

Física
Nivel superior
Prueba 1

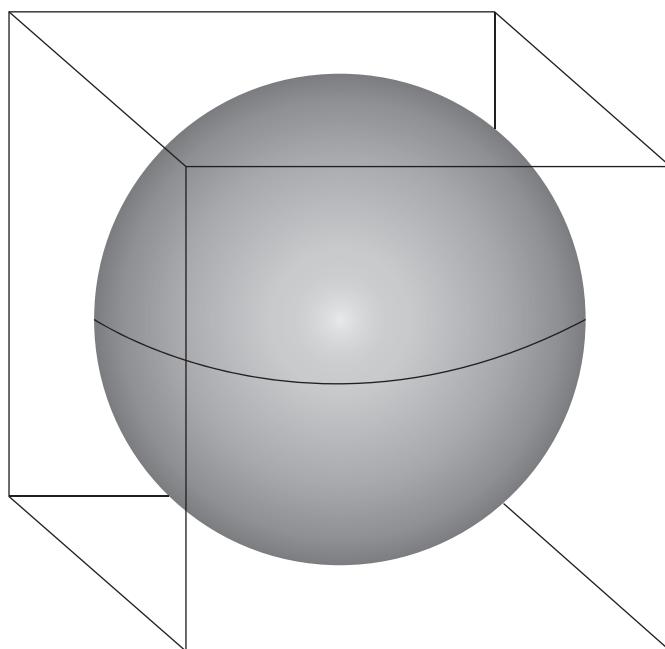
Viernes 6 de mayo de 2016 (mañana)

1 hora

Instrucciones para los alumnos

- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Seleccione la respuesta que considere más apropiada para cada pregunta e indique su elección en la hoja de respuestas provista.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[40 puntos]**.

1. Una esfera encaja dentro de un cubo.



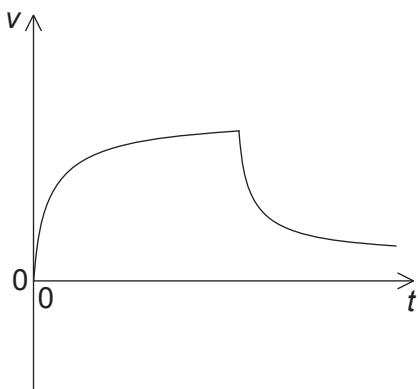
La longitud del cubo y el diámetro de la esfera son $10,0 \pm 0,2\text{cm}$.

¿Cuál es el cociente $\frac{\text{incertidumbre en porcentaje en el volumen de la esfera}}{\text{incertidumbre en porcentaje en el volumen del cubo}}$?

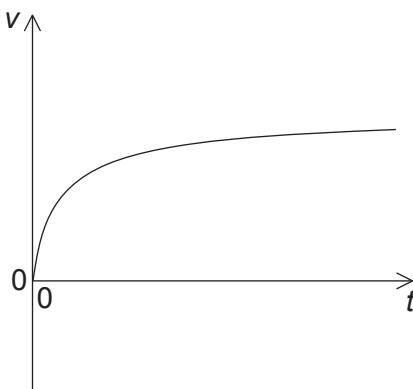
- A. $\frac{3}{4\pi}$
- B. 1
- C. 2
- D. 8

2. Un avión se desplaza en horizontal. Una paracaidista salta del avión y pocos segundos después abre su paracaídas. ¿Cuál de las gráficas muestra la variación de la rapidez vertical v frente al tiempo t para la paracaidista desde el instante en que salta del avión hasta que está a punto de tocar tierra?

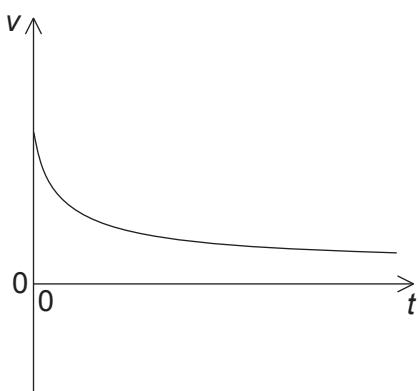
A.



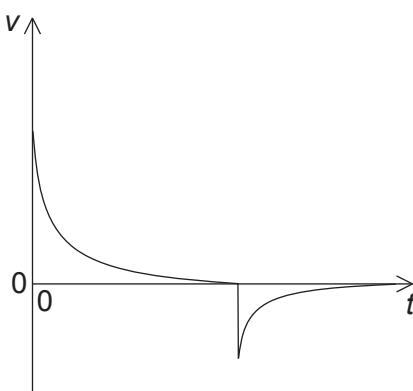
B.



C.



D.



3. Un objeto de masa m reposa sobre un plano horizontal. Se hace aumentar lentamente desde cero el ángulo θ que forma el plano con la horizontal. Cuando $\theta = \theta_0$, el objeto comienza a deslizarse. ¿Cuáles son el coeficiente de rozamiento estático μ_s y la fuerza de reacción normal N del plano en $\theta = \theta_0$?

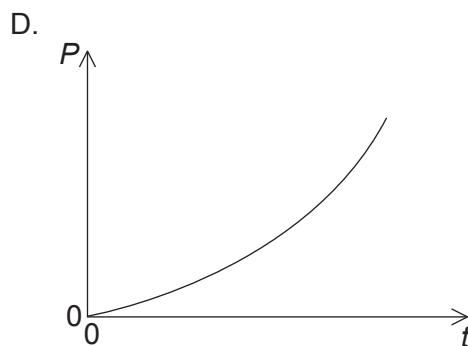
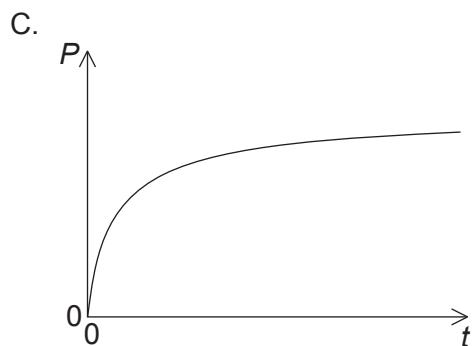
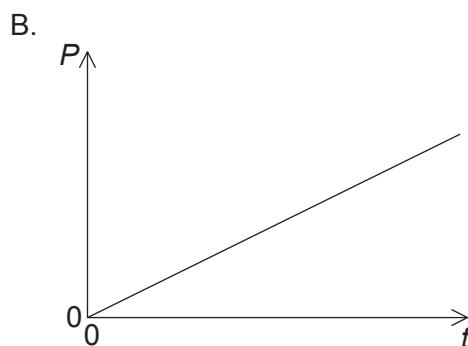
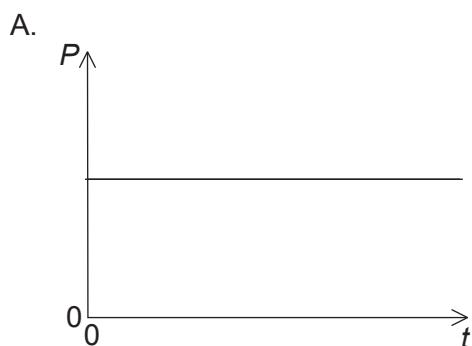
A.

μ_s	N
$\operatorname{sen} \theta_0$	$mg \cos \theta_0$
$\tan \theta_0$	$mg \operatorname{sen} \theta_0$
$\operatorname{sen} \theta_0$	$mg \operatorname{sen} \theta_0$
$\tan \theta_0$	$mg \cos \theta_0$

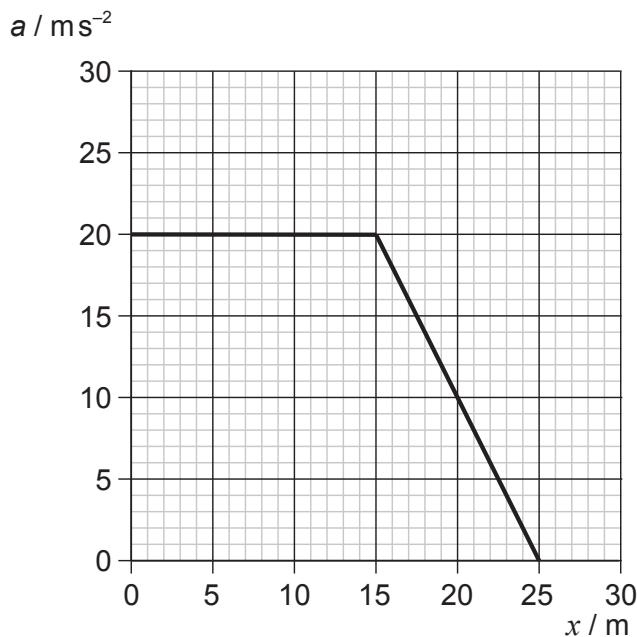
4. Una pelota de masa m se desplaza en horizontal con rapidez u . La pelota choca con una pared vertical y rebota en sentido opuesto con rapidez $v < u$. La duración de la colisión es T . ¿Cuáles serán la magnitud (módulo) de la fuerza media ejercida por la pared sobre la pelota y la pérdida de energía cinética de la pelota?

	Fuerza media	Pérdida de energía cinética
A.	$\frac{m(u+v)}{T}$	$\frac{m(u^2 - v^2)}{2}$
B.	$\frac{m(u+v)}{T}$	$\frac{m(u-v)^2}{2}$
C.	$\frac{m(u-v)}{T}$	$\frac{m(u^2 - v^2)}{2}$
D.	$\frac{m(u-v)}{T}$	$\frac{m(u-v)^2}{2}$

5. Un tren sobre una vía horizontal recta se desplaza desde el reposo a aceleración constante. Las fuerzas horizontales sobre el tren son la fuerza del motor y una fuerza de resistencia que aumenta con la rapidez. ¿Cuál de las gráficas representa la variación con el tiempo t de la potencia P desarrollada por el motor?



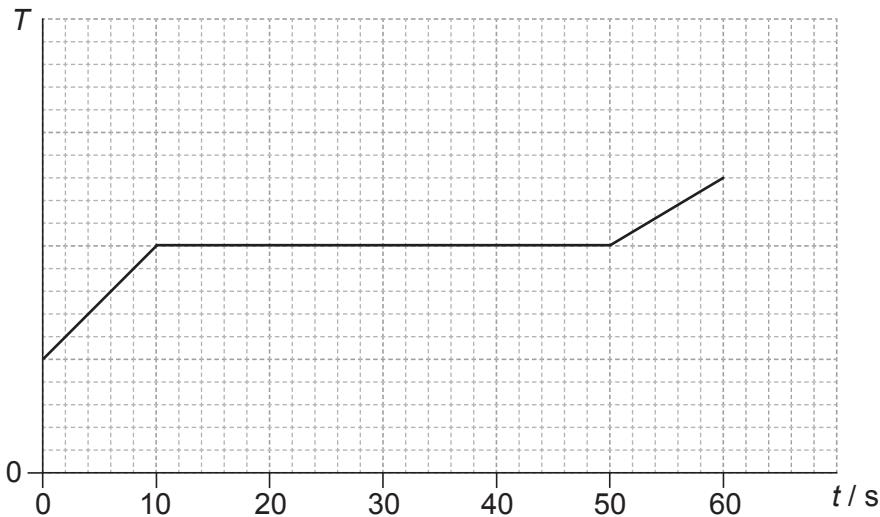
6. En la gráfica se muestra cómo varía la aceleración a de un objeto frente a la distancia recorrida x .



La masa del objeto es 3,0 kg. ¿Cuál será el trabajo total efectuado sobre el objeto?

- A. 300 J
- B. 400 J
- C. 1200 J
- D. 1500 J

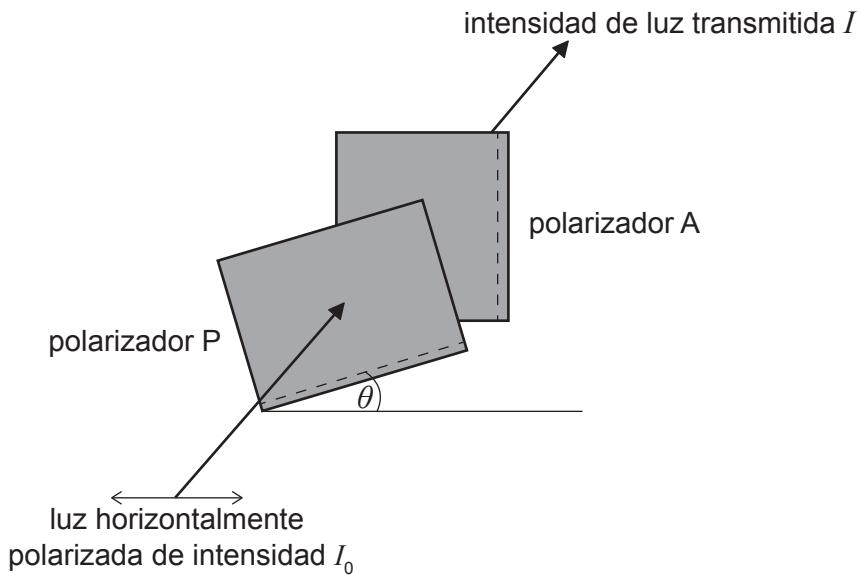
7. Se coloca un contenedor con 0,60 kg de una sustancia líquida sobre un calentador en el tiempo $t=0$. El calor latente específico de vaporización de la sustancia es de 200 kJ kg^{-1} . En la gráfica se muestra la variación de la temperatura T de la sustancia con el tiempo t .



¿Cuál es la potencia del hornillo?

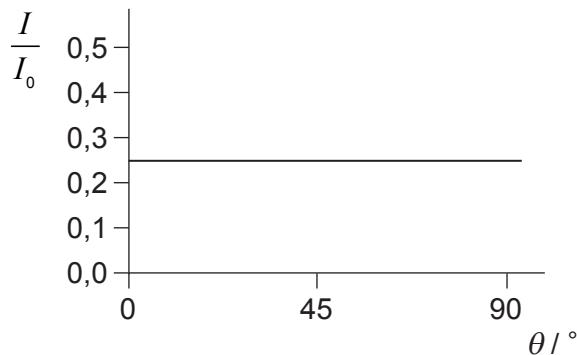
- A. 1200 W
B. 3000 W
C. 4800 W
D. 13 300 W
8. ¿Qué condiciones de densidad y presión hacen que se describa mejor un gas real mediante la ecuación de estado para un gas ideal?
- A. Baja densidad y baja presión
B. Baja densidad y alta presión
C. Alta densidad y baja presión
D. Alta densidad y alta presión

9. En un polarizador P cuyo eje de polarización forma un ángulo de θ grados con la horizontal entra luz horizontalmente polarizada de intensidad I_0 . La luz que sale de P incide a continuación en un polarizador A con eje de polarización vertical fijo.

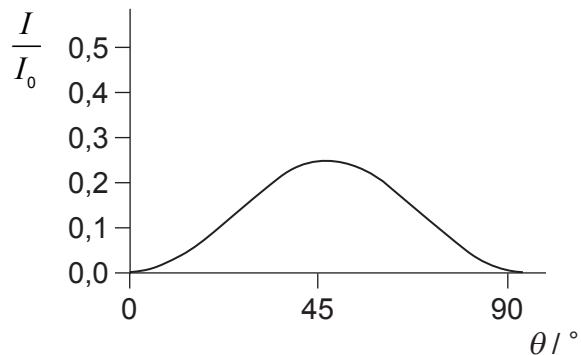


Se hace variar el ángulo θ de 0 a 90 grados. ¿Cuál de las siguientes gráficas representará la variación frente a θ de la intensidad I de la luz transmitida a través de A?

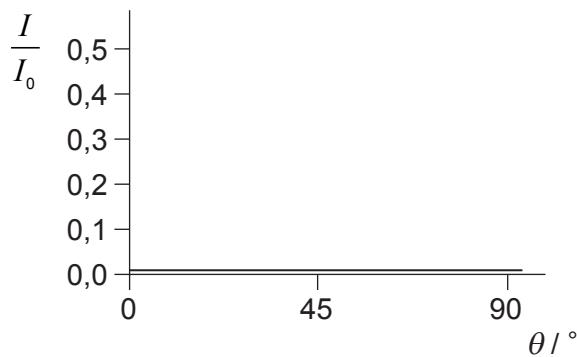
A.



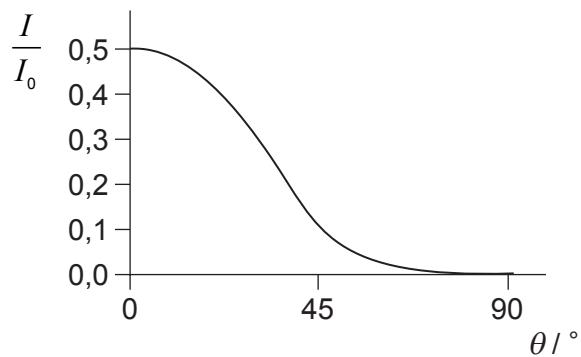
B.



C.



D.



- 10.** Una tubería de longitud L tiene sus dos extremos abiertos. Otra tubería de longitud L' tiene un extremo abierto y el otro cerrado.

La frecuencia del primer armónico para ambas tuberías es la misma. ¿Cuánto valdrá $\frac{L'}{L}$?

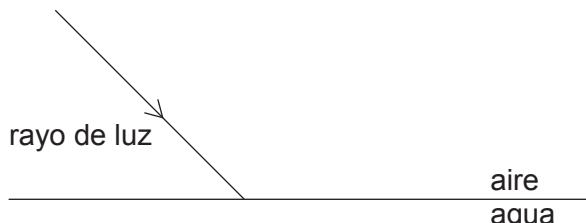
A. 2

B. $\frac{3}{2}$

C. 1

D. $\frac{1}{2}$

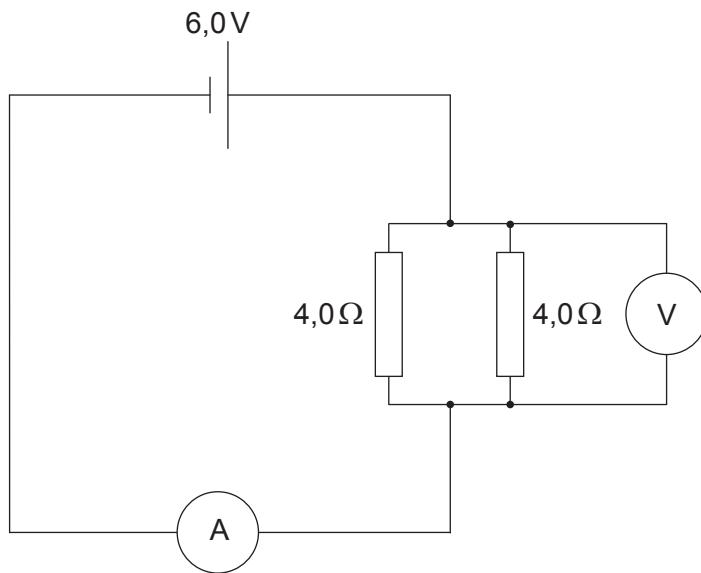
- 11.** Un rayo de luz pasa del aire al agua como se muestra.



¿Cómo serán los cambios en la longitud de onda de la luz y en el ángulo que forma el rayo con la normal a la superficie?

	Longitud de onda	Ángulo con la normal
A.	aumenta	aumenta
B.	aumenta	disminuye
C.	disminuye	aumenta
D.	disminuye	disminuye

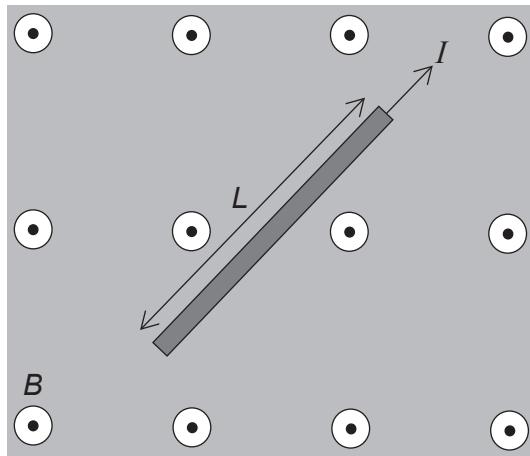
12. Un circuito consta de una celda de fuerza electromotriz (f.e.m.) 6,0V y resistencia interna despreciable conectada a dos resistores de $4,0\Omega$.



El amperímetro tiene resistencia igual a $1,0\Omega$ y el voltímetro es ideal. ¿Cuáles serán las lecturas del amperímetro y del voltímetro?

	Amperímetro	Voltímetro
A.	2,0A	3,0V
B.	3,0A	3,0V
C.	2,0A	4,0V
D.	3,0A	4,0V

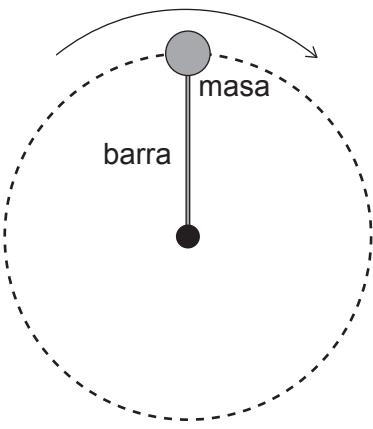
13. Se coloca un cable que transporta una corriente I en una región de campo magnético uniforme B , tal como se muestra en el diagrama.



El sentido del campo B sale de la página hacia fuera y la longitud del cable es L . ¿Qué respuesta describe correctamente la dirección y magnitud (módulo) de la fuerza que actúa sobre el cable?

	Dirección	Magnitud
A.		igual a BIL
B.		menor que BIL
C.		igual a BIL
D.		menor que BIL

14. Una masa conectada a un extremo de una barra rígida rota a rapidez constante en un plano vertical alrededor del otro extremo de la barra.

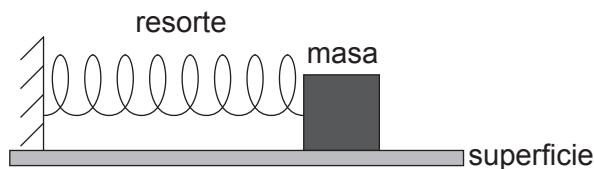


La fuerza ejercida por la barra sobre la masa es

- A. cero en todas partes.
 - B. constante en magnitud (módulo).
 - C. en sentido siempre hacia el centro.
 - D. mínima en el extremo superior de la trayectoria circular.
15. Un modelo sencillo de un átomo tiene cinco niveles de energía. ¿Cuál es el máximo número de frecuencias diferentes en el espectro de emisión de ese átomo?
- A. 4
 - B. 6
 - C. 10
 - D. 25
16. ¿Cuál de las siguientes respuestas enumera tres fuerzas fundamentales en orden creciente de intensidad?
- A. electromagnética, gravedad, nuclear fuerte
 - B. nuclear débil, gravedad, nuclear fuerte
 - C. gravedad, nuclear débil, electromagnética
 - D. electromagnética, nuclear fuerte, gravedad

17. Los patrones en las gráficas ayudan a los científicos a hacer predicciones. ¿Qué puede deducirse de una gráfica de número de neutrones frente a número de protones para todos los núclidos estables?
- A. La naturaleza de corto alcance de la fuerza nuclear fuerte
 - B. El incremento de la energía de enlace por nucleón con el número de protones
 - C. La existencia de quarks y leptones
 - D. La existencia de la desintegración alfa
18. Un panel solar tiene una área superficial de $0,40\text{ m}^2$ y un rendimiento del 50 %. La intensidad de radiación media que alcanza la superficie del panel es de $0,25\text{ kW m}^{-2}$. ¿Cuál será la potencia de salida media de un conjunto de 10 de estos paneles solares?
- A. $0,5\text{ W}$
 - B. 5 W
 - C. 50 W
 - D. 500 W
19. ¿Cuál es el orden correcto de las transformaciones de energía en una central energética de carbón?
- A. térmica → química → cinética → eléctrica
 - B. química → térmica → cinética → eléctrica
 - C. química → cinética → térmica → eléctrica
 - D. cinética → química → eléctrica → térmica
20. Un cuerpo negro con superficie de $1,0\text{ m}^2$ emite radiación electromagnética con longitud de onda pico $2,90 \times 10^{-6}\text{ m}$. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones sobre el cuerpo son correctas?
- I. La temperatura del cuerpo es de 1000 K.
 - II. La energía radiada por el cuerpo en un segundo es de $5,7 \times 10^4\text{ J}$.
 - III. El cuerpo absorbe perfectamente la radiación electromagnética.
- A. Solo I y II
 - B. Solo I y III
 - C. Solo II y III
 - D. I, II y III

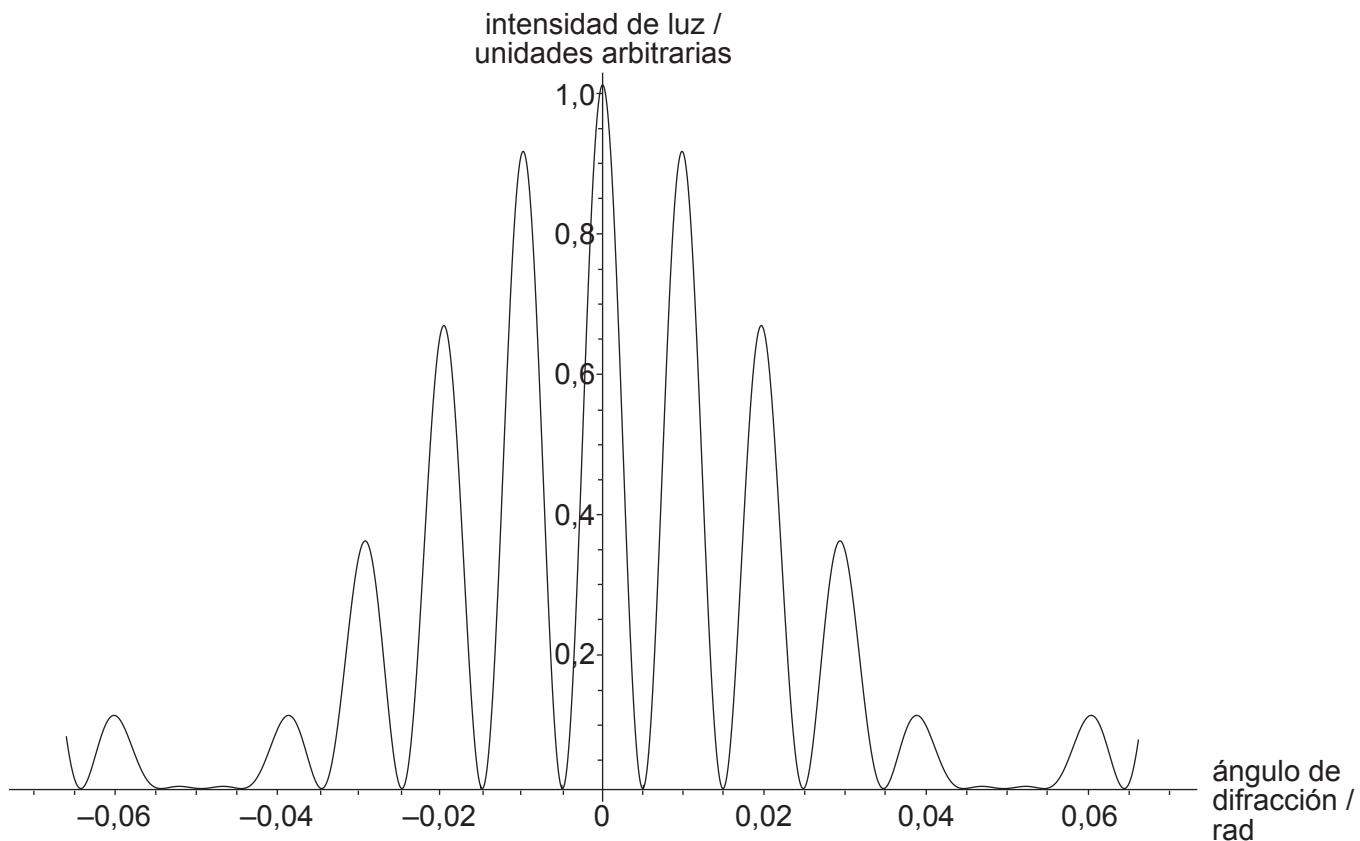
21. Se conecta una masa a un resorte (muelle) sobre una superficie horizontal sin rozamiento como se muestra.



Se estira el resorte hasta más allá de su longitud de equilibrio y la masa ejecuta un movimiento armónico simple (MAS). ¿Cuál de las siguientes cantidades es independiente del desplazamiento inicial del resorte?

- A. La frecuencia angular de la oscilación
 - B. La energía total de la masa
 - C. La rapidez media de la masa
 - D. La energía cinética máxima de la masa
22. Se lleva a cabo un experimento de difracción con rendija única utilizando luz de diferentes colores. Si se mide para cada color la anchura del pico central en el patrón de difracción, ¿cuál será el orden de los colores que corresponde a anchuras crecientes del pico central?
- A. rojo, verde, azul
 - B. rojo, azul, verde
 - C. azul, verde, rojo
 - D. verde, azul, rojo

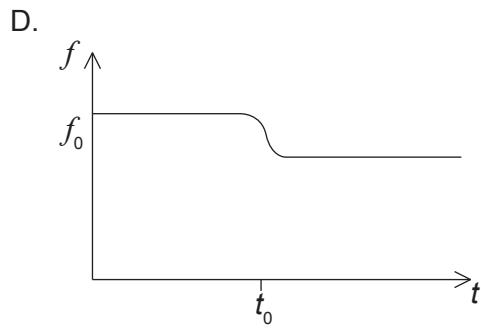
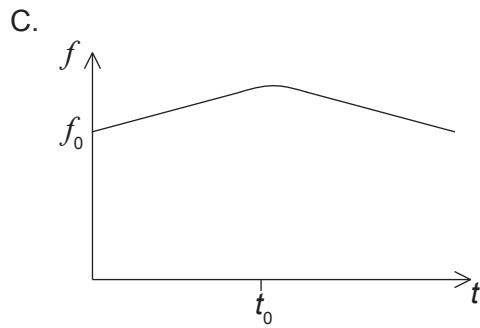
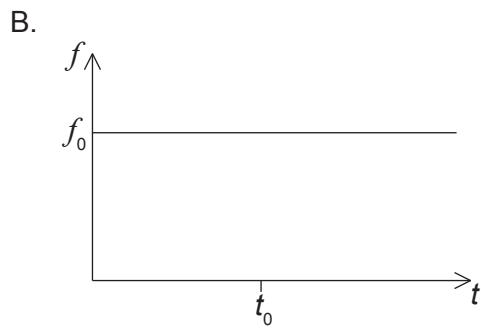
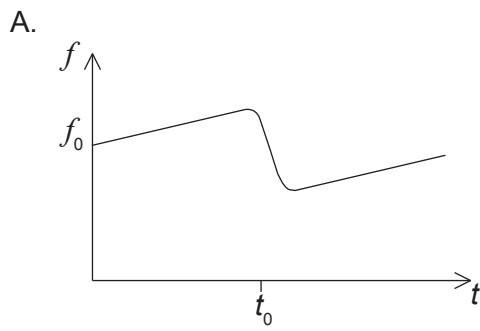
23. En un experimento de interferencia de doble rendija, se observa el siguiente patrón de intensidad para la luz con longitud de onda λ .



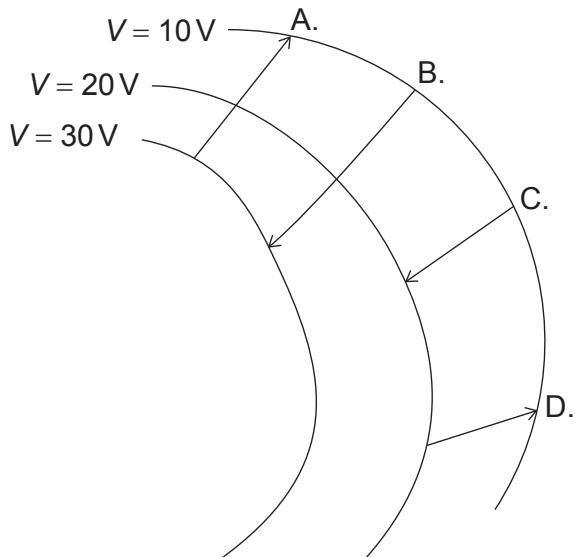
Si la distancia entre las rendijas es d , ¿qué puede deducirse sobre el valor del cociente $\frac{\lambda}{d}$ y el efecto de la difracción de rendija única en este experimento?

	$\frac{\lambda}{d}$	Difracción de rendija única
A.	100	no despreciable
B.	0,01	no despreciable
C.	100	despreciable
D.	0,01	despreciable

24. Un péndulo simple tiene masa M y longitud l . El período de oscilación del péndulo es T . ¿Cuál es el período de oscilación de un péndulo con masa $4M$ y longitud $0,25l$?
- A. $0,5T$
 B. T
 C. $2T$
 D. $4T$
25. Un tren se desplaza con rapidez constante mientras emite ondas de sonido con frecuencia f_0 . En $t=t_0$ el tren pasa por una estación. ¿Cuál de las gráficas muestra la variación con el tiempo de la frecuencia f de la onda sonora tal como la mide un observador que está en el andén de la estación?



26. Una carga negativa se desplaza en un campo eléctrico. Se muestran las líneas equipotenciales para el campo y cuatro posibles trayectorias de la carga. ¿Cuál de las trayectorias corresponde al mayor trabajo efectuado por el campo sobre la carga?



27. En un experimento, se dejan caer gotas de aceite de masa m y con carga q en la región entre dos placas paralelas horizontales. El campo eléctrico E entre las placas puede ajustarse y la resistencia del aire es despreciable. ¿Cuál es la relación correcta cuando las gotas caen en vertical a velocidad constante?

A. $E=0$

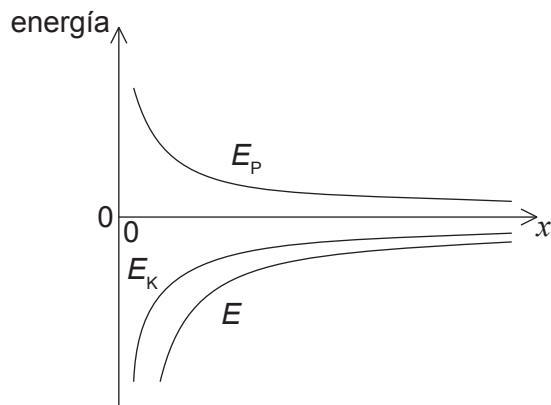
B. $E < \frac{mg}{q}$

C. $E = \frac{mg}{q}$

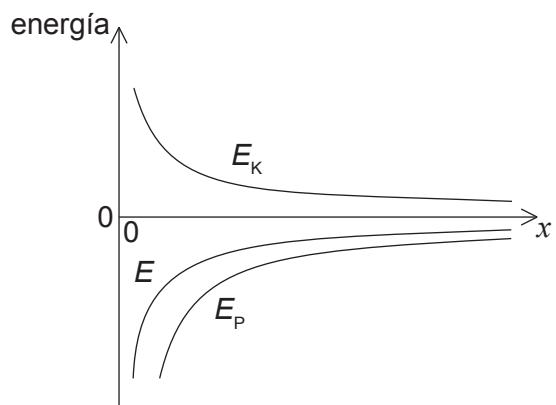
D. $E > \frac{mg}{q}$

28. Un satélite orbita en torno a un planeta. ¿Cuál de las gráficas muestra cómo varían la energía cinética E_K , la energía potencial E_P y la energía total E del satélite frente a la distancia x al centro del planeta?

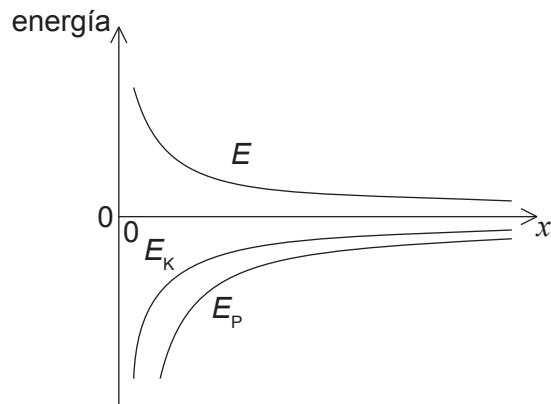
A.



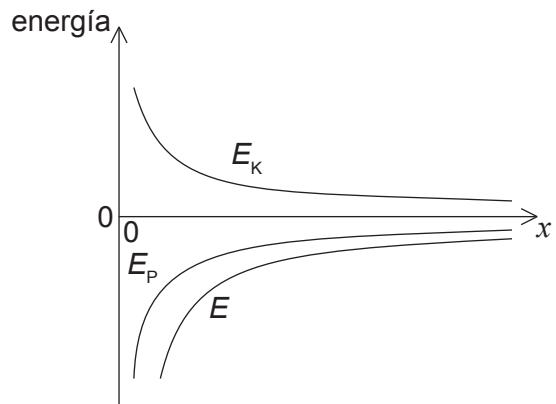
B.



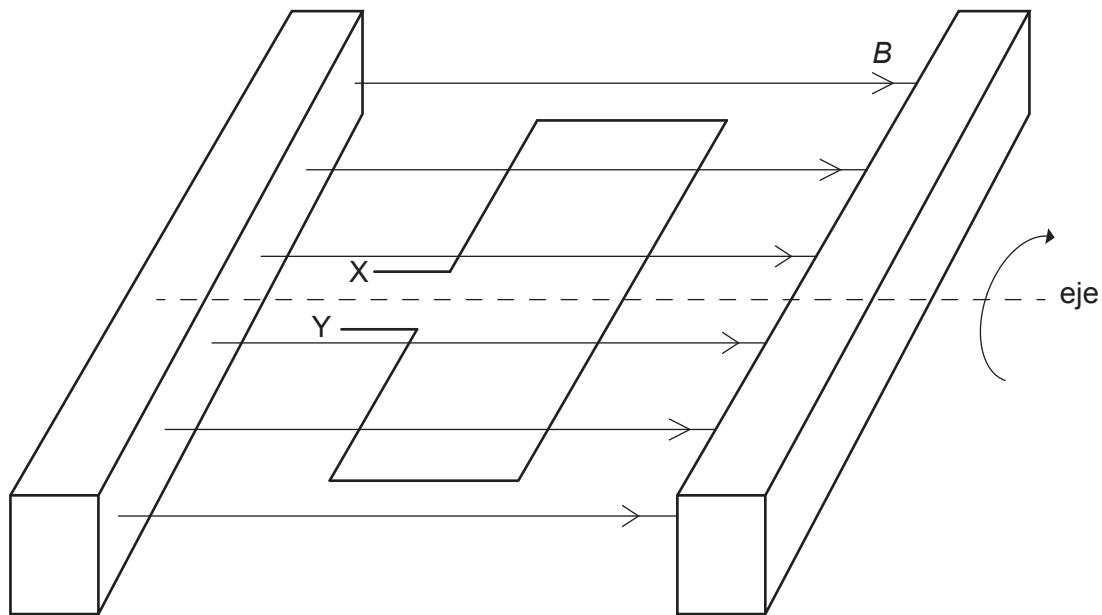
C.



D.



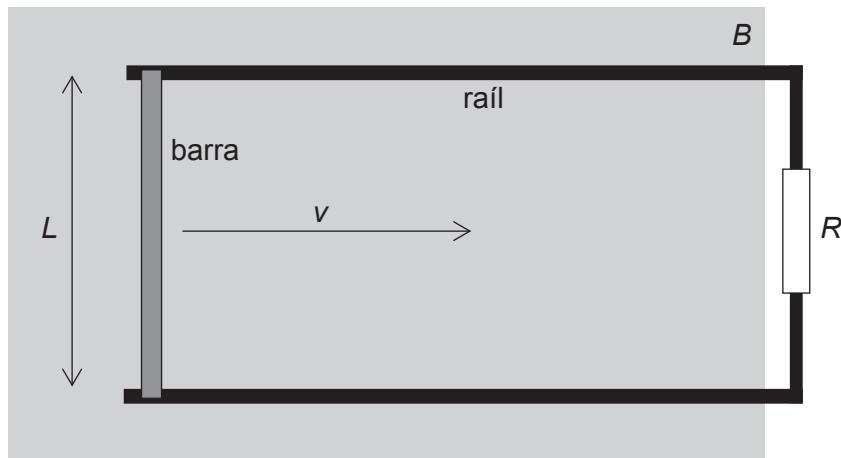
29. Se coloca una bobina de área A en una región de campo magnético horizontal uniforme B . En $t=0$, la bobina comienza a rotar con rapidez angular constante ω alrededor de un eje horizontal.



¿Cuál es la f.e.m. entre X e Y?

- A. cero
- B. $\omega AB \operatorname{sen} \omega t$
- C. $AB \cos \omega t$
- D. $-\omega AB \operatorname{sen} \omega t$

30. En el diagrama se muestra una barra conductora de longitud L que se está desplazando en una región de campo magnético uniforme B . El campo está orientado formando ángulos rectos con el plano del papel. La barra se desliza sobre raíles conductores con rapidez constante v . Un resistor con resistencia R conecta los raíles.



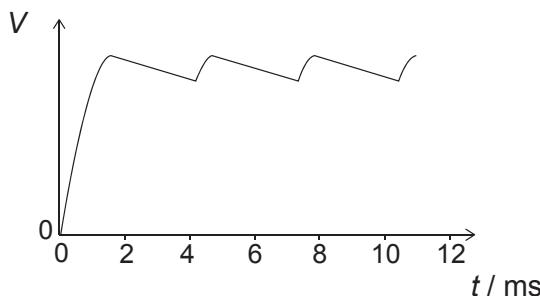
¿Cuál es la potencia requerida para desplazar la barra?

- A. cero
 - B. $\frac{vBL}{R}$
 - C. $\frac{v^2B^2L^2}{R}$
 - D. $\frac{v^2B^2L^2}{R^2}$
31. Una fuente de potencia de corriente alterna (CA) genera una f.e.m. con un pico de amplitud V_0 y suministra una potencia media \bar{P} . ¿Cuál es el valor cuadrático medio (RMS) de la corriente suministrada por la fuente?

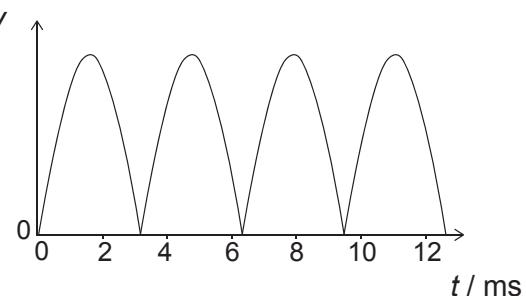
- A. $\frac{\bar{P}}{2V_0}$
- B. $\frac{\bar{P}}{\sqrt{2}V_0}$
- C. $\frac{\sqrt{2}\bar{P}}{V_0}$
- D. $\frac{2\bar{P}}{V_0}$

32. Se modifica un circuito de diodos rectificadores de onda completa mediante el añadido de un capacitor en paralelo con el resistor de carga. Se utiliza el circuito para rectificar una señal sinusoidal cuyo período es de 6,3 ms. ¿Cuál de las gráficas muestra cómo varía con el tiempo la diferencia de potencial V en la carga?

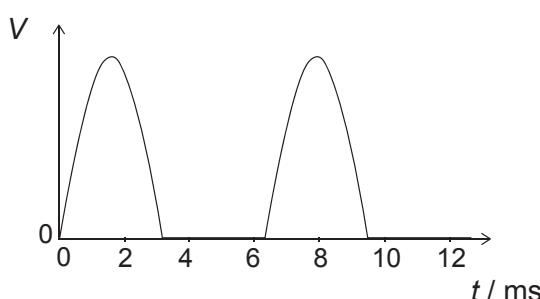
A.



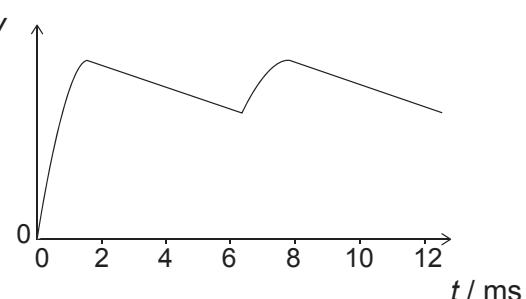
B.



C.



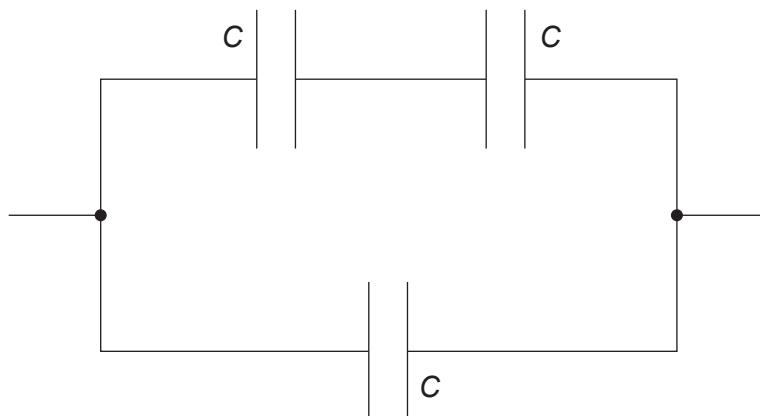
D.



33. Se conecta un capacitor de placas paralelas a una celda de f.e.m. constante. Se separan entonces las placas del capacitor sin desconectar la celda. ¿Cuáles serán los cambios en la magnitud (módulo) del campo eléctrico entre las placas y en la capacitancia del capacitor?

	Magnitud del campo eléctrico	Capacidad
A.	aumenta	aumenta
B.	aumenta	disminuye
C.	disminuye	aumenta
D.	disminuye	disminuye

34. Se conectan tres capacitores idénticos, cada uno con capacitancia C , tal como se muestra.

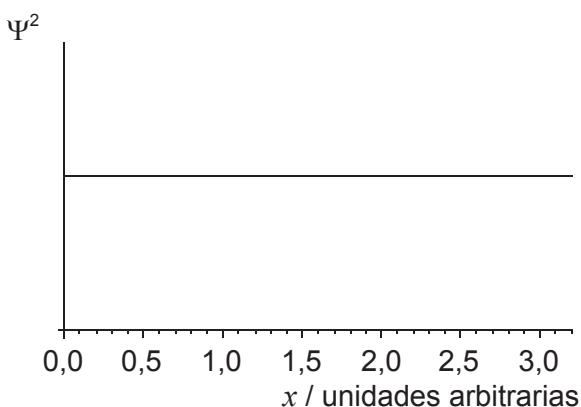


¿Cuál es la capacitancia total de la combinación?

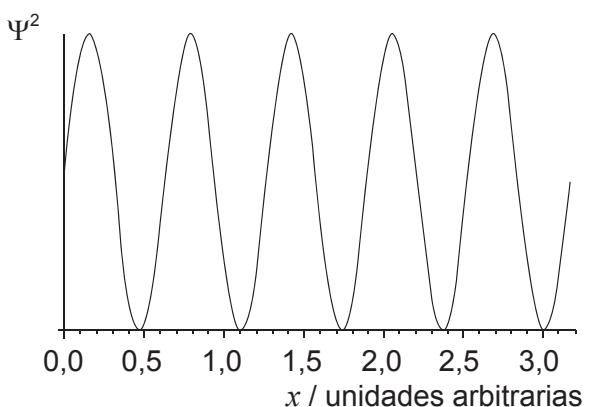
- A. $\frac{2}{3}C$
 - B. C
 - C. $\frac{3}{2}C$
 - D. $3C$
35. ¿Cuál de los siguientes experimentos proporciona evidencia de la existencia de ondas de materia?
- A. La dispersión de las partículas alfa
 - B. La difracción de electrones
 - C. La desintegración gamma
 - D. El efecto fotoeléctrico

36. Las gráficas muestran la variación con la distancia x del cuadrado de la amplitud Ψ^2 de la función de onda de una partícula. ¿Cuál de las gráficas corresponde a una partícula con la mayor incertidumbre en la cantidad de movimiento?

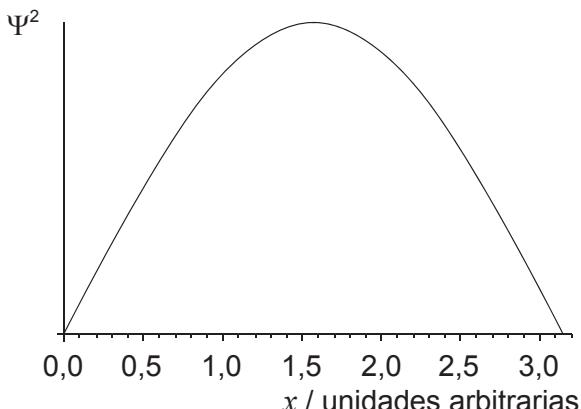
A.



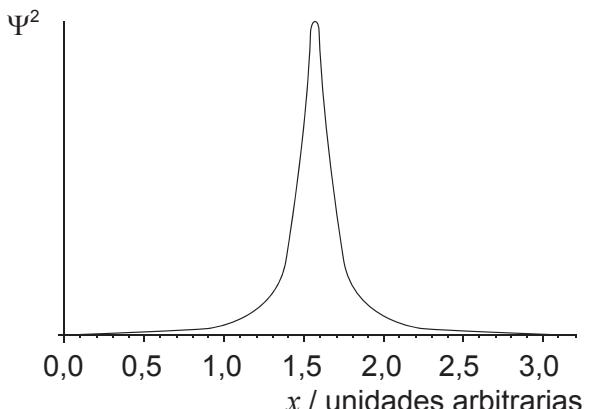
B.



C.



D.



37. En los experimentos llevados a cabo a altas energías se detectan desviaciones de la dispersión de Rutherford. ¿Qué puede deducirse de estas desviaciones?

- A. El parámetro de impacto de la colisión
- B. La existencia de una fuerza diferente de la repulsión electrostática
- C. El tamaño de las partículas alfa
- D. El campo eléctrico dentro del núcleo

- 38.** Se investigan diferentes superficies de metal en un experimento sobre el efecto fotoeléctrico. Se dibuja, para cada metal, una gráfica de la variación de la máxima energía cinética de los fotoneutrinos frente a la frecuencia de la luz incidente. ¿Qué afirmación es correcta?
- A. Todas las gráficas tienen el mismo punto de corte con el eje de frecuencia.
 - B. La función de trabajo es la misma para todas las superficies.
 - C. Todas las gráficas tienen la misma pendiente.
 - D. La frecuencia umbral es la misma para todas las superficies.
- 39.** Una muestra pura de masa m de una sustancia radiactiva con semivida $T_{\frac{1}{2}}$ tiene una actividad inicial A_0 . ¿Cuáles serán la semivida y la actividad inicial de una muestra pura de masa $2m$ de la misma sustancia radiactiva?
- | | Semivida | Actividad inicial |
|----|--------------------|--------------------------|
| A. | $T_{\frac{1}{2}}$ | A_0 |
| B. | $T_{\frac{1}{2}}$ | $2A_0$ |
| C. | $2T_{\frac{1}{2}}$ | A_0 |
| D. | $2T_{\frac{1}{2}}$ | $2A_0$ |
- 40.** La densidad nuclear
- A. es constante porque el volumen de un núcleo es proporcional a su número de nucleones.
 - B. es constante porque el volumen de un núcleo es proporcional a su número de protones.
 - C. depende del número de nucleones del núcleo.
 - D. depende del número de protones del núcleo.
-

Markscheme

May 2016

Physics

Higher level

Paper 1

2 pages

1.	<u>B</u>	16.	<u>C</u>	31.	<u>C</u>	46.	<u>-</u>
2.	<u>A</u>	17.	<u>A</u>	32.	<u>A</u>	47.	<u>-</u>
3.	<u>D</u>	18.	<u>D</u>	33.	<u>D</u>	48.	<u>-</u>
4.	<u>A</u>	19.	<u>B</u>	34.	<u>C</u>	49.	<u>-</u>
5.	<u>D</u>	20.	<u>D</u>	35.	<u>B</u>	50.	<u>-</u>
6.	<u>C</u>	21.	<u>A</u>	36.	<u>D</u>	51.	<u>-</u>
7.	<u>B</u>	22.	<u>C</u>	37.	<u>B</u>	52.	<u>-</u>
8.	<u>A</u>	23.	<u>B</u>	38.	<u>C</u>	53.	<u>-</u>
9.	<u>B</u>	24.	<u>A</u>	39.	<u>B</u>	54.	<u>-</u>
10.	<u>D</u>	25.	<u>D</u>	40.	<u>A</u>	55.	<u>-</u>
11.	<u>D</u>	26.	<u>B</u>	41.	<u>-</u>	56.	<u>-</u>
12.	<u>C</u>	27.	<u>C</u>	42.	<u>-</u>	57.	<u>-</u>
13.	<u>A</u>	28.	<u>B</u>	43.	<u>-</u>	58.	<u>-</u>
14.	<u>D</u>	29.	<u>A</u>	44.	<u>-</u>	59.	<u>-</u>
15.	<u>C</u>	30.	<u>C</u>	45.	<u>-</u>	60.	<u>-</u>

Física

Nivel superior

Prueba 2

Viernes 6 de mayo de 2016 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

2 horas 15 minutos

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

Instrucciones para los alumnos

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
 - No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
 - Conteste todas las preguntas.
 - Escriba sus respuestas en las casillas provistas.
 - 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 **[95 puntos]**.

24 páginas

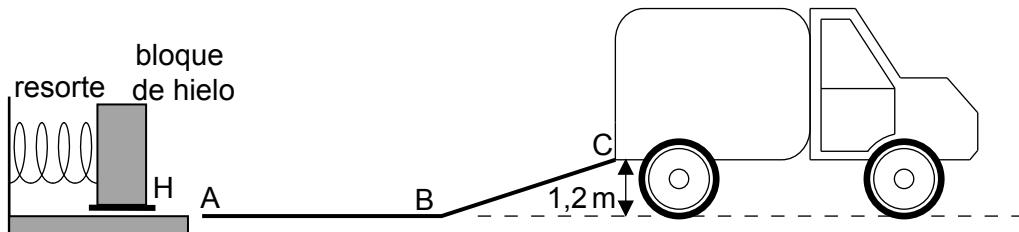
2216-6526

2210-0320



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

1. Una empresa diseña un sistema de resortes (muelles) para cargar bloques de hielo en un camión. El bloque de hielo se coloca en un soporte H delante del resorte y un motor eléctrico comprime el resorte empujando H hacia la izquierda. Al soltar el resorte, el bloque de hielo sale acelerado hacia una rampa ABC. Cuando el resorte se descomprime totalmente, el bloque de hielo pierde contacto con el resorte en A. La masa del bloque de hielo es de 55 kg.



Suponga que la superficie de la rampa no tiene rozamiento y que las masas del resorte y el soporte son despreciables en comparación con la masa del bloque de hielo.

- (a) (i) El bloque llega a C con una rapidez de $0,90 \text{ m s}^{-1}$. Muestre que la energía elástica almacenada en el resorte es de 670 J.

[2]

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

- (ii) Calcule la rapidez del bloque en A.

[2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



24EP02

(Pregunta 1: continuación)

(b) Describa el movimiento del bloque

(i) de A a B, refiriéndose a la primera ley de Newton.

[1]

.....
.....

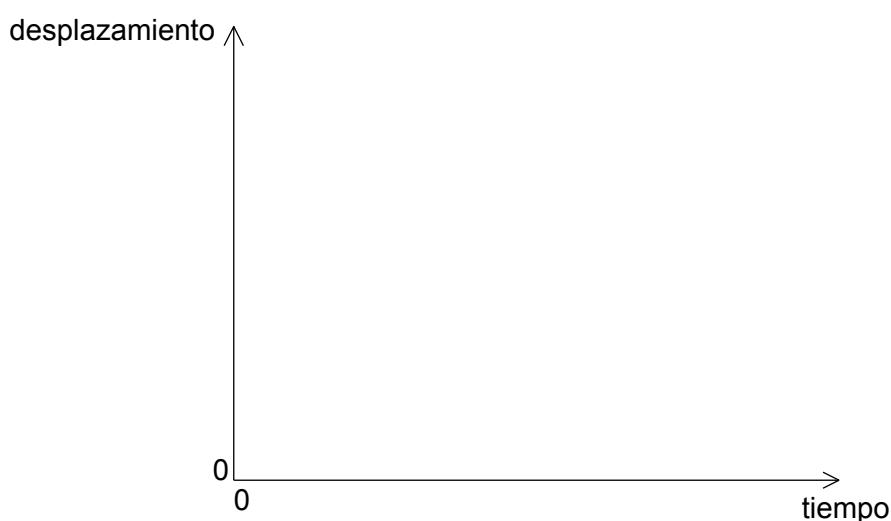
(ii) de B a C, refiriéndose a la segunda ley de Newton.

[2]

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

(c) Sobre los ejes, dibuje aproximadamente una gráfica que muestre cómo varía el desplazamiento del bloque de A a C frente al tiempo. (No tiene que poner números en los ejes.)

[2]



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



24EP03

Véase al dorso

(Pregunta 1: continuación)

- (d) La descompresión del resorte lleva 0,42 s. Determine la fuerza media que ejerce el resorte sobre el bloque.

[2]

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

- (e) Se conecta el motor eléctrico a una fuente de diferencia de potencial de 120 V y se forma una corriente de 6,8 A. El motor invierte 1,5 s en comprimir el resorte.

Estime el rendimiento del motor.

[2]

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

- (f) Un cierto día, los bloques de hielo experimentan una fuerza de rozamiento porque no se ha limpiado bien el tramo de la rampa entre A y B. El coeficiente de rozamiento dinámico entre los bloques de hielo y la rampa AB es de 0,030. La longitud de AB es de 2,0 m.

Determine si los bloques de hielo lograrán alcanzar C.

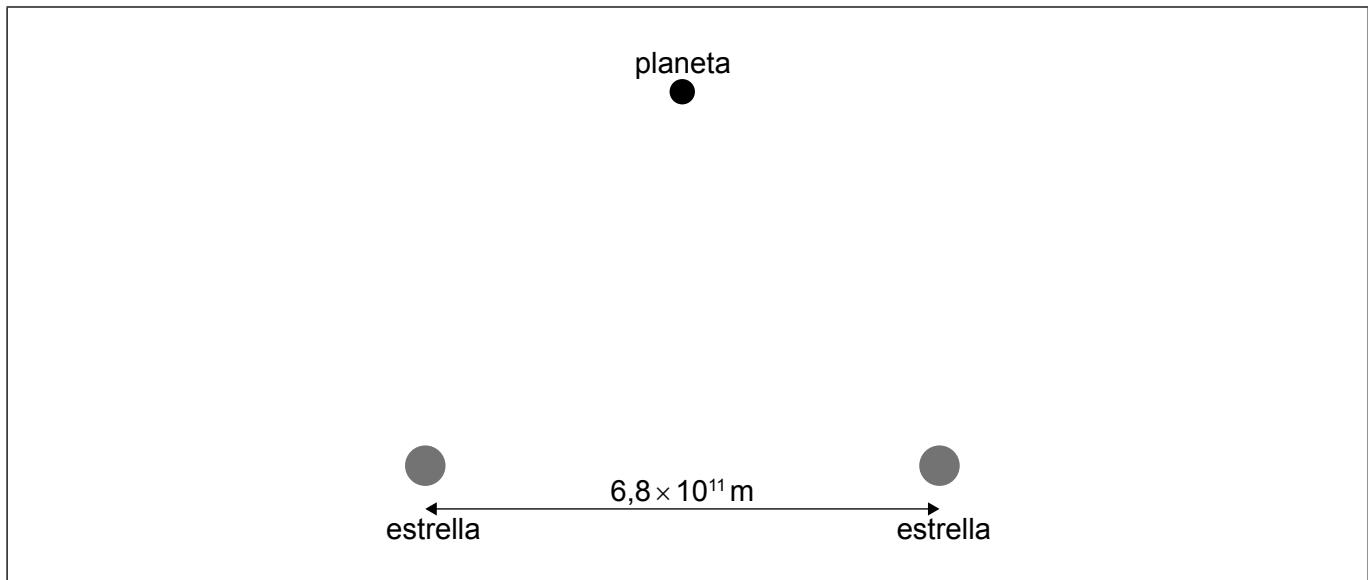
[2]

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



24EP04

2. En el diagrama se muestra un planeta cercano a dos estrellas de igual masa M .



Cada estrella tiene una masa $M = 2,0 \times 10^{30}$ kg. Sus centros se encuentran separados una distancia de $6,8 \times 10^{11}$ m. El planeta está a una distancia de $6,0 \times 10^{11}$ m de cada estrella.

- (a) Sobre el diagrama anterior, dibuje **dos** flechas que muestren la intensidad del campo gravitatorio en la posición del planeta debido a cada una de las estrellas. [2]

(b) Calcule la magnitud (módulo) e indique la dirección y sentido de la intensidad del campo gravitatorio resultante en la posición del planeta. [3]



3. En un experimento para determinar el calor latente específico de fusión del hielo, se deja caer un cubo de hielo en agua que está en un calorímetro bien aislado con calor específico despreciable. Se dispone de los siguientes datos.

Masa del cubo de hielo	= 25 g
Masa del agua	= 350 g
Temperatura inicial del cubo de hielo	= 0 °C
Temperatura inicial del agua	= 18 °C
Temperatura final del agua	= 12 °C
Calor específico del agua	= 4200 J kg ⁻¹ K ⁻¹

- (a) Utilizando los datos, estime el calor latente específico de fusión del hielo.

[4]

- (b) Se repite el experimento utilizando la misma masa de hielo machacado.

Sugiera el efecto, si lo hay, que machacar el hielo tiene sobre

- (i) la temperatura final del agua.

[1]

.....
.....

- (ii) el tiempo que lleva al agua alcanzar su temperatura final.

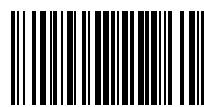
[1]

.....
.....



No escriba en esta página.

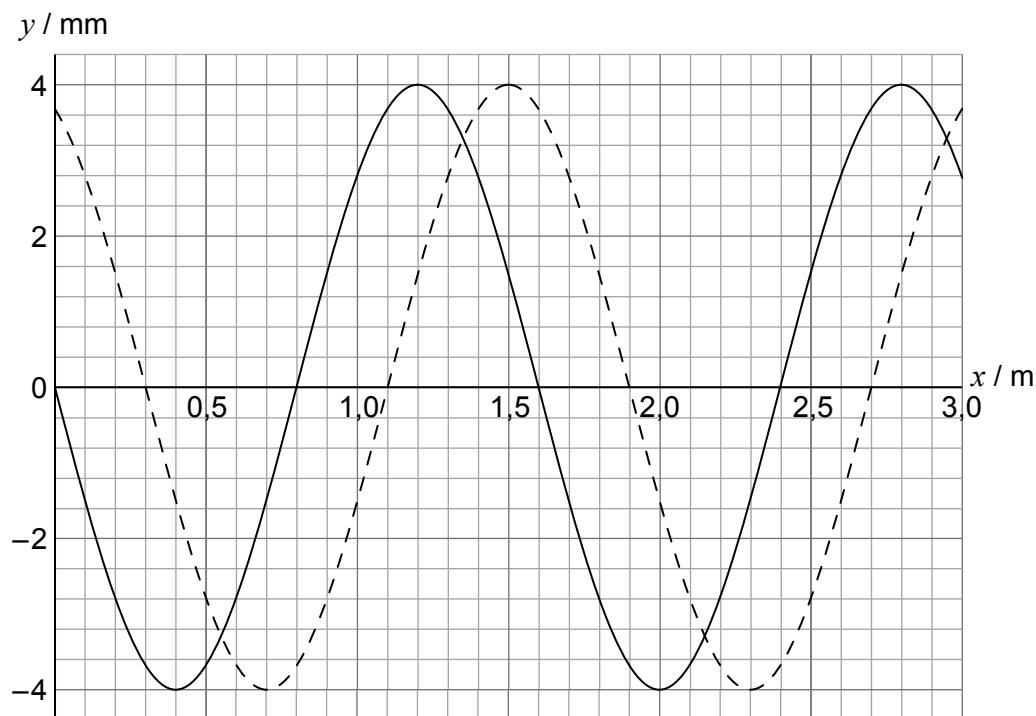
Las respuestas que se escriban en
esta página no serán corregidas.



24EP07

Véase al dorso

4. Una onda longitudinal se desplaza en un medio de izquierda a derecha. En la gráfica se muestra la variación frente a la distancia x del desplazamiento y de las partículas en el medio. La línea sólida y la línea a trazos muestran el desplazamiento en $t = 0$ y en $t = 0,882\text{ ms}$, respectivamente.



El período de la onda es mayor de $0,882\text{ ms}$. Se toma positivo el desplazamiento hacia la derecha de la posición de equilibrio.

- (a) Indique qué se entiende por onda progresiva longitudinal. [1]

.....
.....

- (b) (i) Calcule la rapidez de esta onda. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

- (ii) Muestre que la frecuencia angular de las oscilaciones de una partícula en el medio es $\omega = 1,3 \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}$. [2]

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

- (c) Una partícula en el medio tiene su posición de equilibrio en $x = 1,00 \text{ m}$.

- (i) Indique y explique la dirección y sentido del movimiento para esta partícula en $t = 0$. [2]

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

- (ii) Muestre que la rapidez de esta partícula en $t = 0,882 \text{ ms}$ es de $4,9 \text{ ms}^{-1}$. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



24EP09

Véase al dorso

(Pregunta 4: continuación)

- (d) La onda progresiva de (b) se dirige hacia el extremo abierto de un tubo de longitud 1,20 m. El otro extremo del tubo está cerrado.

(i) Describa cómo se forma una onda estacionaria.

[1]

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

(ii) Demuestre, utilizando un cálculo, que se establecerá una onda estacionaria en el tubo.

[2]

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



24EP10

5. (a) Resuma qué se entiende por velocidad de escape. [1]

.....
.....

- (b) Se lanza hacia arriba en vertical una sonda desde la superficie de un planeta con una velocidad

$$V = \frac{3}{4} V_{\text{esc}}$$

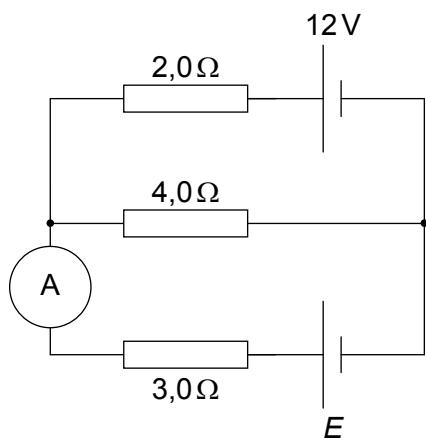
en donde v_{esc} es la velocidad de escape del planeta. El planeta no tiene atmósfera.

Determine, en función del radio R del planeta, la altura máxima desde la superficie del planeta que alcanza la sonda.

- (c) La energía total de una sonda en órbita alrededor de un planeta de masa M es $E = -\frac{GMm}{2r}$ en donde m es la masa de la sonda y r es el radio de la órbita. Una sonda en órbita baja experimenta una pequeña fuerza de rozamiento. Sugiera el efecto de esta fuerza sobre la velocidad de la sonda.



6. (a) Se conectan dos celdas, con resistencia interna despreciable, en un circuito.



La celda superior tiene una fuerza electromotriz (f.e.m.) de 12V. La f.e.m. de la celda inferior es desconocida. El amperímetro ideal da una lectura de corriente nula.

Calcule la f.e.m. E de la celda inferior.

[2]

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

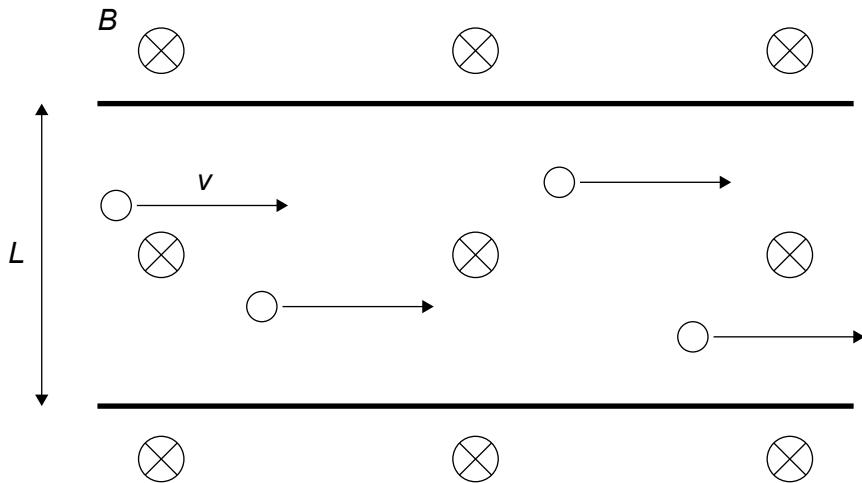
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



24EP12

(Pregunta 6: continuación)

- (b) En el diagrama se muestran portadores de carga que se desplazan con rapidez v en un conductor metálico de ancho L . Se expone el conductor a un campo magnético uniforme B orientado hacia dentro de la página.



- (i) Muestre que la diferencia de potencial V que se establece en el conductor viene dada por $V = vBL$.

[2]

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

- (ii) Sobre el diagrama, rotule la parte del conductor en donde se acumula la carga negativa.

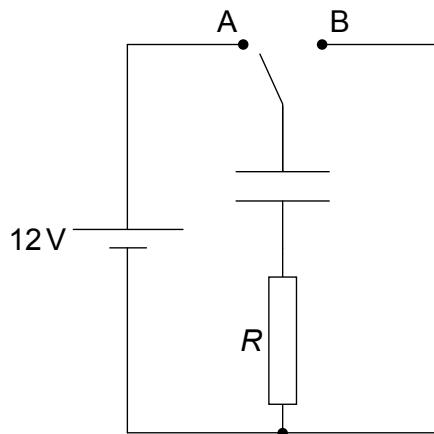
[1]



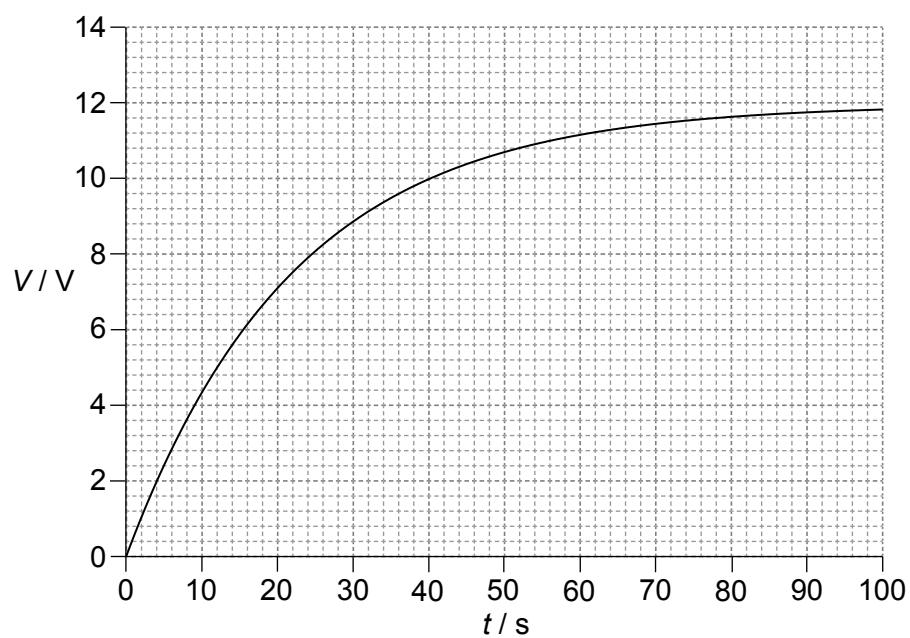
24EP13

Véase al dorso

7. Se conecta un capacitor sin carga situado en el vacío a una celda con f.e.m. de 12V y de resistencia interna despreciable. Se conecta también un resistor de resistencia R .



En $t = 0$ se pone el interruptor en la posición A. En la gráfica se muestra la variación con el tiempo t del voltaje V en el capacitor. El capacitor tiene una capacitancia de $4,5 \mu\text{F}$ en el vacío.



- (a) Sobre los ejes, dibuje una gráfica que muestre la variación con el tiempo del voltaje en el resistor. [2]

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 7: continuación)

- (b) (i) La constante de tiempo de este circuito es de 22 s. Indique qué se entiende por constante de tiempo.

[1]

.....
.....

- (ii) Calcule la resistencia R .

[1]

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

- (c) Se inserta a continuación un material dieléctrico entre las placas del capacitor completamente cargado. Indique el efecto, si es que lo hay, sobre

- (i) la diferencia de potencial en el capacitor.

[1]

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

- (ii) la carga sobre una de las placas del capacitor.

[1]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



24EP15

Véase al dorso

(Pregunta 7: continuación)

- (d) (i) La permitividad del material dieléctrico de (c) es el doble que la del vacío.
Calcule la energía almacenada en el capacitor cuando está totalmente cargado. [2]

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

- (ii) Se pone a continuación el interruptor del circuito en la posición B y el capacitor totalmente cargado se descarga. Describa qué ocurre a la energía de (d)(i). [1]

.....
.....



24EP16

8. En la desintegración beta menos (β^-), se desintegra un quark d en un quark u, un electrón y un antineutrino electrónico.

- (a) Muestre que el número de leptones se conserva en esta desintegración. [1]

.....
.....

- (b) Un núcleo de fósforo-32 ($^{32}_{15}\text{P}$) se desintegra por desintegración beta menos (β^-) en un núcleo de azufre-32 ($^{32}_{16}\text{S}$). La energía de enlace por nucleón del $^{32}_{15}\text{P}$ es de 8,398 MeV y para el $^{32}_{16}\text{S}$ es de 8,450 MeV.

- (i) Indique qué se entiende por energía de enlace de un núcleo. [1]

.....
.....

- (ii) Determine la energía liberada en esta desintegración. [2]

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

- (c) Los quarks fueron postulados como hipótesis mucho antes de que se verificara experimentalmente su existencia. Discuta las razones por las que los físicos desarrollaron una teoría que incorpora quarks. [3]

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



9. El Sol tiene un radio de $7,0 \times 10^8$ m y se encuentra a una distancia de $1,5 \times 10^{11}$ m de la Tierra. La temperatura superficial del Sol es de 5800 K.

- (a) Muestre que la intensidad de la radiación solar que incide sobre la atmósfera superior de la Tierra es de aproximadamente 1400 W m^{-2} . [2]

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

- (b) El albedo de la atmósfera es de 0,30. Deduzca que la intensidad media sobre la superficie total de la Tierra es de 245 W m^{-2} . [2]

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

- (c) Estime la temperatura superficial media de la Tierra. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 9: continuación)

- (d) La temperatura superficial media de la Tierra es realmente 288 K.

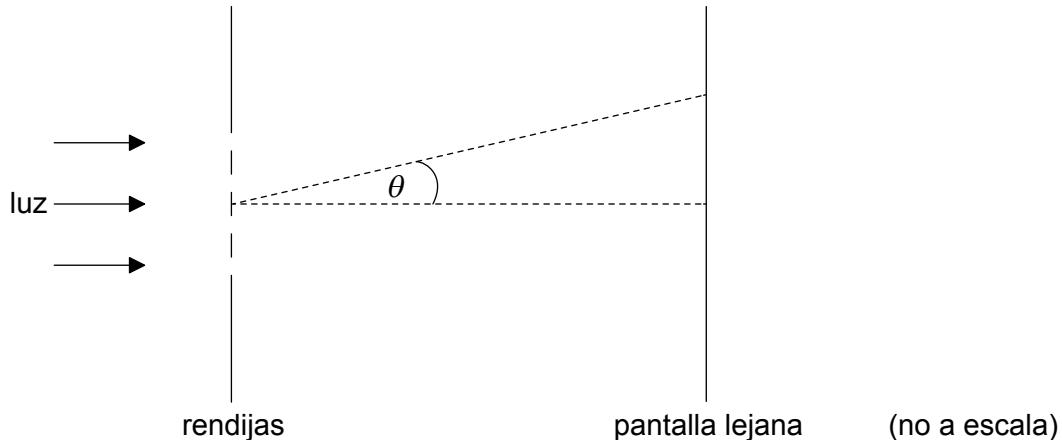
Sugiera cómo el efecto invernadero ayuda a explicar la diferencia entre la temperatura estimada en (c) y la temperatura real de la Tierra.

[2]

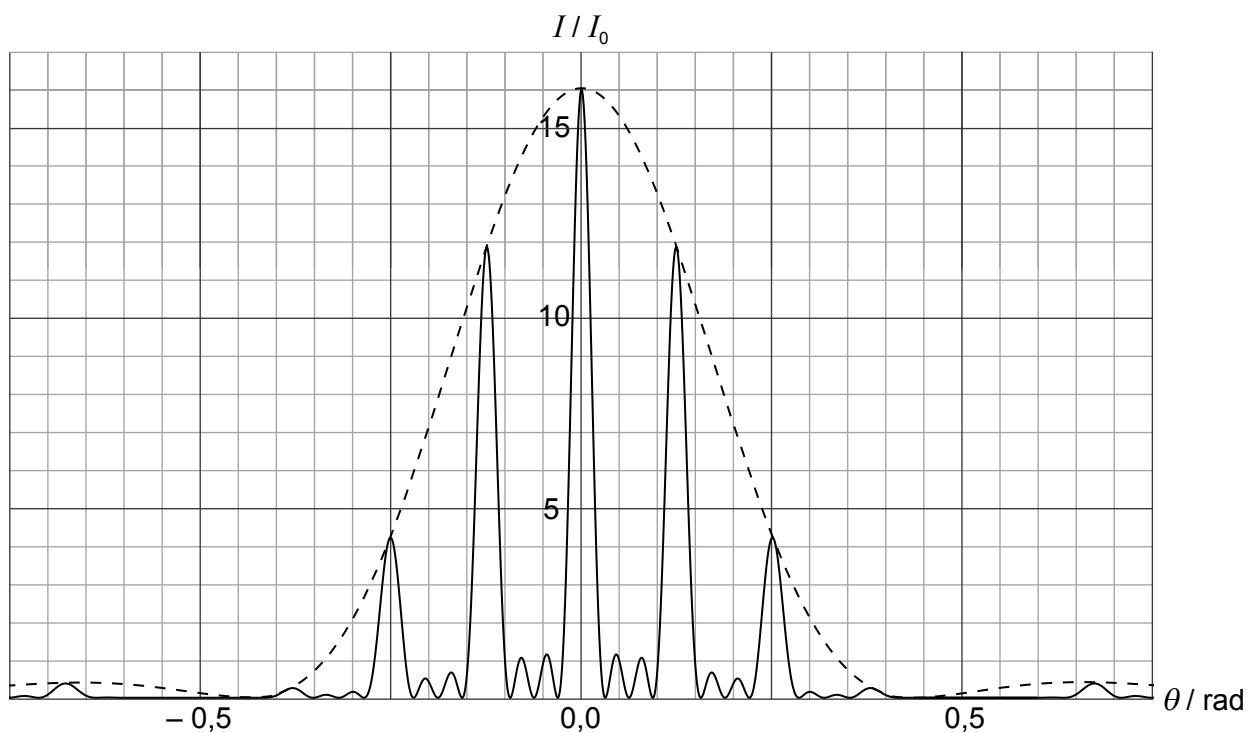
.....



10. Sobre cuatro rendijas delgadas, paralelas y rectangulares incide en perpendicular luz monocromática.



En la gráfica se muestra la variación de la intensidad de luz I en una pantalla lejana frente al ángulo de difracción θ .



I_0 es la intensidad de la luz en el centro de la pantalla para **una** rendija.

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 10: continuación)

- (a) Explique por qué la intensidad de luz en $\theta = 0$ es $16I_0$.

[3]

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

- (b) El ancho de cada rendija es de $1,0 \mu\text{m}$. Utilice la gráfica para

- (i) estimar la longitud de onda de la luz.

[2]

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

- (ii) determinar la separación entre **dos** rendijas consecutivas.

[2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



24EP21

Véase al dorso

(Pregunta 10: continuación)

- (c) Se modifica el montaje de tal modo que el número de rendijas se hace muy grande. La separación y anchura se mantienen igual.

- (i) Indique **dos** cambios que afectarán a la gráfica de la página 20 como resultado de estas modificaciones. [2]

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

- (ii) Se utiliza una red de difracción para resolver dos líneas en el espectro del sodio en segundo orden. Las dos líneas tienen longitudes de onda de 588,995 nm y 589,592 nm.

Determine el mínimo número de rendijas en la red que permitiría que quedaran resueltas las dos líneas. [2]

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



11. (a) Se lanza una partícula alfa con energía cinética inicial de 32 MeV de frente contra un núcleo de oro-197 ($^{197}_{79}\text{Au}$).

- (i) Muestre que la distancia de mayor aproximación de la partícula alfa al centro del núcleo es de alrededor de 7×10^{-15} m. [2]

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

- (ii) Estime la densidad de un núcleo de $^{197}_{79}\text{Au}$ utilizando la respuesta de (a)(i) como estimación del radio nuclear. [3]

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

- (b) Se reemplaza el núcleo de $^{197}_{79}\text{Au}$ por un núcleo del isótopo $^{195}_{79}\text{Au}$. Sugiera los cambios, en caso de que existan, en sus respuestas a (a)(i) y a (a)(ii). [2]

Distancia de mayor aproximación:

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

Estimación de la densidad nuclear:

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



24EP23

Véase al dorso

(Pregunta 11: continuación)

- (c) Se confina una partícula alfa dentro de un núcleo de oro. Utilizando el principio de incertidumbre, estime la energía cinética, en MeV, de la partícula alfa.

[3]

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



24EP24

Markscheme

May 2016

Physics

Higher level

Paper 2

19 pages

It is the property of the International Baccalaureate and must **not** be reproduced or distributed to any other person without the authorization of the IB Assessment Centre.

Subject Details: Physics HL Paper 2 Markscheme

Mark Allocation

Candidates are required to answer ALL questions. Maximum total = [95 marks].

1. Each row in the “Question” column relates to the smallest subpart of the question.
2. The maximum mark for each question subpart is indicated in the “Total” column.
3. Each marking point in the “Answers” column is shown by means of a tick (✓) at the end of the marking point.
4. A question subpart may have more marking points than the total allows. This will be indicated by “max” written after the mark in the “Total” column. The related rubric, if necessary, will be outlined in the “Notes” column.
5. An alternative wording is indicated in the “Answers” column by a slash (/). Either wording can be accepted.
6. An alternative answer is indicated in the “Answers” column by “**OR**” between the alternatives. Either answer can be accepted.
7. Words in angled brackets « » in the “Answers” column are not necessary to gain the mark.
8. Words that are underlined are essential for the mark.
9. The order of marking points does not have to be as in the “Answers” column, unless stated otherwise in the “Notes” column.

Question			Answers	Notes	Total
1	a	i	<p>$\ll E_{\text{el}} = \gg \frac{1}{2}mv^2 + mgh$</p> <p>OR</p> <p>$\ll E_{\text{el}} = \gg E_{\text{P}} + E_{\text{K}} \checkmark$</p> <p>$\ll E_{\text{el}} = \gg \frac{1}{2} \times 55 \times 0.90^2 + 55 \times 9.8 \times 1.2$</p> <p>OR</p> <p>669 J \checkmark</p> <p>$\ll E_{\text{el}} = 669 \approx 670 \text{ J} \gg$</p>	Award [1 max] for use of $g = 10 \text{ N kg}^{-1}$, gives 682 J.	2
	a	ii	<p>$\frac{1}{2} \times 55 \times v^2 = 670 \text{ J} \checkmark$</p> <p>$v = \ll \sqrt{\frac{2 \times 670}{55}} = \gg 4.9 \text{ m s}^{-1} \checkmark$</p>	If 682 J used, answer is 5.0 m s^{-1} .	2
	b	i	no force/friction on the block, hence constant motion/velocity/speed \checkmark		1
	b	ii	force acts on block OR gravity/component of weight pulls down slope \checkmark velocity/speed decreases OR it is slowing down OR it decelerates \checkmark	<i>Do not allow a bald statement of "N2" or "F = ma" for MP1.</i> <i>Treat references to energy as neutral.</i>	2

Question	Answers			Notes	Total
1 c	<p>straight line through origin for at least one-third of the total length of time axis covered by candidate line ✓</p> <p>followed by curve with decreasing positive gradient ✓</p> <p>displacement</p>			<p>Ignore any attempt to include motion before A.</p> <p>Gradient of curve must always be less than that of straight line.</p>	2
d	$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{55 \times 4.9}{0.42} \checkmark$ $F = 642 \approx 640 \text{ N } \checkmark$			Allow ECF from (a)(ii).	2
e	<p>«energy supplied by motor =» $120 \times 6.8 \times 1.5$ or 1224 J</p> <p>OR</p> <p>«power supplied by motor =» 120×6.8 or $816 \text{ W} \checkmark$</p> <p>$e = 0.55$ or 0.547 or 55% or $54.7\% \checkmark$</p>			Allow ECF from earlier results.	2

Question		Answers	Notes	Total
1	f	<p>«energy dissipated in friction => $0.03 \times 55 \times 9.8 \times 2.0 \ll 32.3$» ✓ hence use result to show that block cannot reach C ✓</p> <p>FOR EXAMPLE total energy at C is $670 - 32.3 - 646.8 = -9.1 \text{ J}$ ✓ negative value of energy means cannot reach C ✓</p>	<i>Allow ECF from (a)(ii).</i> <i>Allow calculation of deceleration</i> $(a = -0.29 \text{ m s}^{-2})$ using coefficient of dynamic friction. Hence KE available at B = 628 J.	2

2	a	<p>two arrows each along the line connecting the planet to its star AND directed towards each star ✓ arrow lines straight and of equal length ✓</p>	<i>Do not allow kinked, fuzzy curved lines.</i>	2
	b	$g = \frac{GM}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 2.0 \times 10^{30}}{(6.0 \times 10^{11})^2} \text{ N kg}^{-1} \text{ OR } 3.7 \times 10^{-4} \text{ N kg}^{-1} \checkmark$ $g_{\text{net}} = 2g \cos \theta = 2 \times 3.7 \times 10^{-4} \times \frac{\sqrt{6.0^2 - 3.4^2}}{6.0} \Rightarrow 6.1 \times 10^{-4} \text{ N kg}^{-1} \checkmark$ <p>directed vertically down «page» OR towards midpoint between two stars OR south ✓</p>	<i>Allow rounding errors.</i>	3

Question		Answers	Notes	Total
3	a	<p>use of $m \times c \times \theta$ with correct substitution for either original water or water from melted ice ✓</p> <p>energy available to melt ice = «8820 – 1260 => 7560 J ✓</p> <p>equates 7560 to mL ✓</p> <p>$3.02 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$ ✓</p> <p>FOR EXAMPLE</p> <p>$0.35 \times 4200 \times (18 - 12)$ OR $0.025 \times 4200 \times 12$ ✓</p> <p>7560 J ✓</p> <p>$L = \frac{7560}{0.025}$ ✓</p> <p>$3.02 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$ ✓</p>	<p>Award [3 max] if energy to warm melted ice as water is ignored (350 kJ kg^{-1}). Allow ECF in MP3.</p>	4
	b i	no change in temperature/no effect, the energies exchanged are the same ✓		1
	b ii	the time will be less/ice melts faster, because surface area is greater or crushed ice has more contact with water ✓		1

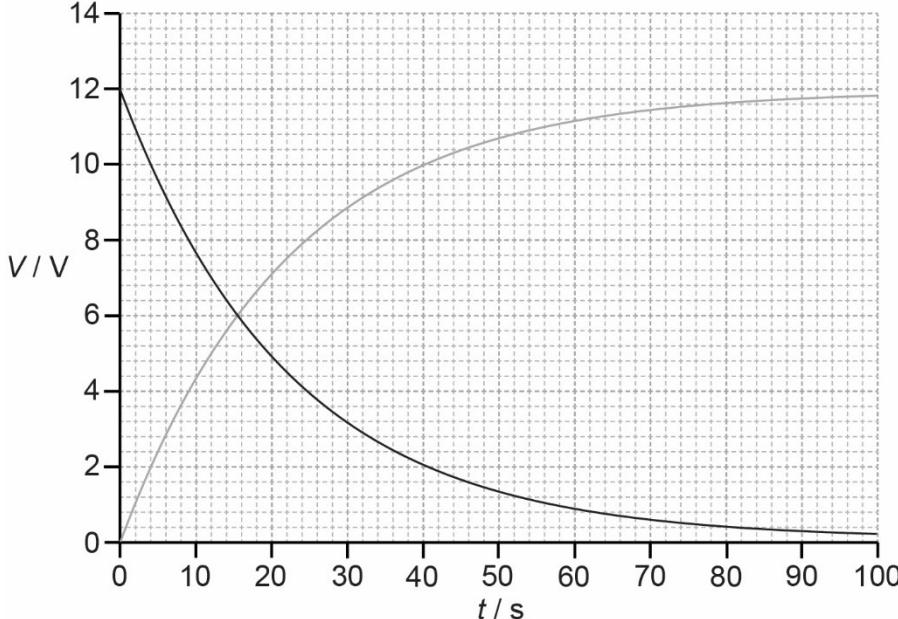
Question			Answers	Notes	Total
4	a		<p>a wave where the displacement of particles/oscillations of particles/movement of particles/vibrations of particles is parallel to the direction of energy transfer/wave travel/wave movement ✓</p>	<i>Do not allow "direction of wave".</i>	1
	b	i	<p>ALTERNATIVE 1 «distance travelled by wave => 0.30 m ✓ $v = \frac{\text{distance}}{\text{time}} = \gg 340 \text{ ms}^{-1}$ ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2 evaluates $T = \frac{0.882 \times 10^{-3} \times 1.6}{0.3} \ll 4.7 \text{ ms}$» to give $f = 210 \text{ or } 212 \text{ Hz}$ ✓ uses $\lambda = 1.6 \text{ m}$ with $v = f\lambda$ to give 340 m s^{-1} ✓</p>		2
	b	ii	<p>ALTERNATIVE 1 $\lambda = 1.60 \text{ m}$ ✓ $\omega = \ll 2\pi f = 2\pi \frac{v}{\lambda} = \gg 2\pi \times \frac{340}{1.60} = 1.3 \times 10^3 \text{ or } 1.34 \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}$ ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2 «0.882 ms is $\frac{0.3}{1.6}$ of cycle so whole cycle is» $\frac{2\pi \times 3}{16 \times 0.882 \times 10^{-3}}$ ✓ $1.35 \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}$ ✓</p>	<i>Allow ECF from (b)(i).</i>	2

Question			Answers	Notes	Total
4	c	i	<p>the displacement of the particle decreases OR «on the graph» displacement is going in a negative direction OR on the graph the particle goes down OR on the graph displacement moves towards equilibrium/0 ✓</p> <p>to the left ✓</p>	<i>Do not allow “moving downwards”.</i>	2
	c	ii	<p>$y = -1.5 \text{ mm}$ ✓</p> <p>$v = 2\pi \times 212 \times \sqrt{(4.0 \times 10^{-3})^2 - (1.5 \times 10^{-3})^2}$ ✓</p> <p>«$v = 4.939 \approx 4.9 \text{ ms}^{-1}$»</p>	<i>Allow ECF from (b)(ii).</i> <i>Do not allow</i> $\frac{4.3 \text{ mm}}{0.882 \text{ ms}} = 4.87 \text{ m s}^{-1}$.	2
	d	i	<p>the superposition/interference of two oppositely moving/reflected «identical travelling» waves ✓</p>		1
	d	ii	<p>the allowed wavelengths in the tube are $\lambda = \frac{4L}{n} = \frac{4.80}{n}$, $n = 1, 3, 5, \dots$</p> <p>OR</p> <p>diagram showing $\frac{3}{4}$ of a standing wavelength in the tube ✓</p> <p>$1.6 = \frac{4.80}{n} \Rightarrow n = 3$</p> <p>OR</p> <p>justification that $\frac{3}{4} \times 1.6 = 1.2 \text{ m}$ ✓</p>	<i>Allow diagram showing $\frac{3}{4}$ of a wavelength for MP1.</i>	2

Question		Answers	Notes	Total
5	a	<p>speed to reach infinity/zero gravitational field OR speed to escape gravitational pull/effect of planet's gravity ✓</p>	<i>Do not allow reference to leaving/escaping an orbit.</i> <i>Do not allow "escaping the atmosphere".</i>	1
	b	<p>«kinetic energy at take off» = $\frac{9}{16} \times \frac{GMm}{R}$ ✓</p> <p>kinetic energy at take off + «gravitational» potential energy = «gravitational» potential energy at maximum height OR $\frac{9}{16} \times \frac{GMm}{R} - \frac{GMm}{R} = -\frac{GMm}{r}$ ✓</p> <p>solves for r and subtracts R from answer = $\frac{9R}{7}$ ✓</p>	<i>Award [0] for work that assumes constant g.</i>	3
	c	<p>energy reduces/lost ✓ radius decreases✓ speed increases✓</p>	<i>Do not allow "kinetic energy reduces" for MP1.</i>	3

Question		Answers	Notes	Total
6	a	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>correct application of Kirchhoff to at least one loop ✓</p> <p>$E = «4.0 \times 2.0 \Rightarrow» 8.0 \text{ V} \checkmark$</p> <p>FOR EXAMPLE</p> <p>$12 = 2.0I_1 + 4.0I_2$ for top loop with loop anticlockwise ✓</p> <p>«but $I_2 = I_1$ as $I_3 = 0$»</p> <p>«$E \Rightarrow 8.0 \text{ V} \checkmark$</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>«recognition that situation is simple potential divider arrangement»</p> <p>pd across 4Ω resistor = $\frac{12 \times 4}{(2 + 4)}$ ✓</p> <p>= $8 \text{ V} \checkmark$</p>	<p>Award [0] for any answer that begins with the treatment as parallel resistors.</p>	2

Question			Answers	Notes	Total
6	b	i	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>equating electric to magnetic force $qE = qvB$ ✓</p> <p>substituting $E = \frac{V}{L}$ ✓</p> <p>«to get given result»</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>$V = \frac{\text{work done}}{Q}$ AND work done = force \times distance ✓</p> <p>$\text{work done} = qv = Bqv \times L$ ✓</p> <p>«to get given result»</p>		2
	b	ii	<p>some mark indicating lower surface of conductor</p> <p>OR</p> <p>indication that positive charge accumulates at top of conductor ✓</p>	<i>Do not allow negative or positive at top and bottom.</i>	1

Question	Answers		Notes	Total
7 a	 <p>general shape starting at 12 V ✓ crosses at 6 V ✓</p>		<p>Line must not touch time axis for MP2. Allow tolerance of one square in 12 V (start) and 6 V (crossing).</p>	2

Question			Answers	Notes	Total
7	b	i	<p>the time for the voltage/charge/current «in circuit» to drop to $\frac{1}{e}$ or 37% of its initial value «as the capacitor discharges»</p> <p>OR</p> <p>time for voltage/charge/current «in circuit» to increase to $\left(1 - \frac{1}{e}\right)$ or 63% of its final value «as the capacitor charges» ✓</p>		1
	b	ii	$R = \frac{22}{4.5 \times 10^{-6}} = 4.9 \times 10^6 \Omega$ ✓		1
	c	i	no change <p>OR</p> «remains at» 12 V ✓		1
	c	ii	increases <p>OR</p> doubles ✓	Allow “doubles” in the light of (d).	1
	d	i	recognises that new capacitance is 9.0 μF ✓ $E = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 9.0 \times 10^{-6} \times 12^2 = 0.65 \text{ mJ}$ or $6.5 \times 10^{-4} \text{ J}$ ✓	Allow 11.8 V (value on graph at $t = 100 \text{ s}$).	2
	d	ii	energy goes into the resistor/surroundings <p>OR</p> «energy transferred» into thermal/internal energy form ✓	Do not accept “dissipated” without location or form. Do not allow “heat”.	1

Question		Answers	Notes	Total
8	a	<p>«lepton number on» LHS = 0 and «lepton number on» RHS = $0 + 1 - 1$</p> <p>OR</p> <p>quarks have no/0/zero lepton number and the lepton number for electron and the antineutrino cancel ✓</p>		1
	b i	<p>energy released when a nucleus forms from constituent nucleons</p> <p>OR</p> <p>minimum energy needed/work done to break a nucleus up into its constituent nucleons ✓</p>	<i>Do not allow reference to “atom”.</i> <i>Award [0] for “energy to assemble nucleus”.</i> <i>Do not allow “particles”, “constituents” or “components” for “nucleons”.</i>	1
	b ii	<p>«energy/mass difference => $8.450 - 8.398 \ll 0.052 \text{ MeV}$» ✓</p> <p>$Q = 1.7$ or 1.66 or 1.664 MeV</p> <p>OR</p> <p>$2.66 \times 10^{-13} \text{ J}$ ✓</p>		2
	c	<p>quark theory is simpler OR Occam's razor example OR simple model explains complex observations ✓</p> <p>quotes experiment that led to quark theory, eg deep inelastic scattering or electron scattering ✓</p> <p>model incorporates strong/weak interactions/forces between protons and neutrons ✓</p> <p>model incorporates conservation rules ✓</p> <p>model explains differences between neutrons and protons OR explains decay of neutron to proton ✓</p>		3 max

Question		Answers	Notes	Total
9	a	$I = \frac{\sigma AT^4}{4\pi d^2} \checkmark$ $= \frac{5.67 \times 10^{-8} \times (7.0 \times 10^8)^2 \times 5800^4}{(1.5 \times 10^{11})^2}$ <p>OR $\frac{5.67 \times 10^{-8} \times 4\pi \times (7.0 \times 10^8)^2 \times 5800^4}{4\pi \times (1.5 \times 10^{11})^2} \checkmark$</p> $I = 1397 \text{ W m}^{-2} \checkmark$	<i>In this question we must see 4SF to award MP3.</i> <i>Allow candidate to add radius of Sun to Earth–Sun distance.</i> <i>Yields 1386 W m⁻².</i>	2 max
	b	«transmitted intensity => $0.70 \times 1400 \ll 980 \text{ W m}^{-2}$ » \checkmark $\frac{\pi R^2}{4\pi R^2} \times 980 \text{ W m}^{-2} \checkmark$ 245 W m^{-2}		2
	c	$5.67 \times 10^{-8} \times T^4 = 245 \checkmark$ $T = 256 \text{ K} \checkmark$		2
	d	the emitted radiation is in the infrared/IR/long wavelength/low frequency region \checkmark «greenhouse» gases in the atmosphere absorb «infrared» radiation \checkmark radiated in all directions «including back down to Earth» warming the Earth \checkmark	<i>Do not allow “traps the heat”.</i> <i>Must see clear implication somewhere in response that gases are in the atmosphere for MP2.</i> <i>Must see sense that Earth temperature is raised for MP3.</i>	2 max

Question			Answers	Notes	Total
10	a		constructive interference ✓ amplitude/amount of light from 4 slits is $4 \times$ amplitude «from one slit» ✓ intensity is proportional to amplitude ² OR shows $4^2 = 16$ in context of intensity ✓		3
	b	i	«diffraction minimum at» $\theta = 0.43\text{ rad}$ ✓ $\lambda = \text{«}b\theta = 1.0 \times 10^{-6} \times 0.43 = \text{»} 4.3 \times 10^{-7}\text{ m}$ ✓	Accept θ in range 0.41 to 0.45 rad. Allow $\lambda = b\sin\theta$ but do not allow $n\lambda = d\sin\theta$. Award [1 max] for solution using factor of 1.22. Award [0] if use of $s = \frac{\lambda D}{d}$ seen.	2
	b	ii	«first secondary maximum at» $\theta = 0.125\text{ rad}$ ✓ $d = \frac{1 \times \text{value from (b)(i)}}{\sin 0.125} = 3.4 \times 10^{-6}\text{ m}$ ✓	Accept θ in range 0.123 to 0.127 rad. Sine must be seen to award MP2. Allow ECF from (b)(i). Allow use of 2 nd or 3 rd maxima (0.25 rad and $3.46\text{ }\mu\text{m}$ or 0.375 rad and $3.5\text{ }\mu\text{m}$ with appropriate n).	2
	c	i	primary maxima/fringes become brighter/more intense ✓ primary maxima become narrower/sharper ✓ secondary maxima become unimportant/less intense/disappear ✓	Insist on “secondary” for MP3.	2 max

Question			Answers	Notes	Total
10	c	ii	$N = \frac{\bar{\lambda}}{m\Delta\lambda} = \frac{589.2935}{2 \times 0.5970} \checkmark$ $N = 494 \text{ or } 500 \checkmark$	Allow use of 588.995 nm or 589.592 nm for $\bar{\lambda}$.	2

11	a	i	32 MeV converted using $32 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \ll= 5.12 \times 10^{-12} \text{ J} \gg \checkmark$ $d = \frac{kQq}{E} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 2 \times 79 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{32 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}} \Rightarrow \frac{8.99 \times 10^9 \times 2 \times 79 \times 1.6 \times 10^{-19}}{32 \times 10^6}$ OR $7.102 \times 10^{-15} \text{ m} \checkmark$ $\ll d \approx 7 \times 10^{-15} \text{ m} \gg$	<i>Must see final answer to 2+ SF unless substitution is completely correct with value for k explicit.</i> <i>Do not allow an approach via</i> $r = R_0 A^{\frac{1}{3}}$.	2
	a	ii	$m \approx 197 \times 1.661 \times 10^{-27}$ OR $3.27 \times 10^{-25} \text{ kg} \checkmark$ $V = \frac{4\pi}{3} \times (7 \times 10^{-15})^3$ OR $1.44 \times 10^{-42} \text{ m}^3 \checkmark$ $\rho = \frac{m}{V} = \frac{3.2722 \times 10^{-25}}{1.4368 \times 10^{-42}} \Rightarrow 2.28 \times 10^{17} \approx 2 \times 10^{17} \text{ kg m}^{-3} \checkmark$	Allow working in MeV: $1.28 \times 10^{47} \text{ MeV c}^{-2} \text{ m}^{-3}$. Allow ECF from incorrect answers to MP1 or MP2.	3

Question		Answers	Notes	Total
11	b	<p><i>Distance of closest approach:</i> charge or number of protons or force of repulsion is the same so distance is the same ✓</p> <p><i>Estimate of nuclear density:</i> « $\rho \propto \frac{A}{(A^{\frac{1}{3}})^3}$ » density the same ✓</p>		2
	c	<p>$\Delta x \approx 7 \times 10^{-15} \text{ m}$ ✓</p> <p>$\Delta p \approx \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4\pi \times 7 \times 10^{-15}} \ll 7.54 \times 10^{-21} \text{ Ns}$ ✓</p> <p>$E \approx \left\langle \frac{\Delta p^2}{2m} = \frac{(7.54 \times 10^{-21})^2}{2 \times 6.6 \times 10^{-27}} = 4.3 \times 10^{-15} \text{ J} = 26897 \text{ eV} \right\rangle \approx 0.027 \text{ MeV}$ ✓</p>	<p>Accept $\Delta x \approx 3.5 \times 10^{-15} \text{ m}$ or $\Delta x \approx 1.4 \times 10^{-14} \text{ m}$ leading to $E \approx 0.11 \text{ MeV}$ or 0.0067 MeV. Answer must be in MeV.</p>	3



Física
Nivel superior
Prueba 3

Lunes 9 de mayo 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.
- Sección A: conteste todas las preguntas.
- Sección B: conteste todas las preguntas de una de las opciones.
- 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]**.

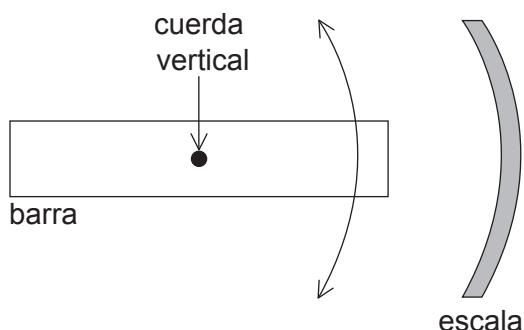
Opción	Preguntas
Opción A — Relatividad	3 – 7
Opción B — Física en ingeniería	8 – 11
Opción C — Toma de imágenes	12 – 16
Opción D — Astrofísica	17 – 21



Sección A

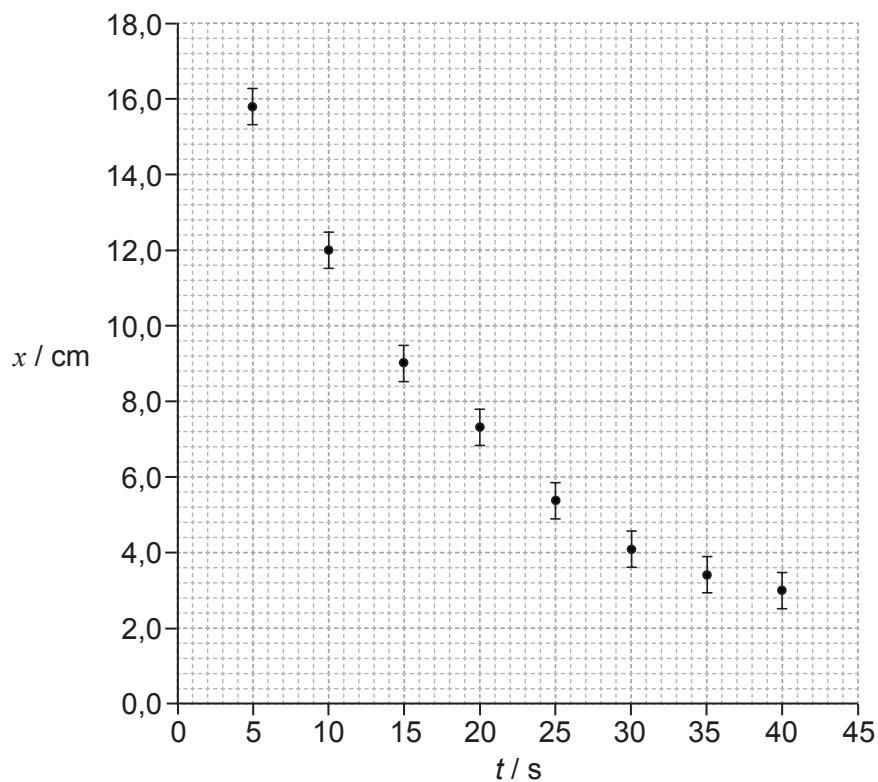
Conteste **todas** las preguntas. Escriba sus respuestas en las casillas provistas.

1. Un alumno investiga la oscilación de una barra horizontal que cuelga del extremo de una cuerda vertical. El diagrama muestra la vista desde arriba.



El alumno pone la barra a oscilar y mide el máximo desplazamiento para cada ciclo de la oscilación sobre la escala y el tiempo para el cual se produce. El alumno comienza a tomar mediciones unos pocos segundos después de soltar la barra.

La gráfica muestra la variación del desplazamiento x frente al tiempo t desde que se suelta la barra. La incertidumbre de t es despreciable.



- (a) Sobre la gráfica anterior, dibuje la línea de ajuste óptimo para los datos. [1]

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



36EP02

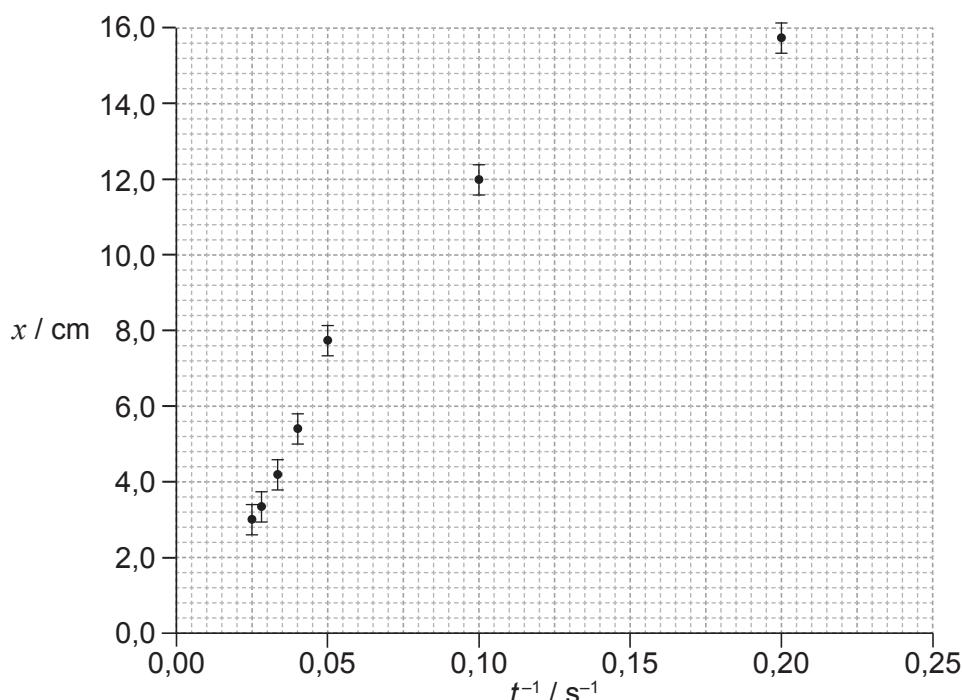
(Pregunta 1: continuación)

- (b) Calcule la incertidumbre en porcentaje para el desplazamiento cuando $t = 40\text{ s}$. [2]

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

- (c) El alumno propone como hipótesis que la relación entre x y t es $x = \frac{a}{t}$ donde a es una constante.

Para comprobar la hipótesis, se representa x frente a $\frac{1}{t}$ como se muestra en la gráfica.



- (i) No se ha representado el dato correspondiente a $t = 15\text{ s}$. Sitúe este punto sobre la gráfica anterior. [1]
- (ii) Sugiera el rango de valores de t para el que puede asumirse que la hipótesis es correcta. [2]

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

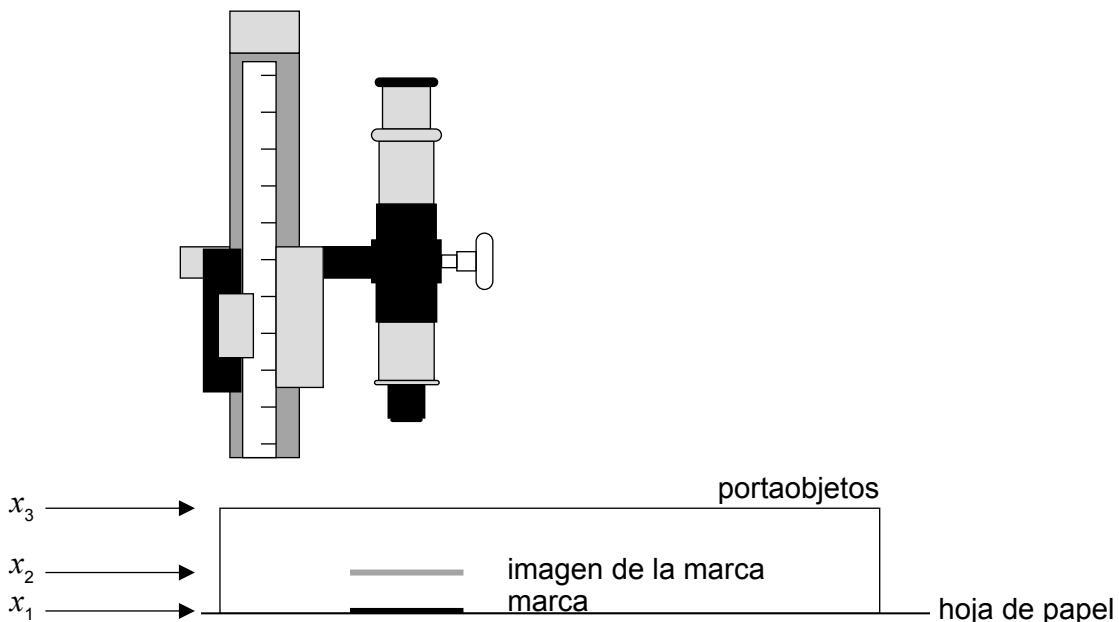


36EP03

Véase al dorso

2. Un alumno mide el índice de refracción del cristal de un portaobjetos de microscopio.

Utiliza un microscopio móvil para determinar la posición x_1 de una marca sobre una hoja de papel. A continuación, coloca el portaobjetos sobre la marca y anota la posición x_2 de la imagen de la marca vista a través del portaobjetos. Por último, utiliza el microscopio para determinar la posición x_3 de la parte superior del portaobjetos.



La tabla muestra los resultados medios de un gran número de mediciones repetidas.

Posición media de la marca / mm	
x_1	$0,20 \pm 0,02$
x_2	$0,59 \pm 0,02$
x_3	$1,35 \pm 0,02$

- (a) El índice de refracción del cristal del que está hecho el portaobjetos viene dado por

$$\frac{x_3 - x_1}{x_3 - x_2}.$$

Determine

- (i) el índice de refracción del cristal hasta el número correcto de cifras significativas, sin tener en cuenta incertidumbres. [1]

.....
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

- (ii) la incertidumbre del valor calculado en (a)(i).

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Tras el experimento, el alumno halla que el microscopio móvil está mal ajustado, de tal modo que la medición de cada posición es excesiva en 0,05 mm.

- (i) Indique el nombre de este tipo de error.

[1]

.....

- (ii) Resuma el efecto que tendrá el error de (b)(i) sobre el valor calculado del índice de refracción del cristal.

[2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

- (c) Tras corregir el ajuste del microscopio móvil, el alumno repite el experimento utilizando un bloque de cristal 10 veces más grueso que el portaobjetos de microscopio original. Explique la variación, si la hubiera, en el resultado calculado para el índice de refracción y su incertidumbre.

[2]

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



36EP06

No escriba en esta página.

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



36EP07

Véase al dorso

Sección B

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

Opción A — Relatividad

3. Uno de los postulados de la relatividad especial indica que las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas inerciales de referencia.

- (a) Indique qué se entiende por inercial en este contexto. [1]

.....
.....

- (b) Un observador se desplaza a la velocidad v hacia una fuente de luz. Determine el valor que mediría el observador para la velocidad de la luz emitida por la fuente según

- (i) la teoría de Maxwell. [1]

.....
.....

- (ii) la transformación galileana. [1]

.....
.....

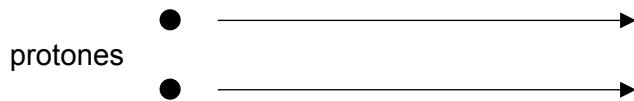
(La opción A continúa en la página siguiente)



36EP08

(Opción A: continuación)

4. Dos protones se mueven con igual velocidad en un acelerador de partículas.



El observador X se encuentra en reposo con respecto al acelerador. El observador Y se encuentra en reposo respecto a los protones.

Explique la naturaleza de la fuerza entre los protones tal como la observan el observador X y el observador Y.

[4]

(La opción A continúa en la página siguiente)



36EP09

Véase al dorso

(Opción A: continuación)

5. Se emite un electrón desde un núcleo con una energía total de 2,30 MeV tal como se observa en un laboratorio.

- (a) Muestre que la rapidez del electrón es de alrededor de $0,98c$.

[3]

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

- (b) Se detecta el electrón a una distancia de 0,800 m del núcleo emisor tal como se mide en el laboratorio.

- (i) Para el sistema de referencia del electrón, calcule la distancia recorrida por el detector.

[2]

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

- (ii) Para el sistema de referencia del laboratorio, calcule el tiempo que lleva al electrón alcanzar el detector tras ser emitido desde el núcleo.

[2]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)



36EP10

(Continuación: opción A, pregunta 5)

- (iii) Para el sistema de referencia del electrón, calcule el tiempo entre su emisión del núcleo y su detección. [2]

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

- (iv) Resuma por qué la respuesta a (b)(iii) representa un intervalo de tiempo propio. [1]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)

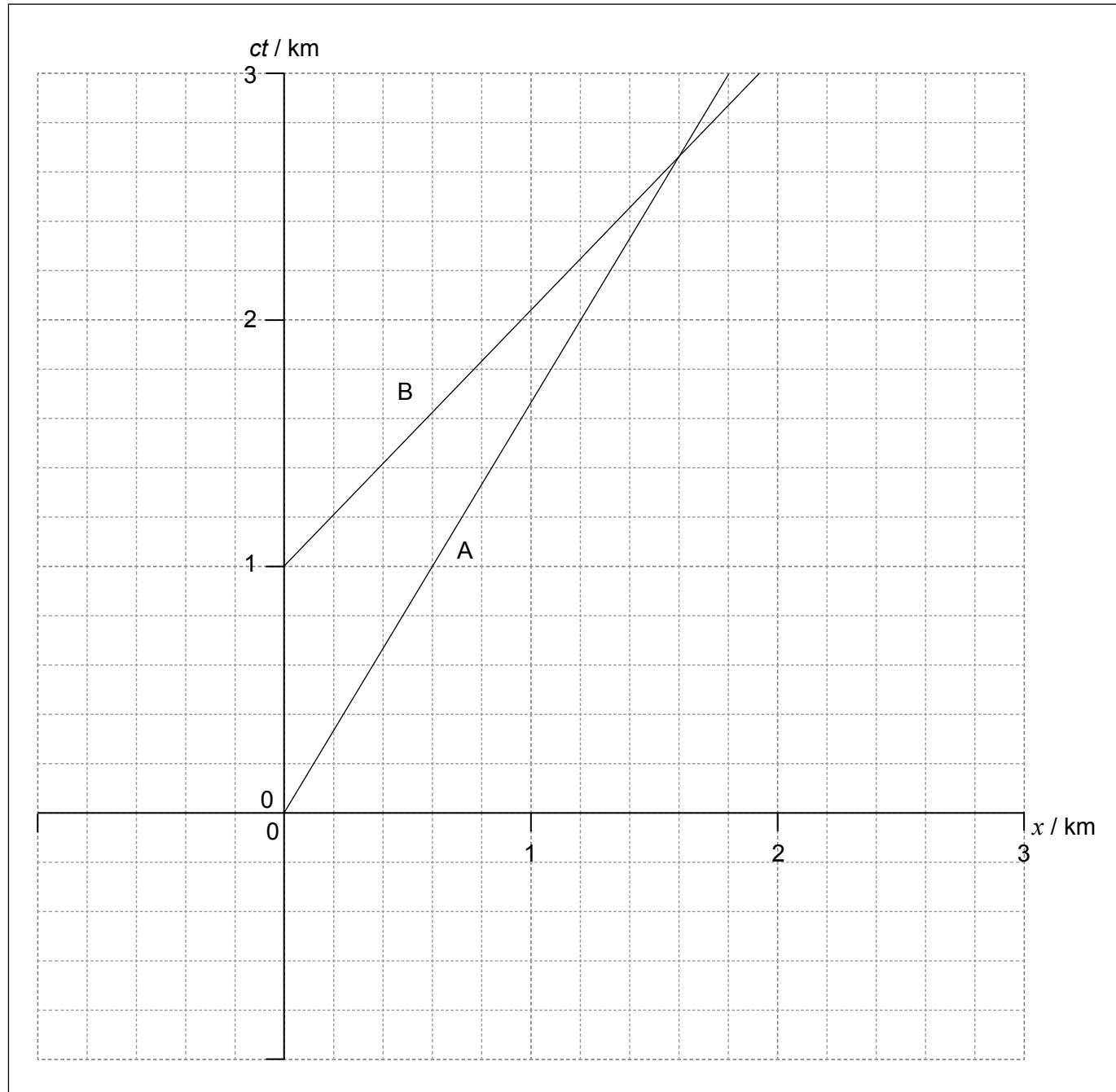


36EP11

Véase al dorso

(Opción A: continuación)

6. Un observador sobre la Tierra observa dos cohetes, A y B. El diagrama de espacio-tiempo muestra parte del movimiento de A y B en el sistema de referencia del observador en la Tierra. A y B se desplazan en la misma dirección y sentido.



(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 6)

- (a) Para el sistema de referencia del observador en la Tierra, calcule la velocidad del cohete A en función de la velocidad de la luz c . [2]

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

- (b) Un cohete alcanza al otro en el suceso E. Para el sistema de referencia del observador en la Tierra, estime

- (i) la coordenada espacial de E, en kilómetros. [1]

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

- (ii) la coordenada temporal de E, en segundos. [1]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)

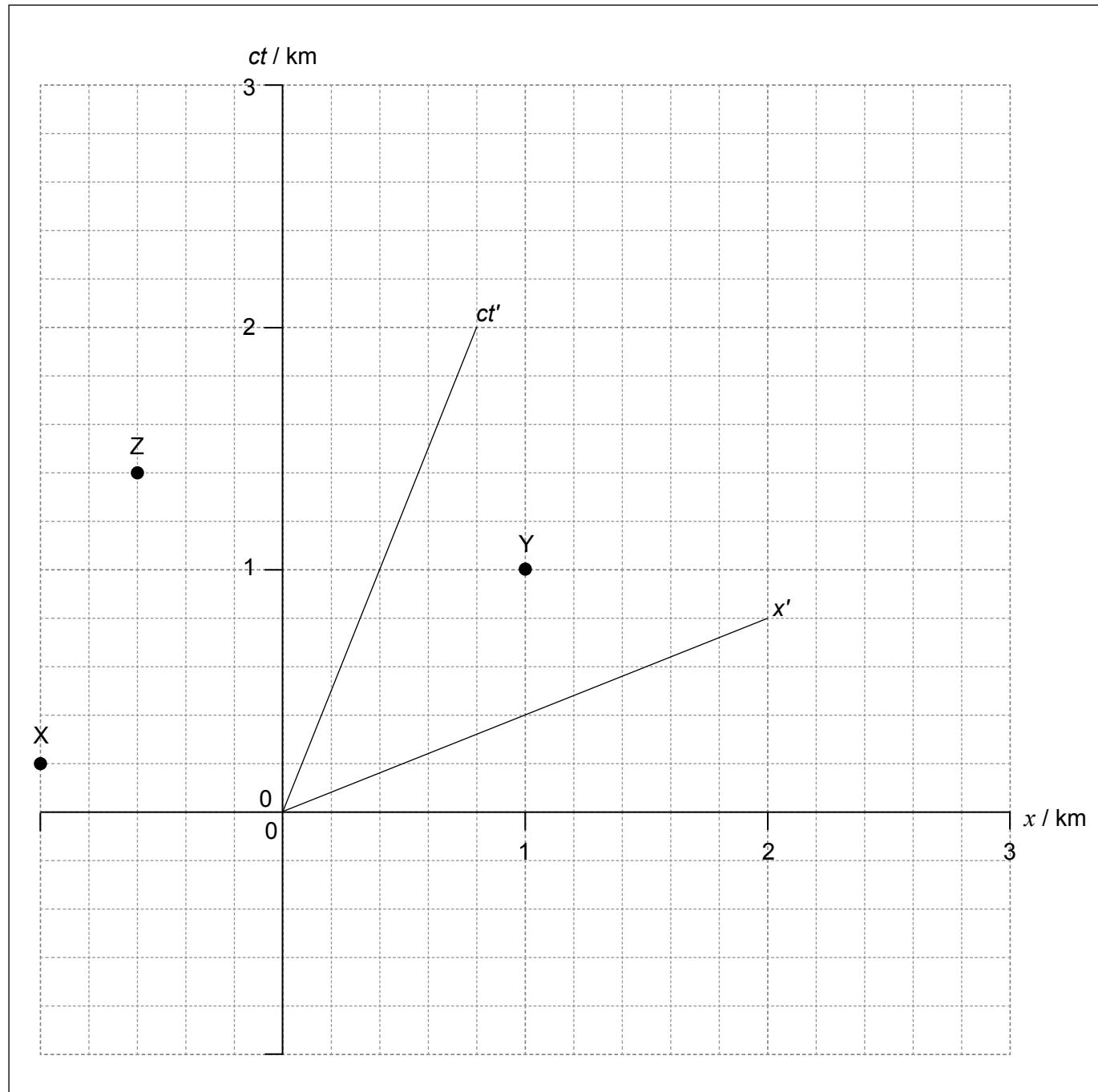


36EP13

Véase al dorso

(Continuación: opción A, pregunta 6)

- (c) Se utilizan tres faros con destellos de luz, X, Y y Z, para dirigir a otro cohete C.
En el diagrama de espacio-tiempo se muestran los sucesos de destello.
El diagrama muestra los ejes para el sistema de referencia de la Tierra y del cohete C.
El observador en la Tierra se encuentra en el origen.



(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 6)

Usando la gráfica de enfrente, deduzca el orden en el cual

- (i) los faros **destellan** en el sistema de referencia del cohete C.

[2]

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

- (ii) el observador en la Tierra **ve** los faros destellar.

[2]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)



36EP15

Véase al dorso

(Opción A: continuación)

7. (a) Resuma qué se entiende por agujero negro.

[2]

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

- (b) Un observador contempla una nave espacial lejana que está a 23,0 km del centro de un agujero negro. La nave espacial contiene un reloj que hace tic una vez por segundo y los tics pueden ser detectados por el observador distante. En 2,00 minutos el observador cuenta 112 tics del reloj.

Determine la masa del agujero negro.

[3]

Fin de la opción A



No escriba en esta página.

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

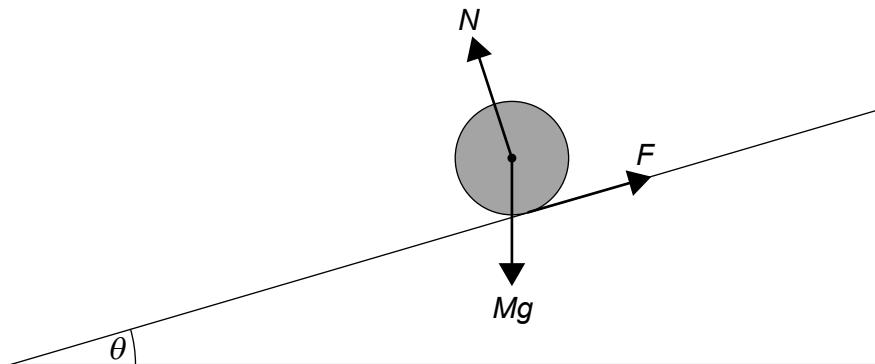


36EP17

Véase al dorso

Opción B — Física en ingeniería

8. Un cilindro sólido de masa M y radio R cae rodando sin resbalar por una pendiente uniforme. La pendiente forma un ángulo θ con la horizontal.



El diagrama muestra las tres fuerzas que actúan sobre el cilindro. N es la fuerza de reacción normal y F es la fuerza de rozamiento entre el cilindro y la pendiente.

- (a) Indique por qué F es la única fuerza que proporciona un momento de fuerza respecto al eje del cilindro. [1]

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

- (b) (i) El momento de inercia de un cilindro en torno a su eje es $I = \frac{1}{2}MR^2$.

Muestre que, por aplicación de las leyes del movimiento de Newton,

$$\text{la aceleración lineal del cilindro es } a = \frac{2}{3}g \operatorname{sen}\theta.$$

[4]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 8)

- (ii) Calcule, para $\theta = 30^\circ$, el tiempo que lleva al cilindro sólido desplazarse 1,5 m a lo largo de la pendiente. El cilindro parte del reposo. [2]

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

- (c) Se coloca un bloque de hielo sobre la pendiente junto al cilindro sólido y se sueltan ambos al mismo tiempo. El bloque de hielo tiene la misma masa que el cilindro sólido y se desliza sin rozamiento.

En cualquier punto de la pendiente, la rapidez del bloque de hielo es mayor que la rapidez del cilindro sólido. Resuma por qué, utilizando la respuesta a (b)(i). [1]

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

- (d) Se reemplaza el cilindro sólido por un cilindro hueco de igual masa y radio. Sugiera cómo afectará este cambio, si es que lo hace, a la aceleración de (b)(i). [2]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)

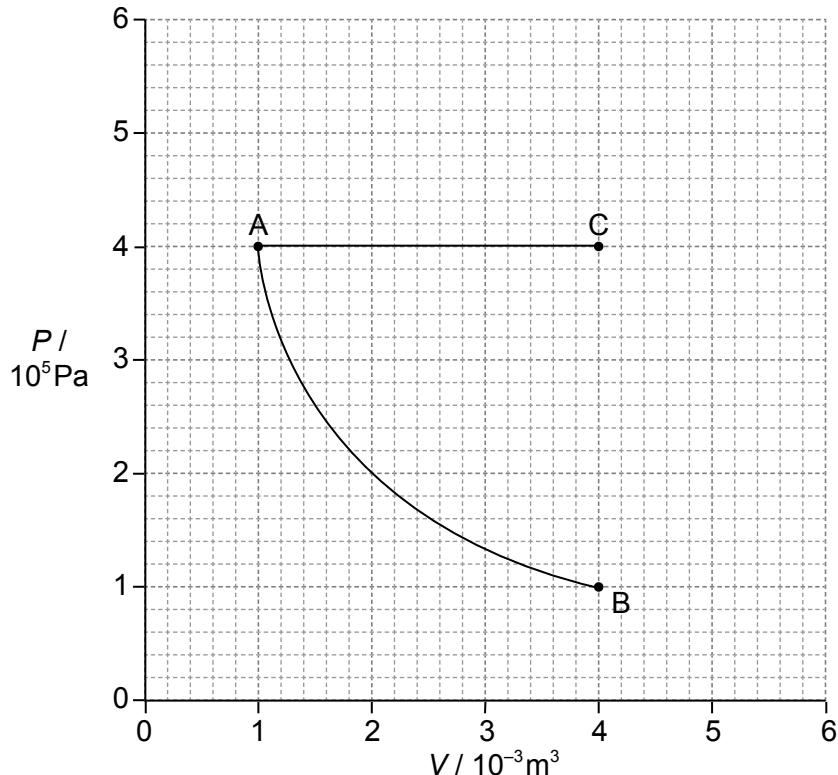


36EP19

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

9. Una masa fija de un gas ideal monoatómico sufre un cambio isotérmico de A a B como se muestra.



La temperatura en A es de 350 K. Una masa idéntica del mismo gas ideal monoatómico sufre un cambio isobárico de A a C.

- (a) (i) Calcule la temperatura en C.

[1]

.....
.....

- (ii) Calcule la variación en energía interna para AC.

[2]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 9)

- (iii) Determine la energía suministrada al gas durante el cambio AC. [2]

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

- (iv) Sobre la gráfica, dibuje una línea que represente una expansión adiabática de A a un estado de volumen $4,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ (punto D). [1]

- (b) (i) Indique la variación en entropía de un gas para la expansión adiabática de A a D. [1]

.....
.....

- (ii) Explique, haciendo referencia al concepto de desorden, por qué la entropía del gas es mayor en C que en B. [3]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)

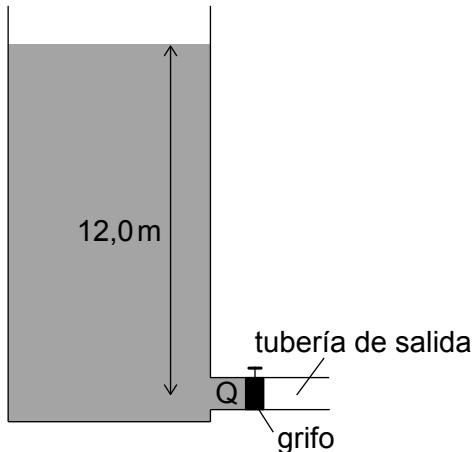


36EP21

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

10. Un contenedor tiene un nivel constante de agua. Q es un punto dentro de la tubería de salida a 12,0 m de profundidad, al lado del grifo de salida.



La presión atmosférica es de $1,05 \times 10^5 \text{ Pa}$ y la densidad del agua es de $1,00 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.

- (a) Calcule la presión en Q cuando se cierra el grifo. [1]

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

- (b) Explique qué ocurre a la presión en Q cuando se abre el grifo. [2]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



36EP22

(Continuación: opción B, pregunta 10)

- (c) El grifo en Q se conecta a la tubería de salida con un diámetro de 0,10 m. El agua fluye uniformemente en la tubería a una velocidad de $1,27 \text{ m s}^{-1}$. La viscosidad del agua es de $1,8 \times 10^{-3} \text{ Pas}$.

- (i) Calcule el número de Reynolds para este flujo. [2]

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

- (ii) Explique la relevancia de este valor. [1]

.....
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)

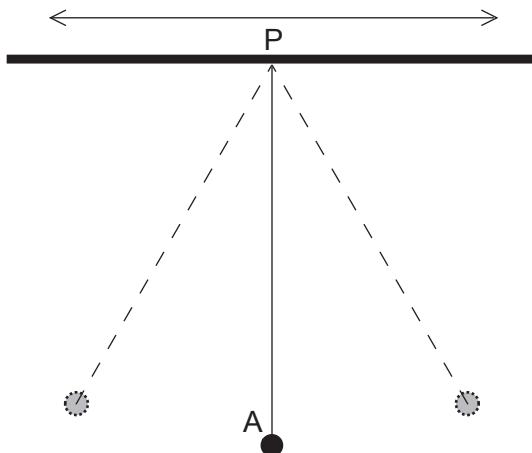


36EP23

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

11. Una esfera sólida A suspendida de una cuerda desde un soporte fijo forma un péndulo simple.



El factor de calidad (factor Q) para este sistema es 200 y el período de oscilación es de aproximadamente 0,4 s.

- (a) Se desplaza la esfera A de modo que oscila el sistema. Discuta el movimiento subsiguiente del péndulo, haciendo referencia al factor Q. [2]

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

- (b) Se hace ahora oscilar al punto de soporte P del péndulo en horizontal con frecuencia f .

Describa la amplitud de A y la fase de A con respecto a P, cuando

- (i) $f = 2,5 \text{ Hz}$. [1]

.....
.....

- (ii) $f = 1 \text{ Hz}$. [1]

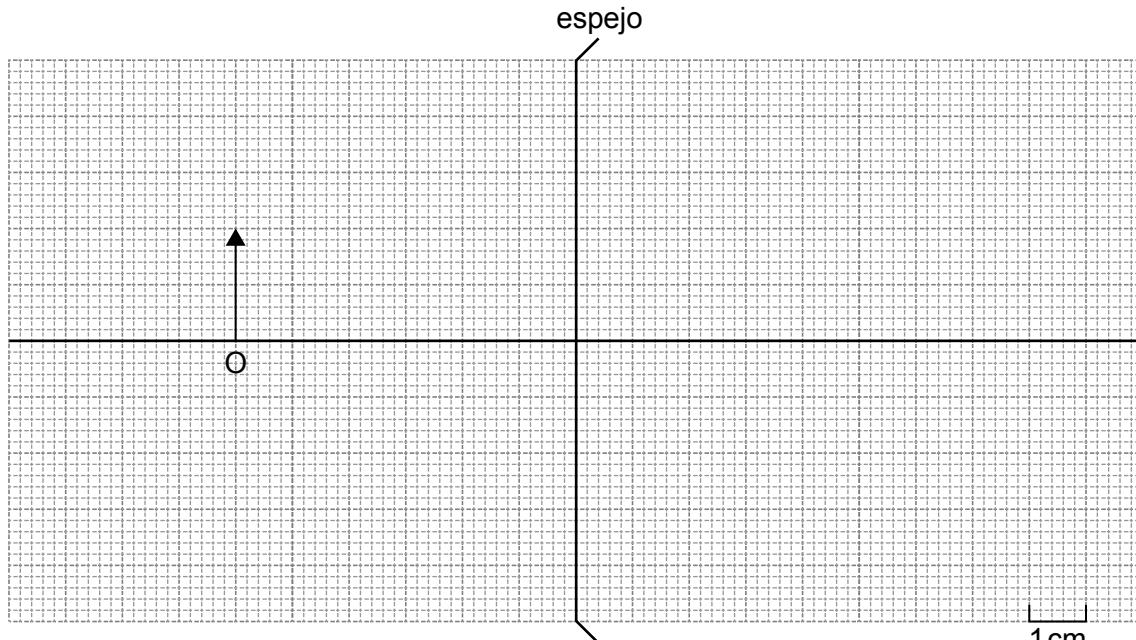
.....
.....

Fin de la opción B



Opción C — Toma de imágenes

12. El diagrama muestra un espejo divergente.



El objeto O tiene una altura de 2,0 cm y está a 6,0 cm de la superficie del espejo. La longitud focal del espejo es de 4,0 cm y el radio de curvatura es de 8,0 cm.

- (a) Elabore un diagrama de rayos para el objeto O. Rotule la imagen como I. [3]
- (b) Estime el aumento lineal de la imagen. [1]

- (c) Resuma la ventaja de los espejos parabólicos sobre los esféricos. [3]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



36EP25

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

13. Se utiliza un telescopio astronómico en ajuste normal. La separación de las lentes en el telescopio es de 0,84 m. La lente objetivo tiene una longitud focal de 0,82 m.

(a) Calcule el aumento de este telescopio.

[2]

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

(b) Resuma por qué se necesita una convención de signos en la óptica.

[1]

.....
.....

(c) Una alumna decide invertir las posiciones de las mismas lentes sin cambiar la separación para formar un microscopio óptico en ajuste normal. El punto cercano de la alumna está a 0,25 m de su ojo.

(i) Muestre, usando un cálculo, que la imagen formada por la lente objetivo está a unos 0,19 m del ocular.

[2]

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

(ii) Calcule la distancia entre el lente objetivo del microscopio y el objeto.

[2]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



36EP26

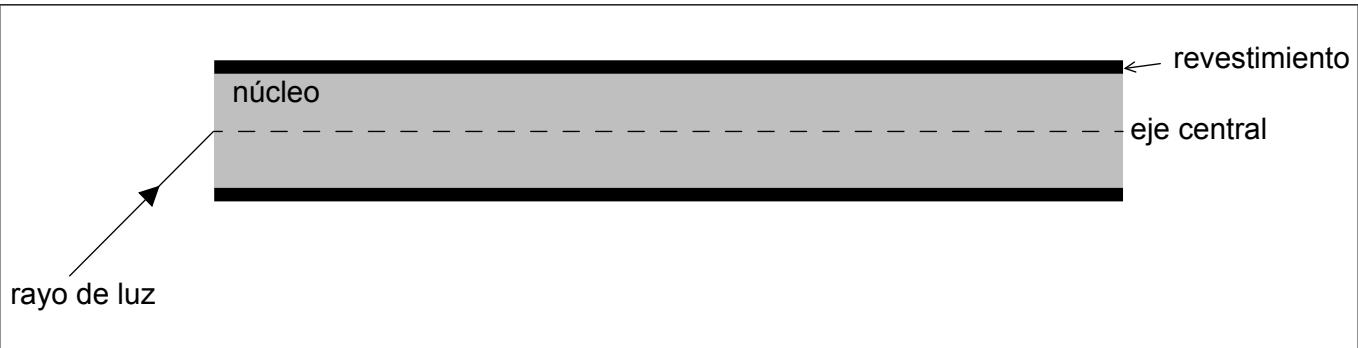
(Continuación: opción C, pregunta 13)

- (iii) Determine el aumento total del microscopio.

[2]

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

14. Un rayo de luz monocromática penetra en una fibra óptica de índice gradual.



- (a) Dibuje la trayectoria del rayo al desplazarse a través de la fibra óptica de índice gradual.

[1]

- (b) Explique cómo la fibra óptica de índice gradual reduce la dispersión por guiado de onda.

[3]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)

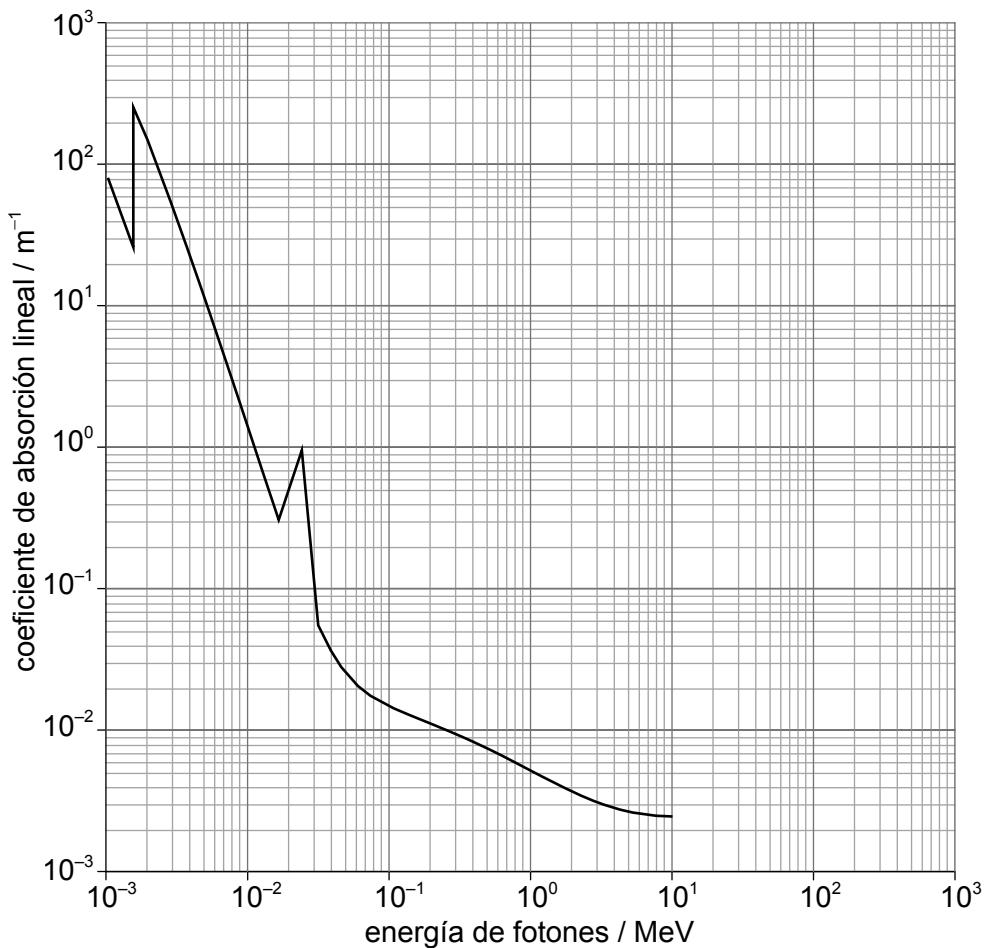


36EP27

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

15. En la toma de imágenes médicas, pueden hacerse pasar rayos X por aluminio antes de que alcancen al cuerpo. La gráfica muestra la variación del coeficiente de absorción lineal del aluminio para diferentes energías de fotones.



- (a) Sobre una lámina de aluminio con grosor de 8,0 cm inciden rayos X. Calcule la fracción de la intensidad de rayos X incidentes que traspasa esta lámina para energías de fotones de

(i) 9,0 MeV.

[2]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



36EP28

(Continuación: opción C, pregunta 15)

(ii) $3,0 \times 10^{-3}$ MeV.

[1]

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

- (b) Aludiendo a sus respuestas a (a)(i) y a (a)(ii), discuta las ventajas de utilizar la lámina de aluminio.

[2]

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

- 16.** (a) Indique **una** ventaja y **una** desventaja de las imágenes por resonancia magnética (IRM) en comparación con las imágenes de rayos X.

[2]

Ventaja:

.....
.....

Desventaja:

.....
.....

- (b) Explique por qué se necesita un gradiente de campo en la toma de imágenes por resonancia magnética nuclear (RMN).

[3]

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

Fin de la opción C



36EP29

Véase al dorso

Opción D — Astrofísica

17. (a) Describa **una** característica clave de una nebulosa.

[1]

.....
.....

- (b) Beta Centauri es una estrella de los cielos australes con un ángulo de paralaje de $8,32 \times 10^{-3}$ arco-segundos. Calcule, en metros, la distancia de esta estrella a la Tierra.

[2]

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

- (c) Resuma por qué los astrofísicos usan unidades que no son del SI para la medición de las distancias astronómicas.

[1]

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

18. Aldebarán es una estrella gigante roja con una longitud de onda pico de 740 nm y una masa de 1,7 masas solares.

- (a) Muestre que la temperatura superficial de Aldebarán es de alrededor de 4000 K.

[2]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)



36EP30

(Continuación: opción D, pregunta 18)

- (b) El radio de Aldebarán es de $3,1 \times 10^{10}$ m. Determine la luminosidad de Aldebarán. [2]

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

- (c) Resuma cómo la luz de Aldebarán proporciona evidencia sobre su composición. [2]

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

- (d) Identifique el elemento que se está fusionando en el núcleo de Aldebarán en esta etapa de su evolución. [1]

.....

- (e) Prediga la evolución futura probable de Aldebarán. [3]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)



36EP31

Véase al dorso

(Opción D: continuación)

19. (a) La luz que alcanza la Tierra desde el cuásar 3C273 tiene $z = 0,16$.

(i) Resuma qué se representa por z .

[1]

.....
.....

(ii) Calcule el cociente entre el tamaño del universo cuando la luz fue emitida por el cuásar y el tamaño actual del universo.

[1]

.....
.....

(iii) Calcule la distancia de 3C273 a la Tierra utilizando $H_0 = 68 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

[2]

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

(b) Explique cómo la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB) da respaldo al modelo del Big Bang caliente.

[2]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)



36EP32

(Opción D: continuación)

- 20.** (a) Indique el criterio de Jeans para la formación de estrellas. [2]

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

- (b) Describa **tres** diferencias entre las supernovas de tipo Ia y de tipo II. [3]

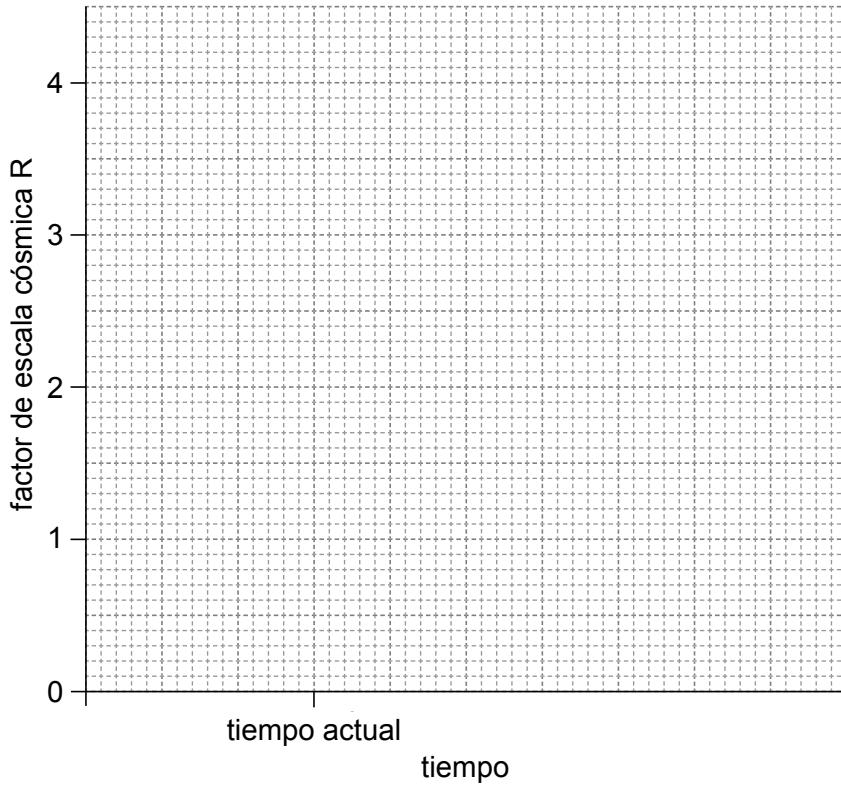
.....
.....
.....
.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

21. El modelo del Big Bang caliente sugiere varios desenlaces para el universo. Existe actualmente evidencia de la existencia de la energía oscura y de la materia oscura.



- (a) Sobre los ejes, dibuje aproximadamente una gráfica de la variación del factor de escala cósmica frente al tiempo para
- (i) un universo cerrado sin energía oscura. Rotule esta curva como C. [1]
 - (ii) un universo que acelera con energía oscura. Rotule esta curva como A. [2]

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 21)

- (b) Explique **una** observación experimental que respalte la presencia de **materia oscura**. [2]

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

Fin de la opción D



36EP35

No escriba en esta página.

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



36EP36

Markscheme

May 2016

Physics

Higher level

Paper 3

29 pages

It is the property of the International Baccalaureate and must **not** be reproduced or distributed to any other person without the authorization of the IB Assessment Centre.

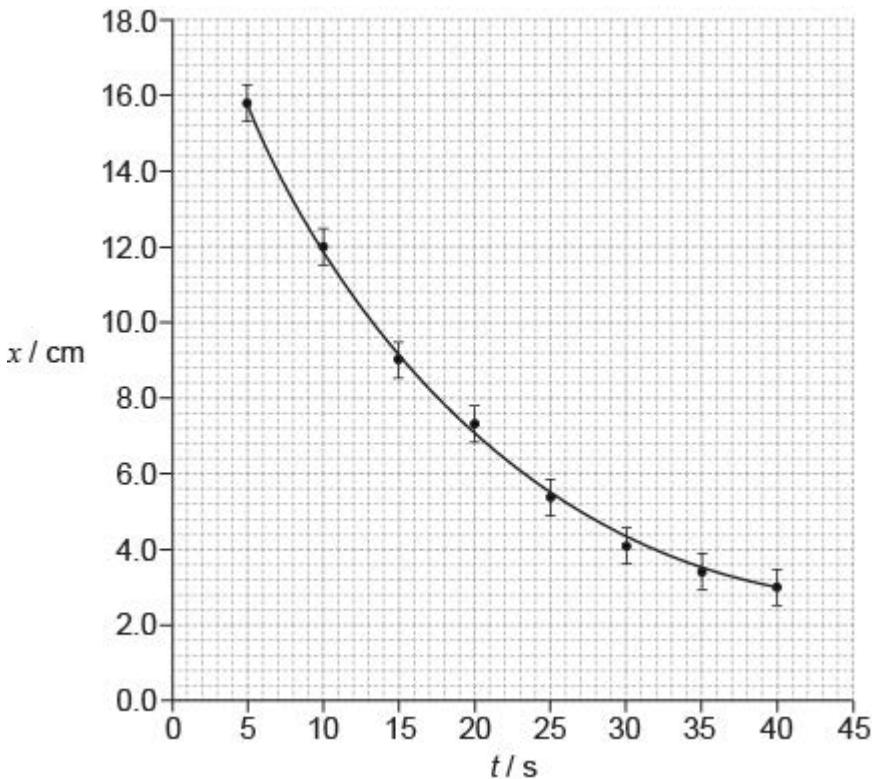
Subject Details: Physics HL Paper 3 Markscheme

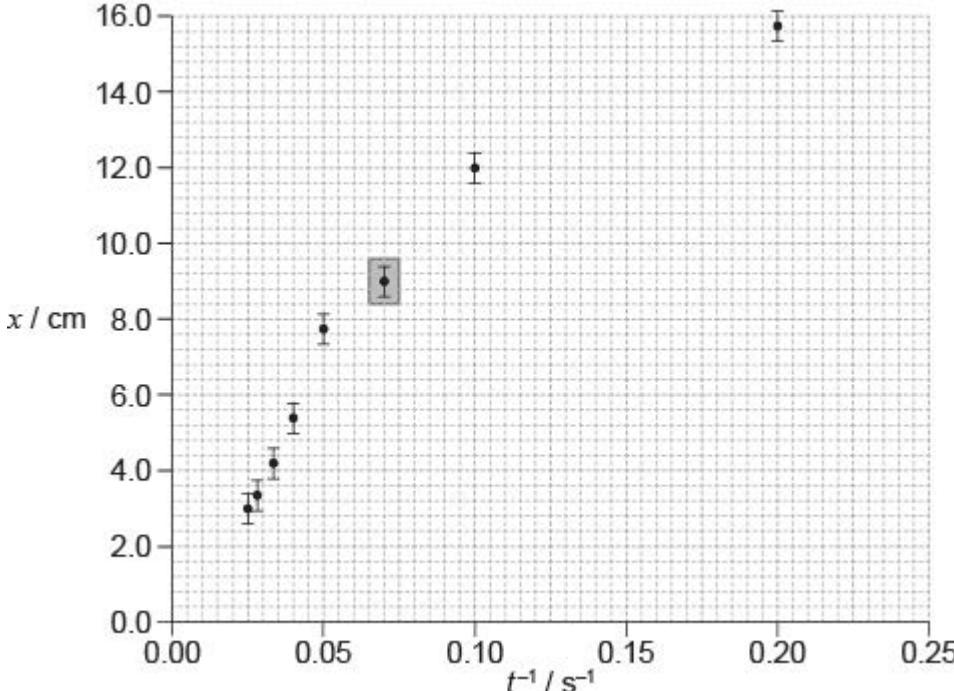
Mark Allocation

**Candidates are required to answer ALL questions in Section A [15 marks] and all questions from ONE option in Section B [30 marks].
Maximum total = [45 marks].**

1. Each row in the “Question” column relates to the smallest subpart of the question.
2. The maximum mark for each question subpart is indicated in the “Total” column.
3. Each marking point in the “Answers” column is shown by means of a tick (✓) at the end of the marking point.
4. A question subpart may have more marking points than the total allows. This will be indicated by “max” written after the mark in the “Total” column. The related rubric, if necessary, will be outlined in the “Notes” column.
5. An alternative wording is indicated in the “Answers” column by a slash (/). Either wording can be accepted.
6. An alternative answer is indicated in the “Answers” column by “OR” between the alternatives. Either answer can be accepted.
7. Words in angled brackets « » in the “Answers” column are not necessary to gain the mark.
8. Words that are underlined are essential for the mark.
9. The order of marking points does not have to be as in the “Answers” column, unless stated otherwise in the “Notes” column.

Section A

Question		Answers	Notes	Total																
1	a	<p>smooth curve passing through all error bars ✓</p>  <table border="1"> <caption>Data points from graph</caption> <thead> <tr> <th>t / s</th> <th>x / cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>16.0</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.0</td></tr> <tr><td>15</td><td>9.0</td></tr> <tr><td>20</td><td>7.0</td></tr> <tr><td>25</td><td>5.5</td></tr> <tr><td>30</td><td>4.0</td></tr> <tr><td>35</td><td>3.0</td></tr> </tbody> </table>	t / s	x / cm	5	16.0	10	12.0	15	9.0	20	7.0	25	5.5	30	4.0	35	3.0		1
t / s	x / cm																			
5	16.0																			
10	12.0																			
15	9.0																			
20	7.0																			
25	5.5																			
30	4.0																			
35	3.0																			
	b	<p>$x = 2.5 \text{ «cm»} \pm 0.2 \text{ cm}$ AND $\Delta x = 0.5 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$ ✓</p> <p>$\frac{0.5}{2.5} = \text{» } 20\% \checkmark$</p>	<p>Accept correctly calculated value from interval 15 % to 25 %.</p>	2																

Question			Answers	Notes	Total																
1	c	i	plotted point (0.07, 9.0) as shown ✓  <p>The figure shows a scatter plot with the x-axis labeled t^{-1} / s^{-1} and the y-axis labeled x / cm. The x-axis ranges from 0.00 to 0.25 with major ticks every 0.05. The y-axis ranges from 0.0 to 16.0 with major ticks every 2.0. There are six data points plotted with vertical error bars. A small grey square is drawn around the point at $t^{-1} \approx 0.07$ and $x \approx 9.0$.</p> <table border="1"><caption>Data points from the scatter plot</caption><thead><tr><th>t^{-1} / s^{-1}</th><th>x / cm</th></tr></thead><tbody><tr><td>0.025</td><td>3.0</td></tr><tr><td>0.030</td><td>3.5</td></tr><tr><td>0.035</td><td>4.0</td></tr><tr><td>0.040</td><td>5.5</td></tr><tr><td>0.050</td><td>7.5</td></tr><tr><td>0.100</td><td>12.0</td></tr><tr><td>0.200</td><td>15.5</td></tr></tbody></table>	t^{-1} / s^{-1}	x / cm	0.025	3.0	0.030	3.5	0.035	4.0	0.040	5.5	0.050	7.5	0.100	12.0	0.200	15.5	Allow any point within the grey square. The error bar is not required.	1
t^{-1} / s^{-1}	x / cm																				
0.025	3.0																				
0.030	3.5																				
0.035	4.0																				
0.040	5.5																				
0.050	7.5																				
0.100	12.0																				
0.200	15.5																				

Question			Answers	Notes	Total
1	c	ii	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>t^{-1} from 0.025 s^{-1} to 0.04 s^{-1} ✓</p> <p>giving t from 25 to 40 ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>the data do not support the hypothesis ✓</p> <p>any relevant support for the suggestion, eg straight line cannot be fitted through the error bars and the origin ✓</p>	<p><i>Do not allow ECF from MP1 to MP2.</i></p>	2

Question			Answers	Notes	Total
2	a	i	refractive index = 1.5 ✓	Both correct value and 2SF required for [1].	1
	a	ii	fractional uncertainty $x_3 - x_1 = \frac{0.04}{1.15} = 0.035$ AND $x_3 - x_2 = \frac{0.04}{0.76} = 0.053$ ✓ sum of fractional uncertainty = 0.088 ✓ «uncertainty = their RI \times 0.088» = 0.1 ✓	Accept correct calculation using maximum and minimum values giving the same answer.	3
	b	i	systematic error ✓	Accept “zero error/offset”.	1
	b	ii	calculated refractive index is unchanged ✓ because both numerator and denominator are unchanged ✓	Accept calculation of refractive index with 0.05 subtracted to each x value.	2
	c		numerator and denominator will be 10 times larger so refractive index is unchanged ✓ relative/absolute uncertainty will be smaller ✓	“Constant material” is not enough for MP1.	2

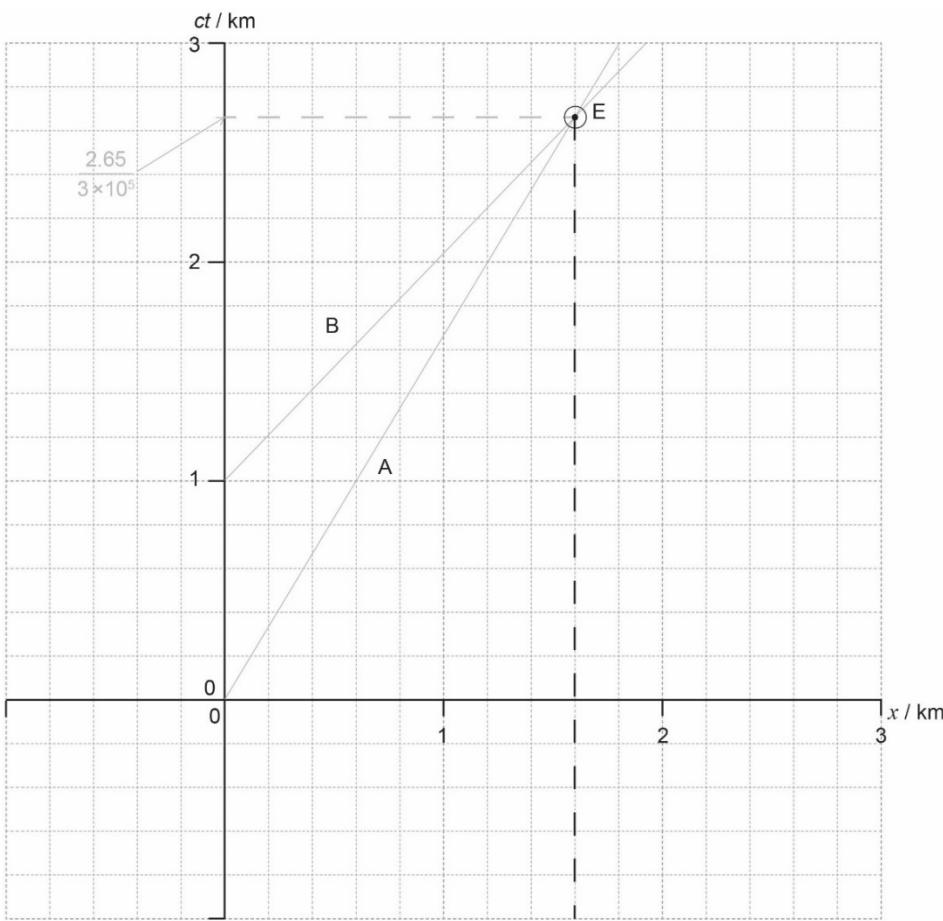
Section B

Option A — Relativity				
Question		Answers	Notes	Total
3	a	not being accelerated OR not subject to an unbalanced force OR where Newton's laws apply ✓		1
	b i	c ✓		1
	b ii	c+v ✓		1

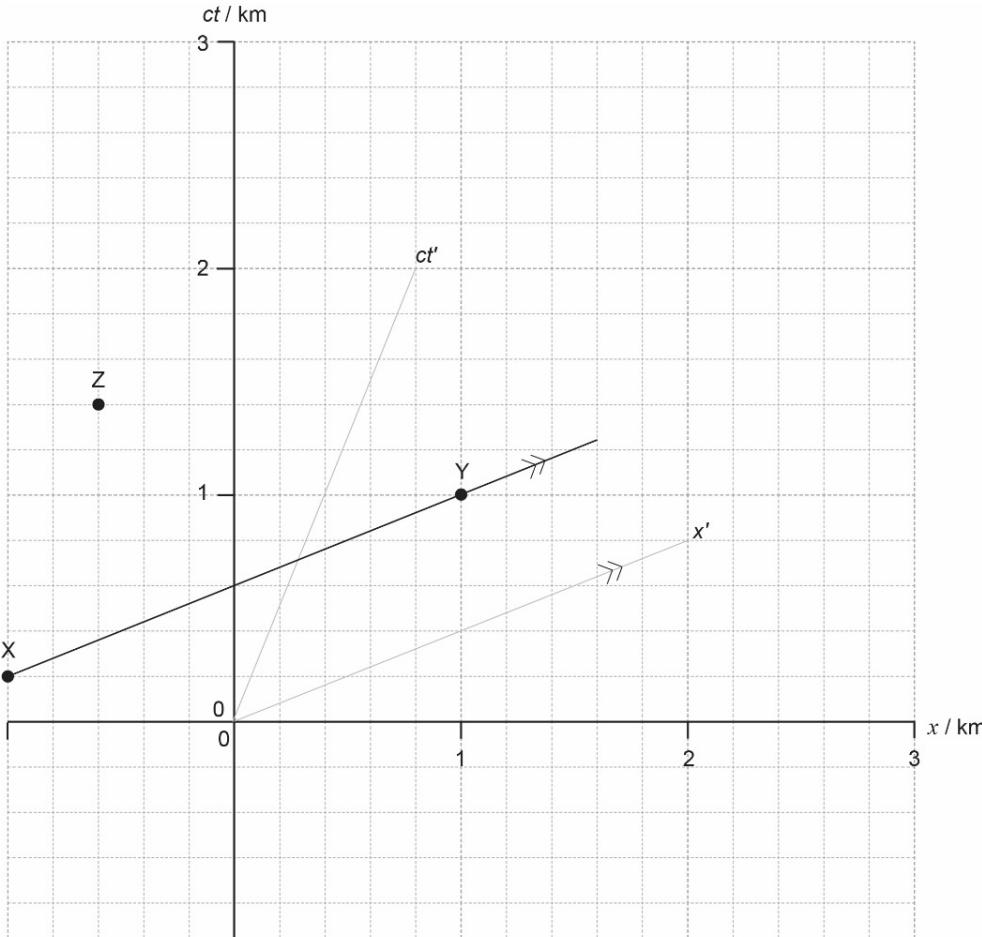
4		Y measures electrostatic <u>repulsion</u> only ✓ protons are moving relative to X «but not Y» OR protons are stationary relative to Y ✓ moving protons create magnetic fields around them according to X ✓ X also measures an <u>attractive</u> magnetic force OR relativistic/Lorentz effects also present ✓		4
---	--	--	--	---

Question			Answers	Notes	Total
5	a		<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>«rest mass = 0.511 MeV c⁻²» $\gamma = \frac{2.30}{0.511} = 4.50 \checkmark$</p> <p>$v = c\sqrt{\frac{\gamma^2 - 1}{\gamma^2}} \text{ OR } 3 \times 10^8 \times \left(\frac{4.50^2 - 1}{4.50^2}\right)^{\frac{1}{2}} \checkmark$</p> <p>$0.9750c \checkmark$</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.98^2}} = 5.0 \checkmark$</p> <p>$E = \gamma m_0 c^2 = 4.1 \times 10^{-13} \text{ J} \checkmark$</p> <p>$E = 2.6 \text{ MeV} \checkmark$</p>	Must see answer to at least 3SF.	3
	b	i	<p>distance = $\frac{0.800}{\gamma} \checkmark$</p> <p>0.178 m \checkmark</p>	Accept 0.159 for $\gamma = 5.0$.	2

Question			Answers	Notes	Total
5	b	ii	time = $\frac{0.800}{2.94 \times 10^8}$ ✓ 2.74 ns ✓		2
	b	iii	$\frac{2.74}{4.5} OR \frac{0.178}{2.94 \times 10^8}$ ✓ 0.608 ns ✓		2
	b	iv	it is measured in the frame of reference in which both events occur at the same position OR it is the shortest time interval possible ✓		1

Question		Answers	Notes	Total
6	a	$\Delta ct = 2.0 \text{ km } \text{ AND } \Delta x = 1.2 \text{ km } \checkmark$ $v = \frac{\Delta x}{\Delta ct} = \frac{1.2}{2.0} = 0.60c \checkmark$	<p>Allow any correct read-off from graph. Accept answers from $0.57c$ to $0.63c$.</p>	2
	b i	1.6 km \checkmark 	Allow $\pm 0.1 \text{ km}$.	1

Question		Answers	Notes	Total
6	b ii	<p>8.8 μs ✓</p>	<p>Allow $\pm 0.5 \mu$s.</p> <p>Allow ECF, the answer can be calculated from answers to (a) and (b)(i).</p>	1

Question			Answers	Notes	Total
6	c	i	<p>events at same perpendicular distance from x' axis of rocket are simultaneous OR line joining X to Y is parallel to x' axis ✓</p> <p>X and Y simultaneously then Z ✓</p> 	<p>MP1 may be present on spacetime diagram.</p>	2

Question			Answers	Notes	Total
6	c	ii	<p>constructs light cones to intersect worldline of observer ✓</p> <p>X first followed by Y and Z simultaneously ✓</p>	<p>Only Y and Z light cones need to be seen.</p>	2

Question		Answers	Notes	Total
7	a	<p>region of space with extreme/very large curvature of spacetime ✓ such that light cannot escape the region OR escape speed within region is $> c$ ✓</p>	<i>Do not allow “large” or omission of degree of curvature.</i>	2
	b	<p>time for 1 second spacecraft tick in observer frame = 1.07 s ✓</p> $1.07 = \frac{1.00}{\sqrt{1 - \frac{R_s}{2.3 \times 10^4}}} \text{ OR } R_s = 2.96 \times 10^3 \text{ m} \checkmark$ $M = \frac{c^2 \times 2.96 \times 10^3}{2 \times 6.67 \times 10^{-11}} = \gg 2.0 \times 10^{30} \text{ kg} \checkmark$		3

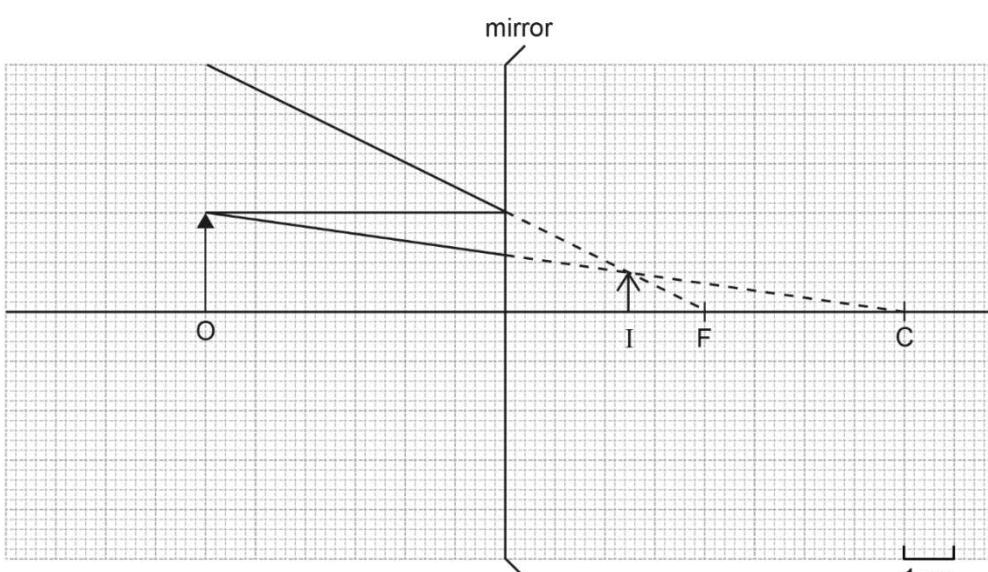
Option B — Engineering physics				
Question		Answers	Notes	Total
8	a	<p>because Mg and N act through the axis OR only F has a non-zero lever arm «about the axis» ✓</p>		1
	b	<p>ALTERNATIVE 1 use of Newton's law for linear motion: $Mgsin\theta - F = Ma$ ✓ use of Newton's law for rotational motion: $FR = I\alpha$ ✓ combining $Mgsin\theta = Ma + \frac{I\alpha}{R}$ ✓ substitution of $I = \frac{1}{2}MR^2$ and $\alpha = \frac{a}{R}$ ✓ to get result</p> <p>ALTERNATIVE 2 $Mgh = \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{4}Mv^2$ «from $\frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}MR^2\right)\frac{v^2}{R^2}$» ✓ $v^2 = \frac{4}{3}gh$ ✓ $v^2 = 2as = 2a\frac{h}{\sin\theta}$ ✓ manipulation to produce given answer ✓</p>		4

Question			Answers	Notes	Total
8	b	ii	<p>rearranging $s = \frac{1}{2}at^2$ to get $t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$ ✓</p> <p>substitution to get $t = \sqrt{\frac{2 \times 1.5}{\frac{2}{3} \times 9.81 \times \frac{1}{2}}} = 0.96 \text{ s}$ ✓</p>		2
	c		<p><u>acceleration</u> of ice is $g \sin \theta$ whereas for the solid cylinder acceleration is two thirds of this «so speed of ice must always be greater at same point» ✓</p>	<i>Allow answers in terms of energies, eg ice does not use energy to rotate and therefore will have a greater translational speed.</i>	1
	d		<p>the hollow cylinder has a greater moment of inertia ✓</p> <p>and hence a smaller acceleration ✓</p>		2

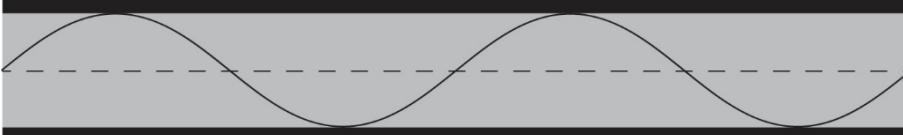
Question			Answers	Notes	Total
9	a	i	1400 K ✓		1
	a	ii	$\frac{3}{2}P\Delta V = \frac{3}{2} \times 4 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-3}$ ✓ 1800 J ✓		2
	a	iii	$1800 + P\Delta V = 1800 + 4 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-3}$ OR use of $\Delta Q = \frac{5}{2}P\Delta V$ ✓ 3000 J ✓		2
	a	iv	curve starting at A ending on line CB AND between B and zero pressure ✓		1
	b	i	0 ✓		1
	b	ii	ALTERNATIVE 1 C has the same volume as B OR entropy is related to disorder ✓ higher temperature/pressure means greater disorder ✓ therefore entropy at C is greater «because entropy is related to disorder» ✓ ALTERNATIVE 2 to change from B to C, $\Delta Q > 0$ ✓ so $\Delta S > 0$ ✓ ΔS related to disorder ✓		3

Question			Answers	Notes	Total
10	a		« $118 + 105 \text{ kPa}$ » = $2.23 \times 10^5 \text{ Pa}$ ✓		1
	b		<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>«from Bernoulli's Law» total pressure at Q = static pressure + dynamic pressure = constant «$2.2 \times 10^5 \text{ Pa}$» ✓</p> <p>dynamic pressure «$= \frac{1}{2} \rho V^2$» increases from zero, so static pressure decreases ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>water rushes out of tap at higher velocity, so pressure is lower ✓</p> <p>due to Bernoulli's Principle ✓</p>		2
	c	i	$R = \frac{1.27 \times 0.05 \times 1.00 \times 10^3}{1.8 \times 10^{-3}}$ ✓ $R = 3.5 \times 10^4$ ✓	<i>Allow use of diameter to give</i> $R = 7.0 \times 10^4$.	2
	c	ii	flow is turbulent ✓	Answers in (c)(i) and (c)(ii) must be consistent.	1

Question		Answers		Notes	Total
11	a	high Q means low damping OR system oscillates with low damping ✓ «exponential» decrease of amplitude/energy OR oscillates about 200 times before coming to rest ✓ loses about 3% of energy per cycle OR loses small amount of energy each cycle ✓			2 max
	b i	large amplitude/resonance ✓			1
	b ii	small amplitude AND A «almost» in phase with P ✓			1

Option C — Imaging			
Question		Answers	Notes
12	a	 <p>one correct ray drawn ✓ another correct ray ✓ image located at intersection of rays, behind the mirror ✓</p>	<i>Label I is required.</i>
	b	≈ 0.4 ✓	1
	c	<p>image is in better focus/sharper OR parabolic do not suffer from spherical aberration ✓ parabolic mirrors reflect parallel rays through one point ✓ whereas spherical mirrors reflect parallel rays through different points ✓</p>	<i>Award 3rd mark even if implied in the answer.</i>

Question			Answers	Notes	Total
13	a		$F_o + f_e = 84$ so $f_e = 84 - 82 = 2 \text{ cm}$ ✓ $\text{« } M = \frac{f_o}{f_e} = \frac{82}{2} = \text{» } 41$ ✓		2
	b		a sign convention is a way to distinguish between real and virtual objects or images or converging and diverging lenses ✓		1
	c	i	image will be virtual $v = -25 \text{ cm}$ ✓ $\frac{1}{u} = \frac{1}{82} + \frac{1}{25}$ ✓ $\text{«=19 cm or } 0.19 \text{ m»}$	<i>Award [1 max] if $v = +25 \text{ cm}$ used to give $u = -36 \text{ cm}$.</i>	2
	c	ii	image will be real $v = 84 - 19 = 65 \text{ «cm»}$ ✓ $\text{« } \frac{1}{u} = \frac{1}{2} - \frac{1}{65} \text{ » so } u = 2.1 \text{ cm}$ ✓		2
	c	iii	$M_e = \text{« } \frac{D}{f_e} + 1 = \frac{25}{82} + 1 = \text{» } 1.3$ AND $m_o = \text{« } \frac{v}{f_o} - 1 = \frac{65}{2} - 1 = \text{» } 31 \text{ or } 32$ ✓ so $M = \text{« } M_e m_o = 1.3 \times 31 = \text{» } 40 \text{ or } 41$ ✓	<i>Far point adjustment gives $M = 9.3$ (accept answers from interval 9.3 to 9.6), award [1 max] for full working.</i>	2

Question			Answers	Notes	Total
14	a		<p>curved, symmetrical path ✓</p> 	<p><i>Refraction on entry not required and ignored in diagram for simplicity.</i></p>	1
	b		<p>waveguide dispersion means that rays not parallel to the central axis take longer to transmit ✓</p> <p>in a graded-index fibre rays away from the central axis travel at a higher speed OR rays are «refracted» closer to the central axis OR effective diameter of the fibre is reduced ✓</p> <p>because refractive index is greater in the centre OR refractive index is less at the edge ✓</p>		3

15	a	i	$\mu = 2.7 \times 10^{-3} (\pm 0.3 \times 10^{-3})$ ✓ So $\frac{I}{I_o} = « e^{-\mu x} = e^{-(2.7 \times 10^{-3} \times 8 \times 10^{-2})} » = 0.9999 \approx 1.0$ ✓		2
	a	ii	« $\mu = 50$ to give » $\frac{I}{I_o} = 1.8 \times 10^{-2}$ ✓		1
	b		low energy radiation removed but not high energy radiation ✓ radiation has narrower range of energies ✓ only necessary radiation reaches the patient making it safer ✓		2 max

Question		Answers	Notes	Total
16	a	<p><i>Advantage:</i> no ionizing radiation OR high res images <u>of soft tissue</u> OR 3D images ✓</p> <p><i>Disadvantage:</i> «generally» more expensive OR takes much longer OR less detail of bony structures «than X-ray» OR noisy for patient OR claustrophobic for patient OR cannot be used for patients with metal implants ✓</p>	<i>Do not accept advantages that are also true of X-rays, eg non-invasive.</i>	2
	b	<p>a gradient field is added to a magnetic field that is originally uniform across patient ✓ the gradient field varies linearly across patient ✓ as the protons relax a «radio frequency» signal is emitted ✓ the emitted signal frequency is proportional to the total strength of the magnetic field ✓ the signal frequency depends on the emission position in the patient ✓</p>		3 max

Option D — Astrophysics				
Question		Answers	Notes	Total
17	a	made of dust and/or gas ✓ formed from supernova ✓ can form new stars ✓ some radiate light from enclosed stars ✓ some absorb light from distant stars ✓		1 max
	b	$d = \frac{1}{8.32 \times 10^{-3}}$ OR 120 «pc» ✓ $120 \times 3.26 \times 9.46 \times 10^{15} = 3.70 \times 10^{18}$ m ✓	Answer must be in metres, watch for POT.	2
	c	distances are so big/large OR to avoid using large powers of 10 OR they are based on convenient definitions ✓		1

18	a	$T = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{740 \times 10^{-9}}$ ✓ 3900 K ✓	Answer must be to at least 2SF.	2
	b	$L = 5.67 \times 10^{-8} \times 4\pi \times (3.1 \times 10^{10})^2 \times 4000^4$ ✓ $= 1.8 \times 10^{29}$ W ✓	Accept use of 3900^4 to give 1.6×10^{29} W.	2
	c	absorption lines in spectra ✓ are specific to particular elements ✓	Accept “emission lines in spectra”.	2
	d	helium ✓		1

Question			Answers	Notes	Total
18	e		helium flash ✓ expansion of outer shell OR surface temperature increase ✓ planetary nebula phase ✓ only the core remains ✓ if below 1.4 Ms/Chandrasekhar limit then white dwarf ✓		3 max

19	a	i	$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ where $\Delta\lambda$ is the redshift of a wavelength and λ_0 is the wavelength measured at rest on Earth OR it is a measure of cosmological redshift ✓	<i>Do not allow just "redshift".</i>	1
	a	ii	« $z = \frac{R}{R_0} - 1$, $\frac{R_0}{R} = \frac{1}{z+1}$ » so $\frac{R_0}{R} = «\frac{1}{1.16}» = 0.86$ ✓	<i>Do not accept answer 1.16.</i>	1
	a	iii	$v = zc = 0.16 \times 3 \times 10^8 = 4.8 \times 10^4 \text{ km s}^{-1}$ ✓ $d = \frac{v}{H_0} = \frac{4.8 \times 10^4}{68} = 706 \text{ Mpc}$ OR $2.2 \times 10^{25} \text{ m}$ ✓		2
	b		as the universe expanded it cooled/wavelength increased ✓ the temperature dropped to the present approximate 3 K OR wavelength stretched to the present approximate 1 mm ✓	<i>Value is required for MP2.</i>	2

Question		Answers	Notes	Total
20	a	<p>a gas cloud will collapse to form a star ✓</p> <p>if «the magnitude of» the gravitational potential energy of the particles is greater than the kinetic energy of the particles OR mass of the cloud is greater than the Jeans mass ✓</p>		2
	b	<p>Ia have consistent maxima in their light curves but II vary ✓</p> <p>Ia has a strong ionized SII line but II has hydrogen lines in their spectra ✓</p> <p>Ia was a white dwarf but II are massive stars ✓</p> <p>Ia form from binary systems but II are the result of core collapse of a star ✓</p> <p>Ia can be used as standard candles but II are not ✓</p>		3 max

Question			Answers	Notes	Total
21	a	i	<p>curve beginning on $R = 0$ before present time and ending after present time on $R = 0$ ✓</p>		1
	a	ii	<p>curve starting earlier than C with general shape shown above ✓ coincides with curve C at present time ✓</p>	Judge by eye.	2

Question		Answers	Notes	Total
21	b	rotation speeds of galaxies is greater at the edges than expected ✓ so the density at the edges must be greater than that supplied by luminous matter alone ✓	<i>Accept any other valid piece of evidence, eg gravitational lensing, which provides a good measure of galactic cluster masses.</i>	2

Física
Nivel superior
Prueba 1

Martes 8 de noviembre de 2016 (mañana)

1 hora

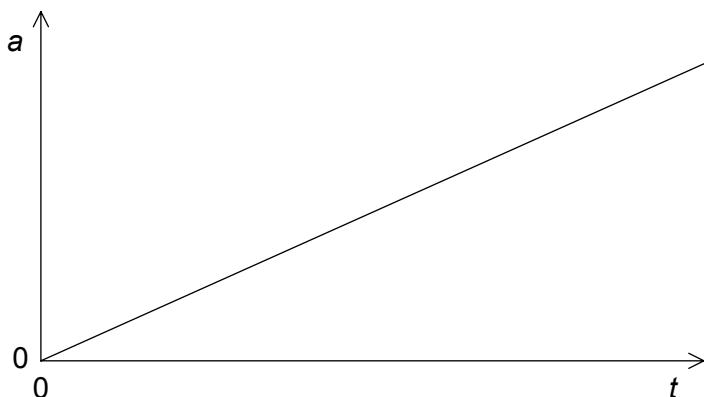
Instrucciones para los alumnos

- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Seleccione la respuesta que considere más apropiada para cada pregunta e indique su elección en la hoja de respuestas provista.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[40 puntos]**.

1. Un chico salta desde un muro de 3m de altura. ¿Cuál será una buena estimación de la variación de su momento lineal cuando alcanza el suelo sin rebotar?
 - A. $5 \times 10^0 \text{ kg m s}^{-1}$
 - B. $5 \times 10^1 \text{ kg m s}^{-1}$
 - C. $5 \times 10^2 \text{ kg m s}^{-1}$
 - D. $5 \times 10^3 \text{ kg m s}^{-1}$

2. Un automóvil se desplaza en dirección norte con una rapidez constante de 3 m s^{-1} durante 20s y después hacia el este con una rapidez constante de 4 m s^{-1} durante 20s. ¿Cuál es la rapidez media del coche durante este movimiento?
 - A. $7,0 \text{ m s}^{-1}$
 - B. $5,0 \text{ m s}^{-1}$
 - C. $3,5 \text{ m s}^{-1}$
 - D. $2,5 \text{ m s}^{-1}$

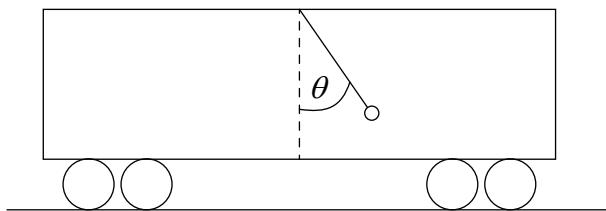
3. Un alumno traza una gráfica que muestra la variación con el tiempo t de la aceleración a de un objeto.



¿Qué podrá deducir el alumno a partir tan solo de la gráfica? ¿Y qué magnitud de la gráfica empleará para hacer esta deducción?

	Deducción	Magnitud empleada
A.	variación en velocidad	pendiente de la gráfica
B.	variación en velocidad	área bajo la línea
C.	variación en desplazamiento	pendiente de la gráfica
D.	variación en desplazamiento	área bajo la línea

4. Mediante una cuerda se cuelga una masa del techo de un vagón de tren. La cuerda forma un ángulo θ con la vertical cuando el tren acelera sobre una vía horizontal y recta.

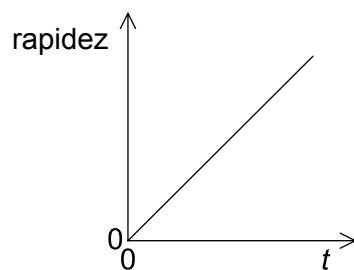
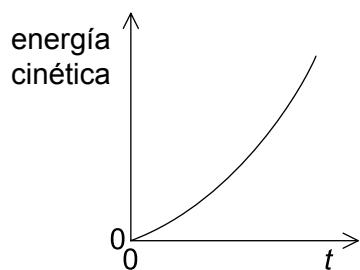


¿Cuál será la aceleración del tren?

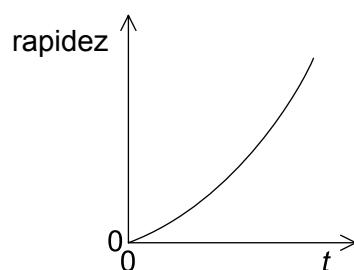
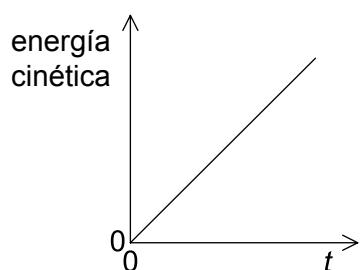
- A. $g \sin \theta$
- B. $g \cos \theta$
- C. $g \tan \theta$
- D. $\frac{g}{\tan \theta}$

5. Un objeto, inicialmente en reposo, se acelera mediante una fuerza constante. ¿Qué gráficas muestran la variación de la energía cinética con el tiempo t , y la variación de la rapidez del objeto con el tiempo t ?

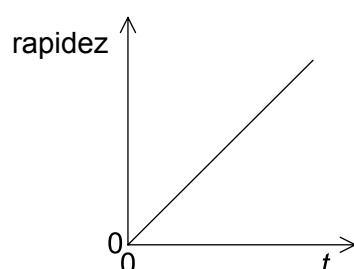
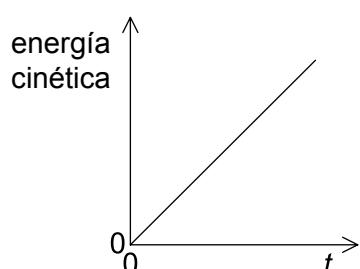
A.



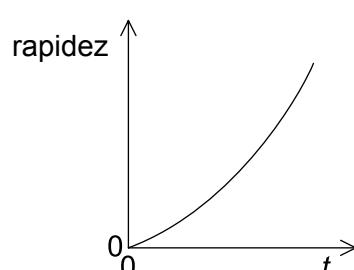
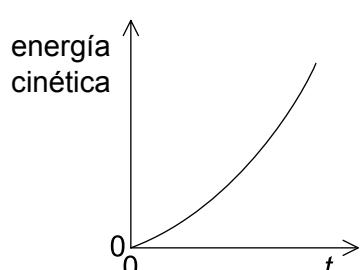
B.



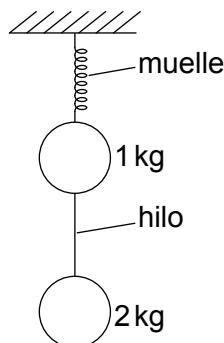
C.



D.



6. Se conectan dos objetos estacionarios de masa 1 kg y 2 kg mediante un hilo y se cuelgan de un muelle (resorte).

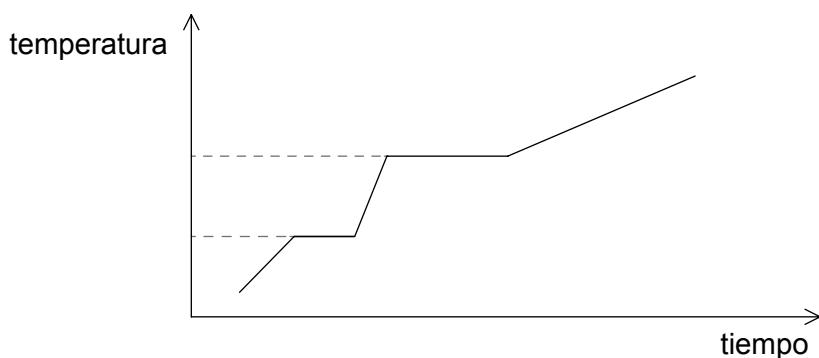


Si se corta el hilo, ¿cuánto valdrán los módulos de las aceleraciones de los objetos inmediatamente después del corte en función de la aceleración debida a la gravedad g ?

	Aceleración del objeto de 1 kg	Aceleración del objeto de 2 kg
A.	$3g$	$2g$
B.	$2g$	$2g$
C.	$3g$	$1g$
D.	$2g$	$1g$

7. Se lanza en vertical hacia abajo un objeto de masa 2 kg con energía cinética inicial de 100 J. ¿Cuál será la distancia recorrida por el objeto en el instante en que su energía cinética se haya duplicado?
- A. 2,5 m
 B. 5,0 m
 C. 10 m
 D. 14 m
8. Un alumno cuyo peso es de 600 N sube por una escalera vertical de 6,0 m de altura en un tiempo de 8,0 s. ¿Cuál será la potencia desarrollada en contra de la gravedad por el alumno?
- A. 22 W
 B. 45 W
 C. 220 W
 D. 450 W

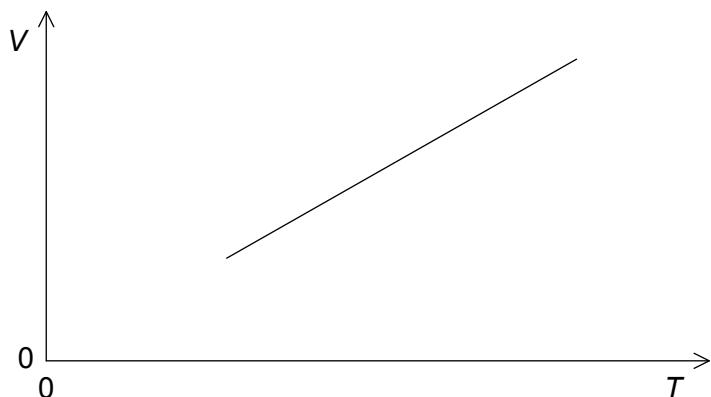
9. A una masa fija de un material se le suministra energía a ritmo constante. El material es inicialmente sólido. La gráfica muestra la variación de la temperatura del material frente al tiempo.



Si los calores específicos de las formas sólida, líquida y gaseosa del material son c_s , c_l y c_g respectivamente, ¿qué se puede deducir de los valores de c_s , c_l y c_g ?

- A. $c_s > c_g > c_l$
 - B. $c_l > c_s > c_g$
 - C. $c_l > c_g > c_s$
 - D. $c_g > c_s > c_l$
10. Se reduce, a temperatura constante, la presión de una masa fija de un gas ideal en un recipiente. Las moléculas del gas sufrirán una disminución en:
- A. su velocidad cuadrática media.
 - B. el número de ellas que golpean las paredes del recipiente en cada segundo.
 - C. la fuerza entre ellas.
 - D. su diámetro.

11. Se mantiene a una presión constante p un gas ideal de N moléculas. La gráfica muestra cómo varía el volumen V del gas frente a la temperatura absoluta T .



¿Cuál será la pendiente de la gráfica?

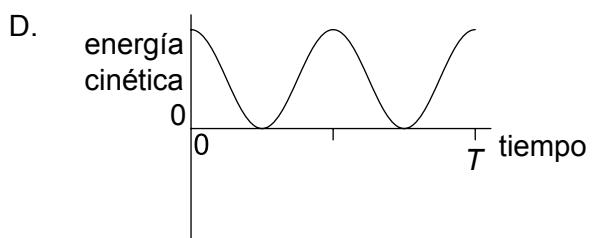
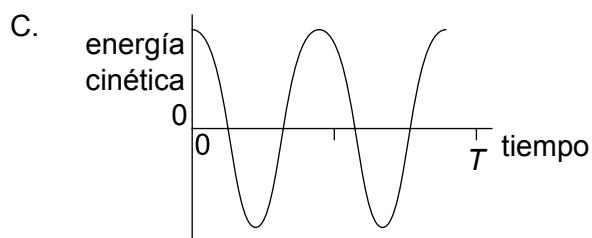
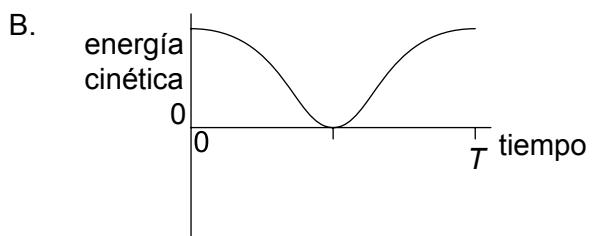
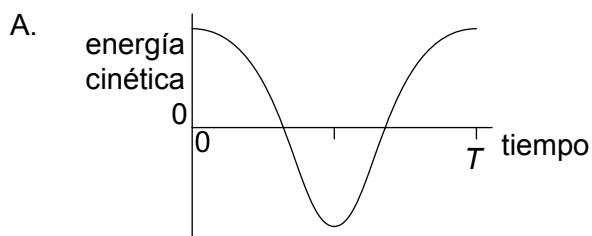
A. $\frac{N}{p}$

B. $\frac{NR}{p}$

C. $\frac{Nk_B}{p}$

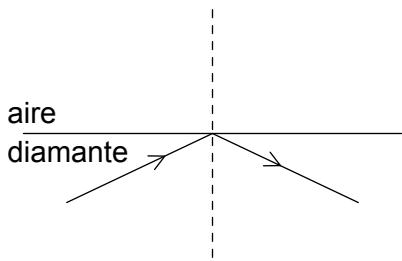
D. $\frac{N}{Rp}$

12. Una partícula oscila con movimiento armónico simple (mas) de período T . ¿Cuál de las gráficas muestra la variación con el tiempo de la energía cinética de la partícula?

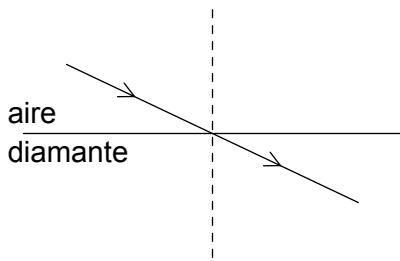


13. Un rayo de luz incide sobre la frontera aire-diamante. Si el índice de refracción del diamante es mayor que 1, ¿cuál de los diagramas muestra la trayectoria correcta del rayo de luz?

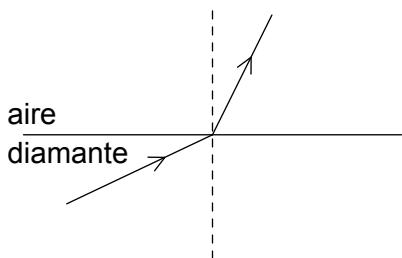
A.



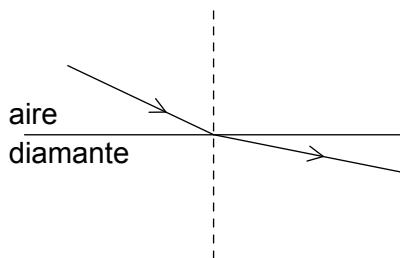
B.



C.



D.



14. Una fuente puntual de luz de amplitud A_0 da lugar a una intensidad de luz concreta cuando se observa a cierta distancia de la fuente. Al hacer mayor la amplitud y duplicar la distancia de observación se duplica la intensidad de la luz. ¿Cuál es la nueva amplitud de la fuente?

A. $2A_0$

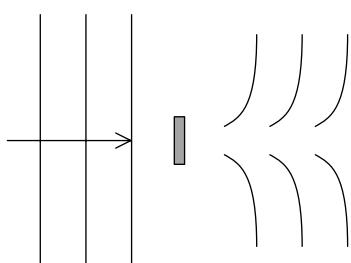
B. $2\sqrt{2} A_0$

C. $4A_0$

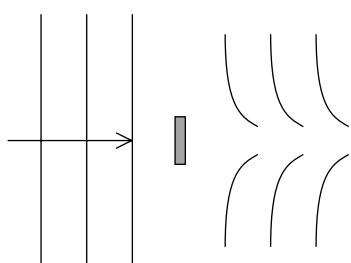
D. $8A_0$

15. ¿Cuál de los diagramas muestra la forma del frente de onda que resulta de la difracción de ondas planas por un objeto?

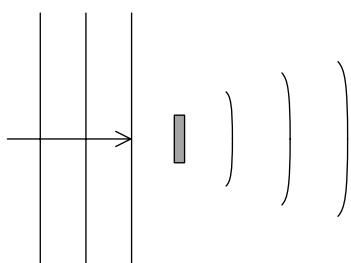
A.



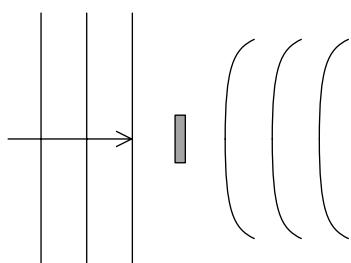
B.



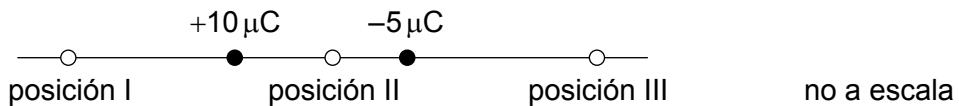
C.



D.



16. Una carga de $-5\ \mu\text{C}$ y otra de $+10\ \mu\text{C}$ se encuentran separadas por una distancia fija.



¿Dónde puede anularse el campo eléctrico?

- A. en la posición I solamente
 - B. en la posición II solamente
 - C. en la posición III solamente
 - D. en las posiciones I, II y III
17. Una batería de 12V tiene una resistencia interna de $2,0\Omega$. Se conecta a la batería una resistencia variable y se regula esta última para igualarla a la resistencia interna de la batería.
¿Qué afirmación será correcta para este circuito?
- A. La corriente en la batería es de 6A.
 - B. La diferencia de potencial en la resistencia variable es de 12V.
 - C. La potencia disipada en la batería es de 18W.
 - D. La resistencia en el circuito es de $1,0\Omega$.

18. Un cable que transporta una corriente de intensidad I es perpendicular a un campo magnético uniforme de intensidad B . Sobre el cable actúa una fuerza magnética F . ¿Qué fuerza actuará si se coloca el mismo cable en perpendicular a un campo magnético uniforme de intensidad $2B$ cuando la intensidad de la corriente es $\frac{I}{4}$?
- A. $\frac{F}{4}$
B. $\frac{F}{2}$
C. F
D. $2F$
19. Un objeto en el extremo de una barra de madera gira en una circunferencia vertical con velocidad angular constante. ¿Qué afirmación es correcta respecto a la tensión en la barra?
- A. Es máxima cuando el objeto está en lo más bajo de la circunferencia.
B. Es máxima cuando el objeto está a mitad de altura sobre la circunferencia.
C. Es máxima cuando el objeto está en lo más alto de la circunferencia.
D. No varía durante el movimiento.
20. ¿Cuál de las siguientes enumera las partículas emitidas durante la desintegración radiactiva en orden creciente de poder de ionización?
- A. γ, β, α
B. β, α, γ
C. α, γ, β
D. α, β, γ
21. Cuando una partícula alfa colisiona con un núcleo de nitrógeno 14 ($^{14}_7\text{N}$), puede producirse un núcleo X junto con un protón. ¿Cuál será X?
- A. $^{18}_8\text{X}$
B. $^{17}_8\text{X}$
C. $^{18}_9\text{X}$
D. $^{17}_9\text{X}$

22. El defecto de masa del deuterio es de 4×10^{-30} kg. ¿Cuál es entonces la energía de enlace del deuterio?

- A. 4×10^{-7} eV
- B. 8×10^{-2} eV
- C. 2×10^6 eV
- D. 2×10^{12} eV

23. ¿Cuáles son las principales transiciones de energía en una célula fotovoltaica y en un panel calefactor solar?

	Célula fotovoltaica	Panel calefactor solar
A.	solar a eléctrica	solar a térmica
B.	solar a térmica	solar a térmica
C.	solar a eléctrica	eléctrica a térmica
D.	solar a térmica	eléctrica a térmica

24. La constante solar es la intensidad de la radiación solar:

- A. en la superficie de la Tierra.
- B. a la distancia media entre el Sol y la órbita de la Tierra alrededor del Sol.
- C. en la superficie del Sol.
- D. a 10 km sobre la superficie de la Tierra.

25. X e Y son dos cuerpos negros radiantes esféricos que emiten la misma potencia total. La temperatura absoluta de X es la mitad de la de Y.

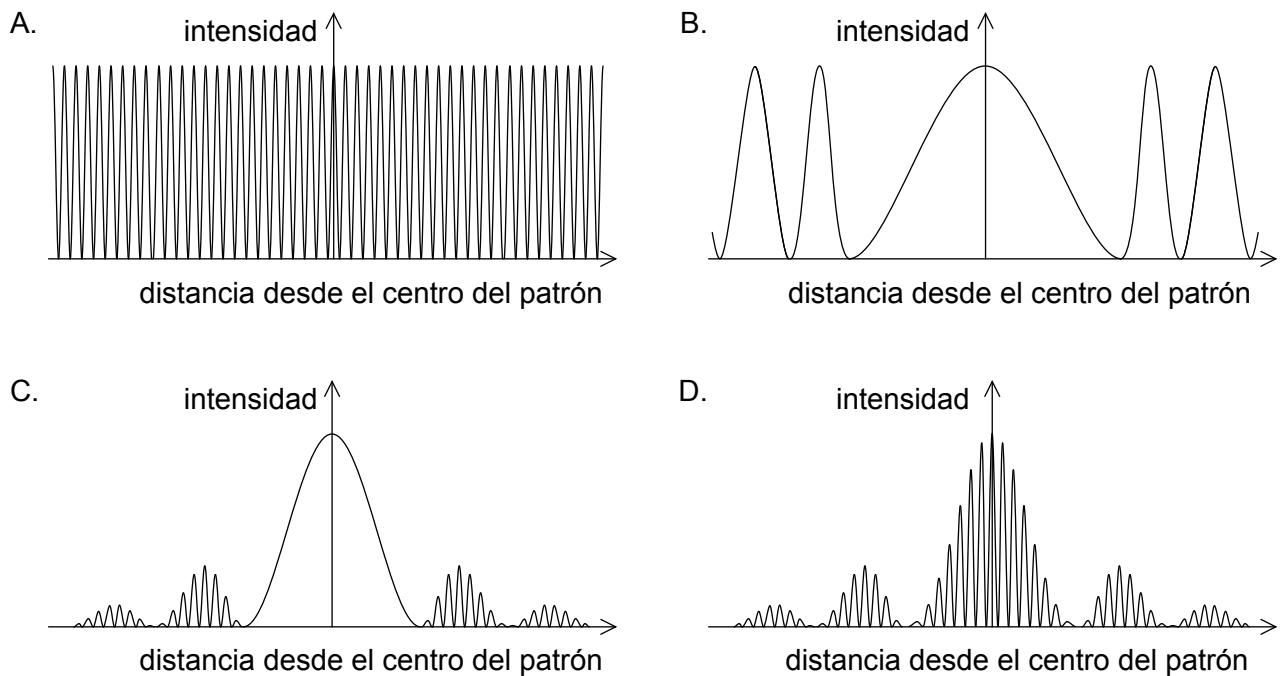
¿Cuál será el cociente $\frac{\text{radio de X}}{\text{radio de Y}}$?

- A. 4
- B. 8
- C. 16
- D. 32

26. Si una partícula oscila con movimiento armónico simple (mas) de amplitud x_0 y energía cinética máxima E_k , ¿cuál será la energía potencial del sistema cuando la partícula está a una distancia $0,20x_0$ de su desplazamiento máximo?

- A. $0,20 E_k$
- B. $0,36 E_k$
- C. $0,64 E_k$
- D. $0,80 E_k$

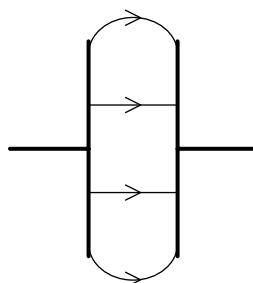
27. Sobre una doble rendija incide luz monocromática. Las dos rendijas tienen una anchura finita. La luz produce un patrón de interferencia sobre una pantalla a cierta distancia. ¿Cuál de las gráficas muestra la variación de la intensidad frente a la distancia desde el centro del patrón?



28. Sobre una red de difracción con una separación entre rendijas de $\frac{7\lambda}{2}$ incide en perpendicular luz con longitud de onda λ . ¿Cuál será el mayor número de máximos que podrá observarse mediante este montaje?

- A. 4
- B. 6
- C. 7
- D. 9

- 29.** Se utiliza una red de difracción para observar luz con longitud de onda de 400 nm. Si la luz ilumina 100 rendijas de la red, ¿cuál será la mínima diferencia en longitudes de onda que podrá ser resuelta al observar el segundo orden de difracción?
- A. 1 nm
 B. 2 nm
 C. 4 nm
 D. 8 nm
- 30.** ¿Cuál es la unidad de $G\epsilon_0$, en donde G es la constante gravitacional y ϵ_0 es la permitividad del espacio vacío?
- A. $C\text{kg}^{-1}$
 B. $C^2\text{kg}^{-2}$
 C. $C\text{kg}$
 D. $C^2\text{kg}^2$
- 31.** Se conectan dos placas paralelas a un suministro de potencia de corriente continua (CC). En el espacio entre las placas se forma un campo eléctrico como el que se muestra.



¿Cuál será la forma de las superficies equipotenciales que resultan de este montaje?

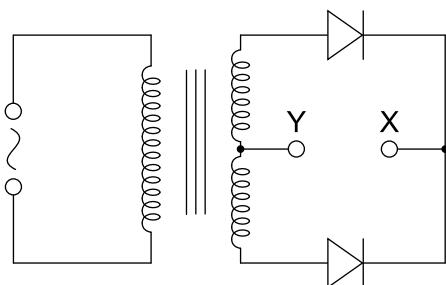
- A.
- B.
- C.
- D.

32. Un satélite con masa de 1500 kg se encuentra en el campo gravitatorio de la Tierra. Se desplaza desde un punto en el que el potencial gravitatorio es de -30 MJ kg^{-1} hasta otro punto en el que el potencial gravitatorio es de -20 MJ kg^{-1} . ¿Cuál será el sentido del movimiento del satélite y la variación en su energía potencial gravitatoria?

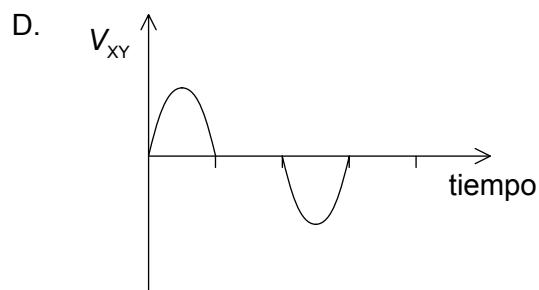
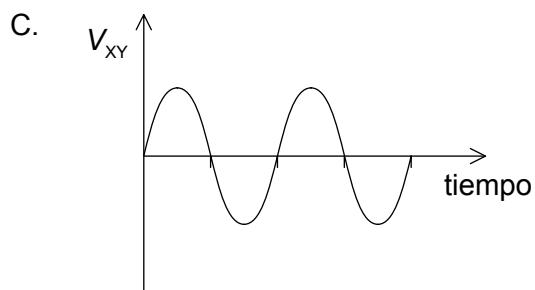
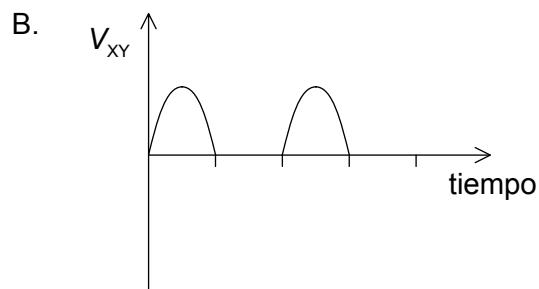
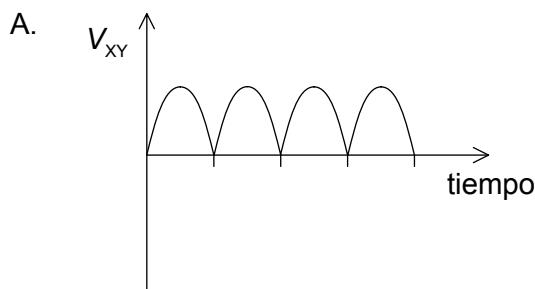
Sentido de movimiento del satélite	Variación en la energía potencial gravitatoria / GJ
A. alejándose de la Tierra	15
B. alejándose de la Tierra	75
C. hacia la Tierra	15
D. hacia la Tierra	75

33. ¿Cuál de las siguientes acciones reduce las pérdidas de energía de un transformador?
- A. El uso de cables más finos para el devanado.
 - B. El uso de un núcleo sólido en vez de uno laminado.
 - C. El uso de un núcleo de acero en vez de hierro.
 - D. El aumento del enlace de flujo desde el núcleo primario hasta el secundario.

34. Se conecta la bobina secundaria de un transformador de corriente alterna (CA) a dos diodos, tal como se muestra.



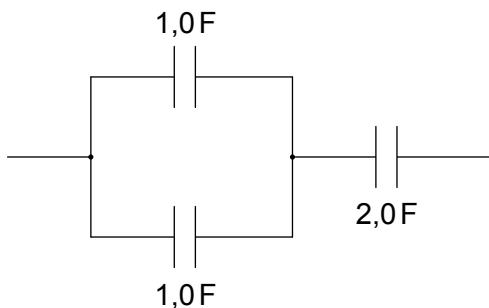
¿Cuál de las gráficas muestra la variación con el tiempo de la diferencia de potencial V_{XY} entre X e Y?



35. Se conecta un condensador (capacitor) de placas paralelas a una batería. ¿Qué ocurre cuando se inserta una lámina de material dieléctrico entre las placas sin desconectar la batería?

- A. La capacidad (capacitancia) no varía.
- B. La carga almacenada se reduce.
- C. La energía almacenada aumenta.
- D. La diferencia de potencial entre las placas se reduce.

36. Se disponen tres condensadores (capacitores) tal como se muestra.



¿Cuál es la capacidad (capacitancia) total de esta disposición?

- A. 1,0F
 - B. 2,5F
 - C. 3,0F
 - D. 4,0F
37. En presencia de un núcleo, un fotón provoca una creación de pares. En este proceso, ¿qué cantidades se conservan de entre el momento y la energía?

	Momento	Energía
A.	no se conserva	no se conserva
B.	no se conserva	se conserva
C.	se conserva	no se conserva
D.	se conserva	se conserva

38. La incertidumbre en la posición de un electrón de masa m es r . ¿Cuál será la incertidumbre en la velocidad del electrón??

- A. $\frac{h}{4\pi r}$
- B. $\frac{hr}{4\pi m}$
- C. $\frac{hm}{4\pi r}$
- D. $\frac{h}{4\pi mr}$

39. ¿Cuáles de las siguientes observaciones en un experimento de desintegración radiactiva proporcionan evidencia de la existencia de niveles nucleares de energía?
- I. El espectro de energías de las partículas alfa
 - II. El espectro de energías de las partículas beta
 - III. El espectro de energías de los rayos gamma
- A. Solo I y II
- B. Solo I y III
- C. Solo II y III
- D. I, II y III
40. ¿Cuál es la carga de un antineutrino electrónico y en el transcurso de qué proceso se produce un antineutrino electrónico?

	Carga del antineutrino electrónico	Producción del antineutrino electrónico
A.	negativa	durante la emisión β^+
B.	negativa	durante la emisión β^-
C.	nula	durante la emisión β^+
D.	nula	durante la emisión β^-

Markscheme

November 2016

Physics

Higher level

Paper 1

2 pages

1.	<u>C</u>	16.	<u>C</u>	31.	<u>B</u>	46.	<u>-</u>
2.	<u>C</u>	17.	<u>C</u>	32.	<u>A</u>	47.	<u>-</u>
3.	<u>B</u>	18.	<u>B</u>	33.	<u>D</u>	48.	<u>-</u>
4.	<u>C</u>	19.	<u>A</u>	34.	<u>A</u>	49.	<u>-</u>
5.	<u>A</u>	20.	<u>A</u>	35.	<u>C</u>	50.	<u>-</u>
6.	<u>D</u>	21.	<u>B</u>	36.	<u>A</u>	51.	<u>-</u>
7.	<u>B</u>	22.	<u>C</u>	37.	<u>D</u>	52.	<u>-</u>
8.	<u>D</u>	23.	<u>A</u>	38.	<u>D</u>	53.	<u>-</u>
9.	<u>D</u>	24.	<u>B</u>	39.	<u>B</u>	54.	<u>-</u>
10.	<u>B</u>	25.	<u>A</u>	40.	<u>D</u>	55.	<u>-</u>
11.	<u>C</u>	26.	<u>C</u>	41.	<u>-</u>	56.	<u>-</u>
12.	<u>D</u>	27.	<u>D</u>	42.	<u>-</u>	57.	<u>-</u>
13.	<u>A</u>	28.	<u>C</u>	43.	<u>-</u>	58.	<u>-</u>
14.	<u>B</u>	29.	<u>B</u>	44.	<u>-</u>	59.	<u>-</u>
15.	<u>A</u>	30.	<u>B</u>	45.	<u>-</u>	60.	<u>-</u>

Física

Nivel superior

Prueba 2

Martes 8 de noviembre de 2016 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

2 horas 15 minutos

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

Instrucciones para los alumnos

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
 - No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
 - Conteste todas las preguntas.
 - Escriba sus respuestas en las casillas provistas.
 - 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 **[95 puntos]**.



No escriba en esta página.

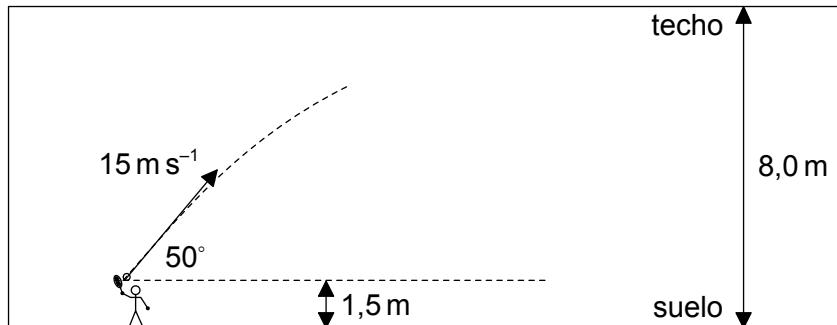
Las respuestas que se escriban en
esta página no serán corregidas.



28EP02

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

1. Se golpea con una raqueta una pelota de tenis desde un punto a 1,5 m sobre el suelo. El techo está a 8,0 m sobre el suelo. La velocidad inicial de la pelota es de 15 m s^{-1} a 50° sobre la horizontal. Suponga que la resistencia del aire es despreciable.



- (a) Determine si la pelota golpeará el techo.

[3]

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

- (b) La pelota de tenis se encontraba parada antes de ser golpeada. Tiene una masa de $5,8 \times 10^{-2} \text{ kg}$ y estuvo en contacto con la raqueta durante 23 ms.

- (i) Calcule la fuerza media ejercida por la raqueta sobre la pelota.

[1]

.....
.....

- (ii) Explique cómo se aplica la tercera ley de Newton cuando la raqueta golpea a la pelota de tenis.

[2]

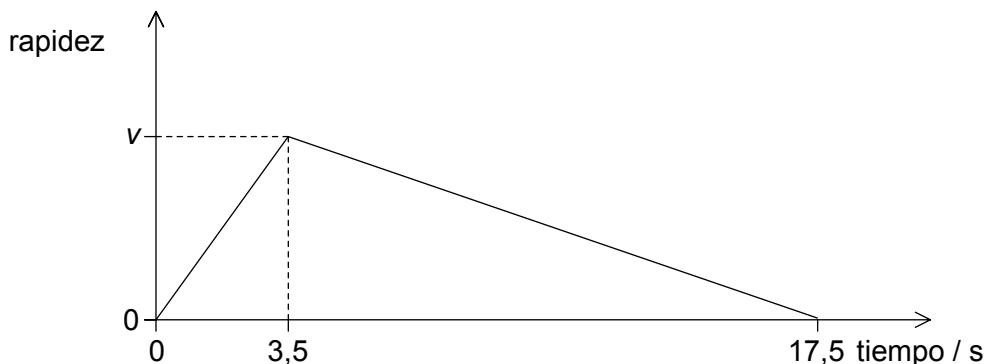
.....
.....
.....
.....
.....



28EP03

Véase al dorso

2. El *curling* es un deporte que se practica sobre una superficie horizontal de hielo. Un jugador empuja una piedra grande y lisa sobre el hielo durante varios segundos y la suelta. La piedra se sigue moviendo hasta que el rozamiento la hace parar. En la gráfica se muestra la variación con el tiempo de la rapidez de la piedra.



La distancia total recorrida por la piedra en 17,5 s es de 29,8 m.

- (a) Determine la rapidez máxima v de la piedra.

[2]

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

- (b) Determine el coeficiente de rozamiento dinámico entre la piedra y el hielo durante los últimos 14,0 s del movimiento de la piedra.

[3]

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

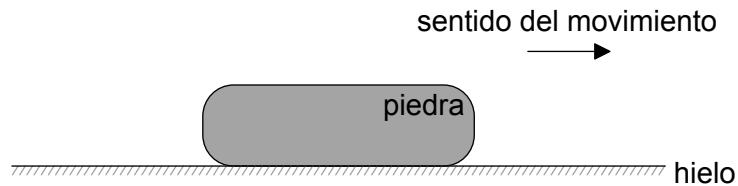
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP04

(Pregunta 2: continuación)

- (c) El diagrama muestra la piedra durante su movimiento **tras** ser soltada.



Etiquete el diagrama mostrando las fuerzas que actúan sobre la piedra. La respuesta ha de incluir el nombre, la dirección **y** el punto de aplicación de cada fuerza.

[3]



28EP05

Véase al dorso

3. (a) Defina *energía interna*.

[2]

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

(b) 0,46 moles de un gas ideal monoatómico se encuentran atrapados en un cilindro. El gas tiene un volumen de 21 cm^3 cuando está a una presión de 1,4 Pa.

(i) Indique cómo difiere la energía interna de un gas ideal de la de un gas real.

[1]

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

(ii) Determine, en kelvin, la temperatura del gas en el cilindro.

[2]

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

(iii) La teoría cinética de los gases ideales es un ejemplo de modelo científico. Identifique **dos** razones por las que tales modelos son útiles para los científicos.

[2]

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



28EP06

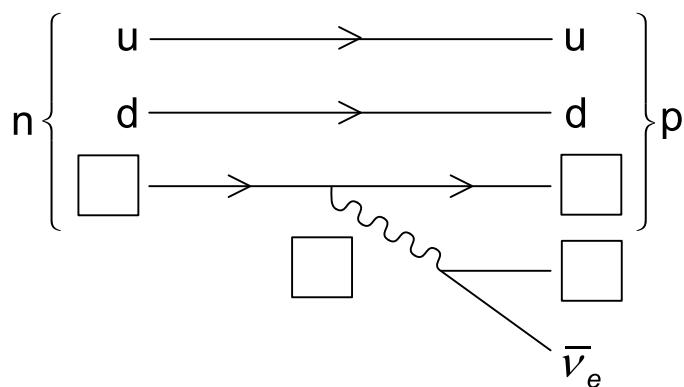
4. (a) Un mesón K concreto tiene una estructura de quarks ūs. Indique la carga, extrañeza y número bariónico de este mesón. [2]

Carga:

Extrañeza:

Número bariónico:

- (b) El diagrama de Feynman muestra los cambios que se producen durante la desintegración beta menos (β^-).



Etiquete el diagrama insertando los símbolos de las **cuatro** partículas que faltan y el sentido de las flechas para las partículas de desintegración. [3]

- (c) El carbono 14 (C-14) es un isótopo radiactivo que sufre una desintegración beta menos al isótopo estable nitrógeno 14 (N-14). Durante esta desintegración se libera energía. Explique por qué la masa de un núcleo de C-14 y la masa de un núcleo de N-14 son ligeramente diferentes aun cuando ambos tienen igual número de nucleones. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP07

Véase al dorso

(Pregunta 4: continuación)

- (d) Se utiliza la desintegración del C-14 de (c) para estimar la edad de un árbol viejo muerto. Se determina que la actividad del C-14 en el árbol muerto **ha caído a un 21 % de su valor original**. El C-14 tiene una semivida de 5700 años.

- (i) Explique por qué la actividad del C-14 en el árbol muerto se reduce con el tiempo. [1]

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

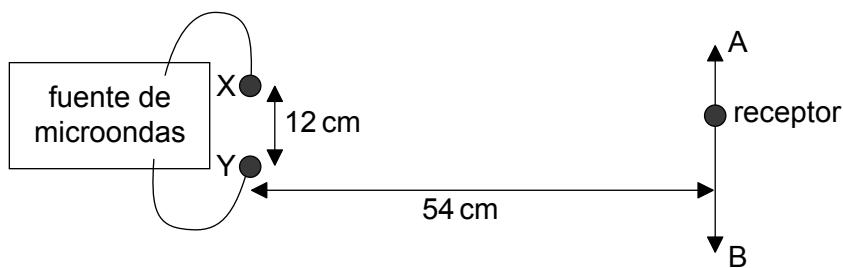
- (ii) Calcule, en años, la edad del árbol muerto. Exprese su respuesta con un número adecuado de cifras significativas. [3]

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



28EP08

5. (a) Se colocan dos transmisores de microondas X e Y separados 12 cm entre sí y se conectan a una misma fuente. Se sitúa un receptor único a 54 cm de distancia y se desplaza a lo largo de una línea AB paralela a la línea que une X e Y.



Se detectan máximos y mínimos de intensidad en varios puntos a lo largo de AB.

- (i) Explique la formación de los **mínimos** de intensidad. [2]

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

- (ii) Si la distancia entre el máximo central y el primer mínimo es de 7,2 cm, calcule la longitud de onda de las microondas. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

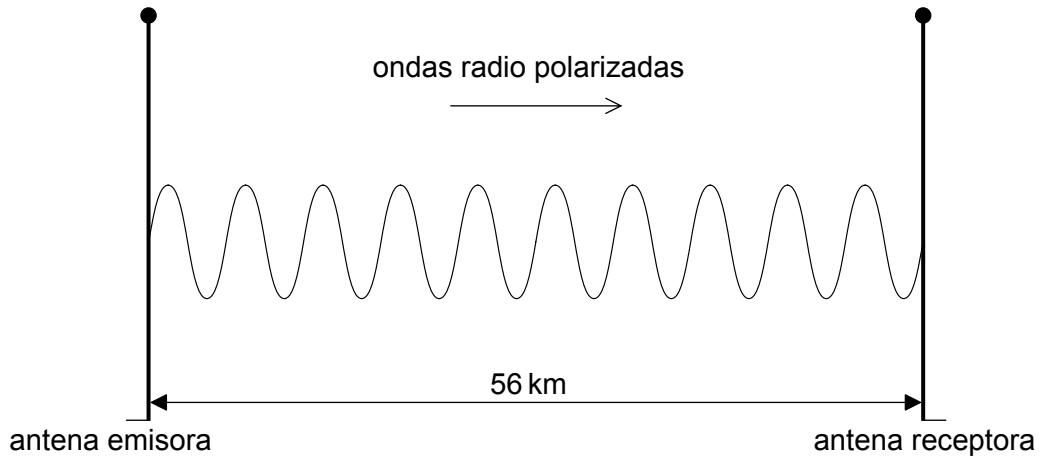


28EP09

Véase al dorso

(Pregunta 5: continuación)

- (b) Una antena formada por una barra conductora recta emite ondas radio. El plano de polarización de estas ondas es paralelo a la antena emisora.



Se utiliza una antena idéntica para la recepción. Sugiera por qué la antena receptora ha de ser paralela a la antena emisora.

[2]

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

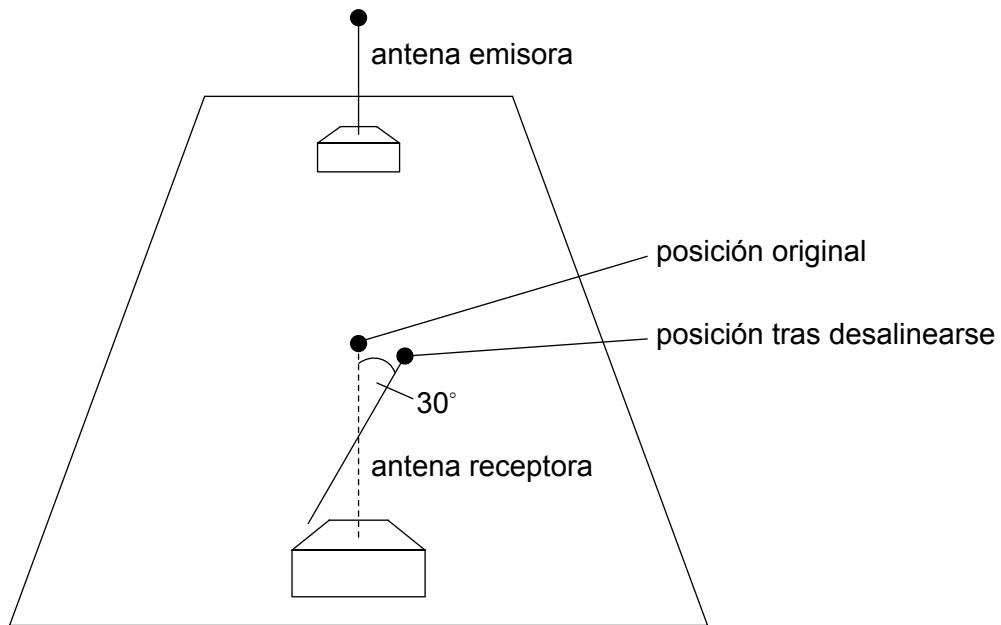
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP10

(Pregunta 5: continuación)

- (c) La antena receptora queda desalineada, girada 30° desde su posición original.



La potencia de la señal recibida en esta nueva posición es de $12 \mu\text{W}$.

- (i) Calcule la potencia recibida en la posición original. [2]

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

- (ii) Calcule el tiempo mínimo entre la emisión de la onda desde la antena emisora y su recepción. [1]

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



28EP11

Véase al dorso

6. (a) La policía utiliza radares para detectar automóviles con velocidad excesiva. Un oficial de policía se encuentra en el arcén de la carretera y apunta con un dispositivo de radar a un automóvil que se aproxima. El dispositivo emite microondas que se reflejan en el automóvil para volver al dispositivo. En el dispositivo de radar se mide una variación en frecuencia entre las microondas emitidas y recibidas.

La variación en frecuencia Δf viene dada por:

$$\Delta f = \frac{2fv}{c}$$

en donde f es la frecuencia de emisión, v es la velocidad del automóvil y c es la velocidad de la onda.

Se dispone de los siguientes datos.

Frecuencia de emisión f	$=40\text{ GHz}$
Δf	$=9,5\text{ kHz}$
Velocidad máxima permitida	$=28\text{ m s}^{-1}$

- (i) Explique la razón de la variación en la frecuencia.

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

- (ii) Sugiera por qué hay un factor 2 en la ecuación de variación de la frecuencia.

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 6: continuación)

- (iii) Determine si la velocidad del automóvil está por debajo de la máxima permitida. [2]

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

- (b) En los aeropuertos se utiliza el radar para seguir la posición de los aviones. Las ondas se reflejan en el avión y se detectan en un gran receptor circular. El receptor ha de poder resolver las imágenes radar de dos aviones que vuelen cerca el uno del otro.

Se dispone de los siguientes datos.

Diámetro del receptor radar circular	= 9,3 m
Longitud de onda radar	= 2,5 cm
Distancia de dos aviones al aeropuerto	= 31 km

Calcule la distancia mínima entre los dos aviones para que sus imágenes queden apenas resueltas. [2]

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



28EP13

Véase al dorso

7. (a) Explique qué se entiende por potencial gravitatorio en la superficie de un planeta. [2]

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

- (b) Se lanza en vertical un proyectil sin motor desde la superficie del planeta Venus hacia el espacio profundo. Suponga que los efectos gravitatorios del Sol y de los demás planetas son despreciables.

Se dispone de los siguientes datos.

Masa de Venus	$=4,87 \times 10^{24} \text{ kg}$
Radio de Venus	$=6,05 \times 10^6 \text{ m}$
Masa del proyectil	$=3,50 \times 10^3 \text{ kg}$
Velocidad inicial del proyectil	$=1,10 \times \text{velocidad de escape}$

- (i) Determine la energía cinética inicial del proyectil. [2]

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

- (ii) Describa el movimiento posterior del proyectil hasta que se encuentre en efecto fuera del campo gravitatorio de Venus. [3]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 7: continuación)

- (c) Un planeta orbita en torno al Sol en una órbita circular con período orbital T y radio orbital R . La masa del Sol es M .

(i) Muestre que $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}}$. [2]

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

- (ii) La órbita de la Tierra en torno al Sol es casi circular con radio $1,5 \times 10^{11}$ m.
Estime la masa del Sol.

[2]

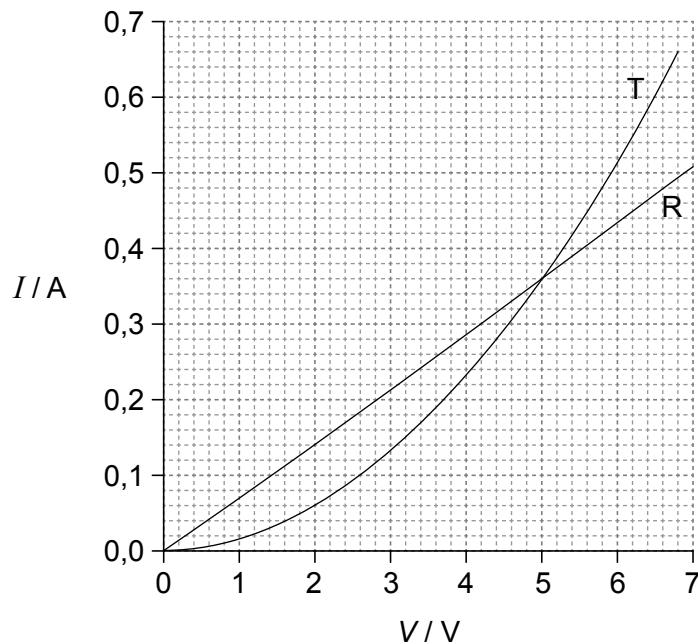
.....
.....
.....
.....
.....
.....



28EP15

Véase al dorso

8. La gráfica muestra cómo varía una corriente I frente a la diferencia de potencial V para una resistencia (resistor) R y un componente no óhmico T.



- (a) (i) Indique cómo varía la resistencia de T frente a la corriente que pasa por T. [1]

.....
.....

- (ii) Deduzca, sin cálculos numéricos, si es R o T el que tiene mayor resistencia en $I=0,40\text{A}$. [2]

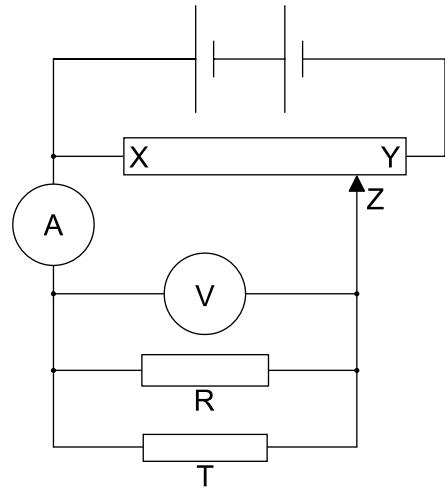
.....
.....
.....
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 8: continuación)

- (b) Se colocan en un circuito los componentes R y T. Los dos aparatos de medición son ideales.



Se mueve el mando deslizante Z del potenciómetro de Y a X.

- (i) Indique qué ocurre a la magnitud de la corriente en el amperímetro. [1]

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

- (ii) Estime, con una explicación, la lectura del voltímetro cuando el amperímetro marca 0,20A. [2]

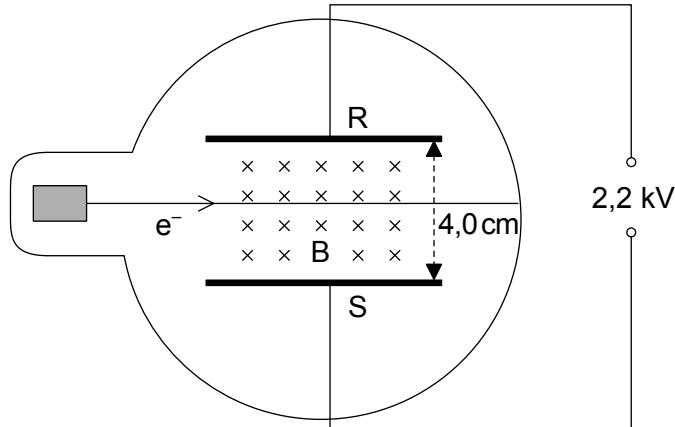
.....
.....
.....
.....



28EP17

Véase al dorso

9. Un haz de electrones e^- entra en un campo eléctrico uniforme entre las placas conductoras paralelas RS. Se conectan RS a una fuente de corriente continua (CC). Hay un campo magnético uniforme B dirigido hacia el interior de la página y perpendicular a la dirección de movimiento de los electrones.



Se ajusta el campo magnético hasta que el haz de electrones queda **no desviado**, tal como se muestra.

- (a) Identifique, sobre el diagrama, la dirección y sentido del campo eléctrico entre las placas.

[1]

- (b) Se dispone de los siguientes datos.

Separación de las placas RS	$= 4,0 \text{ cm}$
Diferencia de potencial entre las placas	$= 2,2 \text{ kV}$
Velocidad de los electrones	$= 5,0 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$

Determine la intensidad del campo magnético B .

[2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 9: continuación)

- (c) Se incrementa a continuación la velocidad de los electrones. Explique el efecto que tendrá esto sobre la trayectoria del haz de electrones.

[2]

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



28EP19

Véase al dorso

10. Se dispone de los siguientes datos para una central eléctrica de alto rendimiento de gas natural.

Tasa de consumo de gas natural	$= 14,6 \text{ kg s}^{-1}$
Energía específica del gas natural	$= 55,5 \text{ MJ kg}^{-1}$
Rendimiento de la generación de energía eléctrica	$= 59,0 \%$
Masa de CO_2 generada por kg de gas natural	$= 2,75 \text{ kg}$
Un año	$= 3,16 \times 10^7 \text{ s}$

- (a) (i) Calcule, en una unidad adecuada, la potencia eléctrica de salida de la central eléctrica.

[1]

.....
.....

- (ii) Calcule la masa de CO_2 generada en un año suponiendo que la central eléctrica funciona sin interrupción.

[1]

.....
.....

- (iii) Explique, utilizando su respuesta en (a)(ii), por qué se pide a los países que reduzcan su dependencia de los combustibles fósiles.

[2]

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

- (iv) Describa, aludiendo a las transferencias de energía, cómo se transforma la energía térmica de la combustión de gas en energía eléctrica.

[2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP20

(Pregunta 10: continuación)

- (b) La potencia eléctrica de salida se produce por varios generadores de corriente alterna (CA) que utilizan transformadores para suministrar energía a la red eléctrica nacional.

Se dispone de los siguientes datos. Se dan valores cuadráticos medios (rms).

Voltaje de salida del generador de CA a un transformador	= 25 kV
Corriente de salida del generador de CA a un transformador	= 3,9 kA
Voltaje de salida del transformador a la red	= 330 kV
Rendimiento del transformador	= 96 %

- (i) Calcule la aportación de corriente a la red debida al transformador. Exprese su respuesta con un número adecuado de cifras significativas. [2]

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

- (ii) La energía eléctrica se transporta a menudo a grandes distancias a 330 kV. Identifique la principal ventaja de usar esta diferencia de potencial tan alta. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

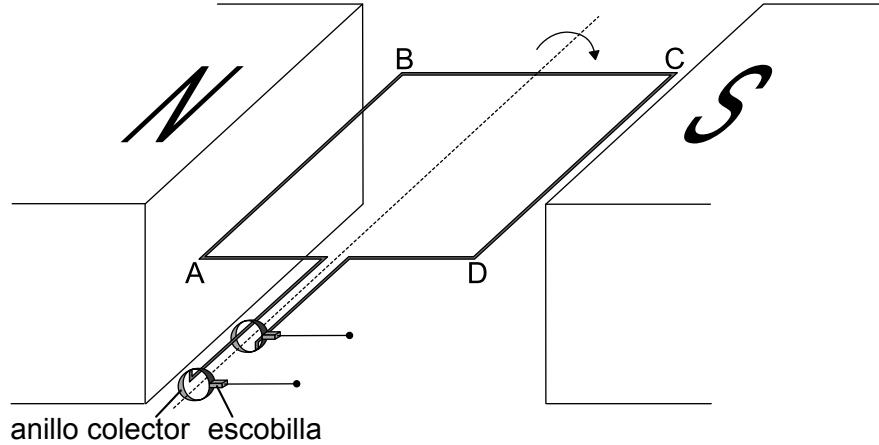


28EP21

Véase al dorso

(Pregunta 10: continuación)

- (c) En un generador de corriente alterna (CA o AC), hay una bobina cuadrada ABCD rotando en un campo magnético.



Se conectan los extremos de la bobina a anillos colectores y escobillas. Se muestra el plano de la bobina en el instante en que es paralelo al campo magnético. Para mayor claridad, se muestra solamente una bobina.

Se dispone de los siguientes datos.

Dimensiones de la bobina	$= 8,5 \text{ cm} \times 8,5 \text{ cm}$
Número de espiras de la bobina	$= 80$
Velocidad del borde AB	$= 2,0 \text{ ms}^{-1}$
Intensidad del campo magnético uniforme	$= 0,34 \text{ T}$

- (i) Explique, aludiendo al diagrama, cómo la rotación del generador produce una fuerza electromotriz (f.e.m.) entre las escobillas.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP22

(Pregunta 10: continuación)

- (ii) Calcule, para la posición en el diagrama, la magnitud de la f.e.m. instantánea generada por un **único** cable de la bobina entre A y B.

[1]

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

- (iii) A partir de lo anterior, calcule la f.e.m. total instantánea máxima entre las escobillas.

[1]

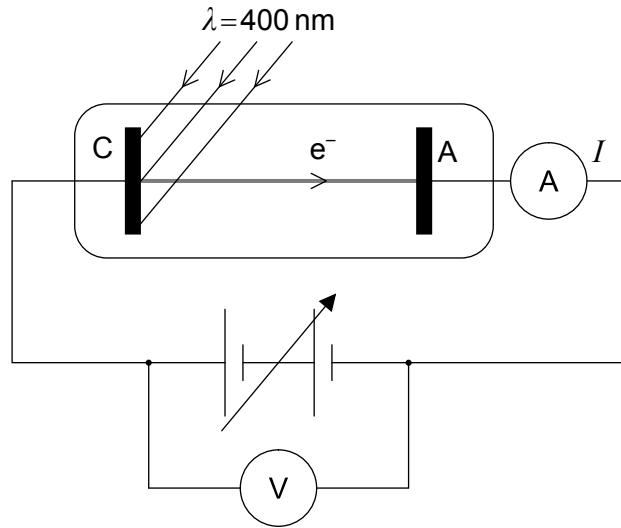
.....
.....
.....
.....



28EP23

Véase al dorso

11. Se utiliza un dispositivo para investigar el efecto fotoeléctrico. Se ilumina un cátodo de cesio C mediante una fuente de luz variable. Se conecta una fuente de potencia variable entre C y el ánodo colector A. La intensidad de corriente fotoeléctrica I se mide mediante un amperímetro.



- (a) Se observa una corriente en el amperímetro cuando se ilumina C con luz violeta. Manteniendo V constante la corriente se anula al reemplazar la luz violeta por luz roja de igual intensidad. Explique esta observación.

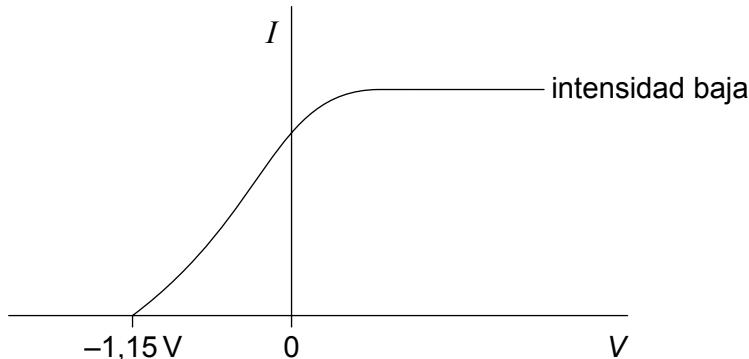
[3]

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 11: continuación)

- (b) En la gráfica se muestra la variación de la intensidad de corriente fotoeléctrica I frente a la diferencia de potencial V entre C y A al utilizar luz violeta de una cierta intensidad.



Se incrementa la intensidad de la fuente de luz sin cambiar su longitud de onda.

- (i) Dibuje, sobre los ejes, una gráfica que muestre la variación de I frente a V para la intensidad incrementada. [2]
- (ii) La longitud de onda de la luz violeta es de 400 nm. Determine, en eV, la función de trabajo del cesio. [2]

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

- (iii) Se ajusta V a +2,50 V. Calcule la máxima energía cinética de los fotoelectrones justo antes de que lleguen a A. [2]

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



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



Markscheme

November 2016

Physics

Higher level

Paper 2

27 pages

This markscheme is the property of the International
Baccalaureate and must **not** be reproduced or distributed to any
other person without the authorization of the IB Global Centre,
Cardiff.

General Marking Instructions

1. Follow the markscheme provided, award only whole marks and mark only in **RED**.
2. Make sure that the question you are about to mark is highlighted in the mark panel on the right-hand side of the screen.
3. Where a mark is awarded, a tick/check () **must** be placed in the text at the **precise point** where it becomes clear that the candidate deserves the mark. **One tick to be shown for each mark awarded.**
4. Sometimes, careful consideration is required to decide whether or not to award a mark. In these cases use RM™ Assessor annotations to support your decision. You are encouraged to write comments where it helps clarity, especially for re-marking purposes. Use a text box for these additional comments. It should be remembered that the script may be returned to the candidate. Please do not allow these annotations to obscure the written material. Try to keep these to the margin of the scan as far as possible. (Ticks should however be at the point of award, cf 4.)
5. Personal codes/notations are unacceptable.
6. Where an answer to a part question is worth no marks but the candidate has attempted the part question, use the “ZERO” annotation to award zero marks. Where a candidate has not attempted the part question, use the “SEEN” annotation to show you have looked at the question. RM™ Assessor will apply “NR” once you click complete.
7. Ensure that you have viewed **every** page including any additional sheets. Please ensure that you stamp “SEEN” on any additional pages that contain work not related to the QIG you are currently marking, or are blank or where the candidate has crossed out his/her work.
8. Mark positively. Give candidates credit for what they have achieved and for what they have got correct, rather than penalizing them for what they have got wrong. However, a mark should not be awarded where there is contradiction within an answer. Make a comment to this effect using a text box or the “CON” stamp.

Subject Details: Physics HL Paper 2 Markscheme

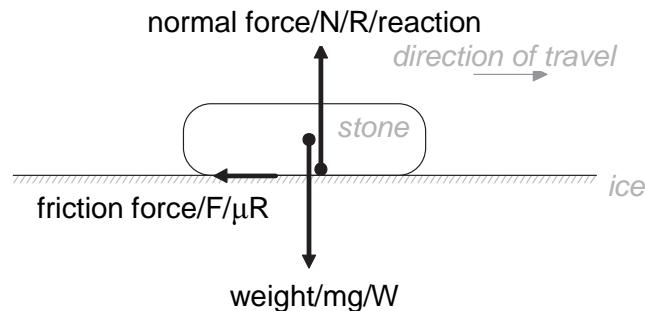
Candidates are required to answer **all** questions. Maximum total **95 marks**.

1. Each row in the “Question” column relates to the smallest subpart of the question.
2. The maximum mark for each question subpart is indicated in the “Total” column.
3. Each marking point in the “Answers” column is shown by means of a tick () at the end of the marking point.
4. A question subpart may have more marking points than the total allows. This will be indicated by “**max**” written after the mark in the “Total” column. The related rubric, if necessary, will be outlined in the “Notes” column.
5. An alternative wording is indicated in the “Answers” column by a slash (/). Either wording can be accepted.
6. An alternative answer is indicated in the “Answers” column by “**OR**”. Either answer can be accepted.
7. An alternative markscheme is indicated in the “Answers” column under heading **ALTERNATIVE 1 etc.** Either alternative can be accepted.
8. Words inside chevrons « » in the “Answers” column are not necessary to gain the mark.
9. Words that are underlined are essential for the mark.
10. The order of marking points does not have to be as in the “Answers” column, unless stated otherwise in the “Notes” column.
11. If the candidate’s answer has the same “meaning” or can be clearly interpreted as being of equivalent significance, detail and validity as that in the “Answers” column then award the mark. Where this point is considered to be particularly relevant in a question it is emphasized by **OWTTE** (or words to that effect) in the “Notes” column.
12. Remember that many candidates are writing in a second language. Effective communication is more important than grammatical accuracy.
13. Occasionally, a part of a question may require an answer that is required for subsequent marking points. If an error is made in the first marking point then it should be penalized. However, if the incorrect answer is used correctly in subsequent marking points then **follow through** marks should be awarded. When marking, indicate this by adding **ECF** (error carried forward) on the script. “ECF acceptable” will be displayed in the “Notes” column.
14. Do **not** penalize candidates for errors in units or significant figures, **unless** it is specifically referred to in the “Notes” column.

Question		Answers	Notes	Total	
1.	a	<p>determines component correctly / $15 \sin 50$ seen ✓</p> $s = \frac{(15 \sin 50)^2}{2 \times 9.81} = \gg 6.7 \text{ «m» } \checkmark$ <p>correct reasoning consistent with candidate data ✓</p>	<p>Allow method via $v=u+at$. Allow use of $g=10 \text{ m s}^{-2}$, gives 6.6 m and 8.1 m.</p> <p>Allow [2 max] for use of $15 \cos 50$, gives 4.7 m and 6.2 m.</p> <p>Allow [1 max] (as MP2) if 13 m is obtained due to use of 15 m s^{-1} rather than $15 \sin$ or $15 \cos 50$.</p> <p>If no unit given, assume metre.</p>	3	
	b	i	$F = \frac{(0.058 \times 15)}{0.023} = \gg 38 \text{ «N» OR } 37.8 \text{ «N» } \checkmark$	<p>Do not penalise sf here. Working not required.</p>	1
	b	ii	<p>force of ball on racket is equal to force of racket on ball or is 38 N ✓</p> <p>ball exerts force in opposite direction to force of racket on ball ✓</p>	<p>Do not accept “same force”. Allow ECF from force value in bi</p> <p>Accept “opposite force” for “in opposite direction”.</p> <p>Do not accept undefined references to “reaction” the direction of the forces must be clear.</p>	2

Question		Answers	Notes	Total
2.	a	evidence that area under graph used OR use of mean velocity \times time ✓ $\text{«} \frac{29.8 \times 2}{17.5} \text{»} = 3.41 \text{ «ms}^{-1}\text{» } \checkmark$	Award [2] for a bald correct answer. Awards [1] for 1.70 ms^{-1} .	2
	b	ALTERNATIVE 1 $\text{«deceleration»} = \frac{3.41}{14.0} \text{ «} = 0.243 \text{ ms}^{-2} \text{» } \checkmark$ $F = 0.243 \times m \checkmark$ $\mu = \frac{0.243 \times m}{m \times 9.81} = 0.025 \checkmark$ ALTERNATIVE 2 distance travelled after release = 23.85 «m» ✓ KE lost = 5.81m «J» ✓ $\mu_d = \frac{\text{KE lost}}{mg \times \text{distance}} = \frac{5.81m}{23.85mg} = 0.025 \checkmark$	Award [3] for a bald correct answer. Ignore sign in acceleration. Allow ECF from (a) (note that $\mu = 0.0073 \times$ candidate answer to (a)). Ignore any units in answer. Condone omission of m in solution. Allow $g = 10 \text{ N kg}^{-1}$ (gives 0.024).	3

Question		Answers	Notes	Total
c		<p>normal force, upwards, ignore point of application ✓</p> <p>weight/weight force/force of gravity, downwards, ignore point of application ✓</p> <p>friction/resistive force, to left, at bottom of stone, point of application must be on the interface between ice and stone ✓</p>	<p>Force must be labeled for its mark to be awarded. Blob at poa not required.</p> <p>Allow OWTTE for normal force. Allow N, R, reaction.</p> <p>The vertical forces must lie within the middle third of the stone.</p> <p>Allow mg, W but not “gravity”.</p> <p>Penalise gross deviations from vertical/horizontal once only.</p> <p>Allow F, μR. Only allow arrows/lines that lie on the interface.</p> <p>Take the tail of the arrow as the definitive point of application and expect line to be drawn horizontal.</p> <p>Award [2 max] if any force arrow does not touch the stone</p> <p>Do not award MP3 if a “driving force” is shown acting to the right. This need not be labelled to disqualify the mark.</p> <p>Treat arrows labelled “air resistance” as neutral.</p> <p>N.B: Diagram in MS is drawn with the vertical forces not collinear for clarity.</p>	3



Question		Answers	Notes	Total
3.	a	mention of atoms/molecules/particles ✓ sum/total of kinetic energy and «mutual/intermolecular» potential energy ✓	<i>Do not allow “kinetic energy and potential energy” bald.</i> <i>Do not allow “sum of average ke and pe” unless clearly referring to total ensemble.</i>	2
	b i	«intermolecular» potential energy/PE of an ideal gas is zero/negligible		1
	b ii	THIS IS FOR USE WITH AN ENGLISH SCRIPT ONLY use of $T = \frac{PV}{nR}$ or $T = \frac{1.4 \times 21}{0.46 \times 8.31}$ ✓ 7.7 K ✓	Award mark for correct re-arrangement as shown here not for quotation of Data Booklet version. Award [2] for a bald correct answer in K. Award [2 max] if correct 7.7 K seen followed by –265°C and mark BOD. However, if only –265°C seen, award [1 max]. <i>Do not penalise use of “°K”</i>	2
	b ii	THIS IS FOR USE WITH A SPANISH SCRIPT ONLY $T = \frac{PV}{nR}$ ✓ $T = \frac{1.4 \times 2.1 \times 10^{-6}}{0.46 \times 8.31}$ ✓ $T = 7.7 \times 10^{-6}$ K ✓	Award mark for correct re-arrangement as shown here not for quotation of Data Booklet version. Uses correct unit conversion for volume Award [2] for a bald correct answer in K. Finds solution. Allow an ECF from MP2 if unit not converted, ie candidate uses 21 m ³ and obtains 7.7 K <i>Do not penalise use of “°K”</i>	2 max

Question			Answers	Notes	Total
	b	iii	«models used to» predict/hypothesize / lead to further theories ✓ explain / help with understanding / help to visualize ✓ simulate ✓ simplify/approximate ✓	<p><i>Response needs to identify two different reasons. (N.B. only one in SL).</i></p> <p><i>Do not allow any response that is gas specific. The question is couched in general, nature of science terms and must be answered as such.</i></p>	2 max

Question		Answers	Notes	Total
4.	a	<p>charge: $-1 \ll e \gg$ or negative or $K^- \checkmark$</p> <p>strangeness: $-1 \checkmark$</p> <p>baryon number: 0 \checkmark</p>	<p>Negative signs required. Award [2] for three correct answers, [1 max] for two correct answer and [0] for one correct answer.</p>	2 max
	b	<p>correct symbols for both missing quarks \checkmark</p> <p>exchange particle and electron labelled W or W^- and e or $e^- \checkmark$</p> <p>arrows for both electron and anti-neutrino correct \checkmark</p>	<p>Do not allow W^+ or e^+ or β^+. Allow β or β^-.</p> <p>Allow ECF from previous marking point.</p>	3

Question		Answers	Notes	Total
c		<p>decay products include an electron that has mass OR products have energy that has a mass equivalent OR mass/mass defect/binding energy converted to mass/energy of decay products ✓</p> <p>«so» mass C-14 > mass N-14 OR mass of n > mass of p OR mass of d > mass of u ✓</p>	<p>Accept reference to “lighter” and “heavier” in mass. Do not accept implied comparison, eg “C-14 has greater mass”. Comparison must be explicit as stated in scheme.</p>	2

Question			Answers	Notes	Total
	d	i	<p>number of C-14 atoms/nuclei are decreasing ✓ OR decreasing activity proportional to number of C-14 atoms/nuclei ✓ OR $A = A_0 e^{-\lambda t}$ so A decreases as t increases</p>	<i>Do not allow "particles"</i> <i>Must see reference to atoms or nuclei or an equation, just "C-14 is decreasing" is not enough.</i>	1
	d	ii	<p>$0.21 = (0.5)^n$ OR $0.21 = e^{-\left(\frac{\ln 2 \times t}{5700}\right)}$ ✓ $n = 2.252$ half-lives or $t = 12834$ «y» ✓ 13000 y rounded correctly to two significant figures: ✓</p>	<i>Early rounding to 2.25 gives 12825 y</i> <i>Both needed; answer must be in year for MP3.</i> <i>Allow ECF from MP2.</i> <i>Award [3] for a bald correct answer.</i>	3

Question			Answers	Notes	Total
5.	a	i	<p>minima = destructive interference ✓</p> <p>at minima waves meet 180° or π out of phase ✓</p>	<p>Allow “crest meets trough”, but not “waves cancel”.</p> <p>Allow “destructive superposition” but not bald “superposition”.</p> <p>Allow similar argument in terms of effective path difference of $\frac{\lambda}{2}$.</p> <p>Allow “antiphase”, allow “completely out of phase”</p> <p>Do not allow “out of phase” without angle.</p> <p>Do not allow $\frac{n\lambda}{2}$ unless qualified to odd integers</p> <p>but accept $(n + \frac{1}{2})\lambda$</p>	2
	a	ii	$\lambda = \frac{sd}{D} \text{ or } \lambda = \frac{12 \times 2 \times 7.2}{54} = \text{ or } \lambda = \frac{12 \times 7.2}{54} = \text{seen} \checkmark$ $\lambda = « \frac{12 \times 2 \times 7.2}{54} = » 3.2 « \text{cm} » \checkmark$	<p>Award [2] for a bald correct answer.</p> <p>Award [1 max] for 1.6 «cm»</p> <p>Award [2 max] to a trigonometric solution in which candidate works out individual path lengths and equates to $\frac{\lambda}{2}$.</p>	2

Question		Answers	Notes	Total
b		<p>ALTERNATIVE 1 the component of the polarized signal in the direction of the receiving antenna ✓ is a maximum «when both are parallel» ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2 receiving antenna must be parallel to plane of polarization ✓ for power/intensity to be maximum ✓</p> <p>ALTERNATIVE 3 refers to Malus' law or $I = I_0 \cos^2\theta$ ✓ explains that I is max when $\theta = 0$ ✓</p> <p>ALTERNATIVE 4 an electric current is established in the receiving antenna which is proportional to the electric field ✓ maximum current in receiving antenna requires maximum field «and so must be parallel» ✓</p>	<i>Do not accept “receiving antenna must be parallel to transmitting antenna”</i>	2

Question			Answers	Notes	Total
	c	i	$I_0 = \frac{I}{\cos^2 \theta}$ or $\frac{12}{\cos^2 30}$ seen ✓ 1.6×10^{-5} «W» ✓	Award [2] for bald correct answer. Award [1 max] for MP1 if $9 \times 10^{-6} W$ is the final answer (I and I_0 reversed). Award [1 max] if cos not squared ($14 \mu W$). <i>Units not required but if absent assume W.</i>	2
	c	ii	1.9×10^{-4} «s» ✓		1

Question			Answers	Notes	Total
6.	a	i	<p>mention of Doppler effect OR «relative» motion between source and observer produces frequency/wavelength change ✓</p> <p>the reflected waves come from an approaching “source” OR the incident waves strike an approaching “observer” ✓</p> <p>increased frequency received «by the device or by the car» ✓</p>	<p>Accept answers which refer to a double frequency shift. Award [0] if there is any suggestion that the wave speed is changed in the process.</p>	3
	a	ii	<p>the car is a moving “observer” and then a moving “source”, so the Doppler effect occurs twice OR the reflected radar appears to come from a “virtual image” of the device travelling at $2v$ towards the device ✓</p>		1

Question			Answers	Notes	Total
	a	iii	<p>ALTERNATIVE 1</p> $v = \frac{(3 \times 10^8) \times (9.5 \times 10^3)}{(40 \times 10^9) \times 2} = \gg 36 \text{ ms}^{-1} \checkmark$ <p>«36 > 28» so car exceeded limit ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2 reverse argument using speed limit.</p> $\Delta f = \frac{2 \times 40 \times 10^9 \times 28}{3 \times 10^8} = \gg 7500 \text{ Hz} \checkmark$ <p>« 9500 > 7500» so car exceeded limit ✓</p>	<p>For both alternatives, allow ecf to conclusion if v OR Δf are incorrectly calculated.</p> <p><i>There must be a sense of a conclusion even if numbers are not quoted.</i></p>	2
	b		$x = \frac{31 \times 10^3 \times 1.22 \times 2.5 \times 10^{-2}}{9.3} \checkmark$ <p>100 «m» ✓</p>	<p>Award [2] for a bald correct answer. Award [1 max] for POT error.</p> <p>Award [1 max] for 83 m (omits 1.22).</p>	2

Question		Answers	Notes	Total
7.	a	<p>the «gravitational» work done «by an external agent» per/on unit mass/kg ✓</p> <p>in moving a «small» mass from infinity to the «surface of» planet / to a point ✓</p>	<p>Allow definition in terms of reverse process of moving mass to infinity eg “work done on external agent by...”. Allow “energy” as equivalent to “work done”</p> <p>N.B.: on SL paper Q5(a)(i) and (ii) is about “gravitational field”.</p>	2
	b	<p>i escape speed</p> $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 4.87 \times 10^{24}}{6.05 \times 10^6}}$ <p>or $1.04 \times 10^4 \text{ m s}^{-1}$</p> <p>or $1.1 \times 1.04 \times 10^4 \text{ m s}^{-1} = 1.14 \times 10^4 \text{ m s}^{-1}$ ✓</p> <p>$KE = 0.5 \times 3500 \times (1.1 \times 1.04 \times 10^4 \text{ ms}^{-1})^2 = 2.27 \times 10^{11} \text{ J}$ ✓</p>	<p>Care with ECF from MP1.</p>	2
	b	<p>ii Velocity/speed decreases / projectile slows down «at decreasing rate» ✓</p> <p>«magnitude of» deceleration decreases «at decreasing rate» ✓</p> <p>velocity becomes constant/non-zero OR deceleration tends to zero ✓</p>	<p>Award [1 max] for omission of 1.1 – leads to $1.88 \times 10^{11} \text{ m s}^{-1}$. Award [2] for a bald correct answer.</p> <p>Mention of deceleration scores MP1 automatically.</p> <p>Accept “negative acceleration” for “deceleration”. Must see “velocity” not “speed” for MP3.</p>	3

Question			Answers	Notes	Total
c	i		<p>clear evidence that v in $v^2 = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2}$ is equated to orbital speed $\sqrt{\frac{GM}{R}}$</p> <p>OR</p> <p>clear evidence that centripetal force is equated to gravitational force</p> <p>OR</p> <p>clear evidence that a in $a = \frac{v^2}{R}$ etc is equated to g in $g = \frac{GM}{R^2}$ with consistent use of symbols ✓</p> <p>substitutes and re-arranges to obtain result ✓</p> <p>« $T = \sqrt{\left(\frac{4\pi^2 R}{GM}\right)} = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}}$ »</p>	<p><i>Minimum is a statement that $\sqrt{\frac{GM}{R}}$ is the orbital speed which is then used in $v = \frac{2\pi R}{T}$</i></p> <p><i>Minimum is $F_c = F_g$ ignore any signs.</i></p> <p><i>Minimum is $g = a$.</i></p> <p><i>Allow any legitimate method not identified here. Do not allow confused algebra or spurious methods involving eg equations of shm etc</i></p>	2

Question			Answers	Notes	Total
c	ii		<p>« $T = 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 3.15 \times 10^7$ s »</p> $M = \left\langle \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2} \right\rangle = \frac{4 \times 3.14^2 \times (1.5 \times 10^{11})^3}{6.67 \times 10^{-11} \times (3.15 \times 10^7)^2} \checkmark$ $2 \times 10^{30} \text{ «kg» } \checkmark$	<p>Allow use of 3.16×10^7 s for year length (quoted elsewhere in paper).</p> <p>Condone error in power of ten in MP1.</p> <p>Award [1 max] if incorrect time used (24 h is sometimes seen, leading to 2.66×10^{35} kg).</p> <p>Units are not required, but if not given assume kg and mark POT accordingly if power wrong.</p> <p>Award [2] for a bald correct answer.</p> <p>No sf penalty here.</p>	2

Question			Answers	Notes	Total
8.	a	i	<p>R_T decreases with increasing I</p> <p>OR</p> <p>R_T and I are negatively correlated ✓</p>	<p>Must see reference to direction of change of current in first alternative.</p> <p>Do not allow “inverse proportionality”.</p> <p>May be worth noting any marks on graph relating to 8bii.</p>	1
	a	ii	<p>at 0.4 A: $V_R > V_T$ or $V_R = 5.6$ V and $V_T = 5.3$ V ✓</p> <p>so $R_R > R_T$ because $V = IR$ / $V \propto R$ «and I same for both» ✓</p>	<p>Award [0] for a bald correct answer without deduction or with incorrect reasoning.</p> <p>Ignore any references to graph gradients.</p> <p>Both elements must be present for MP2 to be awarded.</p>	2
	b	i	<p>decreases</p> <p>OR</p> <p>becomes zero at X ✓</p>		1
	b	ii	<p>realization that V is the same for R and T</p> <p>OR</p> <p>identifies that currents are 0.14 A and 0.06 A ✓</p> <p>$V = 2$ V OR 2.0 V ✓</p>	<p>Award [0] if pds 2.8 V and 3.7 V or 1.4 V and 2.6 V are used in any way. Otherwise award [1 max] for a bald correct answer. Explanation expected.</p>	2

Question		Answers	Notes	Total
9.	a	direction indicated downwards, perpendicular to plates ✓	Arrows must be between plates but allow edge effects if shown. Only one arrow is required.	1
	b	$E = \frac{V}{d} = 55\,000 \text{ » Vm}^{-1} \text{ » } \checkmark$ $B = \frac{55\,000}{5 \times 10^5} = \text{» } 0.11 \text{ » T } \checkmark$	ECF applies from MP1 to MP2 due to math error. Award [2] for a bald correct answer.	2
	c	ALTERNATIVE 1 magnetic force increases OR magnetic force becomes greater than electric force ✓ electron beam deflects “downwards” / towards S OR path of beam is downwards ✓ ALTERNATIVE 2 when v increases, the B required to maintain horizontal path decreases ✓ “but B is constant” so path of beam is downwards ✓	Do not apply an ecf from (a). Award [1 max] if answer states that magnetic force decreases and therefore path is upwards. Ignore any statement about shape of path Do not allow “path deviates in direction of magnetic force” without qualification.	2

Question			Answers	Notes	Total
10.	a	i	« $55.5 \times 14.6 \times 0.59$ » = 4.78×10^8 W ✓	<i>A unit is required for this mark. Allow use of J s⁻¹. No sf penalty.</i>	1
		ii	« $14.6 \times 2.75 \times 3.16 \times 10^7$ » = 1.27×10^9 «kg» ✓	<i>If no unit assume kg.</i>	1
		iii	CO ₂ linked to greenhouse gas OR greenhouse effect ✓ leading to «enhanced» global warming OR climate change OR other reasonable climatic effect ✓		2
		iv	internal energy of steam/particles OR KE of steam/particles ✓ «transfers to» KE of turbine ✓ «transfers to» KE of generator or dynamo «producing electrical energy» ✓	<i>Do not award mark for first and last energies as they are given in the question. Do not allow “gas” for “steam”. Do not accept bald reference to moving OR turning generator.</i>	2 max

Question			Answers	Notes	Total
	b	i	$I = 0.96 \times \left(\frac{25 \times 10^3 \times 3.9 \times 10^3}{330 \times 10^3} \right) \checkmark$ $= 280 \text{ «A»} \checkmark$	<p>Award [2] for a bald correct answer to 2 sf. Award [1 max] for correct sf if efficiency used in denominator leading to 310 A or if efficiency ignored ($e=1$) leading to 300 A (from 295 A but 295 would lose both marks).</p> <p>Must show two significant figures to gain MP2.</p>	2
		ii	<p>higher V means lower I «for same power» \checkmark</p> <p>thermal energy loss depends on I or is $\propto I^2$ or is $I^2 R$ so thermal energy loss will be less \checkmark</p>	<p>Accept “heat” or “heat energy” or “Joule heating” for “thermal energy”. Reference to energy/power dissipation is not enough.</p>	2
	c	i	<p>«long» sides of coil AB/CD cut lines of flux OR flux «linkage» in coil is changed \checkmark</p> <p>«Faradays law:» induced emf depends on rate of change of flux linked OR rate at which lines are cut \checkmark</p> <p>emfs acting in sides AB/CD add / act in same direction around coil \checkmark</p> <p>process produces an alternating/sinusoidal emf \checkmark</p>	<p>“Induced” is required Allow OWTTE or defined symbols if “induced emf” is given. Accept “induced” if mentioned at any stage in the context of emf or accept the term “motional emf”. Award [2 max] if there is no mention of “induced emf”.</p>	3 max
		ii	$Blv = 0.34 \times 8.5 \times 10^{-2} \times 2 = 0.058 \text{ «V»} \checkmark$	Accept 0.06 V.	1
	c	iii	$160 \times (c)(ii) = 9.2 \text{ or } 9.3 \text{ or } 9.6 \text{ «V»} \checkmark$	Allow ECF from (c)(ii) If 80 turns used in cii, give full credit for cii x 2 here.	1

Question			Answers	Notes	Total
11.	a		<p>reference to photon OR $\text{energy} = hf \text{ or } = \frac{hc}{\lambda}$ ✓</p> <p>violet photons have greater energy than red photons ✓</p> <p>when $hf > \Phi$ or photon energy > work function then electrons are ejected ✓</p> <p>frequency of red light < threshold frequency «so no emission» OR energy of red light/photon < work function «so no emission» ✓</p>		3 max
	b	i	<p>line with same negative intercept «−1.15 V» ✓</p> <p>otherwise above existing line everywhere and of similar shape with clear plateau ✓</p>	<i>Award this marking point even if intercept is wrong.</i>	2

Question			Answers	Notes	Total
b	ii		$\frac{hc}{\lambda e} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9} \times 1.6 \times 10^{-19}} = » 3.11 « \text{eV} » \checkmark$ $» 3.10 - 1.15 = » 1.96 « \text{eV} » \checkmark$	<p><i>Intermediate answer is 4.97×10^{-19} J.</i> <i>Accept approach using f rather than c/λ</i></p> <p><i>Award [2] for a bald correct answer in eV.</i> <i>Award [1 max] if correct answer is given in J (3.12×10^{-19} J).</i></p>	2

Question			Answers	Notes	Total
b	iii		<p>«KE = $qVs = » 1.15 «eV »$</p> <p>OR</p> <p>$1.84 \times 10^{-19} «J» \checkmark$</p> <p>adds $2.50 \text{ eV} = 3.65 \text{ eV}$</p> <p>OR</p> <p>$5.84 \times 10^{-19} \text{ J } \checkmark$</p>	<p>Allow ECF from MP1 to MP2.</p> <p><i>Must see units in this question to identify energy unit used. Award [2] for a bald correct answer that includes units. Award [1 max] for correct answer without units.</i></p>	2



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



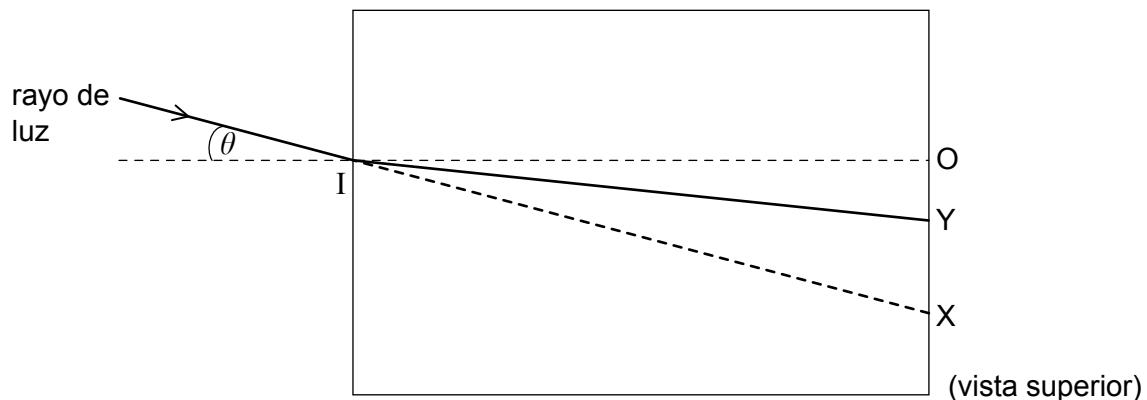
Sección A

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)



44EP02

(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)

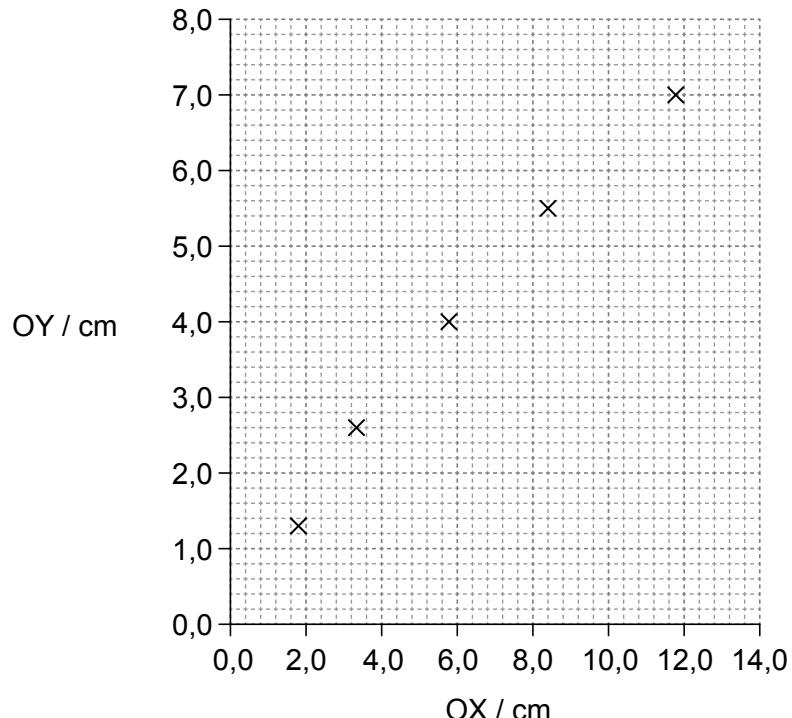


44EP03

Véase al dorso

(Pregunta 1: continuación)

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



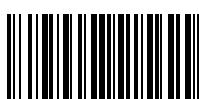
- (i) Dibuje sobre la gráfica las barras de error para OY cuando OX=1,8 cm y cuando OY=5,8 cm.

[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 $\frac{\sin i}{\sin r}$, 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]

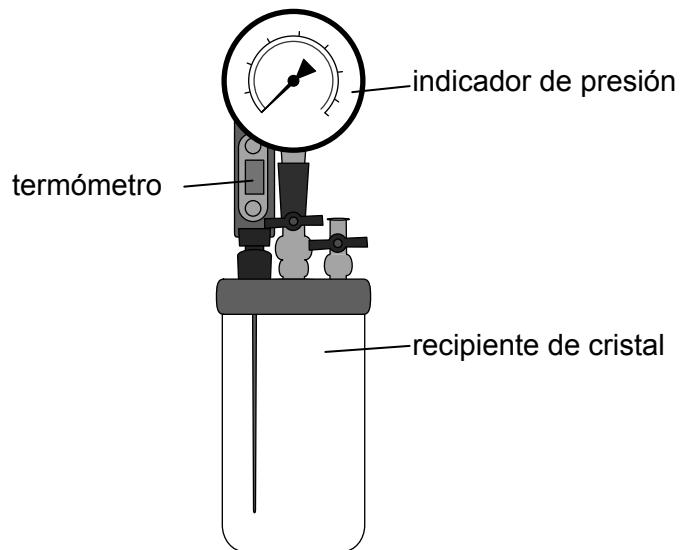
.....
.....



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.



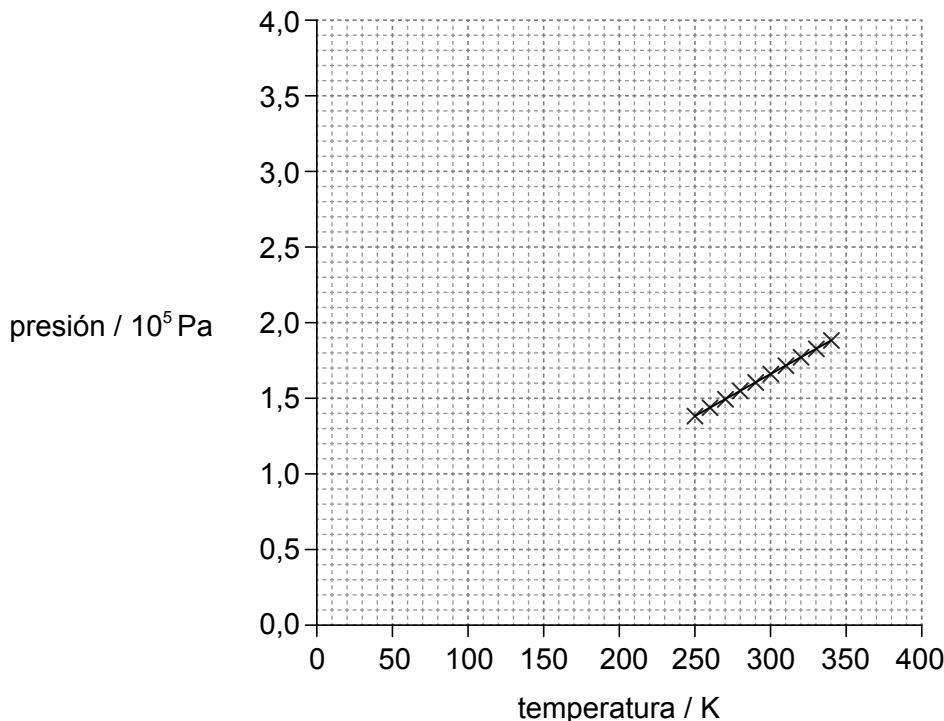
Se enfriá el aparato en un congelador y se mete después en un baño de agua de modo que la temperatura del gas aumenta lentamente. Se registran la presión y temperatura del gas.

(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]

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



44EP07

Véase al dorso

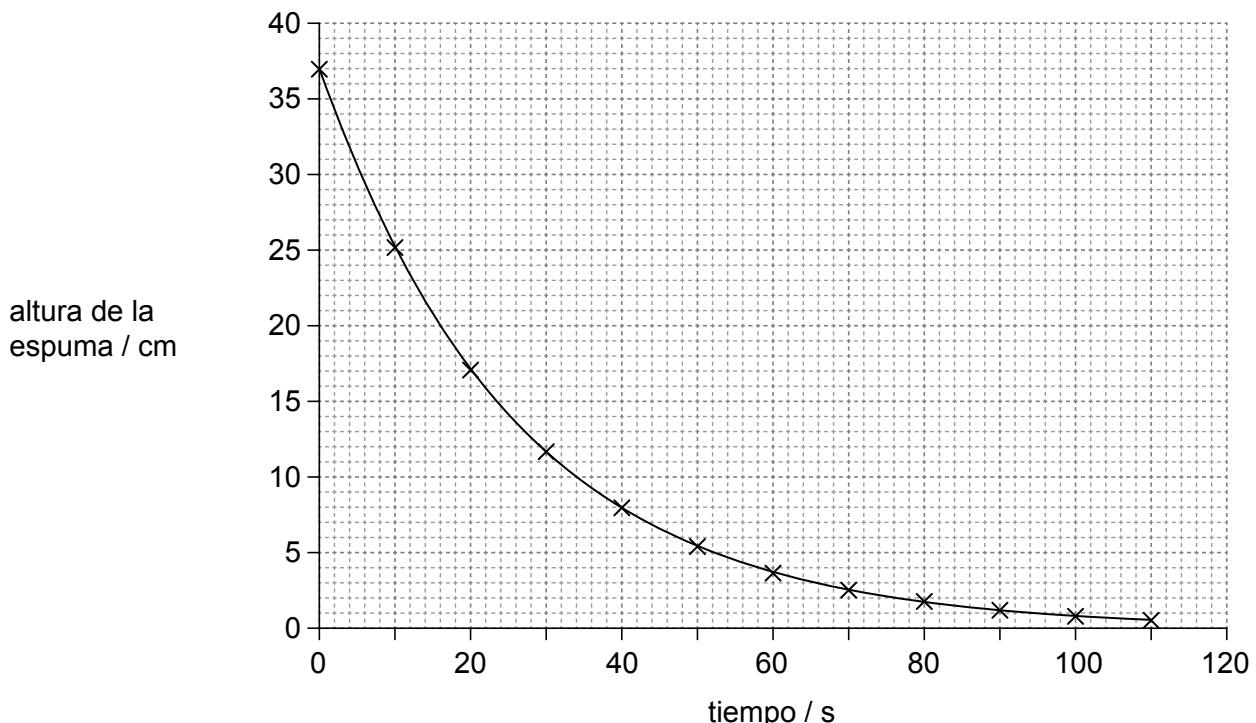
No escriba en esta página.

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]



44EP09

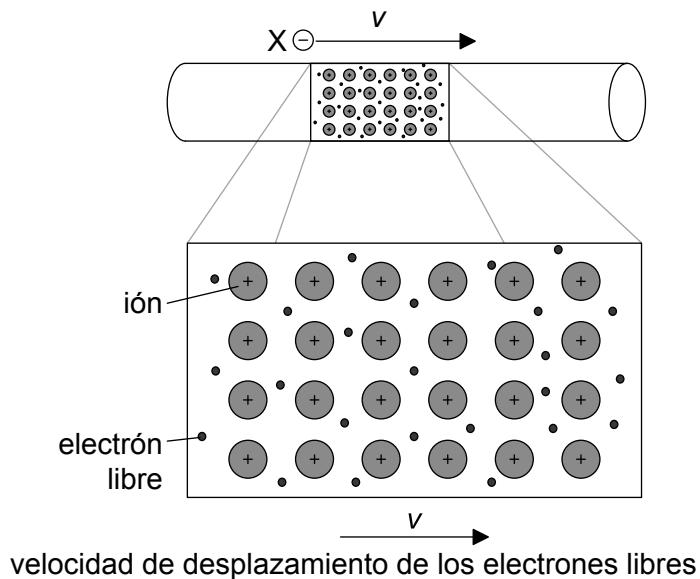
Véase al dorso

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)



44EP10

(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]

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

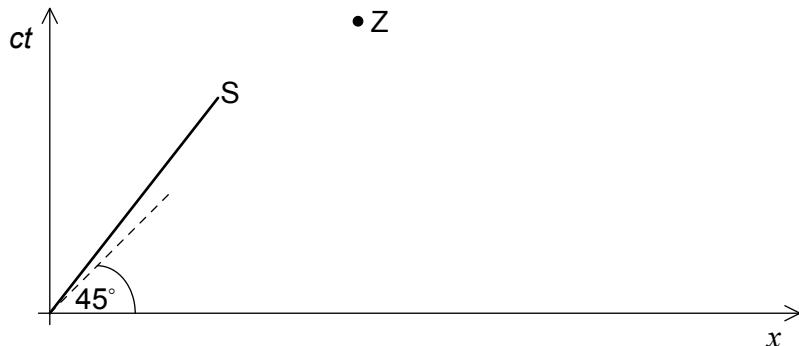
(La opción A continúa en la página siguiente)



44EP12

(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)



44EP13

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.

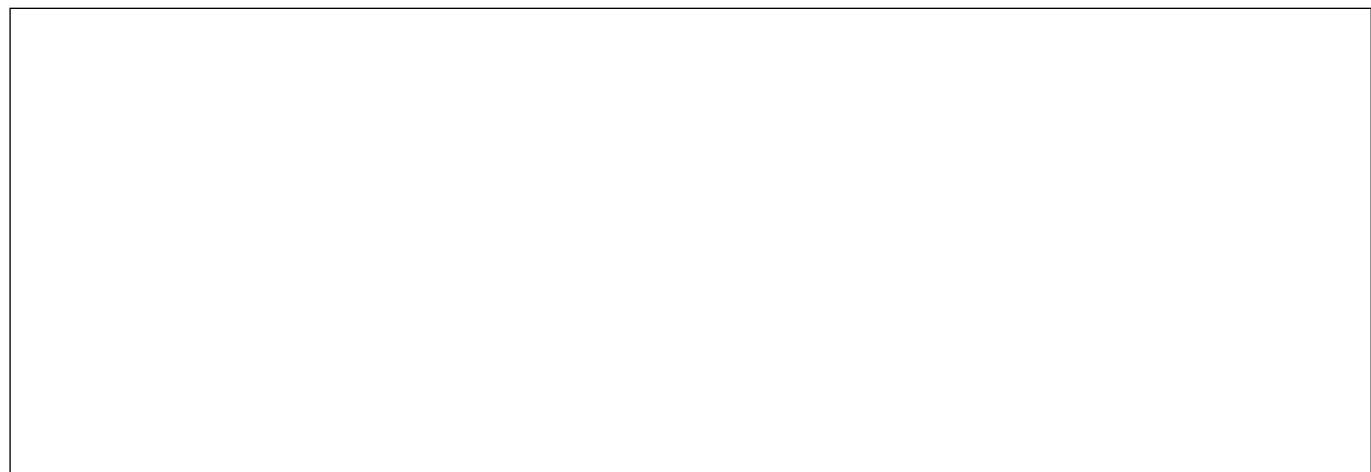
- (a) Calcule el tiempo invertido en el viaje en el sistema de referencia del gemelo A como se mediría en la Tierra. [1]

.....
.....

- (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)



44EP14

(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 rapideces 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)



44EP16

(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

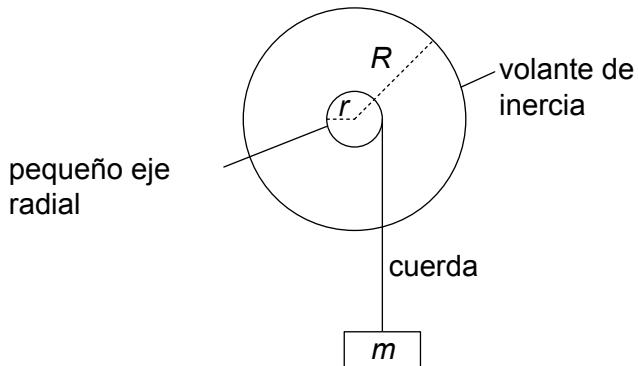


44EP17

Véase al dorso

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 $3,98 \text{ s}$. 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 $0,3 \text{ Nm}$.

[2]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



44EP18

(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)

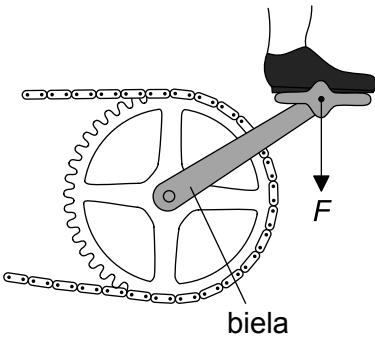
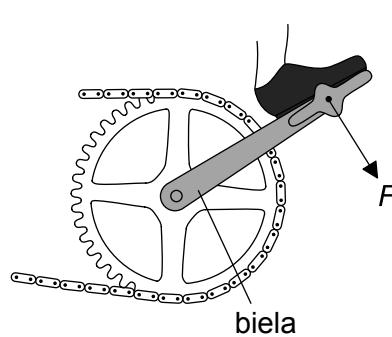


44EP19

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

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

Método 1**Método 2**

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)



44EP20

(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)



44EP21

Véase al dorso

(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]

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

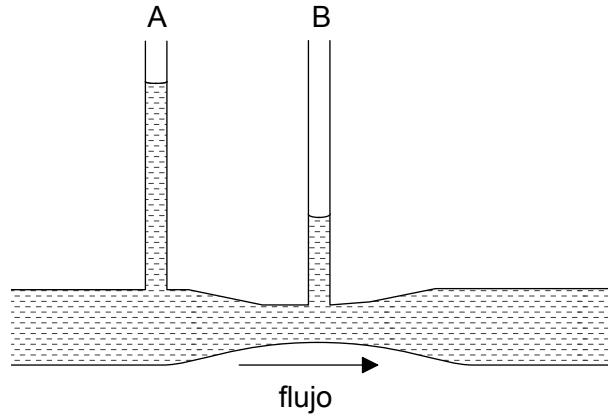
(La opción B continúa en la página siguiente)



44EP22

(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.



Describa 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)

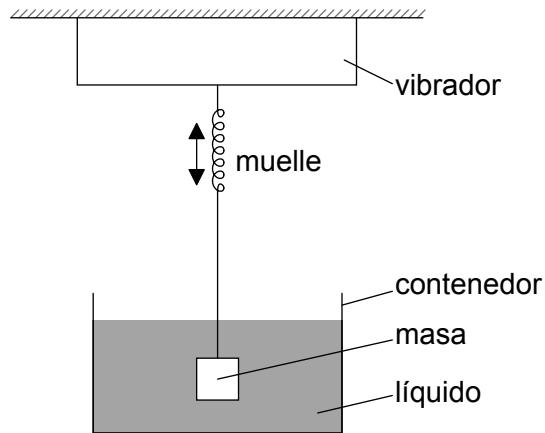


44EP23

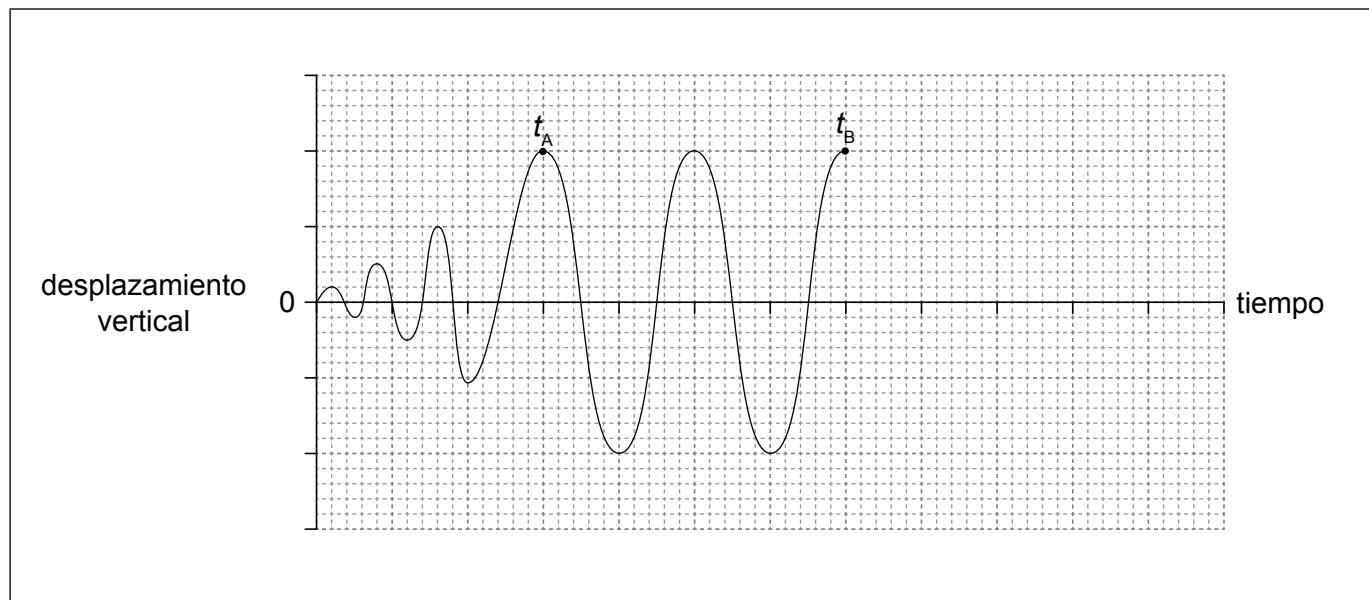
Véase al dorso

(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



44EP25

Véase al dorso

No escriba en esta página.

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

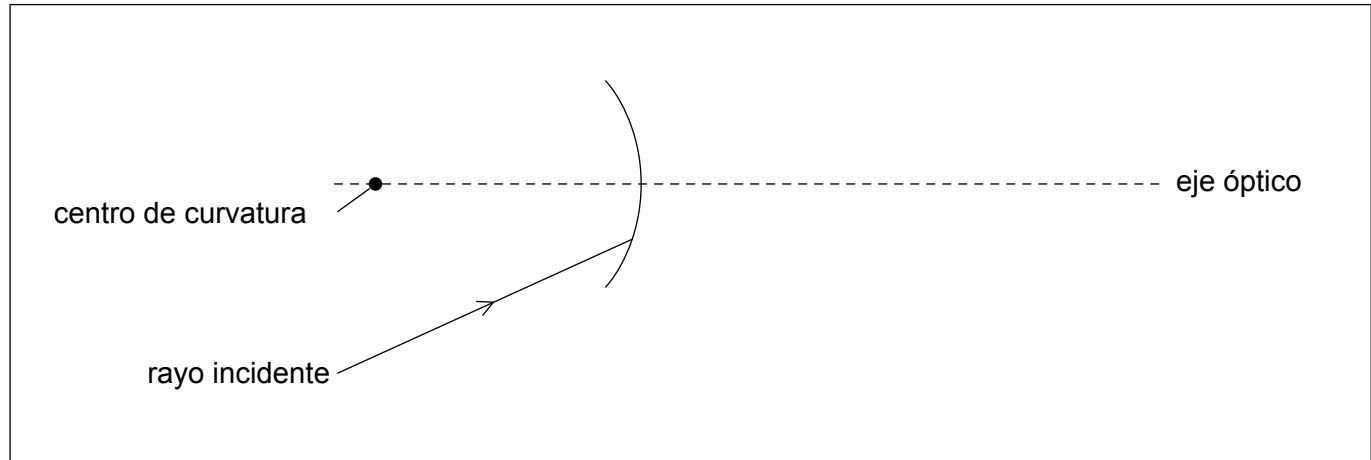


44EP26

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)

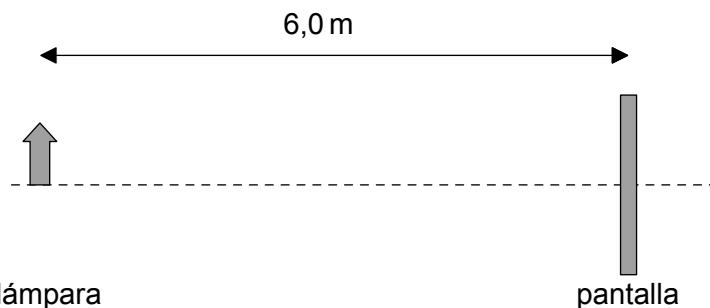


44EP27

Véase al dorso

(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]

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

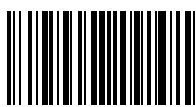
- (b) Determine la distancia entre la lámpara y la lente. [3]

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

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

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



44EP28

(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]

.....
.....

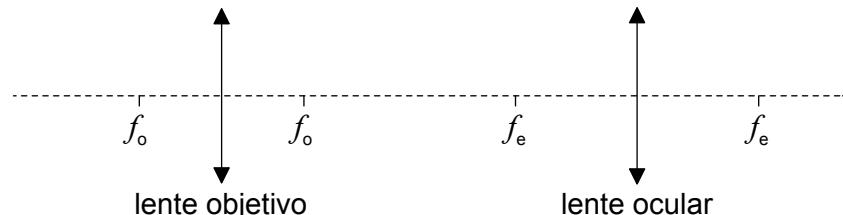
(La opción C continúa en la página siguiente)



44EP30

(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)



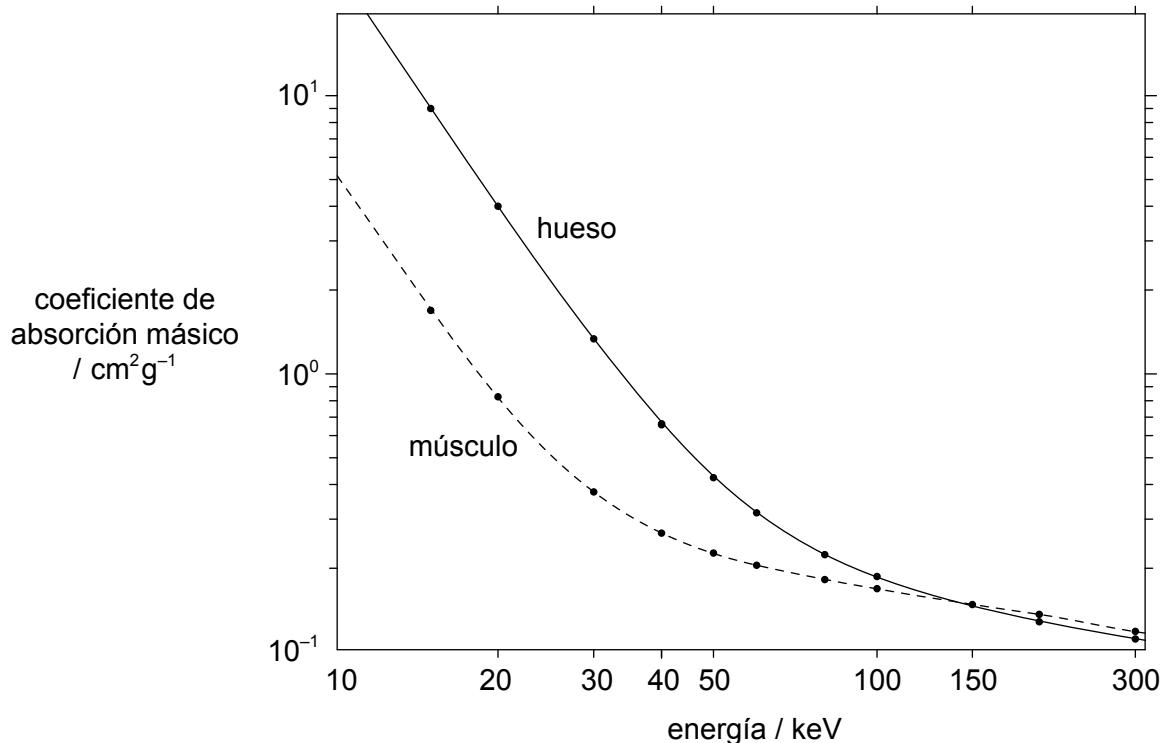
44EP33

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)



44EP34

(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)



44EP36

(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)

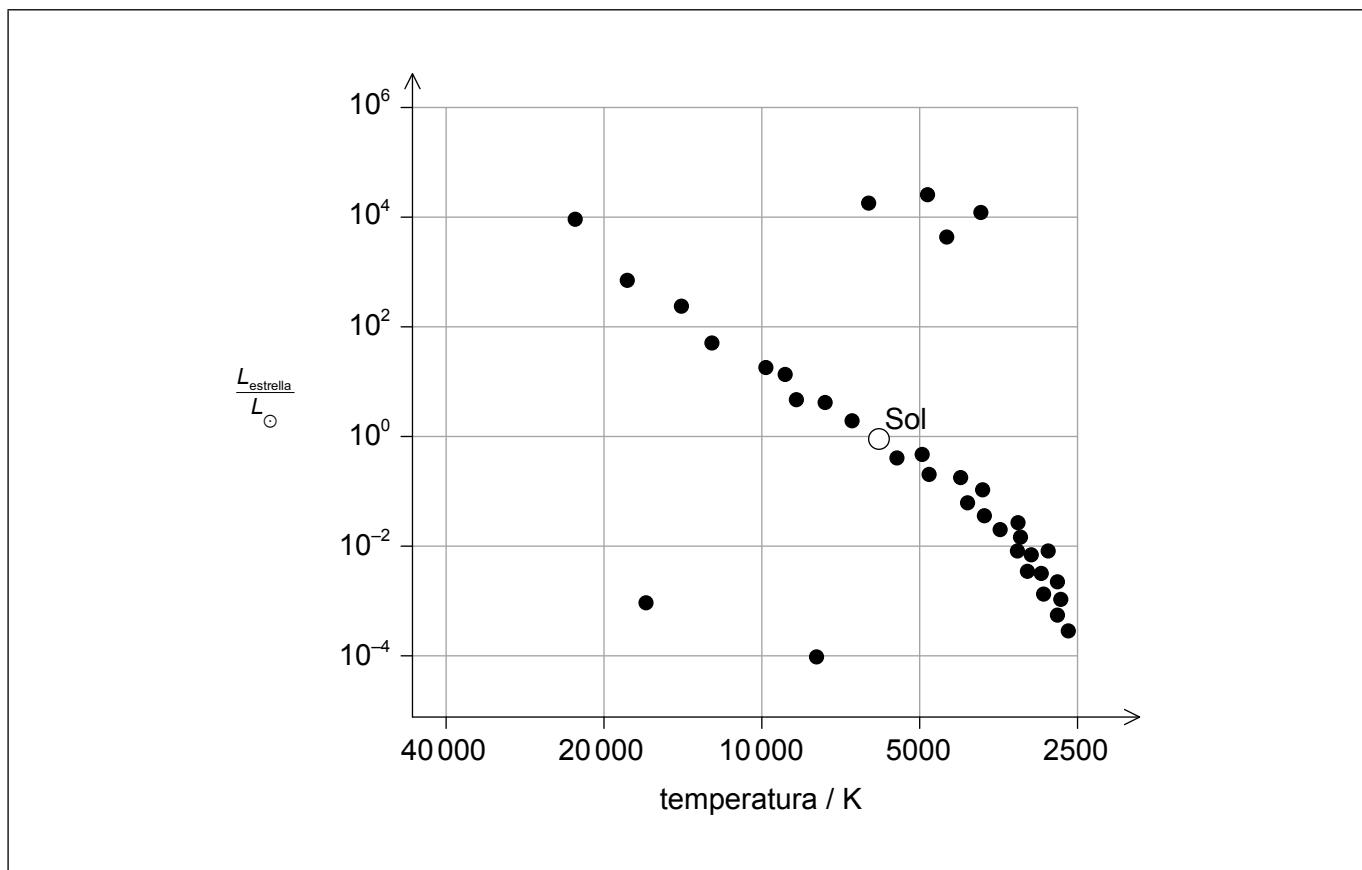


44EP37

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]

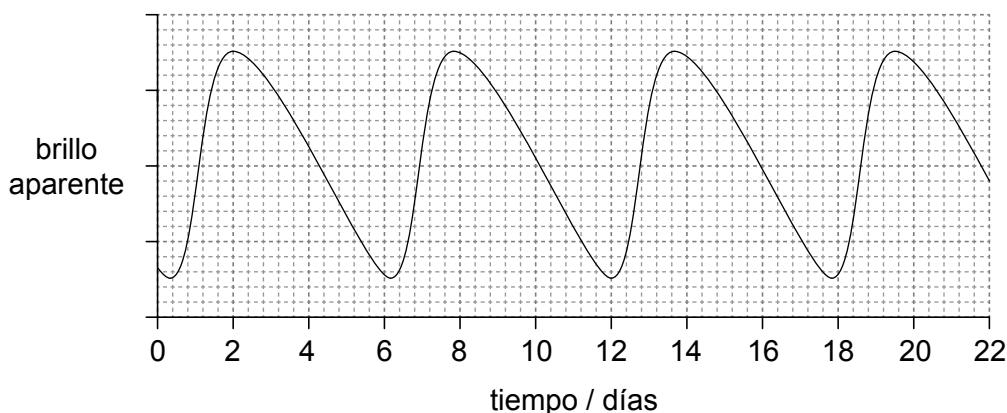
(La opción D continúa en la página siguiente)



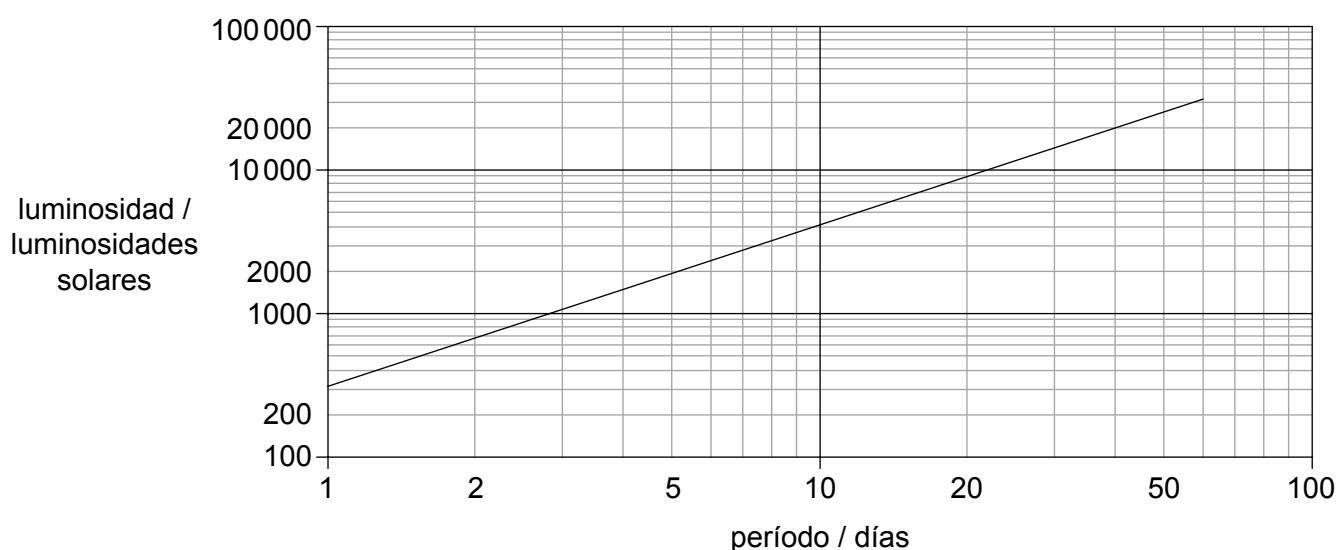
44EP38

(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)



(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)



44EP40

(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]

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

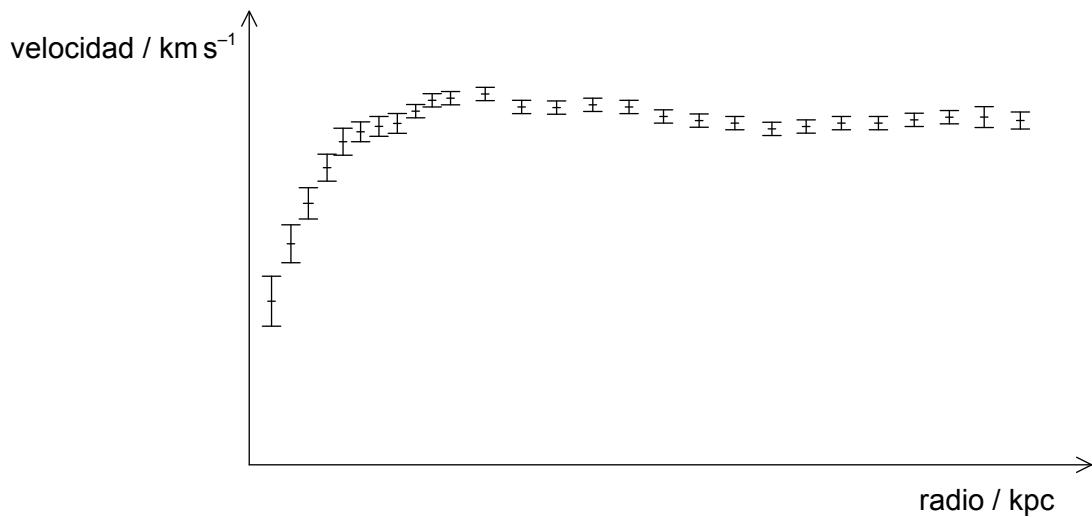
- (c) Explique cómo la observación de las supernovas de tipo Ia condujo a la hipótesis de la existencia de la energía oscura. [3]

(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.



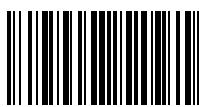
- (a) Calcule la velocidad de rotación de las estrellas que están a 4,0 kpc del centro de la galaxia. La densidad media de la galaxia es de $5,0 \times 10^{-21} \text{ kg m}^{-3}$. [2]

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

- (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

Markscheme

November 2016

Physics

Higher level

Paper 3

28 pages

*This markscheme is the property of the International Baccalaureate and must **not** be reproduced or distributed to any other person without the authorization of the IB Assessment Centre.*

General Marking Instructions

1. Follow the markscheme provided, award only whole marks and mark only in **RED**.
2. Make sure that the question you are about to mark is highlighted in the mark panel on the right-hand side of the screen.
3. Where a mark is awarded, a tick/check (**✓**) **must** be placed in the text at the **precise point** where it becomes clear that the candidate deserves the mark. **One tick to be shown for each mark awarded.**
4. Sometimes, careful consideration is required to decide whether or not to award a mark. In these cases use RM™ Assessor annotations to support your decision. You are encouraged to write comments where it helps clarity, especially for re-marking purposes. Use a text box for these additional comments. It should be remembered that the script may be returned to the candidate. Please do not allow these annotations to obscure the written material. Try to keep these to the margin of the scan as far as possible. (Ticks should however be at the point of award, cf 4.)
5. Personal codes/notations are unacceptable.
6. Where an answer to a part question is worth no marks but the candidate has attempted the part question, use the “ZERO” annotation to award zero marks. Where a candidate has not attempted the part question, use the “SEEN” annotation to show you have looked at the question. RM™ Assessor will apply “NR” once you click complete.
7. If a candidate has attempted more than the required number of questions within a paper or section of a paper, mark all the answers. RM™ Assessor will only award the highest mark or marks in line with the rubric.
8. Ensure that you have viewed **every** page including any additional sheets. Please ensure that you stamp “SEEN” on any additional pages that are blank or where the candidate has crossed out his/her work.
9. There is no need to stamp an annotation when a candidate has not chosen an option. RM™ Assessor will apply “NR” once you click complete.
10. Mark positively. Give candidates credit for what they have achieved and for what they have got correct, rather than penalizing them for what they have got wrong. However, a mark should not be awarded where there is contradiction within an answer. Make a comment to this effect using a text box or the “CON” stamp.

Subject Details: Physics HL Paper 3 Markscheme

Candidates are required to answer **all** questions in Section A and **all** questions from **one** option in Section B. Maximum total = **45 marks**.

1. Each row in the “Question” column relates to the smallest subpart of the question.
2. The maximum mark for each question subpart is indicated in the “Total” column.
3. Each marking point in the “Answers” column is shown by means of a tick (✓) at the end of the marking point.
4. A question subpart may have more marking points than the total allows. This will be indicated by “**max**” written after the mark in the “Total” column. The related rubric, if necessary, will be outlined in the “Notes” column.
5. An alternative wording is indicated in the “Answers” column by a slash (/). Either wording can be accepted.
6. An alternative answer is indicated in the “Answers” column by “**OR**”. Either answer can be accepted.
7. An alternative markscheme is indicated in the “Answers” column under heading **ALTERNATIVE 1 etc.** Either alternative can be accepted.
8. Words inside chevrons « » in the “Answers” column are not necessary to gain the mark.
9. Words that are underlined are essential for the mark.
10. The order of marking points does not have to be as in the “Answers” column, unless stated otherwise in the “Notes” column.
11. If the candidate’s answer has the same “meaning” or can be clearly interpreted as being of equivalent significance, detail and validity as that in the “Answers” column then award the mark. Where this point is considered to be particularly relevant in a question it is emphasized by **OWTTE** (or words to that effect) in the “Notes” column.
12. Remember that many candidates are writing in a second language. Effective communication is more important than grammatical accuracy.
13. Occasionally, a part of a question may require an answer that is required for subsequent marking points. If an error is made in the first marking point then it should be penalized. However, if the incorrect answer is used correctly in subsequent marking points then **follow through** marks should be awarded. When marking, indicate this by adding **ECF** (error carried forward) on the script. “ECF acceptable” will be displayed in the “Notes” column.
14. Do **not** penalize candidates for errors in units or significant figures, **unless** it is specifically referred to in the “Notes” column.
15. Allow reasonable substitutions where in common usage, eg \circ for rad.

Section A

Question			Answers	Notes	Total
1.	a	i	OY always smaller than OX AND uncertainties are the same/0.1 « so fraction $\frac{0.1}{OY} > \frac{0.1}{OX}$ » ✓		1
	a	ii	$\frac{0.1}{1.3} \text{ AND } \frac{0.1}{1.8} \checkmark$ $= 0.13 \text{ OR } 13\% \checkmark$	<i>Watch for correct answer even if calculation continues to the absolute uncertainty.</i>	2
	b	i	total length of bar = 0.2 cm ✓	Accept correct error bar in one of the points: OX = 1.8 cm OR OY = 5.8 cm (which is not a measured point but is a point on the interpolated line) OR OX = 5.8 cm. Ignore error bar of OX. Allow range from 0.2 to 0.3 cm, by eye.	1
	b	ii	suitable line drawn extending at least up to 6 cm OR gradient calculated using two out of the first three data points ✓ inverse of gradient used ✓ value between 1.30 and 1.60 ✓	<i>If using one value of OX and OY from the graph for any of the first three data points award [2 max].</i> <i>Award [3] for correct value for each of the three data points and average.</i> <i>If gradient used, award [1 max].</i>	3

Question			Answers	Notes	Total
	b	iii	<p>«the equation $n = \frac{OX}{OY}$ » involves a tan approximation/is true only for small θ «when $\sin\theta = \tan\theta$»</p> <p>OR</p> <p>«the equation $n = \frac{OX}{OY}$ » uses OI instead of the hypotenuse of the $\triangle IOX$ or IOY ✓</p>	OWTTE	1

2.	a		$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$ ✓		1
	b	i	any straight line that either goes or would go, if extended, through the origin ✓		1
	b	ii	<p>for ideal gas p is proportional to $T / P = nRT/V$ ✓</p> <p>gradient is constant /graph is a straight line ✓</p> <p>line passes through origin / 0,0 ✓</p>		2max

Question			Answers	Notes	Total
3.	a	i	18 «s» ✓	<i>Allow answer in the range of 17 «s» to 19 «s». Ignore wrong unit.</i>	1
	a	ii	36 «s» ✓	<i>Allow answer in the range of 35 «s» to 37 «s».</i>	1
	b		radioactive/nuclear decay OR capacitor discharge OR cooling ✓	<i>Accept any relevant situation, eg: critically damping, approaching terminal velocity.</i>	1

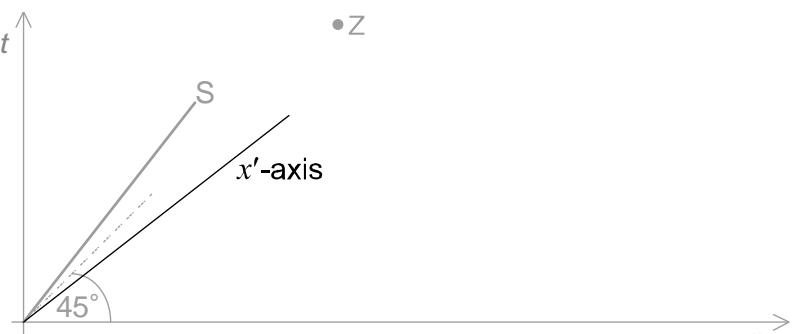
Section B

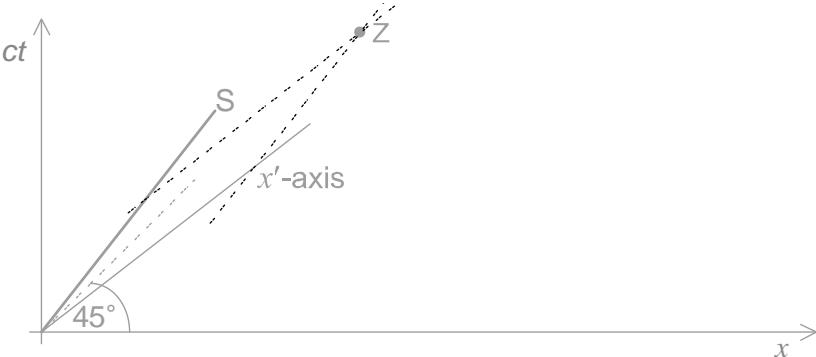
Option A — Relativity

Question		Answers	Notes	Total
4.	a	<p>a coordinate system OR a system of clocks and measures providing time and position relative to an observer ✓</p>	OWTTE	1
	b	<p>i electric OR electrostatic ✓</p>		1
	b	<p>ii «as the positive ions are moving with respect to the charge,» there is a length contraction ✓ therefore the charge density on ions is larger than on electrons ✓ so net positive charge on wire attracts X ✓</p>	<p><i>For candidates who clearly interpret the question to mean that X is now at rest in the Earth frame accept this alternative MS for bii</i></p> <p><i>the magnetic force on a charge exists only if the charge is moving ✓</i></p> <p><i>an electric force on X , if stationary, only exists if it is in an electric field ✓</i></p> <p><i>no electric field exists in the Earth frame due to the wire ✓</i></p> <p><i>and look back at b i, and award mark for there is no electric or magnetic force on X✓</i></p>	3

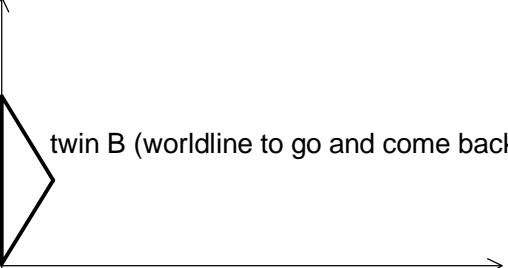
Question			Answers	Notes	Total
5.	a		the length of an object in its rest frame ✓		1
	b		$\frac{1}{\sqrt{(1-0.96^2)}}$ OR $\gamma = 3.6$ ✓ 93 «ns» ✓	<i>ECF for wrong γ</i> <i>Award [2] for a bald correct answer.</i>	2

Question		Answers	Notes	Total
	c	<p>«X is» 7.5 «m» in frame on pion ✓</p> <p>«Y is» 26.8 «m» in frame on Earth ✓</p> <p>identifies proper length as the Earth measurement</p> <p>OR</p> <p>identifies Earth distance according to pion as contracted length</p> <p>OR</p> <p>a statement explaining that one of the length is shorter than the other one ✓</p>		3

6.	a	$\text{angle} = \tan^{-1} \left\langle \frac{0.8}{1} \right\rangle = 39^{\circ}$ OR 0.67 «rad» ✓		1
	b	<p>adds x'-axis as shown ✓</p> 	<p>Approximate same angle to $v=c$ as for ct'. Ignore labelling of that axis.</p>	1

Question		Answers	Notes	Total
	c	<p>adds two lines parallel to ct' and x' as shown indicating coordinates ✓</p> 		1

7.	a	« $0.6 ct = 6 \text{ ly}$ » so $t = 10$ «years» ✓	Accept: If the 6 ly are considered to be measured from B, then the answer is 12.5 years.	1
	b	<p>ALTERNATIVE 1</p> $10^2 - 6^2 = t^2 - 0^2$ ✓ so t is 8 «years» ✓ <p>ALTERNATIVE 2</p> gamma is $\frac{5}{4}$ ✓ $10 \times \frac{4}{5} = 8$ «years» ✓	Accept: If the 6 ly are considered to be measured from B, then the answer is 10 years. Allow ECF from a Allow ECF for incorrect y in mp1	2

Question		Answers	Notes	Total
c		<p>three world lines as shown ✓</p>  <p>twin A twin B (worldline to go and come back)</p>	<p><i>Award mark only if axes OR world lines are labelled.</i></p>	1
d		<p>according to both twins, it is the other one who is moving fast therefore clock should run slow ✓</p> <p>«it is not considered a paradox as» twin B is not always in the same inertial frame of reference</p> <p>OR</p> <p>twin B is actually accelerating «and decelerating» ✓</p>	<p><i>Allow explanation in terms of spacetime diagram.</i></p>	2

Question			Answers	Notes	Total
8.	a		as the total initial momentum is zero, it must be zero after the collision ✓		1
	b		$2 = (\gamma - 1) m_0 c^2 = (\gamma - 1) 0.511$ ✓ $\gamma = 4.91$ ✓ $v = 0.978c$ ✓		3
	c		« $2 + 2 + 2 \times 0.511 = 5.02$ MeV» so each photon is 2.51 «MeV» ✓ $p = \frac{E}{c} = 2.51$ «MeV c ⁻¹ » ✓		2

9.	a		$\frac{\Delta f}{f} = \frac{gh}{c^2}$ so $\Delta f = \frac{0.6 \times 20000000}{(3 \times 10^8)^2} = 1.3 \times 10^{-10}$ ✓ $\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta t}{t}$ ✓ $1.3 \times 10^{-10} \times 24 \times 3600 = 1.15 \times 10^{-5}$ «s» «running fast» ✓	Award [3 max] if for g 0.6 OR 9.8 OR average of 0.6 and 9.8 is used.	3
	b		ALTERNATIVE 1 g is not constant through Δh so value determined should be larger ✓ ALTERNATIVE 2 the satellite clock is affected by time dilation due to special relativity/its motion ✓	Use ECF from (a) Accept under or overestimate for SR argument.	1

Option B — Engineering physics

Question		Answers	Notes	Total	
10.	a	<p>ALTERNATIVE 1</p> $\omega_{\text{final}} = \frac{V}{r} = 31.5 \text{ «rad s}^{-1}\text{» } \checkmark$ $\text{«} \omega = \omega_0 + \alpha t \text{ so } \alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{31.5}{3.98} = 7.91 \text{ «rad s}^{-2}\text{» } \checkmark$ <p>ALTERNATIVE 2</p> $a = \frac{1.89}{3.98} = 0.4749 \text{ «m s}^{-2}\text{» } \checkmark$ $\alpha = \frac{a}{r} = \frac{0.4749}{0.060} = 7.91 \text{ «rad s}^{-2}\text{» } \checkmark$		2	
	b	$\Gamma = \frac{1}{2} MR^2 \quad \alpha = \frac{1}{2} \times 1.22 \times 0.240^2 \times 7.91 \checkmark$ $= 0.278 \text{ «Nm» } \checkmark$	Award [1 max] for $r = 0.24 \text{ mm}$ used giving $\alpha = 1.98 \text{ «rad s}^{-2}\text{»}$.	2	
	c	i	$F_T = \frac{\Gamma}{r} \checkmark$ $F_T = 4.63 \text{ «N» } \checkmark$	Allow 5 «N» if $\Gamma = 0.3 \text{ Nm}$ is used.	2
	c	ii	$F_T = mg - ma \text{ so } m = \frac{4.63}{9.81 - 0.475} \checkmark$ $m = 0.496 \text{ «kg» } \checkmark$	Allow ECF	2

Question		Answers	Notes	Total
11.		<p>in method 1 the perpendicular distance varies from 0 to a maximum value, in method 2 this distance is constant at the maximum value</p> <p>OR</p> <p>angle between F and r is 90° in method 2 and less in method 1</p> <p>OR</p> <p>$\Gamma = F \times \text{perpendicular distance} \checkmark$</p> <p>perpendicular distance/ torque is greater in method 2 \checkmark</p>		2

12.	a	<p>correct conversion to K «622 K cold, 885 K hot» \checkmark</p> $\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}}} = 1 - \frac{622}{885} = 0.297 \text{ or } 29.7\% \checkmark$	<i>Award [1 max] if temperatures are not converted to K, giving result 0.430.</i>	2
	b	<p>the Carnot efficiency is the maximum possible \checkmark</p> <p>the Carnot cycle is theoretical/reversible/impossible/ininitely slow \checkmark</p> <p>energy losses to surroundings «friction, electrical losses, heat losses, sound energy» \checkmark</p>	OWTTE	2 max
	c	<p>$0.71 \times 0.297 = 0.211 \checkmark$</p> <p>$1.33 / 0.211 \times 0.789 = 4.97 \text{ «GW}} \checkmark$</p> <p>$4.97 \times 3600 = 1.79 \times 10^{13} \text{ «J}} \checkmark$</p>	<i>Allow solution utilizing wasted power «78.9 %».</i> <i>Award [2 max] if 71 % used as the overall efficiency giving an answer of $1.96 \times 10^{12} \text{ J}$.</i> <i>Award [3] for a bald correct answer.</i> <i>Watch for ECF from (a).</i>	3

Question			Answers	Notes	Total
	d		<p>Law 1: net thermal energy flow is $Q_{IN} - Q_{OUT}$ ✓</p> <p>Law 1: $Q_{IN} - Q_{OUT} = \Delta Q = \Delta W$ as ΔU is zero ✓</p> <p>Law 1: does not forbid $Q_{OUT} = 0$ ✓</p> <p>Law 2: no power plant can cover 100 % of Q_{IN} into work ✓</p> <p>Law 2: total entropy must increase so some Q must enter surroundings ✓</p>	<p>Q_{OUT} refers to “waste heat”</p> <p>OWTTE</p>	3 max

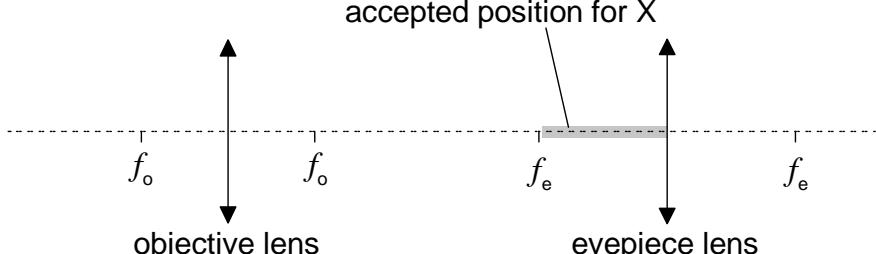
13.	a	i	$F_{\text{weight}} = « \rho g V_{\text{cube}} = 210 \times 9.81 \times 0.15^3 = » 6.95 \text{ « N» } \checkmark$		1
	a	ii	$F_{\text{buoyancy}} = 6.95 = \rho g V$ gives $V = 9.8 \times 10^{-4}$ ✓ $\frac{9.8 \times 10^{-4}}{(0.15)^3} = 0.29$ so 0.71 or 71 % of the cube is above the gasoline ✓	Award [2] for a bald correct answer.	2
	b		<p>«from continuity equation» v is greater at B OR area at B is smaller thus «from continuity equation» velocity at B is greater ✓ increase in speed leads to reduction in pressure «through Bernoulli effect» ✓ pressure related to height of column OR $p = \rho gh$ ✓</p>		3

Question			Answers	Notes	Total
14.	a	i	amplitude is increasing as energy is added ✓		1
	a	ii	energy input = energy lost due to damping ✓		1
	b		<p>curve from time t_B reaching zero displacement ✓</p> <p>in no more than one cycle ✓</p>	<p>Award zero if displacement after t_B goes to negative values.</p>	2

Option C — Imaging

Question		Answers	Notes	Total
15.	a	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>for incident ray, normal drawn which pass through C ✓ reflected ray drawn such as $i=r$ ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>drawn second ray through C, parallel to incident ray ✓ adds focal plane and draws reflected ray so that it meets 2nd ray at focal plane ✓</p>	<p>$i=r$ by eye <i>If normal is not visibly constructed using C, do not award MP1.</i> <i>If no normal is drawn then grazing angles must be equal for MP2.</i></p> <p><i>Focal plane position by eye, half-way between C and mirror</i></p>	2
	b	i	spherical «aberration» ✓	1
	b	ii	using parabolic mirror OR reducing the aperture ✓	1

Question			Answers	Notes	Total
16.	a		converging/positive/biconvex/plane convex ✓	<i>Do not accept convex.</i>	1
	b		$\frac{v}{u} = 4$ ✓ $v + u = 6$ ✓ so lens is 1.2 «m» from object or $u = 1.2$ «m» ✓	<i>Award [3] for a bald correct answer.</i> <i>Allow [1] if the answer is 4.8 «m».</i>	3
	c		« $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$, so $\frac{1}{1.2} + \frac{1}{4.8} = \frac{1}{f}$, so » $f = 0.96$ «m» or 1 «m» ✓	<i>Watch for ECF from (b)</i>	1
	d		real AND inverted ✓ smaller OR diminished ✓		2

Question			Answers	Notes	Total
17.	a		$f_{\text{OBJECTIVE}}$ for telescope > $f_{\text{OBJECTIVE}}$ for microscope OR $f_{\text{OBJECTIVE}}$ for telescope > f_{EYEPiece} for telescope but $f_{\text{OBJECTIVE}}$ for microscope < f_{EYEPiece} for microscope ✓		1
	b		$\frac{500}{5}$ OR 100 times ✓		1
	c	i	RF photons have smaller energy, so signal requires larger dish ✓ RF waves have greater wavelength, good resolution requires larger dish ✓	Must see both, reason and explanation.	1 max
	c	ii	use of an array of dishes/many mutually connected antennas «so the effective diameter equals to the distance between the furthest antennas» ✓		1
	d		between f_e and eyepiece lens, on its left ✓ 	Accept any clear indication of the image (eg: X, arrow, dot). Accept positions which are slightly off axis.	1
	e		resolution improves as wavelength decreases AND wavelength of UV is smaller OR gives resolution formula AND adds that λ is smaller for UV ✓		1

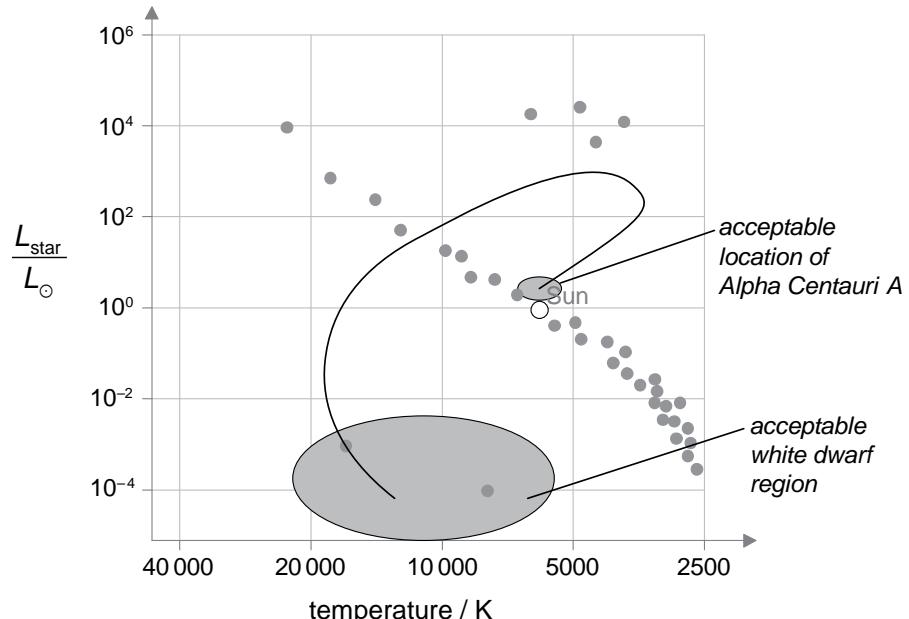
Question			Answers	Notes	Total
18.	a		step-index fibres have constant «core» refracting index, graded index fibres have refracting index that reduces/decreases/gets smaller away from axis ✓	<i>OWTTE but refractive index is variable is not enough for the mark. Award the mark if these ideas are evident in the answer to 18(b).</i>	1
	b		«in graded index fibres» rays travelling longer paths travel faster ✓ so that rays travelling different paths arrive at same/similar time ✓	<i>Ignore statements about different colours/wavelengths.</i>	2
19.	a		reads value on graph at 20 keV as $4 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ✓ $\ll 4 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \times 1800 \text{ kg m}^{-3} \times \frac{1000}{1000000} = \gg 7.2 \text{ cm}^{-1} \gg$ ✓	<i>Ensure that the calculation has right POT conversion. Answer must be to at least two significant figures.</i>	2

Question		Answers	Notes	Total
b		<p>ALTERNATIVE 1 <i>(finds intensity ratios for muscle and bone separately)</i></p> <p>for muscle: obtains $\mu = 0.96 \text{ cm}^{-1}$ ✓</p> $\frac{I}{I_0} = e^{-\mu x} \text{ so for muscle } 0.38 \checkmark$ <p>for bone: $\frac{I}{I_0} = 7.5 \times 10^{-4}$ «if $\mu = 7.2$ is used»</p> <p>OR</p> <p>9.1×10^{-4} «if $\mu = 7$ is used» ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>for muscle: obtains $\mu = 0.96 \text{ cm}^{-1}$ ✓</p> $\frac{I_{\text{MUSCLE}}}{I_{\text{BONE}}} = \frac{e^{-0.96}}{e^{-7.2}} \checkmark$ <p>ratio is about 500 «513» ✓</p>	<p>Watch for ECF</p> <p>Allow answers in the range of 0.90 to 1.02 cm^{-1}.</p> <p>Allow answers in the range of 0.36 to 0.41.</p> <p>Allow answers in dB. Muscle -4dB, Bone -30 or -31dB</p>	3
c		similar absorption so poor contrast ✓		1

Question			Answers	Notes	Total
20.	a		«proton» spin ✓		1
	b		strong B field applied to align proton spins ✓ cross-field applied to give gradient field OR each point in a plane has a unique B ✓ RF field excites spins ✓ protons emit RF at resonant/Larmor frequency dependent on Total B field ✓ RF detected shows position in the plane / is used to form 2D images✓	OWTTE <i>Allow features to be mentioned in any order.</i>	3 max

Option D — Astrophysics

Question			Answers	Notes	Total
21.	a		two stars orbiting about a common centre «of mass/gravity» ✓	<i>Do not accept two stars orbiting each other.</i>	1
	b	i	stars are roughly at the same distance from Earth OR d is constant for binaries ✓ $\frac{L_A}{L_B} = \frac{1.5}{0.5} = 3.0 \quad \checkmark$	Award [2] for a bald correct answer.	2
	b	ii	$r = \sqrt{\frac{1.5 \times 3.8 \times 10^{26}}{5.67 \times 10^{-8} \times 4\pi \times 5800^4}} \quad \checkmark$ $= 8.4 \times 10^8 \text{ «m»} \quad \checkmark$	Award [2] for a bald correct answer.	2
	c		« $A = \frac{L}{\sigma T^4}$ » B and A have similar temperatures ✓ so areas are in ratio of luminosities ✓ «so B radius is less than A»		2
	d		radiation pressure/force outwards ✓ gravitational pressure/force inwards ✓ forces/pressures balance ✓		3

Question		Answers	Notes	Total
e		<p>Alpha Centauri A within allowable region ✓</p> <p>some indication of star moving right and up then left and down ending in white dwarf region as indicated ✓</p>  <p>The figure is a log-log plot of stellar luminosity versus temperature. The y-axis is labeled $L_{\text{star}} / L_{\odot}$ and ranges from 10^{-4} to 10^6. The x-axis is labeled "temperature / K" and ranges from 40,000 K to 2,500 K, with a reversed scale where values decrease from left to right. A series of grey dots represents individual stars. Two specific regions are highlighted with ellipses: a large grey ellipse at low temperatures (around 20,000 K) and high luminosities (10^3 to 10^4 L_{\odot}), and a smaller black ellipse at higher temperatures (around 5,000 K) and lower luminosities (10^0 to 10^1 L_{\odot}). A small open circle labeled "Sun" is located near the center of the black ellipse. Lines connect the text labels to these regions.</p>		2

Question		Answers	Notes	Total
22.		<p>from first graph period = 5.7 «days» ± 0.3 «days» ✓</p> <p>from second graph $\frac{L}{L_{\text{SUN}}} = 2300 \ll \pm 200 \gg$ ✓</p> $d = \sqrt{\frac{2500 \times 3.8 \times 10^{26}}{4\pi \times 1.1 \times 10^{-9}}} = 8.3 \times 10^{18} \text{ m} \gg = 250 \text{ «pc»} \checkmark$	<p>Accept answer from interval 240 to 270 pc. If unit omitted, assume pc</p> <p>Watch for ECF from mp1</p>	3

Question			Answers	Notes	Total
23.	a		isotropic/appears the same from every viewing angle ✓ homogenous/same throughout the universe ✓ black-body radiation ✓		2 max
	b		23 100 «cm» OR 231 «m» ✓		1

24.	a		white dwarf must have companion «in binary system» ✓ white dwarf gains material «from companion» ✓ when dwarf reaches and exceeds the Chandrasekhar limit/1.4 M _{SUN} supernova can occur ✓		3
	b		a standard candle represents a «stellar object» with a known luminosity ✓ this supernova occurs at a certain/known/exact mass so luminosity/energy released is also known ✓	OWTTE <i>MP1 for indication of known luminosity, MP2 for any relevant supportive argument.</i>	2
	c		distant supernovae were dimmer/further away than expected ✓ hence universe is accelerating ✓ dark energy «is a hypothesis to» explain this ✓		3

Question			Answers	Notes	Total
25.	a		$v = \sqrt{\frac{4\pi G\rho}{3}} r = \sqrt{\frac{4}{3} \times \pi \times 6.67 \times 10^{-11} \times 5.0 \times 10^{-21}} \times (4000 \times 3.1 \times 10^{16}) \checkmark$ v is about 146 000 «m s ⁻¹ » or 146 «km s ⁻¹ » ✓ <i>Accept answer in the range of 140 000 to 160 000 «m s⁻¹».</i>		2
	b		rotation curves/velocity of stars were expected to decrease outside core of galaxy ✓ flat curve suggests existence of matter/mass that cannot be seen – now called dark matter ✓		2
