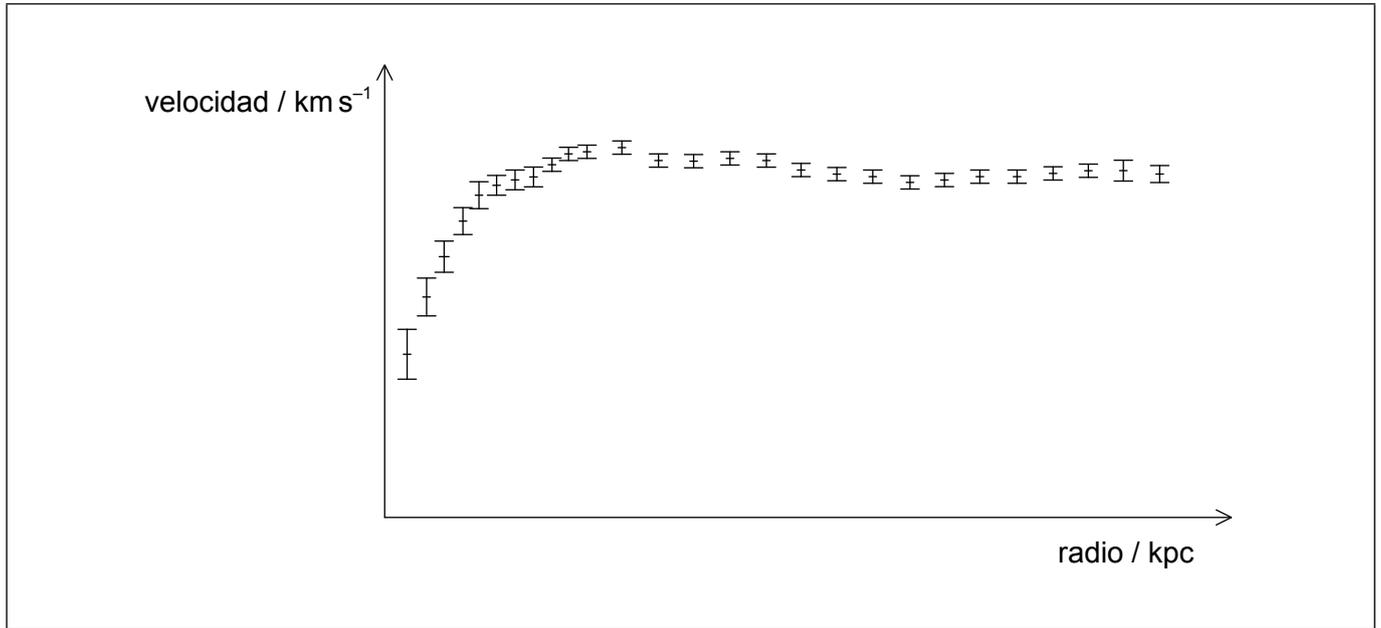
.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

25. La gráfica muestra las velocidades orbitales observadas de estrellas de una galaxia frente a sus distancias al centro de la galaxia. El núcleo de la galaxia tiene un radio de 4,0 kpc.



(a) Calcule la velocidad de rotación de las estrellas que están a 4,0 kpc del centro de la galaxia. La densidad media de la galaxia es de $5,0 \times 10^{-21} \text{ kg m}^{-3}$. [2]

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

(b) Explique por qué las curvas de rotación proporcionan evidencia de la existencia de la materia oscura. [2]

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

Fin de la opción D



No escriba en esta página.

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



44EP43

No escriba en esta página.

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



44EP44