

Física
Nivel superior
Prueba 1

Jueves 10 de mayo de 2018 (tarde)

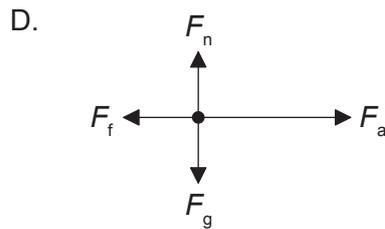
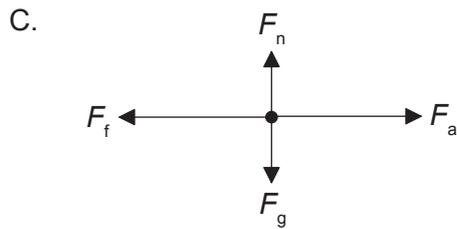
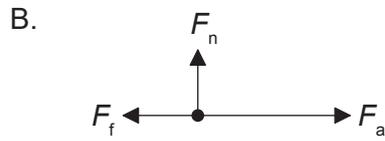
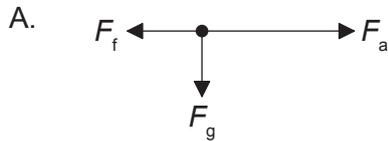
1 hora

Instrucciones para los alumnos

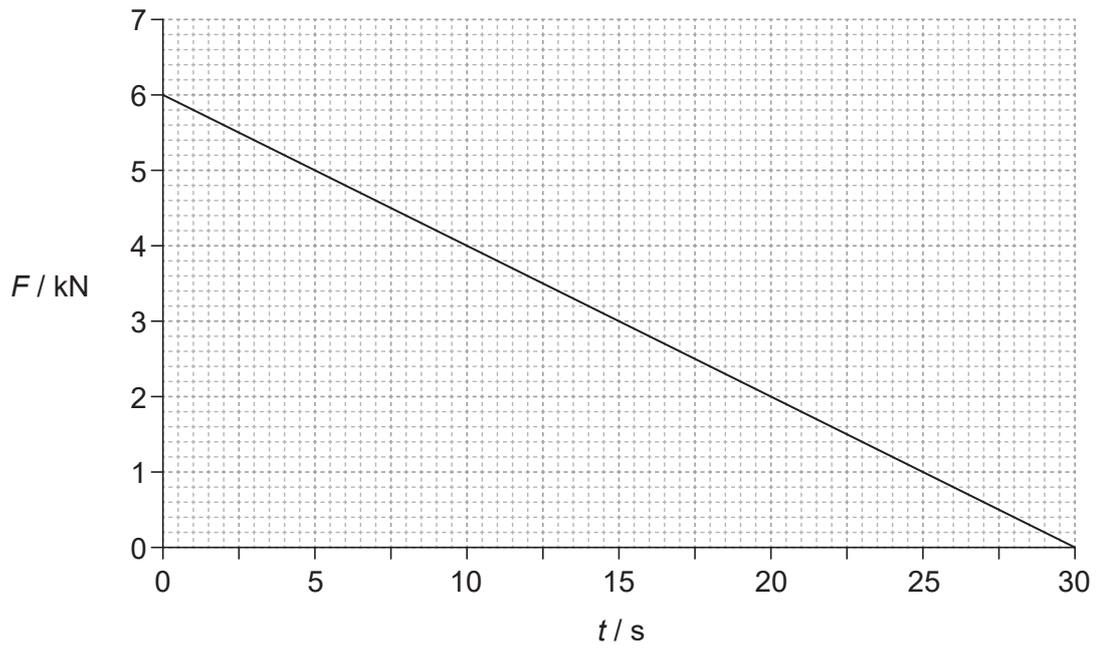
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Seleccione la respuesta que considere más apropiada para cada pregunta e indique su elección en la hoja de respuestas provista.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.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

1. ¿Cuál es la mejor estimación para el diámetro de un núcleo de helio?
- A. 10^{-21} m
 - B. 10^{-18} m
 - C. 10^{-15} m
 - D. 10^{-10} m
2. Un motor con potencia de entrada de 160W levanta una masa de 8,0kg en vertical a una rapidez constante de $0,50\text{ m s}^{-1}$. ¿Cuál es el rendimiento del sistema?
- A. 0,63 %
 - B. 25 %
 - C. 50 %
 - D. 100 %

3. Una caja es acelerada hacia la derecha sobre un suelo rugoso por una fuerza horizontal F_a . La fuerza de rozamiento es F_f . El peso de la caja es F_g y la reacción normal es F_n . ¿Cuál es el diagrama de cuerpo libre para esta situación?



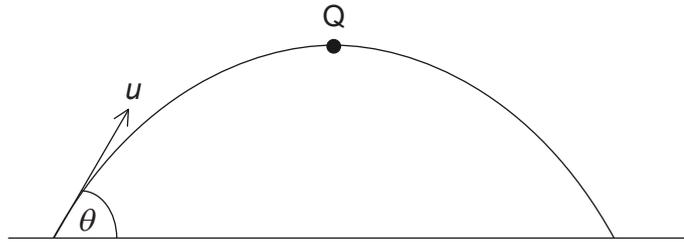
4. En la gráfica se muestra la variación con el tiempo t de la fuerza F que actúa sobre un objeto de masa 15 000 kg. El objeto se encuentra en reposo para $t=0$.



¿Cuál será la rapidez del objeto cuando $t=30 \text{ s}$?

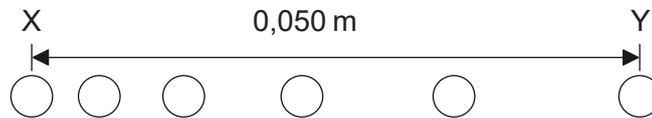
- A. $0,18 \text{ m s}^{-1}$
- B. 6 m s^{-1}
- C. 12 m s^{-1}
- D. 180 m s^{-1}

5. Se lanza una pelota de masa m con una rapidez inicial u formando un ángulo θ con la horizontal, como se muestra. Q es el punto más alto del movimiento. La resistencia al aire es despreciable.



¿Cuál es el momento de la pelota en Q?

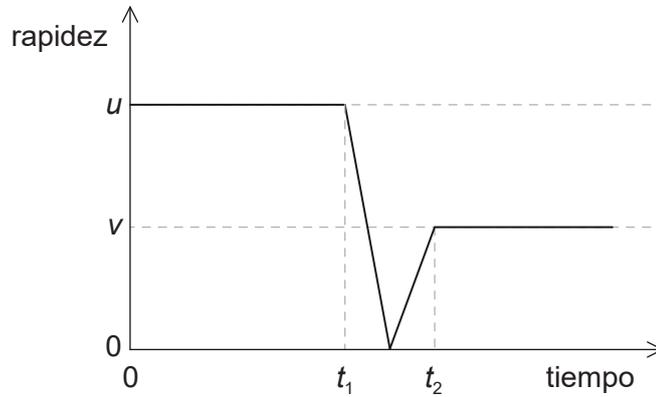
- A. cero
 - B. $mu \cos \theta$
 - C. mu
 - D. $mu \sin \theta$
6. Una pelota parte del reposo y se desplaza en horizontal. Se muestran seis posiciones de la pelota a intervalos de tiempo de 1,0 ms. La distancia horizontal entre X, la posición inicial, e Y, la posición final, es de 0,050 m.



¿Cuál es la aceleración media de la pelota entre X e Y?

- A. 2000 m s^{-2}
- B. 4000 m s^{-2}
- C. 5000 m s^{-2}
- D. 8000 m s^{-2}

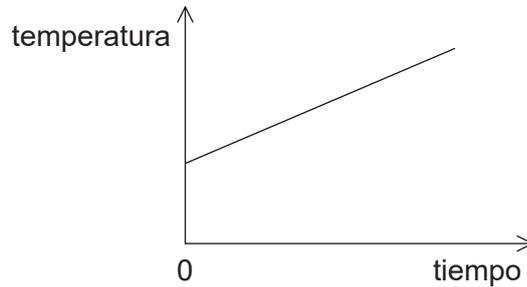
7. Una pelota de masa m colisiona contra una pared vertical con una rapidez horizontal inicial u y rebota con una rapidez horizontal v . La gráfica muestra la variación con el tiempo de la rapidez de la pelota.



¿Cuál es el módulo de la fuerza neta media que actúa sobre la pelota durante la colisión?

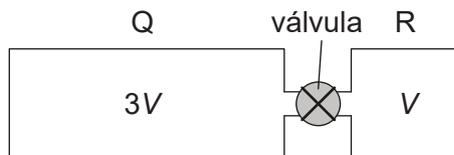
- A. $\frac{m(u - v)}{(t_2 + t_1)}$
- B. $\frac{m(u - v)}{(t_2 - t_1)}$
- C. $\frac{m(u + v)}{(t_2 + t_1)}$
- D. $\frac{m(u + v)}{(t_2 - t_1)}$

8. En la gráfica se muestra cómo varía con el tiempo la temperatura de un líquido cuando se le suministra energía a un ritmo constante P . La pendiente de la gráfica es K y el líquido tiene un calor específico c .



¿Cuál será la masa del líquido?

- A. $\frac{P}{cK}$
- B. $\frac{PK}{c}$
- C. $\frac{Pc}{K}$
- D. $\frac{cK}{P}$
9. Q y R son dos contenedores rígidos, con volúmenes $3V$ y V respectivamente, que contienen moléculas del mismo gas ideal inicialmente a la misma temperatura. Las presiones de gas en Q y R son p y $3p$ respectivamente. Los contenedores están conectados a través de una válvula de volumen despreciable que está cerrada inicialmente.



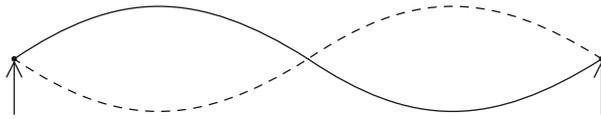
Se abre la válvula de manera tal que no varíe la temperatura de los gases. ¿Cuál será el cambio de presión en Q?

- A. $+p$
- B. $\frac{+p}{2}$
- C. $\frac{-p}{2}$
- D. $-p$

10. Dos ondas de sonido procedentes de una fuente puntual en el suelo se desplazan por el suelo hasta un detector. La rapidez de una onda es de $7,5 \text{ km s}^{-1}$ y la rapidez de la otra es de $5,0 \text{ km s}^{-1}$. Las ondas llegan al detector con 15s de separación. ¿Cuál será la distancia de la fuente puntual al detector?
- A. 38 km
 - B. 45 km
 - C. 113 km
 - D. 225 km
11. ¿Cuál de las siguientes opciones relacionadas con la aceleración de una partícula que oscila con movimiento armónico simple (MAS) es la verdadera?
- A. Tiene sentido opuesto a su velocidad
 - B. Es decreciente cuando la energía potencial sea creciente
 - C. Es proporcional a la frecuencia de la oscilación
 - D. Está en un mínimo cuando la velocidad está en un máximo
12. ¿Cuáles son las variaciones en la rapidez y en la longitud de onda de la luz monocromática cuando la luz pasa del agua al aire?

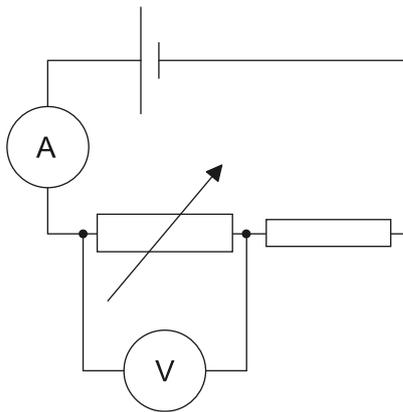
	Variación en la rapidez	Variación en la longitud de onda
A.	aumenta	aumenta
B.	aumenta	disminuye
C.	disminuye	aumenta
D.	disminuye	disminuye

13. Una cuerda estirada entre dos puntos fijos hace sonar su segundo armónico a la frecuencia f .



¿Qué expresión, siendo n entero, corresponderá a las frecuencias de los armónicos que tienen un nodo en el centro de la cuerda?

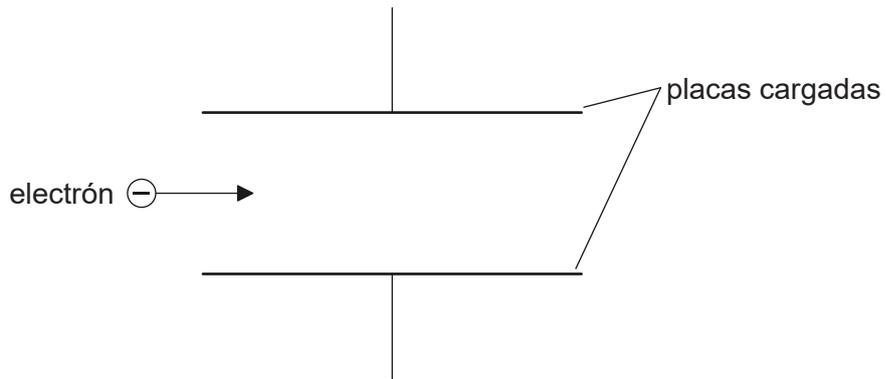
- A. $\frac{n+1}{2}f$
 - B. nf
 - C. $2nf$
 - D. $(2n+1)f$
14. Una celda con resistencia interna despreciable está conectada tal como se muestra. Tanto el amperímetro como el voltímetro son ideales.



¿Qué variaciones se producen en las lecturas del amperímetro y del voltímetro cuando se aumenta la resistencia del resistor variable?

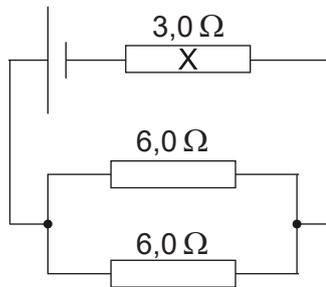
	Variación en la lectura del amperímetro	Variación en la lectura del voltímetro
A.	aumenta	aumenta
B.	aumenta	disminuye
C.	disminuye	aumenta
D.	disminuye	disminuye

15. Un electrón entra en la región entre dos placas paralelas cargadas, moviéndose inicialmente en paralelo a las placas.



La fuerza electromagnética que actúa sobre el electrón

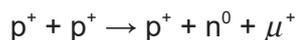
- A. hace que el electrón reduzca su rapidez horizontal.
 - B. hace que el electrón aumente su rapidez horizontal.
 - C. es paralela a las líneas de campo y de sentido opuesto a ellas.
 - D. es perpendicular a la dirección del campo.
16. Una celda con f.e.m. de 6,0V y resistencia interna despreciable está conectada a tres resistores tal como se muestra. Los resistores tienen resistencia de 3,0 Ω and 6,0 Ω, como se muestra.



¿Cuál será la corriente en el resistor X?

- A. 0,40 A
- B. 0,50 A
- C. 1,0 A
- D. 2,0 A

17. Un objeto de masa m se desplaza en una circunferencia horizontal de radio r con rapidez constante v . ¿Cuál es el ritmo al que la fuerza centrípeta efectúa trabajo?
- A. $\frac{mv^3}{r}$
- B. $\frac{mv^3}{2\pi r}$
- C. $\frac{mv^3}{4\pi r}$
- D. cero
18. Un detector, situado cerca de una fuente radiactiva, detecta una actividad de 260 Bq. La actividad media de fondo en esta ubicación es de 20 Bq. El nucleido radiactivo tiene una semivida de 9 horas. ¿Qué actividad se detectará tras 36 horas?
- A. 15 Bq
- B. 16 Bq
- C. 20 Bq
- D. 35 Bq
19. El elemento X se desintegra a través de una serie de emisiones alfa (α) y beta menos (β^-). ¿Qué serie de emisiones produce como resultado un isótopo de X?
- A. 1α y $2\beta^-$
- B. 1α y $4\beta^-$
- C. 2α y $2\beta^-$
- D. 2α y $3\beta^-$
20. Identifique la ley de conservación violada en la reacción propuesta.

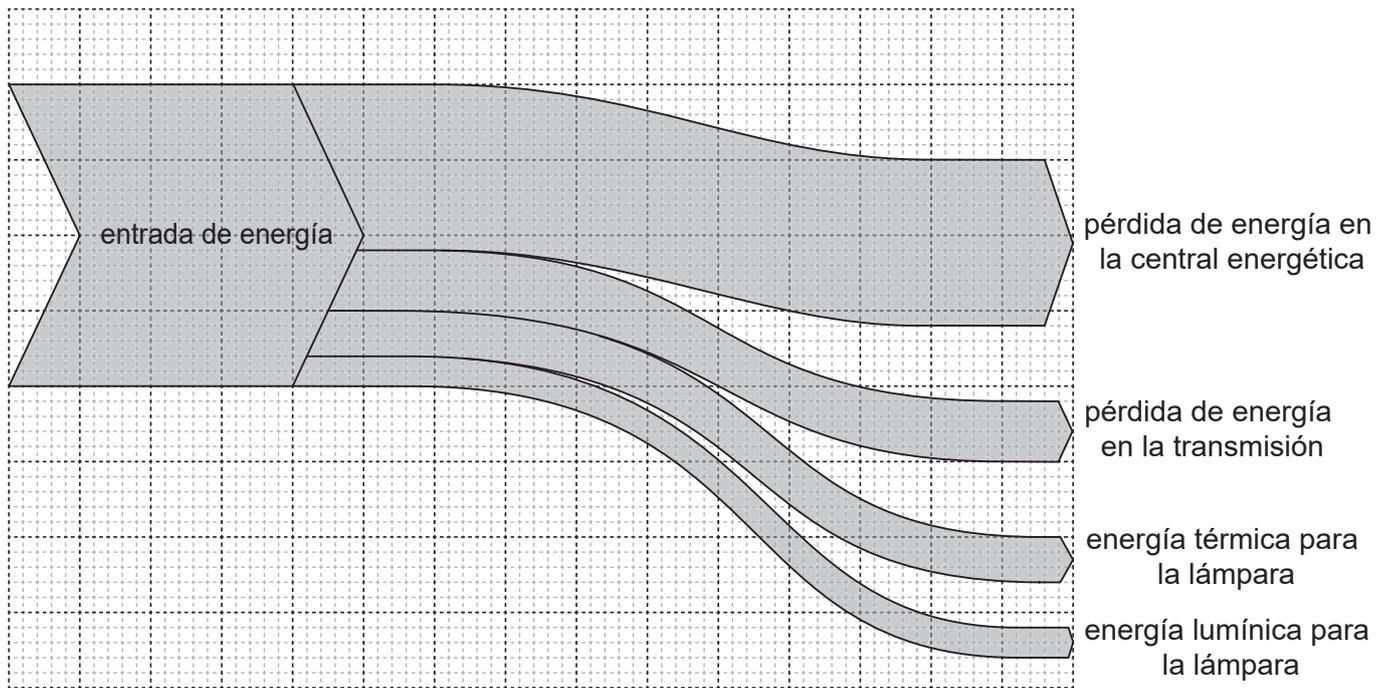


- A. Extrañeza
- B. Número leptónico
- C. Carga
- D. Número bariónico

21. Una turbina eólica tiene una potencia de salida p cuando la rapidez del viento es v . El rendimiento de la turbina de viento no varía. ¿Cuál será la rapidez del viento para la cual la potencia de salida es $\frac{p}{2}$?

- A. $\frac{v}{4}$
- B. $\frac{v}{\sqrt{8}}$
- C. $\frac{v}{2}$
- D. $\frac{v}{\sqrt[3]{2}}$

22. El diagrama de Sankey muestra la entrada de energía del combustible que se acabará convirtiendo en energía doméstica útil en forma de luz en una lámpara de filamento.

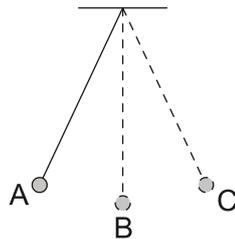


¿Qué se cumple para este diagrama de Sankey?

- A. El rendimiento global del proceso es del 10%.
- B. Las pérdidas por generación y transmisión suponen el 55% de la entrada de energía.
- C. La energía útil supone la mitad de las pérdidas por transmisión.
- D. La pérdida de energía en la central energética es igual a la energía que sale de ella.

23. ¿Qué parte de una central nuclear es la principal responsable de incrementar la probabilidad de que un neutrón provoque la fisión?
- A. Moderador
 - B. Barra de control
 - C. Vasija de presión
 - D. Intercambiador de calor

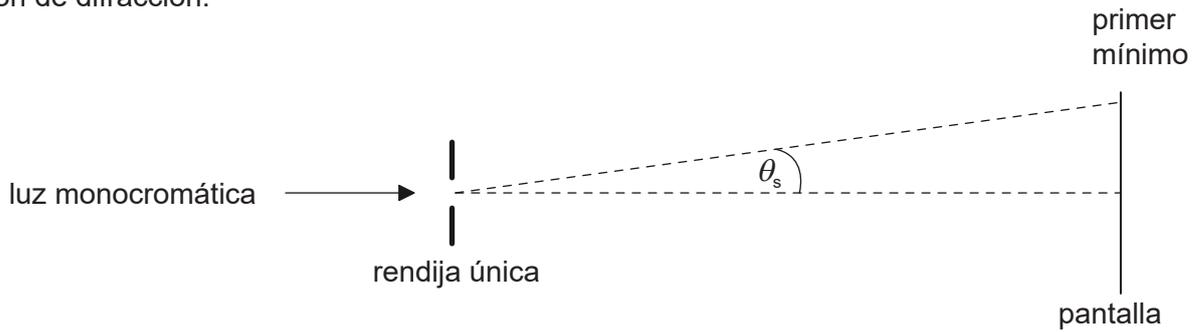
24. La masa de un péndulo simple oscila como se muestra.



¿En qué posición se anulará la fuerza resultante sobre la masa del péndulo?

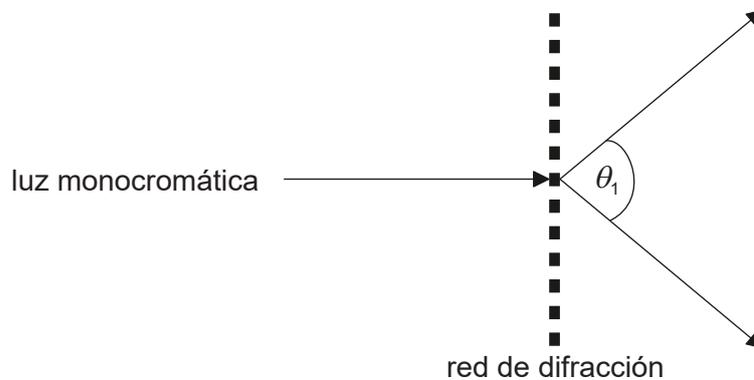
- A. En la posición A
- B. En la posición B
- C. En la posición C
- D. La fuerza resultante nunca se anula durante la oscilación

25. Sobre una rendija única incide un haz de luz monocromática, formándose sobre la pantalla un patrón de difracción.



¿Qué cambio haría que aumentara θ_s ?

- A. Un incremento del ancho de la rendija
 - B. Una reducción del ancho de la rendija
 - C. Un aumento de la distancia entre la rendija y la pantalla
 - D. Una reducción de la distancia entre la rendija y la pantalla
26. Sobre una red de difracción de N líneas por unidad de longitud incide un haz de luz monocromática. El ángulo entre los primeros órdenes es θ_1 .



¿Cuál será la longitud de onda de la luz?

- A. $\frac{\text{sen}q_1}{N}$
- B. $N\text{sen}q_1$
- C. $N\text{sen}\left(\frac{q_1}{2}\right)$
- D. $\frac{\text{sen}\left(\frac{q_1}{2}\right)}{N}$

27. Un tren se aproxima a un observador con rapidez constante

$$\frac{c}{34}$$

en donde c es la velocidad de sonido en aire en reposo. El tren emite sonido de longitud de onda λ . ¿Cuál será la velocidad observada del sonido y la longitud de onda observada cuando se aproxima el tren?

	Velocidad del sonido	Longitud de onda
A.	c	$\frac{33\lambda}{34}$
B.	$\frac{35c}{34}$	$\frac{33\lambda}{34}$
C.	c	λ
D.	$\frac{35c}{34}$	λ

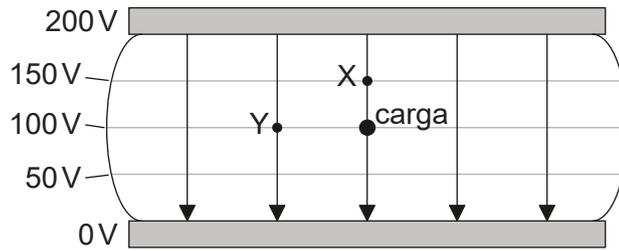
28. Una luna de masa M orbita en torno a un planeta de masa $100M$. El radio del planeta es R y la distancia entre los centros del planeta y de la luna es $22R$.



¿Cuál será la distancia al centro del planeta para la cual el potencial gravitatorio total alcance un valor máximo?

- A. $2R$
- B. $11R$
- C. $20R$
- D. $2R$ y $20R$

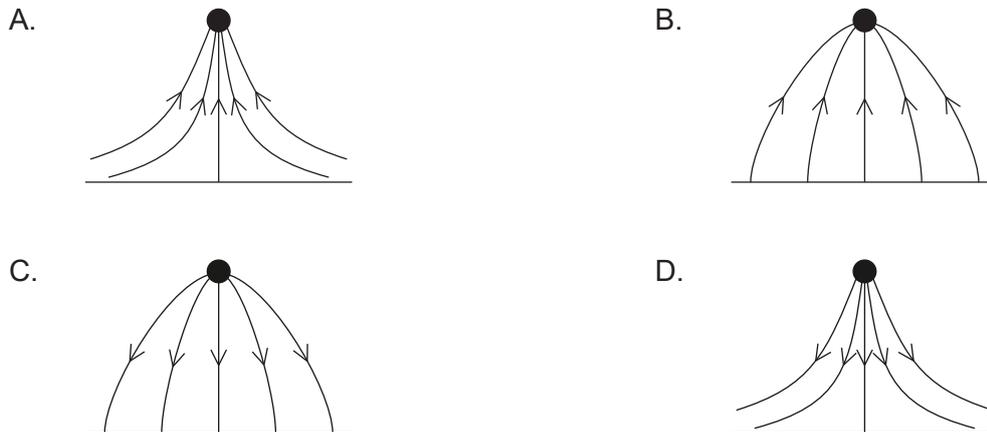
29. El diagrama muestra el campo eléctrico y las superficies equipotenciales eléctricas entre dos placas cargadas paralelas. La diferencia de potencial entre las placas es de 200 V.



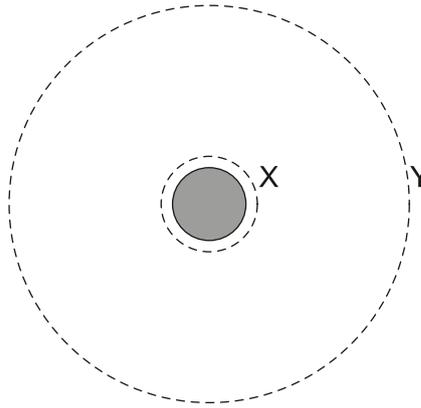
¿Cuál será el trabajo efectuado, en nJ, por el campo eléctrico al mover una carga negativa de magnitud 1 nC desde la posición mostrada hasta X y hasta Y?

	Hasta X	Hasta Y
A.	50	0
B.	-50	0
C.	50	100
D.	-50	-100

30. Se coloca una carga puntual positiva sobre una placa metálica a potencial eléctrico cero. ¿Qué diagrama muestra el patrón de líneas de campo eléctrico entre la carga y la placa?



31. Un satélite que orbita en torno a un planeta se desplaza desde la órbita X hasta la órbita Y.



¿Cuáles serán las variaciones en energía cinética y en energía potencial gravitatoria resultantes?

	Energía cinética	Energía potencial gravitatoria
A.	aumenta	aumenta
B.	aumenta	disminuye
C.	disminuye	aumenta
D.	disminuye	disminuye

32. La masa de la Tierra es M_E y la masa de la Luna es M_M . Sus radios respectivos son R_E y R_M .

¿Cuál será el cociente $\frac{\text{rapidez de escape de la Tierra}}{\text{rapidez de escape de la Luna}}$?

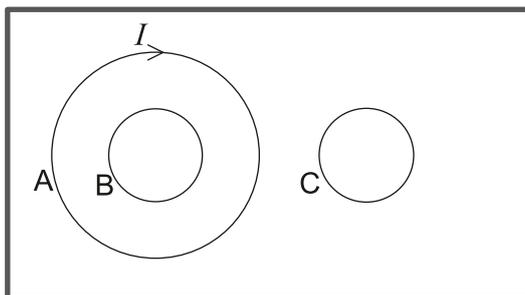
A. $\sqrt{\frac{M_M R_M}{M_E R_E}}$

B. $\sqrt{\frac{M_E R_E}{M_M R_M}}$

C. $\sqrt{\frac{M_E R_M}{M_M R_E}}$

D. $\sqrt{\frac{M_M R_E}{M_E R_M}}$

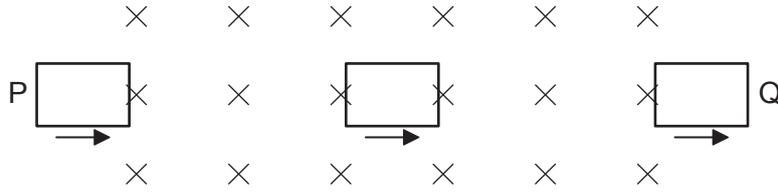
33. La corriente I que fluye en la espira A en sentido horario aumenta, induciendo así una corriente tanto en la espira B como en la C. Las tres espiras se encuentran en el mismo plano.



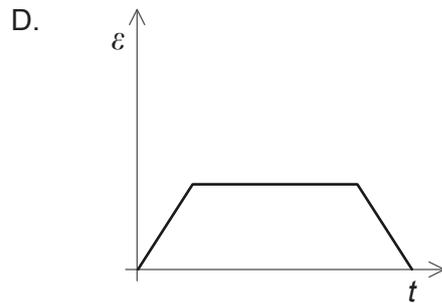
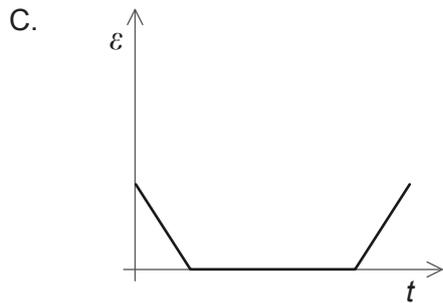
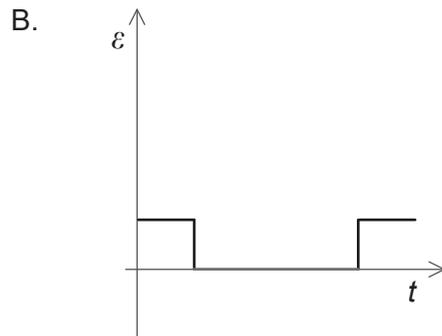
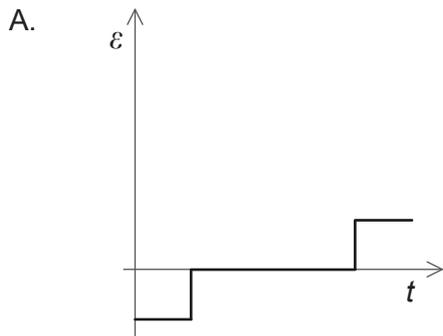
¿Cuál será el sentido de las corrientes inducidas en la espira B y en la espira C?

	Espira B	Espira C
A.	horario	horario
B.	horario	antihorario
C.	antihorario	horario
D.	antihorario	antihorario

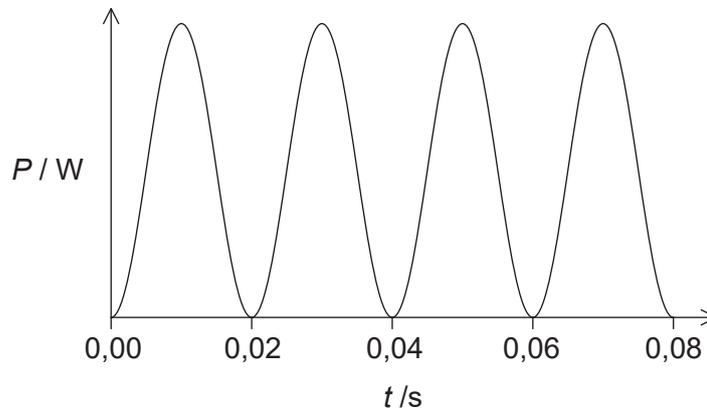
34. Una bobina plana rectangular se desplaza a rapidez constante a través de un campo magnético uniforme. El sentido del campo es hacia dentro del plano del papel.



¿Cuál de las gráficas muestra la variación con el tiempo t , de la f.e.m. inducida ε en la bobina cuando esta se desplaza desde P hasta Q?



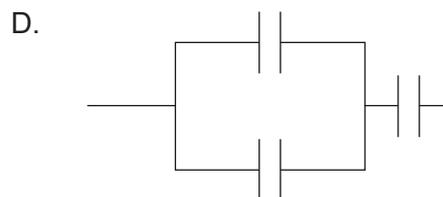
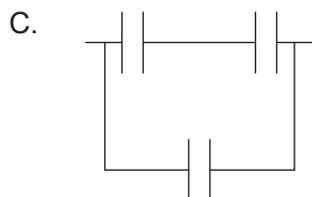
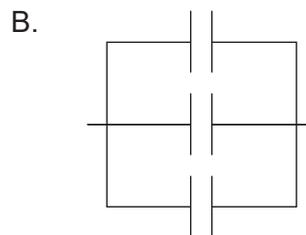
35. La gráfica muestra la potencia disipada en un resistor de $100\ \Omega$ cuando está conectado a una fuente de potencia de corriente alterna (AC) con voltaje cuyo valor cuadrático medio (V_{rms}) es de $60\ V$.



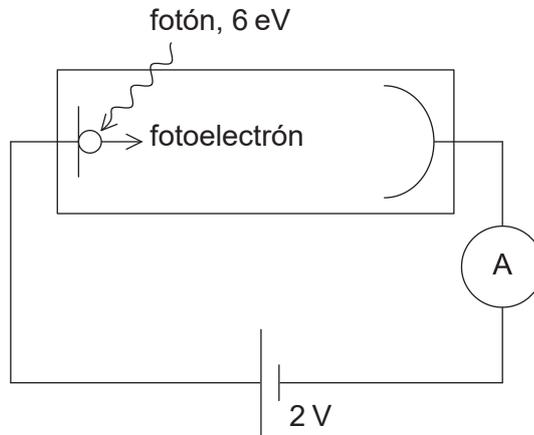
¿Cuáles serán la frecuencia de la fuente de potencia AC y la potencia media disipadas en el resistor?

	Frecuencia de la fuente de potencia AC / Hz	Potencia media disipada en el resistor / W
A.	25	36
B.	50	36
C.	25	18
D.	50	18

36. Tres capacitores, cada uno con capacitancia C , se encuentran conectados de modo que su capacitancia combinada es de $1,5C$. ¿Cómo se encuentran conectados?



37. Una célula fotoeléctrica está conectada en serie a una batería con f.e.m. de 2V. Sobre el cátodo de la célula fotoeléctrica inciden fotones con energía de 6 eV. La función de trabajo de la superficie del cátodo es de 3 eV.



- ¿Cuál es la energía cinética máxima de los fotoelectrones que alcanzan al ánodo?
- A. 1 eV
 - B. 3 eV
 - C. 5 eV
 - D. 8 eV
38. ¿Cuál de las respuestas siguientes aporta evidencia de la naturaleza ondulatoria del electrón?
- A. El espectro continuo de energía en la desintegración β^-
 - B. La difracción de electrones en los cristales
 - C. La existencia de niveles de energía atómicos
 - D. La existencia de niveles de energía nucleares
39. Un electrón de energía inicial E penetra por efecto túnel a través de una barrera de potencial. ¿Cuál será la energía del electrón tras el efecto túnel?
- A. mayor que E
 - B. E
 - C. menor que E
 - D. cero

40. Dos muestras X e Y de diferentes isótopos radiactivos tienen la misma actividad inicial. La muestra X tiene el doble del número de átomos que la muestra Y. Si la semivida de X es T , ¿cuál será la semivida de Y?

A. $2T$

B. T

C. $\frac{T}{2}$

D. $\frac{T}{4}$

Markscheme

May 2018

Physics

Higher level

Paper 1

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

Jueves 10 de mayo de 2018 (tarde)

Número de convocatoria del alumno

2 horas 15 minutos

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

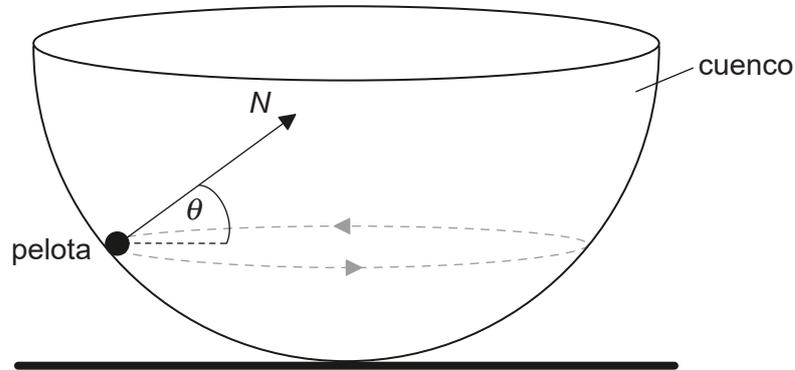
Instrucciones para los alumnos

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas a tal efecto.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[95 puntos]**.



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

1. (a) Una pelota pequeña de masa m se mueve en una circunferencia horizontal, en la superficie interior de un cuenco semiesférico sin rozamiento.



La fuerza de reacción normal N forma un ángulo θ con la horizontal.

- (i) Indique la dirección y sentido de la fuerza resultante sobre la pelota. [1]

.....
.....

- (ii) Sobre el diagrama, construya una flecha con la longitud correcta para representar el peso de la pelota. [2]

The diagram shows a dot representing the ball. A normal force vector N points upwards and to the right. A horizontal dashed line extends to the right from the dot.

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (iii) Muestre que el módulo de la fuerza neta F sobre la pelota viene dado por la siguiente ecuación.

[3]

$$F = \frac{mg}{\tan\theta}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) El radio del cuenco es de 8,0 m y $\theta = 22^\circ$. Determine la rapidez de la pelota.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Resuma si esta pelota podría desplazarse en una trayectoria circular horizontal de radio igual al radio del cuenco.

[2]

.....

.....

.....

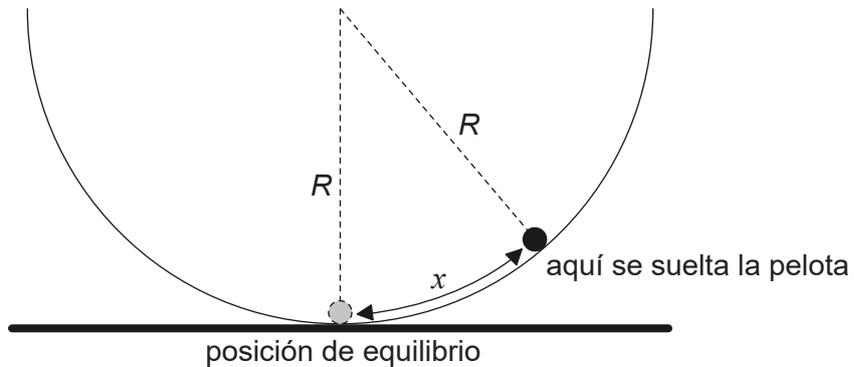
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (d) Se desplaza ahora la pelota una pequeña distancia x desde el fondo del cuenco y se suelta desde el reposo.



El módulo de la fuerza sobre la pelota hacia la posición de equilibrio viene dado por

$$\frac{mgx}{R}$$

en donde R es el radio del cuenco.

- (i) Resuma por qué la pelota describirá oscilaciones armónicas simples en torno a la posición de equilibrio. [1]

.....

.....

- (ii) Muestre que el período de oscilación de la pelota es de alrededor de 6 s. [2]

.....

.....

.....

.....

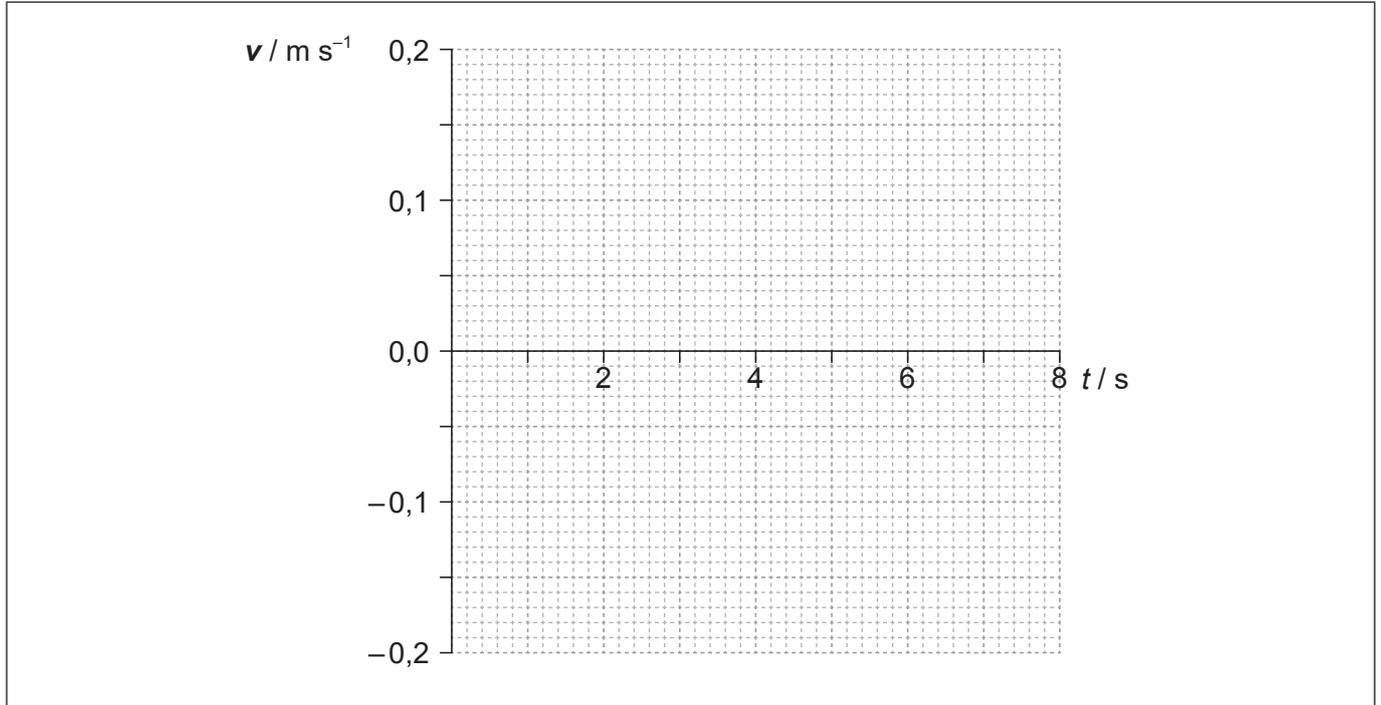
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (iii) La amplitud de oscilación es de 0,12 m. Sobre los ejes, dibuje una gráfica que muestre la variación con el tiempo t de la velocidad v de la pelota durante un período.

[3]

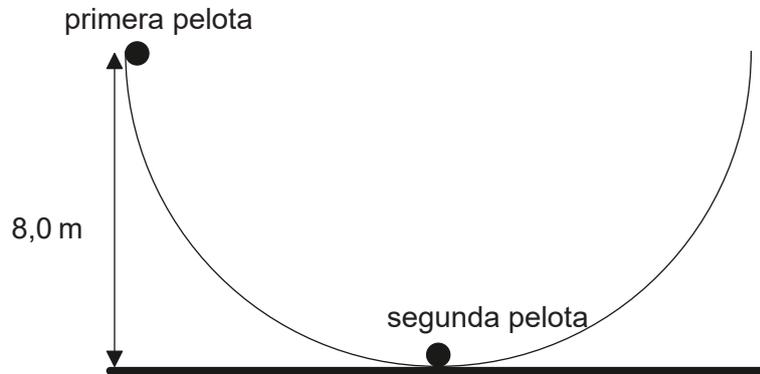


(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (e) Se coloca una segunda pelota idéntica en el fondo del cuenco y se desplaza la primera pelota de modo que su altura desde la horizontal sea igual a 8,0 m.



Se suelta la primera pelota, que acaba golpeando a la segunda pelota. Las dos pelotas permanecen en contacto. Calcule, en m, la altura máxima alcanzada por las dos pelotas.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



2. (a) Se almacena un gas ideal monoatómico en un contenedor con volumen de $2,1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$, temperatura de 310 K y presión de $5,3 \times 10^5 \text{ Pa}$.

(i) Indique qué se entiende por gas ideal. [1]

.....
.....

(ii) Calcule el número de átomos en el gas. [1]

.....
.....

(iii) Calcule, en J, la energía interna del gas. [2]

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

(b) Se aumenta el volumen del gas en (a) hasta $6,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ a temperatura constante.

(i) Calcule, en Pa, la nueva presión del gas. [1]

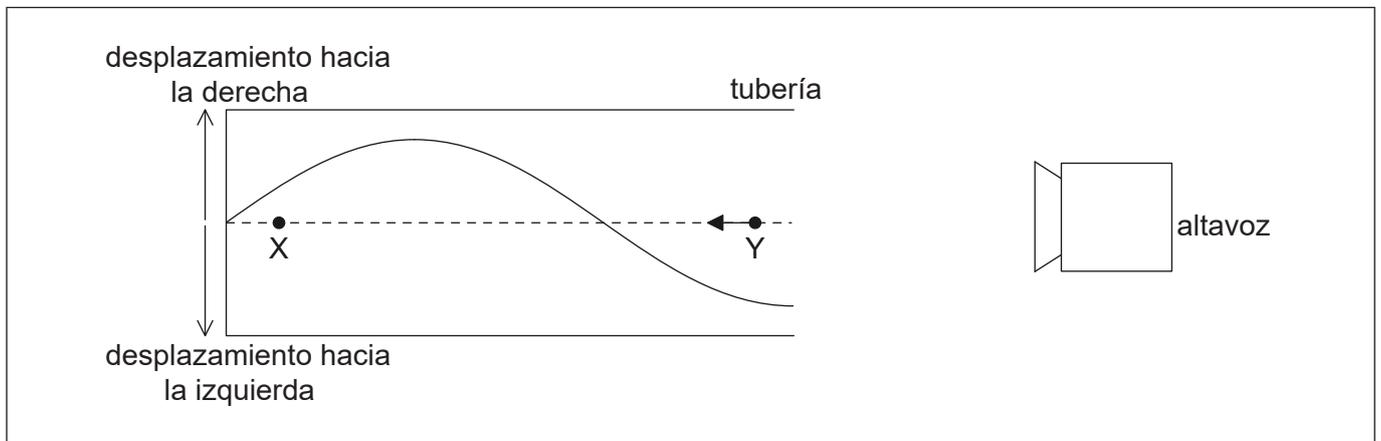
.....
.....

(ii) Explique, en relación con el movimiento molecular, este cambio en la presión. [2]

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



3. (a) Un altavoz emite sonido hacia el extremo abierto de una tubería. Se cierra el otro extremo. Se forma una onda estacionaria en la tubería. El diagrama representa el desplazamiento de moléculas de aire en la tubería en un instante de tiempo.



- (i) Resuma cómo se forma la onda estacionaria. [1]

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

X e Y representan las posiciones de equilibrio de dos moléculas de aire en la tubería. La flecha representa la velocidad de la molécula en Y.

- (ii) Dibuje una flecha sobre el diagrama que represente la dirección en que se desplaza la molécula en X. [1]
- (iii) Rotule como N una posición que corresponda a un nodo de la onda estacionaria. [1]
- (iv) La velocidad del sonido es de 340 m s^{-1} y la longitud de la tubería es de 0,30 m. Calcule, en Hz, la frecuencia del sonido. [2]

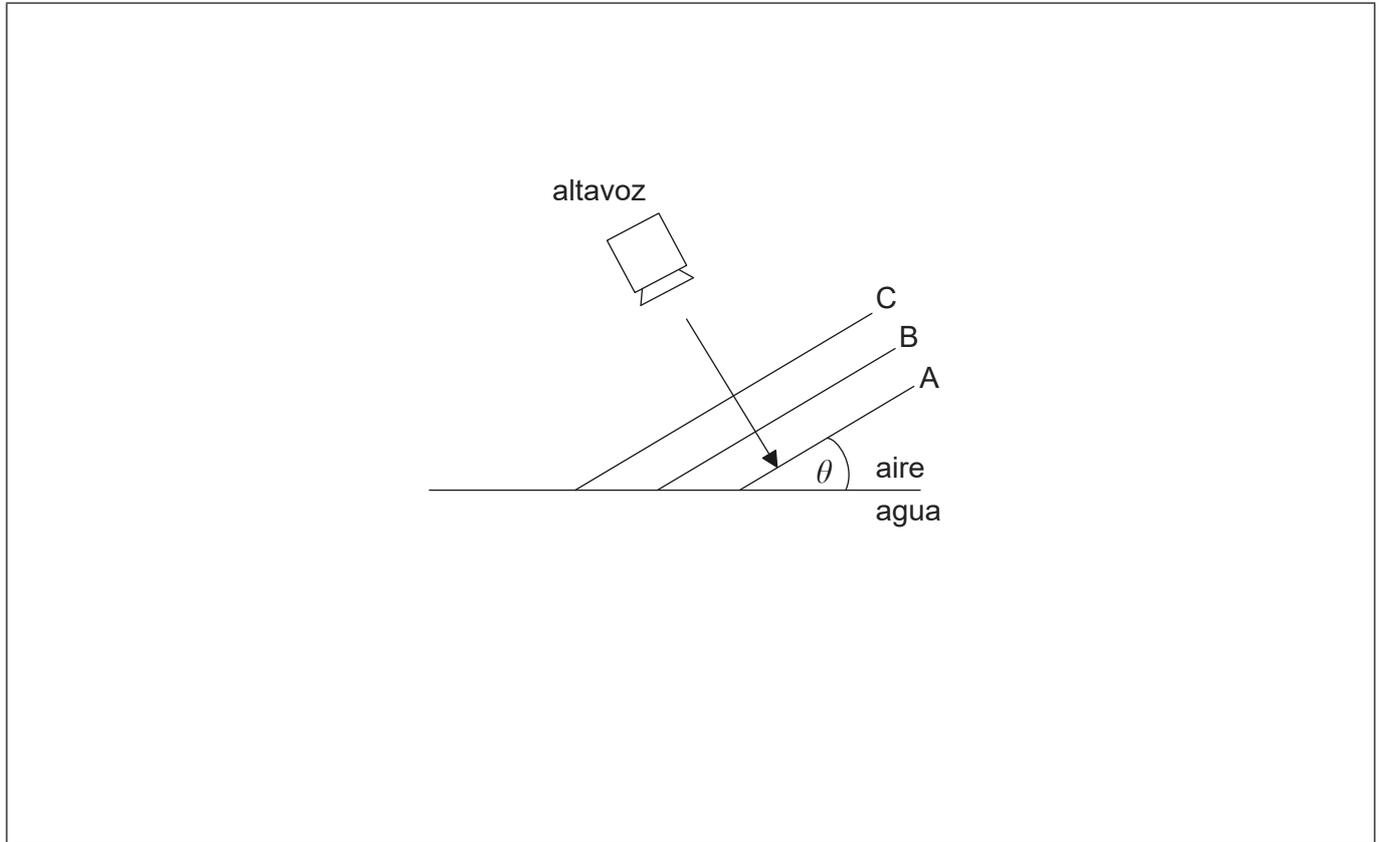
.....
.....
.....
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

- (b) El altavoz de (a) emite ahora sonido hacia una interfase aire-agua. A, B y C son frentes de onda paralelos emitidos por el altavoz. No se muestran las partes de los frentes de onda A y B en el agua. El frente de onda C no ha entrado aún en el agua.



- (i) La velocidad del sonido en el aire es de 340 ms^{-1} y en el agua es de 1500 ms^{-1} . Los frentes de onda forman un ángulo θ con la superficie del agua. Determine el ángulo máximo, θ_{max} , bajo el cual puede entrar en el agua el sonido. Dé su respuesta hasta el número correcto de cifras significativas. [2]

.....

.....

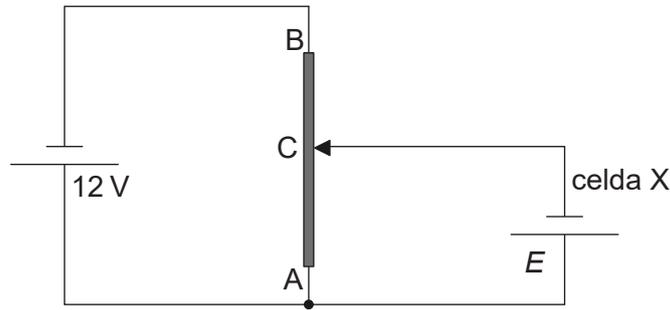
.....

.....

- (ii) Dibuje líneas sobre el diagrama para completar los frentes de onda A y B en el agua para $\theta < \theta_{\text{max}}$. [2]



4. El diagrama muestra un circuito divisor de potencial utilizado para medir la f.e.m. E de una celda X. Las dos celdas tienen resistencia interna despreciable.



- (a) Indique qué se entiende por f.e.m. de una celda. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) AB es un cable de sección transversal uniforme y longitud 1,0m. La resistencia del cable AB es de 80Ω . Cuando la longitud de AC es de 0,35m, la corriente en la celda X es cero.

- (i) Muestre que la resistencia del cable AC es de 28Ω . [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Determine E . [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

- (c) Se reemplaza la celda X por una segunda celda de f.e.m. idéntica E pero con resistencia interna $2,0 \Omega$. Comente la longitud de AC para la cual la corriente en la segunda celda sería cero.

[2]

.....

.....

.....

.....



28EP11

Véase al dorso

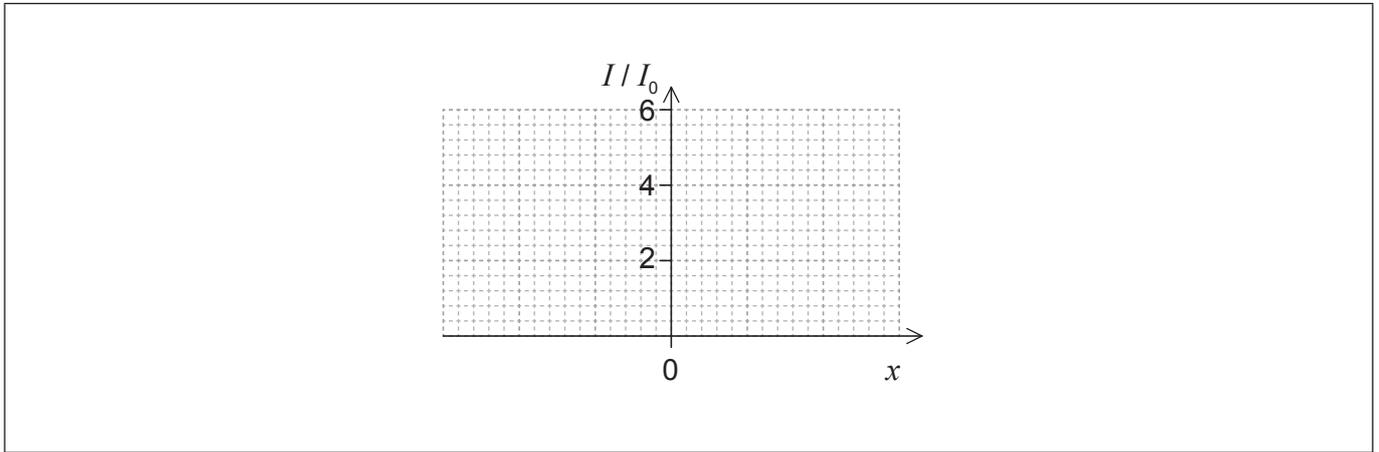
5. (a) A una pantalla llega luz monocromática de dos lámparas idénticas.



La intensidad de la luz sobre la pantalla para cada lámpara por separado es I_0 .

Sobre los ejes, dibuje aproximadamente una gráfica que muestre la variación con la distancia x sobre la pantalla, de la intensidad I de la luz que incide en la pantalla.

[1]

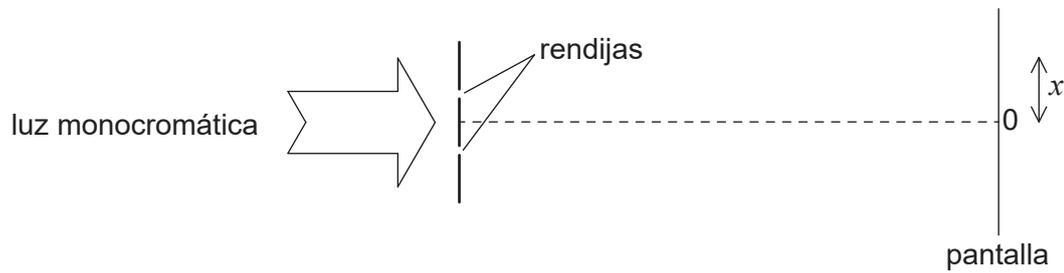


(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

- (b) Sobre dos rendijas estrechas y paralelas incide luz monocromática procedente de una fuente única.

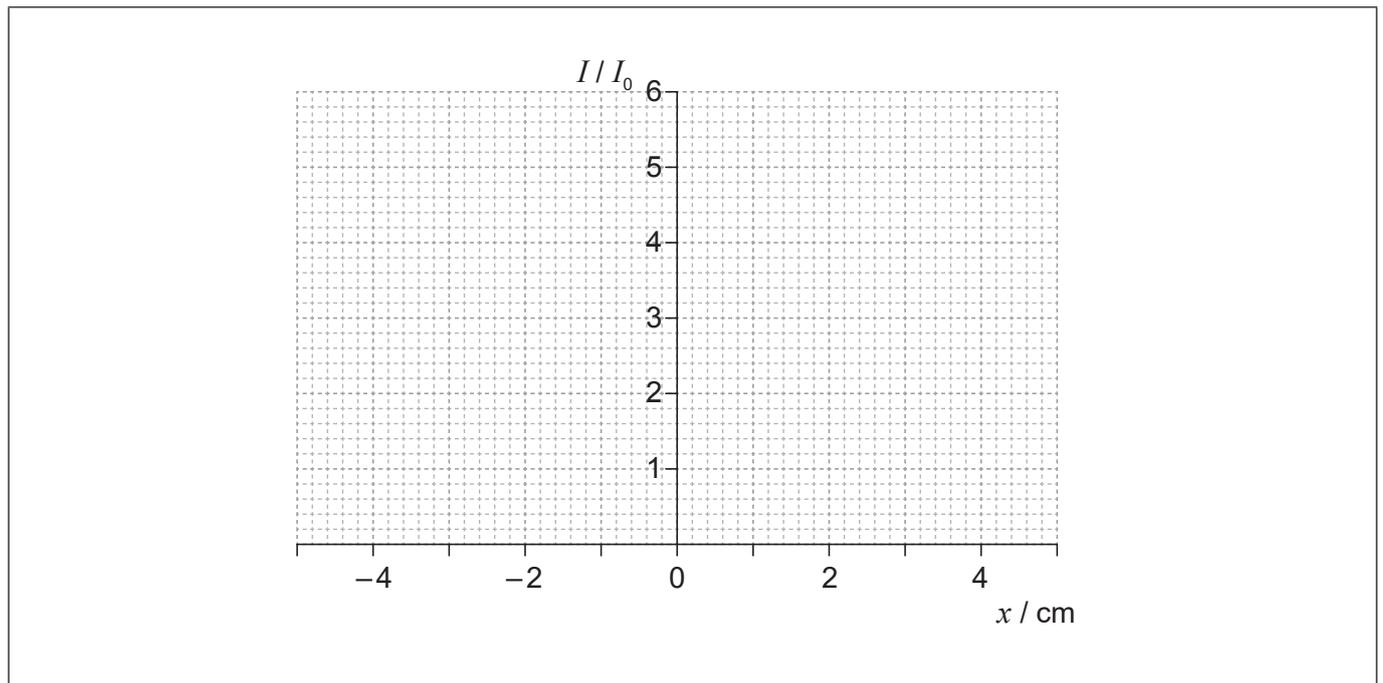


Se dispone de los siguientes datos.

- Separación entre rendijas = 0,12 mm
- Longitud de onda = 680 nm
- Distancia a la pantalla = 3,5 m

La intensidad I de la luz en la pantalla para cada rendija por separado es I_0 . Dibuje aproximadamente, sobre los ejes, una gráfica que muestre la variación con la distancia x sobre la pantalla, de la intensidad de luz que incide en la pantalla para esta disposición.

[3]



- (c) Se aumenta la separación entre las rendijas. Resuma **un** cambio que se observa en la pantalla.

[1]

.....

.....

.....



No escriba en esta página.

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



6. (a) Un planeta tiene radio R . A una distancia h sobre la superficie del planeta la intensidad del campo gravitatorio es g y el potencial gravitatorio es V .

(i) Indique qué se entiende por intensidad de campo gravitatorio. [1]

.....
.....

(ii) Muestre que $V = -g(R+h)$. [2]

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

(iii) Dibuje una gráfica, sobre los ejes, que muestre la variación del potencial gravitatorio V del planeta frente a la altura h sobre la superficie del planeta. [2]



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 6: continuación)

- (b) Un planeta tiene un radio de $3,1 \times 10^6$ m. En un punto P a una distancia de $2,4 \times 10^7$ m sobre la superficie del planeta la intensidad del campo gravitatorio es de $2,2 \text{ N kg}^{-1}$. Calcule el potencial gravitatorio en el punto P, incluyendo una unidad apropiada en su respuesta.

[1]

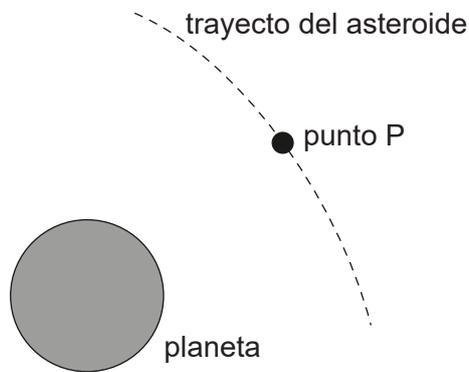
.....

.....

.....

.....

- (c) El diagrama muestra la trayectoria de un asteroide al moverse rebasando al planeta.



Cuando el asteroide estaba lejos del planeta, tenía rapidez despreciable. Estime la rapidez del asteroide en el punto P definido en (b).

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 6: continuación)

- (d) La masa del asteroide es de $6,2 \times 10^{12}$ kg. Calcule la fuerza gravitatoria sufrida por el **planeta** cuando el asteroide se encuentra en el punto P.

[2]

.....

.....

.....

.....

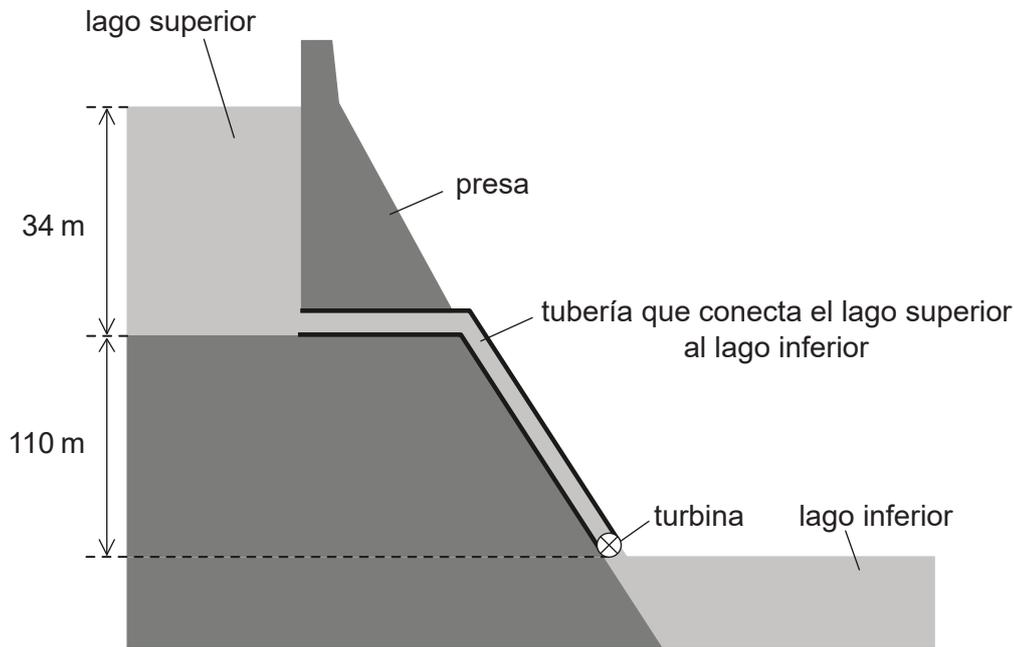
.....



28EP17

Véase al dorso

7. En un sistema hidroeléctrico de acumulación por bombeo, se almacena agua en una presa con profundidad de 34 m.



El agua que sale del lago superior desciende una distancia vertical de 110 m y hace girar la turbina de un generador antes de salir al lago inferior.

- (a) El agua sale fluyendo del lago superior a un ritmo de $1,2 \times 10^5 \text{ m}^3$ por minuto. La densidad de agua es de $1,0 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.
- (i) Estime la energía específica del agua en este sistema de almacenamiento, dando una unidad apropiada en su respuesta.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 7: continuación)

- (ii) Muestre que el ritmo medio al cual desciende la energía potencial gravitatoria del agua es de 2,5 GW. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) El sistema de almacenamiento produce 1,8 GW de potencia eléctrica. Determine el rendimiento global del sistema de almacenamiento. [1]

.....

.....

- (b) Después de que se vacíe el lago superior, tiene que ser rellenado con agua del lago inferior, lo cual requiere energía. Sugiera cómo pueden aun así lograr beneficios los operadores de este sistema de almacenamiento. [1]

.....

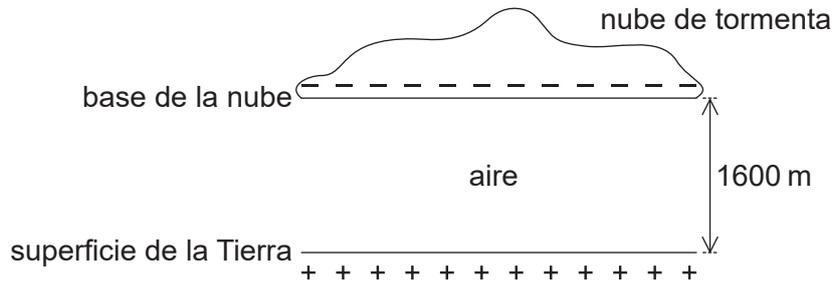
.....

.....

.....



8. Una nube de tormenta con carga negativa sobre la superficie de la Tierra puede modelarse mediante un capacitor de placas paralelas.



La placa inferior del capacitor es la superficie de la Tierra y la placa superior es la base de la nube.

Se dispone de los siguientes datos.

- Área de la base de la nube = $1,2 \times 10^8 \text{ m}^2$
- Carga en la base de la nube = -25 C
- Distancia de la base de la nube a la superficie de la Tierra = 1600 m
- Permitividad del aire = $8,8 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$

- (a) Muestre que la capacitancia de esta disposición es $C = 6,6 \times 10^{-7} \text{ F}$. [1]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 8: continuación)

(b) Calcule

(i) en V, la diferencia de potencial entre la nube y la superficie de la Tierra. [2]

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

(ii) en J, la energía almacenada en el sistema. [2]

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

(c) Los rayos se producen cuando el capacitor se descarga a través del aire entre la nube y la superficie de la Tierra. La constante de tiempo del sistema es 32ms. Un rayo dura 18ms.

(i) Muestre que alrededor de -11 C de carga se transfieren a la superficie de la Tierra. [3]

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

(ii) Calcule, en A, la corriente media durante la descarga. [1]

.....
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP21

Véase al dorso

(Pregunta 8: continuación)

- (d) Indique **una** suposición necesaria para que el sistema Tierra-nube pueda modelarse mediante un capacitor de placas paralelas.

[1]

.....

.....

9. (a) Rutherford ideó un modelo del átomo basado en los resultados del experimento de dispersión de las partículas alfa. Describa este modelo.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Bohr modificó el modelo de Rutherford introduciendo la condición $mvr = n \frac{h}{2\pi}$. Resuma la razón de esta modificación.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 9: continuación)

- (c) (i) Muestre que la rapidez v de un electrón en el átomo de hidrógeno está relacionada con el radio r de la órbita por la expresión

$$v = \sqrt{\frac{ke^2}{m_e r}}$$

en donde k es la constante de Coulomb.

[1]

.....

.....

.....

- (ii) A partir de la respuesta de (b) y (c)(i), deduzca que el radio r de la órbita del electrón en el estado fundamental del hidrógeno viene dado por la siguiente expresión.

[2]

$$r = \frac{h^2}{4\pi^2 k m_e e^2}$$

.....

.....

.....

.....

- (iii) Calcule el radio orbital del electrón en (c)(ii).

[1]

.....

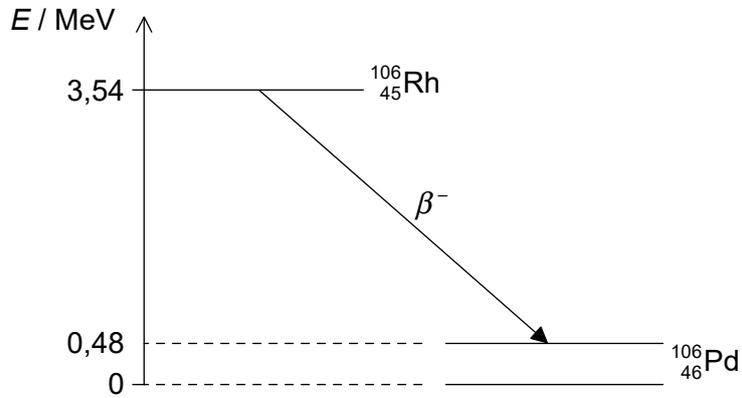
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 9: continuación)

- (d) El rodio-106 ($^{106}_{45}\text{Rh}$) se desintegra en paladio-106 ($^{106}_{46}\text{Pd}$) por desintegración beta menos (β^-). En el diagrama se muestran algunos de los niveles de energía nucleares del rodio-106 y del paladio-106. La flecha representa la desintegración β^- .



- (i) Explique qué puede deducirse respecto a la energía del electrón en la desintegración β^- .

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Sugiera por qué la desintegración β^- es seguida por la emisión de un fotón de rayos gamma.

[1]

.....

.....

- (iii) Calcule la longitud de onda del fotón de rayos gamma en (d)(ii).

[2]

.....

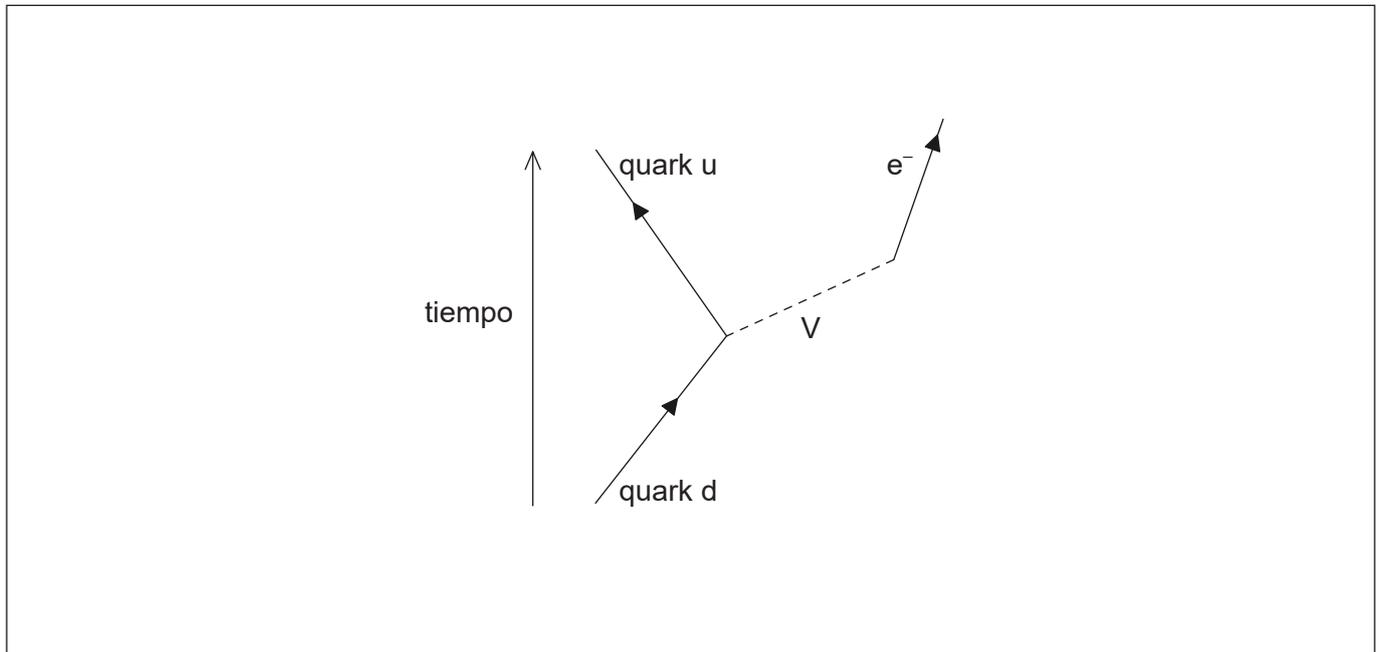
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 9: continuación)

(e) La desintegración β^- viene descrita por el siguiente diagrama incompleto de Feynman.



(i) Dibuje una flecha rotulada que complete el diagrama de Feynman. [1]

(ii) Identifique la partícula V. [1]

.....

.....



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

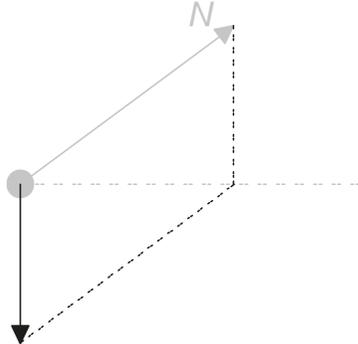
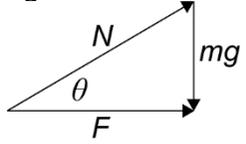
May 2018

Physics

Higher level

Paper 2

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.

Question			Answers	Notes	Total
1.	a	i	towards the centre «of the circle» / horizontally to the right ✓	<i>Do not accept towards the centre of the bowl</i>	1
1.	a	ii	downward vertical arrow of any length ✓ arrow of correct length ✓	<i>Judge the length of the vertical arrow by eye. The construction lines are not required. A label is not required</i> eg: 	2
1.	a	iii	ALTERNATIVE 1 $F = N \cos \theta$ ✓ $mg = N \sin \theta$ ✓ dividing/substituting to get result ✓ ALTERNATIVE 2 right angle triangle drawn with F , N and W/mg labelled ✓ angle correctly labelled and arrows on forces in correct directions ✓ correct use of trigonometry leading to the required relationship ✓	eg:  $\tan \theta = \frac{O}{A} = \frac{mg}{F}$ $F = \frac{mg}{\tan \theta}$	3

(continued...)

(Question 1 continued)

Question		Answers	Notes	Total
1.	b	$\frac{mg}{\tan\theta} = m\frac{v^2}{r} \checkmark$ $r = R\cos\theta \checkmark$ $v = \sqrt{\frac{gR\cos^2\theta}{\sin\theta}} / \sqrt{\frac{gR\cos\theta}{\tan\theta}} / \sqrt{\frac{9.81 \times 8.0 \cos 22}{\tan 22}} \checkmark$ $v = 13.4 / 13 \text{ «ms}^{-1}\text{»} \checkmark$	<p>Award [4] for a bald correct answer</p> <p>Award [3] for an answer of 13.9/14 «ms⁻¹». MP2 omitted</p>	4
1.	c	<p>there is no force to balance the weight/N is horizontal \checkmark</p> <p>so no / it is not possible \checkmark</p>	<p>Must see correct justification to award MP2</p>	2

(continued...)

(Question 1 continued)

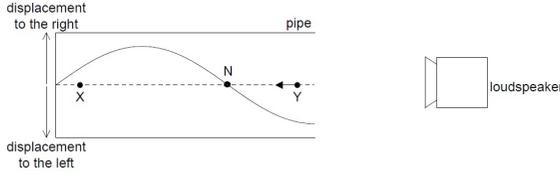
Question			Answers	Notes	Total
1.	d	i	the «restoring» force/acceleration is proportional to displacement ✓	<i>Direction is not required</i>	1
1.	d	ii	$\omega = \left\langle \sqrt{\frac{g}{R}} \right\rangle = \sqrt{\frac{9.81}{8.0}} \left\langle = 1.107 \text{ s}^{-1} \right\rangle \checkmark$ $T = \left\langle \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{1.107} \right\rangle = \left\langle 5.7 \text{ «s»} \right\rangle \checkmark$	Allow use of $g = 9.8$ or 10 Award [0] for a substitution into $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	2
1.	d	iii	sine graph ✓ correct amplitude « 0.13 m s^{-1} » ✓ correct period and only 1 period shown ✓	Accept \pm sine for shape of the graph. Accept 5.7 s or 6.0 s for the correct period. Amplitude should be correct to $\pm \frac{1}{2}$ square for MP2 eg. $v / \text{m s}^{-1}$	3

(continued...)

(Question 1 continued)

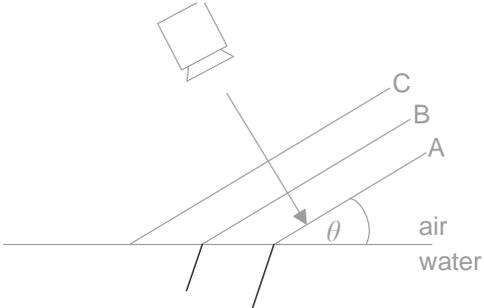
Question		Answers	Notes	Total
1.	e	<p>speed before collision $v = \sqrt{2gR} = 12.5 \text{ ms}^{-1}$ ✓</p> <p>«from conservation of momentum» common speed after collision is $\frac{1}{2}$ initial</p> <p>speed « $v_c = \frac{12.5}{2} = 6.25 \text{ ms}^{-1}$ » ✓</p> <p>$h = \frac{v_c^2}{2g} = \frac{6.25^2}{2 \times 9.81} = 2.0 \text{ m}$ ✓</p>	<p>Allow 12.5 from incorrect use of kinematics equations</p> <p>Award [3] for a bald correct answer</p> <p>Award [0] for $mg(8) = 2mgh$ leading to $h = 4 \text{ m}$ if done in one step.</p> <p>Allow ECF from MP1</p> <p>Allow ECF from MP2</p>	3

Question			Answers	Notes	Total
2.	a	i	a gas in which there are no intermolecular forces OR a gas that obeys the ideal gas law/all gas laws at all pressures, volumes and temperatures OR molecules have zero PE/only KE ✓	Accept atoms/particles.	1
2.	a	ii	$N = \left\langle \frac{pV}{kT} = \frac{5.3 \times 10^5 \times 2.1 \times 10^{-4}}{1.38 \times 10^{-23} \times 310} \right\rangle 2.6 \times 10^{22} \checkmark$		1
2.	a	iii	«For one atom $U = \frac{3}{2} kT$ » $\frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 310$ / 6.4×10^{-21} «J» ✓ $U = \left\langle 2.6 \times 10^{22} \times \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 310 \right\rangle 170$ «J» ✓	Allow ECF from (a)(ii) Award [2] for a bald correct answer Allow use of $U = \frac{3}{2} pV$	2
2.	b	i	$p_2 = \left\langle 5.3 \times 10^5 \times \frac{2.1 \times 10^{-4}}{6.8 \times 10^{-4}} \right\rangle 1.6 \times 10^5$ «Pa» ✓		1
2.	b	ii	«volume has increased and» average velocity/KE remains unchanged ✓ «so» molecules collide with the walls less frequently/longer time between collisions with the walls ✓ «hence» rate of change of momentum at wall has decreased ✓ «and so pressure has decreased»	The idea of average must be included Decrease in number of collisions is not sufficient for MP2. Time must be included. Accept atoms/particles.	2 max

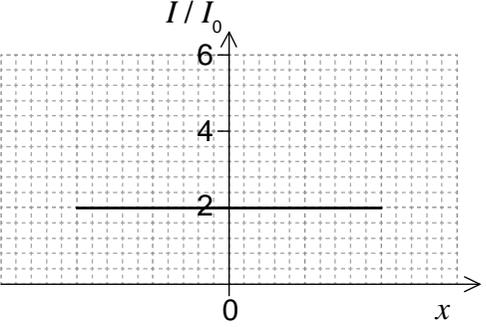
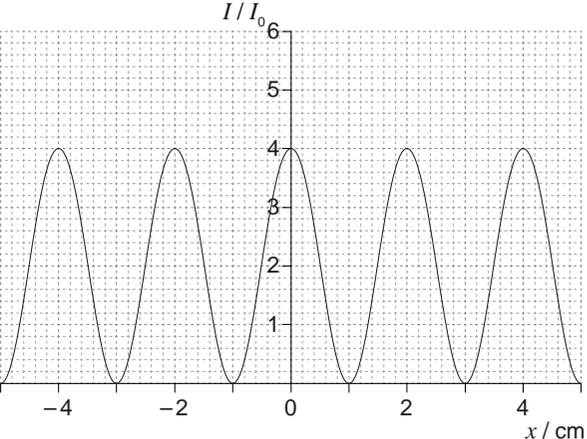
Question			Answers	Notes	Total
3.	a	i	the incident wave «from the speaker» and the reflected wave «from the closed end» superpose/combine/interfere ✓	<i>Allow superimpose/add up Do not allow meet/interact</i>	1
3.	a	ii	Horizontal arrow from X to the right ✓	<i>MP2 is dependent on MP1 Ignore length of arrow</i>	1
3.	a	iii	P at a node ✓		1
3.	a	iv	wavelength is $\lambda = \left\langle \frac{4 \times 0.30}{3} \right\rangle = \left\langle 0.40 \text{ «m»} \right\rangle$ ✓ $f = \left\langle \frac{340}{0.40} \right\rangle = \left\langle 850 \text{ «Hz»} \right\rangle$ ✓	<i>Award [2] for a bald correct answer Allow ECF from MP1</i>	2

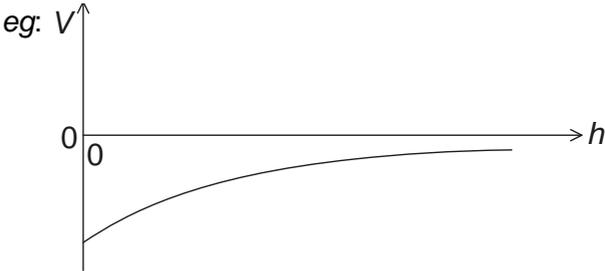
(continued...)

(Question 3 continued)

Question			Answers	Notes	Total
3.	b	i	$\frac{\sin \theta_c}{340} = \frac{1}{1500} \checkmark$ $\theta_c = 13 \text{ « } ^\circ \text{ » } \checkmark$	<p>Award [2] for a bald correct answer</p> <p>Award [2] for a bald answer of 13.1</p> <p>Answer must be to 2/3 significant figures to award MP2</p> <p>Allow 0.23 radians</p>	2
3.	b	ii	<p>correct orientation ✓</p> <p>greater separation ✓</p>	<p>Do not penalize the lengths of A and B in the water</p> <p>Do not penalize a wavefront for C if it is consistent with A and B</p> <p>MP1 must be awarded for MP2 to be awarded</p> <p>eg:</p> 	2

Question			Answers	Notes	Total
4.	a		the work done per unit charge ✓ in moving charge from one terminal of a cell to the other / all the way round the circuit ✓	Award [1] for “energy per unit charge provided by the cell”/“power per unit current” Award [1] for “potential difference across the terminals of the cell when no current is flowing” Do not accept “potential difference across terminals of cell”	2
4.	b	i	the resistance is proportional to length / see 0.35 AND 1 «.00» ✓ so it equals 0.35×80 ✓ « = 28 Ω »		2
4.	b	ii	current leaving 12 V cell is $\frac{12}{80} = 0.15$ « A » OR $E = \frac{12}{80} \times 28$ ✓ $E = \text{«} 0.15 \times 28 = \text{»} 4.2$ « V » ✓	Award [2] for a bald correct answer Allow a 1sf answer of 4 if it comes from a calculation. Do not allow a bald answer of 4 « V » Allow ECF from incorrect current	2
4.	c		since the current in the cell is still zero there is no potential drop across the internal resistance ✓ and so the length would be the same ✓	OWTTE	2

Question		Answers	Notes	Total
5.	a	horizontal straight line through $I = 2$ ✓	eg:  <p>Accept a curve that falls from $I = 2$ as distance increases from centre but not if it falls to zero.</p>	1
5.	b	«standard two slit pattern» general shape with a maximum at $x = 0$ ✓ maxima at $4I_0$ ✓ maxima separated by « $\frac{D\lambda}{s} \Rightarrow 2.0$ cm ✓	Accept single slit modulated pattern provided central maximum is at 4. ie height of peaks decrease as they go away from central maximum. Peaks must be of the same width eg: 	3
5.	c	fringe width/separation decreases OR more maxima seen ✓		1

Question			Answers	Notes	Total
6.	a	i	the «gravitational» force per unit mass exerted on a point/small/test mass ✓		1
6.	a	ii	at height h potential is $V = -\frac{GM}{(R+h)}$ ✓ field is $g = \frac{GM}{(R+h)^2}$ ✓ «dividing gives answer»	<i>Do not allow an answer that starts with $g = -\frac{\Delta V}{\Delta r}$ and then cancels the deltas and substitutes $R+h$</i>	2
6.	a	iii	correct shape and sign ✓ non-zero negative vertical intercept ✓	eg: 	2
6.	b		$V = \text{«} -2.2 \times (3.1 \times 10^6 + 2.4 \times 10^7) \text{»} \text{«} \rightarrow \text{» } 6.0 \times 10^7 \text{ J kg}^{-1}$ ✓	<i>Unit is essential</i> <i>Allow eg MJ kg⁻¹ if power of 10 is correct</i> <i>Allow other correct SI units eg m²s⁻², Nm kg⁻¹</i>	1

(continued...)

(Question 6 continued)

Question		Answers	Notes	Total
6.	c	total energy at P = 0 / KE gained = GPE lost ✓ $\frac{1}{2}mv^2 + mV = 0 \Rightarrow v = \sqrt{-2V}$ ✓ $v = \sqrt{2 \times 6.0 \times 10^7} = 1.1 \times 10^4 \text{ ms}^{-1}$ ✓	Award [3] for a bald correct answer Ignore negative sign errors in the workings Allow ECF from 6(b)	3
6.	d	ALTERNATIVE 1 force on asteroid is $6.2 \times 10^{12} \times 2.2 = 1.4 \times 10^{13} \text{ N}$ ✓ «by Newton's third law» this is also the force on the planet ✓ ALTERNATIVE 2 mass of planet = $2.4 \times 10^{25} \text{ kg}$ «from $V = -\frac{GM}{(R+h)}$ » ✓ force on planet « $= \frac{GMm}{(R+h)^2} = 1.4 \times 10^{13} \text{ N}$ » ✓	MP2 must be explicit	2

Question			Answers	Notes	Total
7.	a	i	Average height = 127 «m» ✓ Specific energy « $\frac{mgh}{m} = g\bar{h} = 9.81 \times 127$ » = $1.2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$ ✓	Unit is essential Allow $g = 10$ gives $1.3 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$ Allow ECF from 110m ($1.1 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$) or 144m ($1.4 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$)	2
7.	a	ii	mass per second leaving dam is $\frac{1.2 \times 10^5}{60} \times 10^3 = \text{«}2.0 \times 10^6 \text{ kg s}^{-1}\text{»}$ ✓ rate of decrease of GPE is $= 2.0 \times 10^6 \times 9.81 \times 127$ ✓ $= 2.49 \times 10^9 \text{ «W»} / 2.49 \text{ «GW»}$ ✓	Do not award ECF for the use of 110m or 144m Allow 2.4GW if rounded value used from (a)(i) or 2.6GW if $g = 10$ is used	3
7.	a	iii	efficiency is « $\frac{1.8}{2.5} =$ » 0.72 / 72% ✓		1
7.	b		water is pumped back up at times when the demand for/price of electricity is low ✓		1

Question			Answers	Notes	Total
8.	a		$C = \left\langle \varepsilon \frac{A}{d} \right\rangle = 8.8 \times 10^{-12} \times \frac{1.2 \times 10^8}{1600} \checkmark$ <p>«C = 6.60 × 10⁻⁷ F»</p>		1
8.	b	i	$V = \left\langle \frac{Q}{C} \right\rangle = \frac{25}{6.6 \times 10^{-7}} \checkmark$ <p>V = 3.8 × 10⁷ «V» ✓</p>	Award [2] for a bald correct answer	2
8.	b	ii	<p>ALTERNATIVE 1</p> $E = \left\langle \frac{1}{2} QV \right\rangle = \frac{1}{2} \times 25 \times 3.8 \times 10^7 \checkmark$ <p>E = 4.7 × 10⁸ «J» ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> $E = \left\langle \frac{1}{2} CV^2 \right\rangle = \frac{1}{2} \times 6.60 \times 10^{-7} \times (3.8 \times 10^7)^2 \checkmark$ <p>E = 4.7 × 10⁸ «J» / 4.8 × 10⁸ «J» if rounded value of V used ✓</p>	<p>Award [2] for a bald correct answer Allow ECF from (b)(i)</p> <p>Award [2] for a bald correct answer Allow ECF from (b)(i)</p>	2
8.	c	i	$Q = \left\langle Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \right\rangle = 25 \times e^{-\frac{18}{32}} \checkmark$ <p>Q = 14.2 «C» ✓</p> <p>charge delivered = Q = 25 – 14.2 = 10.8 «C» ✓</p> <p>« ≈ -11C »</p>	Final answer must be given to at least 3 significant figures	3
8.	c	ii	$I \left\langle = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{11}{18 \times 10^{-3}} \right\rangle \approx 610 \text{ «A» } \checkmark$	Accept an answer in the range 597 – 611 «A»	1

(continued...)

(Question 8 continued)

Question		Answers	Notes	Total
8.	d	the base of the thundercloud must be parallel to the Earth surface OR the base of the thundercloud must be flat OR the base of the cloud must be very long «compared with the distance from the surface» ✓		1
9.	a	«most of» the mass of the atom is confined within a very small volume/nucleus ✓ «all» the positive charge is confined within a very small volume/nucleus ✓ electrons orbit the nucleus «in circular orbits» ✓		2 max
9.	b	the electrons accelerate and so radiate energy ✓ they would therefore spiral into the nucleus/atoms would be unstable ✓ electrons have discrete/only certain energy levels ✓ the only orbits where electrons do not radiate are those that satisfy the Bohr condition « $mvr = n\frac{h}{2\pi}$ » ✓		3 max

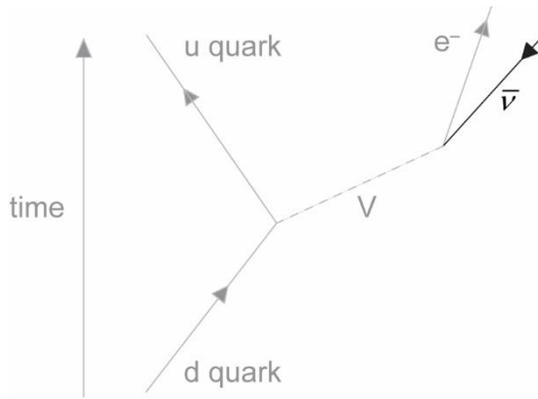
(continued...)

(Question 9 continued)

Question			Answers	Notes	Total
9.	c	i	$\frac{m_e v^2}{r} = \frac{ke^2}{r^2}$ <p>OR</p> $\text{KE} = \frac{1}{2}\text{PE} \text{ hence } \frac{1}{2}m_e v^2 = \frac{1}{2} \frac{ke^2}{r} \checkmark$ <p>«solving for v to get answer»</p>	Answer given – look for correct working	1
9.	c	ii	<p>combining $v = \sqrt{\frac{ke^2}{m_e r}}$ with $m_e v r = \frac{h}{2\pi}$ using correct substitution \checkmark</p> <p>«eg $m_e^2 \frac{ke^2}{m_e r} r^2 = \frac{h^2}{4\pi^2}$»</p> <p>correct algebraic manipulation to gain the answer \checkmark</p>	<p>Answer given – look for correct working</p> <p><i>Do not allow a bald statement of the answer for MP2. Some further working eg cancellation of m or r must be shown</i></p>	2
9.	c	iii	$\left\langle r = \frac{(6.63 \times 10^{-34})^2}{4\pi^2 \times 8.99 \times 10^9 \times 9.11 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^2} \right\rangle$ <p>$r = 5.3 \times 10^{-11}$ «m» \checkmark</p>		1
9.	d	i	<p>the energy released is $3.54 - 0.48 = 3.06$ «MeV» \checkmark</p> <p>this is shared by the electron and the antineutrino \checkmark</p> <p>so the electron's energy varies from 0 to 3.06 «MeV» \checkmark</p>		3
9.	d	ii	<p>the palladium nucleus emits the photon when it decays into the ground state</p> <p>«from the excited state» \checkmark</p>		1

(continued...)

(Question 9 continued)

Question			Answers	Notes	Total
9.	d	iii	Photon energy $E = 0.48 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} = \text{«}7.68 \times 10^{-14} \text{ J}\text{»} \checkmark$ $\lambda = \text{«} \frac{hc}{E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{7.68 \times 10^{-14}} = \text{«} 2.6 \times 10^{-12} \text{ «m}\text{»} \checkmark$	Award [2] for a bald correct answer Allow ECF from incorrect energy	2
9.	e	i	line <u>with arrow</u> as shown labelled anti-neutrino/ $\bar{\nu}$ \checkmark	Correct direction of the “arrow” is essential The line drawn must be “upwards” from the vertex in the time direction i.e. above the horizontal eg: 	1
9.	e	ii	$V = W^- \checkmark$		1

Física
Nivel superior
Prueba 3

Viernes 11 de mayo de 2018 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora 15 minutos

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

Instrucciones para los alumnos

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

Sección A	Preguntas
Conteste todas las preguntas.	1 – 2

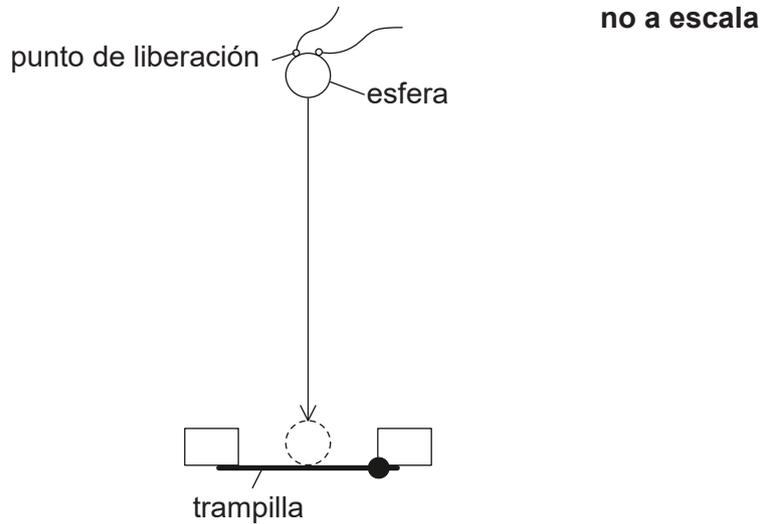
Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	3 – 7
Opción B — Física en ingeniería	8 – 11
Opción C — Toma de imágenes	12 – 15
Opción D — Astrofísica	16 – 19



Sección A

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

1. A fin de determinar la aceleración debida a la gravedad, se suelta desde el reposo una pequeña esfera metálica y se mide el tiempo que invierte en caer una distancia conocida hasta abrir una trampilla.



Se dispone de los siguientes datos.

Diámetro de la esfera metálica	= $12,0 \pm 0,1$ mm
Distancia entre el punto de liberación y la trampilla	= 654 ± 2 mm
Tiempo medido de la caída	= $0,363 \pm 0,002$ s

- (a) Determine la distancia recorrida, en m, por el centro de masa de la esfera, incluyendo en su respuesta una estimación de la incertidumbre absoluta. [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

(b) A partir de la siguiente ecuación

$$\text{aceleración debida a la gravedad} = \frac{2 \times \text{distancia recorrida por centro de masa de la esfera}}{(\text{tiempo medido de caída})^2}$$

calcule, para estos datos, la aceleración debida a la gravedad, incluyendo en su respuesta una estimación de la incertidumbre absoluta.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



40EP03

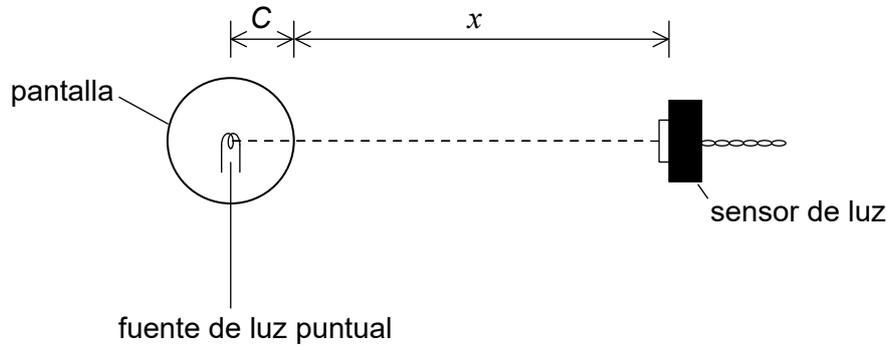
Véase al dorso

No escriba en esta página.

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



2. Una alumna lleva a cabo un experimento para determinar la variación de intensidad de la luz frente a la distancia a una fuente de luz puntual. La fuente de luz se encuentra en el centro de una pantalla esférica transparente de radio C . La alumna mide la distancia x entre la superficie de la pantalla y un sensor que mide la intensidad I de la luz.



La fuente de luz emite radiación con una potencia constante P y toda esta radiación se transmite a través de la pantalla. La relación entre I y x viene dada por

$$I = \frac{P}{4\pi(C+x)^2}$$

- (a) Esta relación puede escribirse también como sigue.

$$\frac{1}{\sqrt{I}} = Kx + KC$$

Muestre que $K = 2\sqrt{\frac{\pi}{P}}$.

[1]

.....

.....

.....

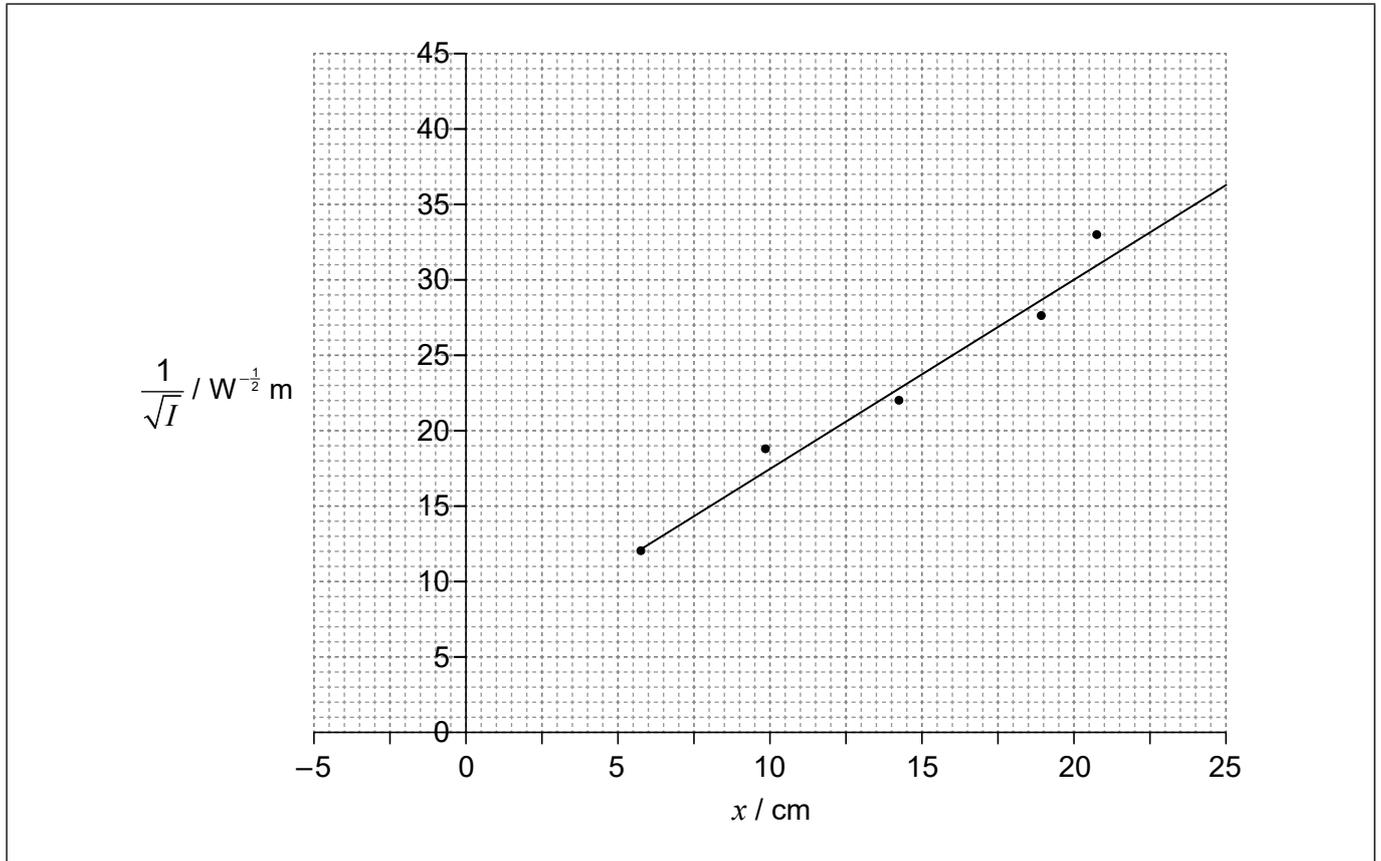
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

- (b) La alumna obtiene un conjunto de datos y los utiliza para representar una gráfica de la variación de $\frac{1}{\sqrt{I}}$ frente a x .



- (i) Estime C.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

- (ii) Determine P , hasta el número correcto de cifras significativas incluyendo su unidad.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Explique la desventaja que tiene una gráfica de I frente a $\frac{1}{x^2}$ para el análisis de (b)(i) y (b)(ii).

[2]

.....

.....

.....

.....

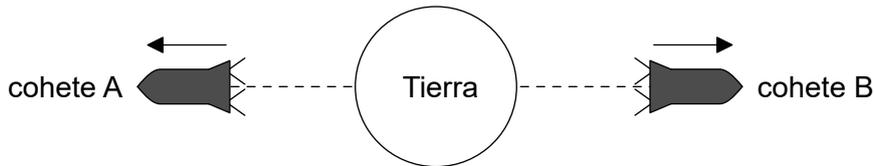


Sección B

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

Opción A — Relatividad

- 3. Los cohetes A y B se desplazan en sentidos opuestos desde la Tierra a lo largo de una misma línea recta.



En el sistema de referencia de la Tierra, la rapidez del cohete A es $0,75c$ y la rapidez del cohete B es $0,50c$.

- (a) Calcule, para el sistema de referencia del cohete A, la rapidez del cohete B según

- (i) la transformacion galileana.

[1]

.....

.....

- (ii) la transformación de Lorentz.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Resuma, en relación con la relatividad especial, cuál de sus cálculos en (a) es más probable que sea válido.

[1]

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

4. Al pasar junto a la Tierra una nave espacial, tanto un observador en la Tierra como un observador en la nave espacial ponen en marcha sus relojes. La hora inicial en los dos relojes es las 12 de la medianoche. La nave espacial se desplaza a una velocidad constante con $\gamma = 1,25$. Una estación espacial permanece estacionaria con respecto a la Tierra y transporta relojes que también muestran la hora de la Tierra.

(a) Calcule la velocidad de la nave espacial respecto a la Tierra. [1]

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

(b) La nave espacial pasa junto a la estación espacial 90 minutos después según la medición del reloj de la nave espacial. Determine, para el sistema de referencia de la Tierra, la distancia entre la Tierra y la estación espacial. [3]

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

(c) Cuando la nave espacial pasa junto a la estación espacial, la estación espacial envía una señal de radio a la Tierra. La recepción de esta señal en la Tierra es el suceso A. Determine la hora en el reloj de la Tierra a la que ocurre el suceso A. [2]

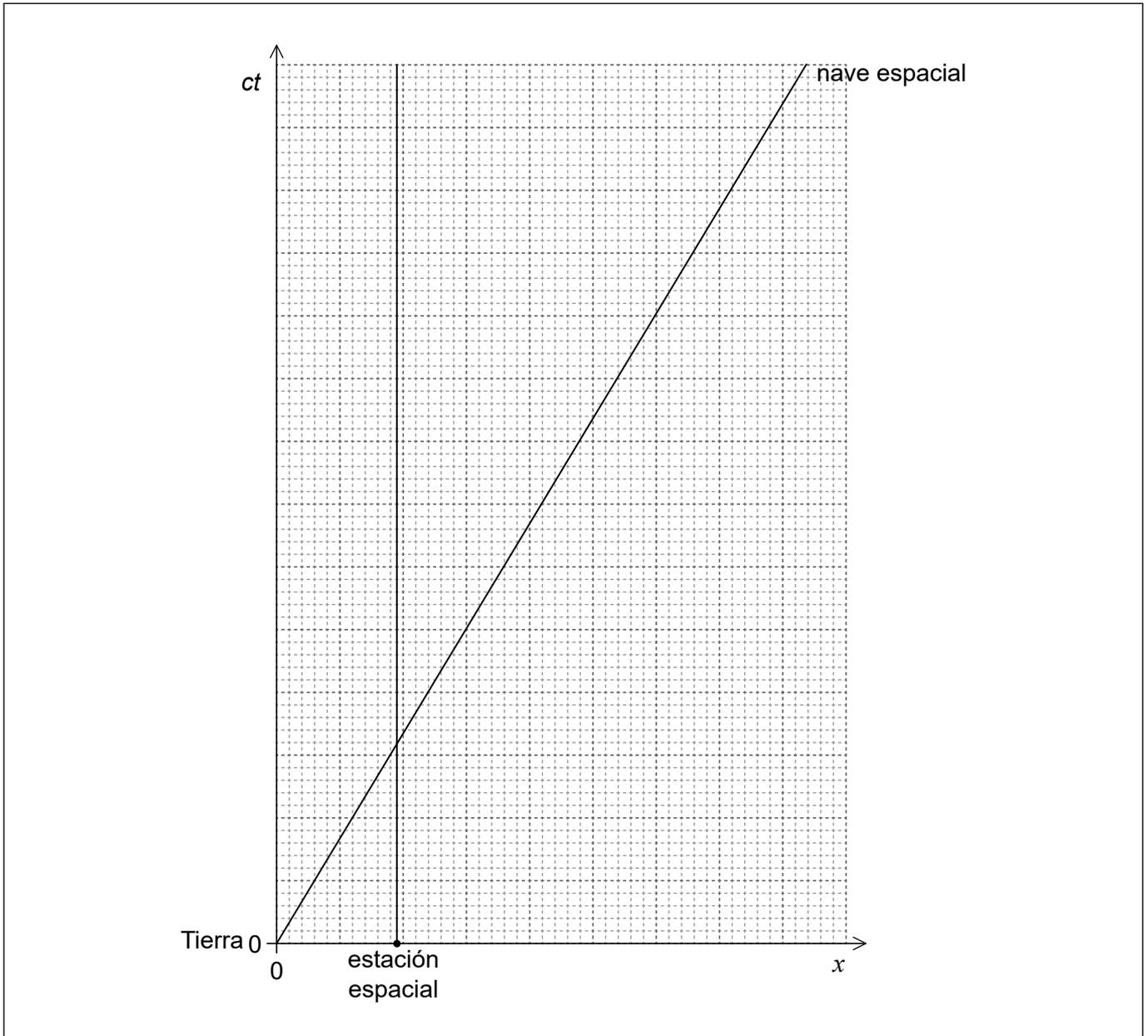
.....
.....
.....
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 4)

- (d) Parte de la señal de radio se refleja en la superficie de la Tierra y esta señal reflejada se detecta después en la nave espacial. La detección de esta señal es el suceso B. Se muestra el diagrama de espacio-tiempo para la Tierra, mostrando la estación espacial y la nave espacial. Los dos ejes están dibujados a igual escala.



(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 4)

- (i) Construya el suceso A y el suceso B sobre el diagrama de espacio-tiempo. [3]

- (ii) Estime, a partir del diagrama de espacio-tiempo, la hora a la cual ocurre el suceso B para la nave espacial. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



40EP11

Véase al dorso

(Opción A: continuación)

5. (a) Explique qué significa la afirmación de que el intervalo de espacio-tiempo es una cantidad invariante. [1]

.....
.....

- (b) El observador A detecta la creación (suceso 1) y desintegración (suceso 2) de una partícula nuclear. Tras su creación, la partícula se desplaza a una rapidez constante con respecto a A. Tal como la mide A, la distancia entre los sucesos es de 15m y el tiempo entre los sucesos es de $9,0 \times 10^{-8}$ s. El observador B se desplaza con la partícula.

Para el suceso 1 y el suceso 2,

- (i) calcule el intervalo de espacio-tiempo. [1]

.....
.....

- (ii) determine el tiempo entre ambos según el observador B. [2]

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

- (c) Resuma por qué los tiempos observados son diferentes para A y B. [1]

.....
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

6. Dos protones, desplazándose en sentidos opuestos, colisionan. Cada uno tiene una energía total de 3,35 GeV.

(a) Calcule el factor gamma (γ) para uno de los protones. [1]

.....

.....

(b) Como resultado de la colisión, los protones son aniquilados y se crean tres partículas, un protón, un neutrón y un pion. El pion tiene una masa en reposo de $140 \text{ MeV } c^{-2}$. La energía total del protón y neutrón emitidos por la interacción es de 6,20 GeV.

(i) Determine, expresado en $\text{MeV } c^{-1}$, el momento del pion. [3]

.....

.....

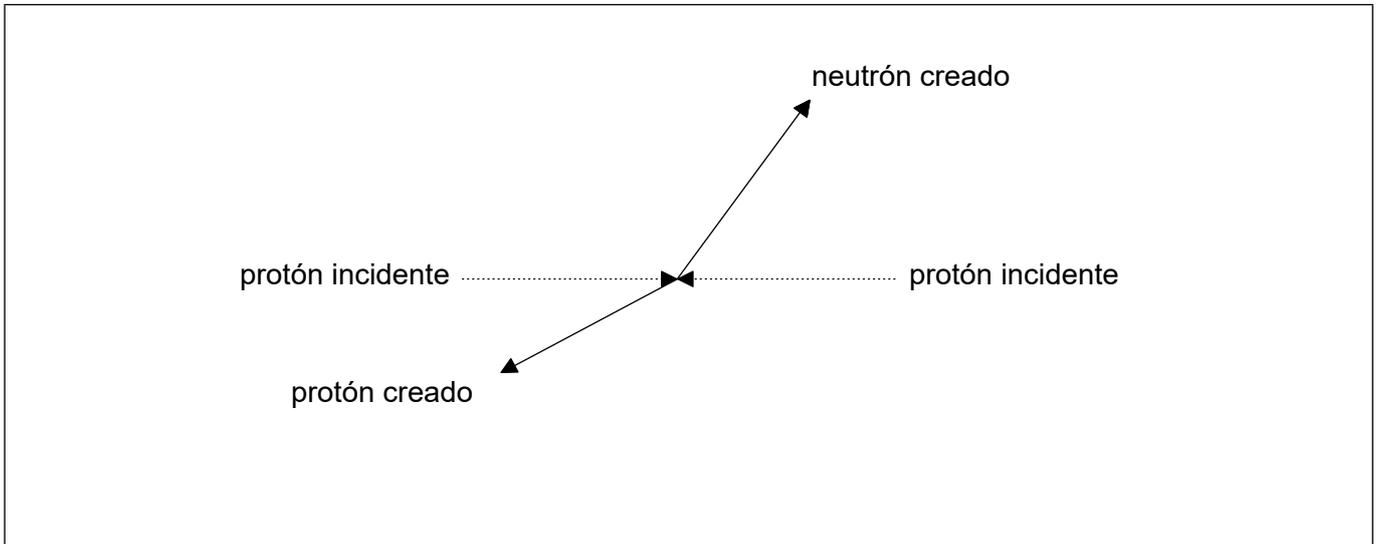
.....

.....

.....

.....

(ii) El diagrama muestra las trayectorias de los protones incidentes junto con el protón y neutrón creados en la interacción. Sobre el diagrama, dibuje la trayectoria del pion. [1]



(La opción A continúa en la página 15)



40EP13

Véase al dorso

No escriba en esta página.

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



(Opción A: continuación)

7. (a) Se cree probable que exista un agujero negro supermasivo no rotatorio cerca del centro de nuestra galaxia. Este agujero negro tendría una masa equivalente a 3,6 millones de veces la del Sol.

(i) Resuma qué se entiende por horizonte de sucesos de un agujero negro. [1]

.....

.....

(ii) Calcule la distancia entre el horizonte de sucesos del agujero negro y su centro. [2]

Masa del Sol = 2×10^{30} kg

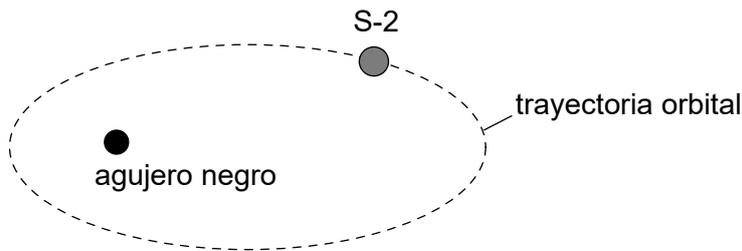
.....

.....

.....

.....

(b) La estrella S-2 se encuentra en una órbita elíptica en torno a un agujero negro. La distancia de S-2 al centro del agujero negro varía entre unas pocas horas-luz y varios días-luz. Cada 5,0s ocurre un suceso periódico en S-2.



Discuta cómo varía con la posición orbital de S-2 el tiempo para el suceso periódico medido por un observador en la Tierra. [2]

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción A

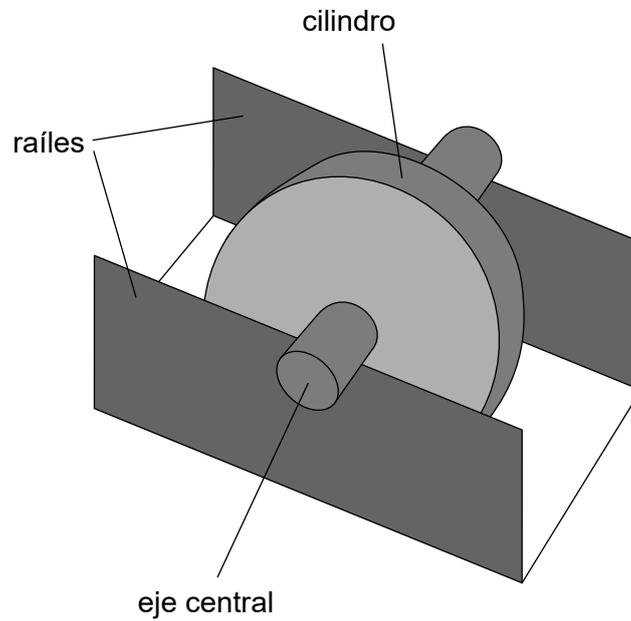


40EP15

Véase al dorso

Opción B — Física en ingeniería

8. Una rueda de masa 0,25 kg consta de un cilindro montado sobre un eje central. El eje tiene un radio de 1,2 cm y el cilindro tiene un radio de 4,0 cm. El eje reposa sobre dos raíles, haciendo que el cilindro pueda girar libremente entre los raíles.

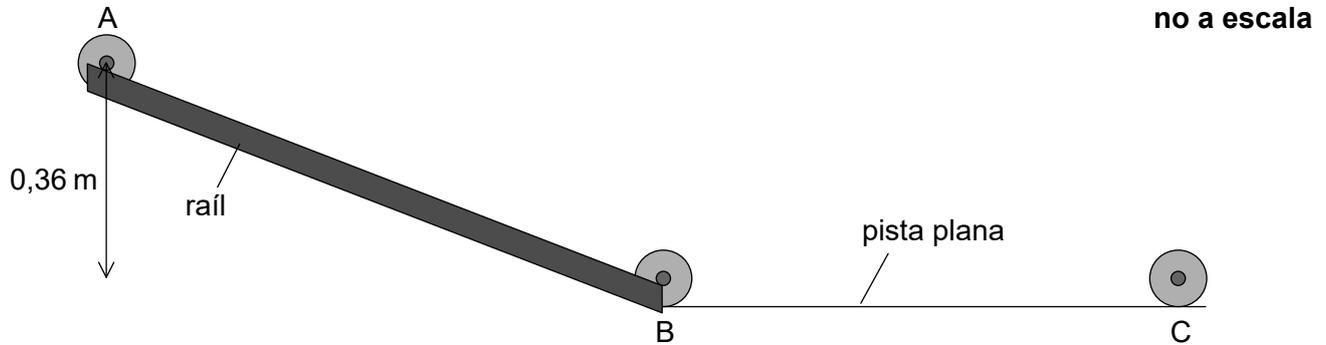


(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 8)

- (a) Se suelta desde el reposo la rueda estacionaria, que baja rodando cuesta abajo desde el punto A hasta el punto B con el eje rodando sobre los raíles sin deslizamiento.



- (i) El momento de inercia de la rueda es de $1,3 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$. Resuma qué se entiende por momento de inercia.

[1]

.....

.....

- (ii) Al desplazarse desde el punto A hasta el punto B, el centro de masa de la rueda cae una distancia vertical de 0,36m. Muestre que la rapidez de traslación de la rueda es de alrededor de 1 ms^{-1} tras su desplazamiento.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) Determine la velocidad angular de la rueda en B.

[1]

.....

.....

(La opción B continúa en la página 19)



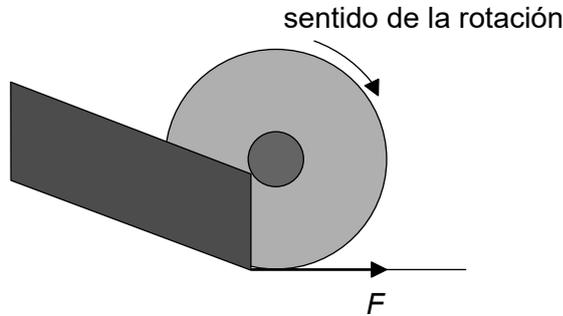
No escriba en esta página.

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



(Continuación: opción B, pregunta 8)

- (b) La rueda abandona los raíles en el punto B y se desplaza sobre la pista plana hasta el punto C. Durante un corto tiempo la rueda se desliza y surge una fuerza de rozamiento F en el borde de la rueda, como se muestra.



Describe el efecto de F sobre

- (i) la rapidez lineal de la rueda.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) la rapidez angular de la rueda.

[2]

.....

.....

.....

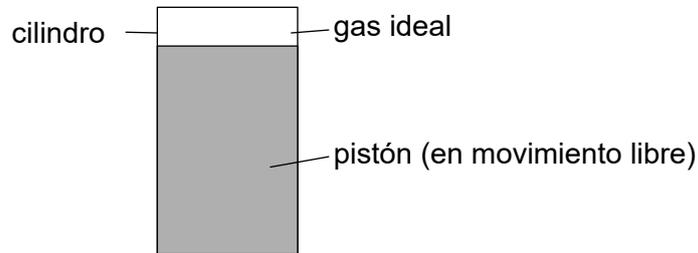
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

9. Se encaja un pistón en un cilindro. Una masa fija de un gas ideal llena el espacio sobre el pistón.



El gas se expande isobáricamente. Se dispone de los siguientes datos.

Cantidad de gas	= 243 mol
Volumen inicial del gas	= 47,1 m ³
Temperatura inicial del gas	= - 12,0 °C
Temperatura final del gas	= + 19,0 °C
Presión inicial del gas	= 11,2 kPa

- (a) Muestre que el volumen final del gas es de alrededor de 53 m³. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Calcule, en J, el trabajo efectuado por el gas durante esta expansión. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



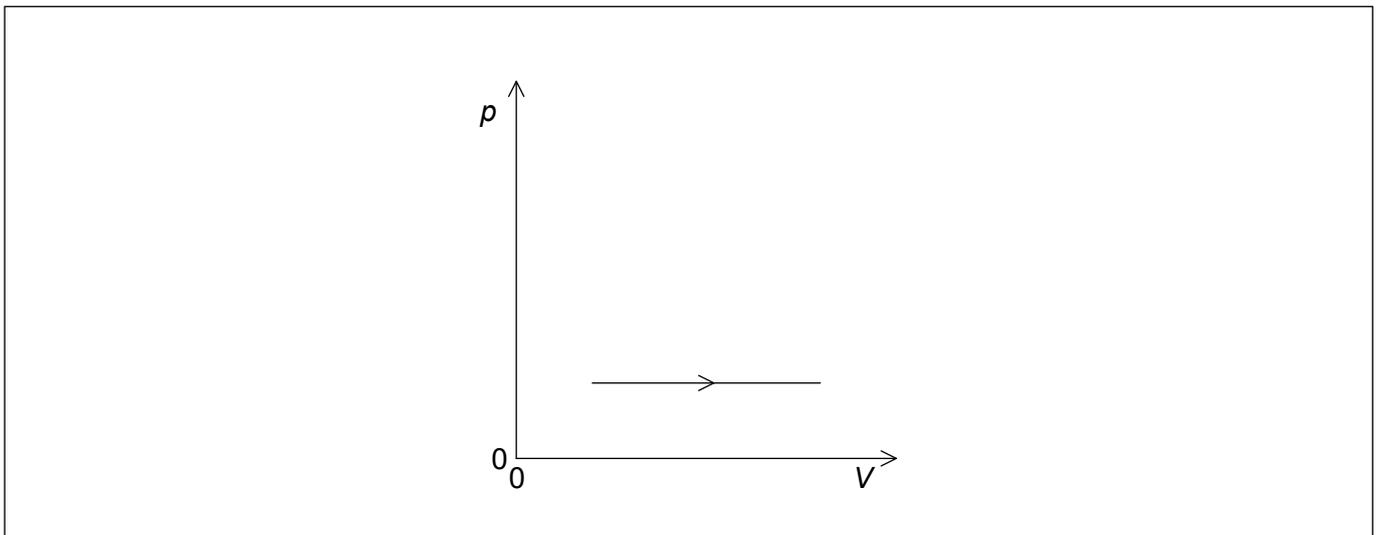
(Continuación: opción B, pregunta 9)

- (c) Determine la energía térmica que entra en el gas durante esta expansión. [3]

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

- (d) El gas vuelve a su estado original por compresión adiabática seguida de un enfriamiento a volumen constante.

- (i) Dibuje aproximadamente, sobre el diagrama pV , el ciclo completo de cambios para el gas, etiquetando claramente los cambios. Se le representa la expansión mostrada en (a) y (b). [2]



- (ii) Resuma el cambio en entropía del gas durante el enfriamiento a volumen constante. [1]

.....
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



40EP21

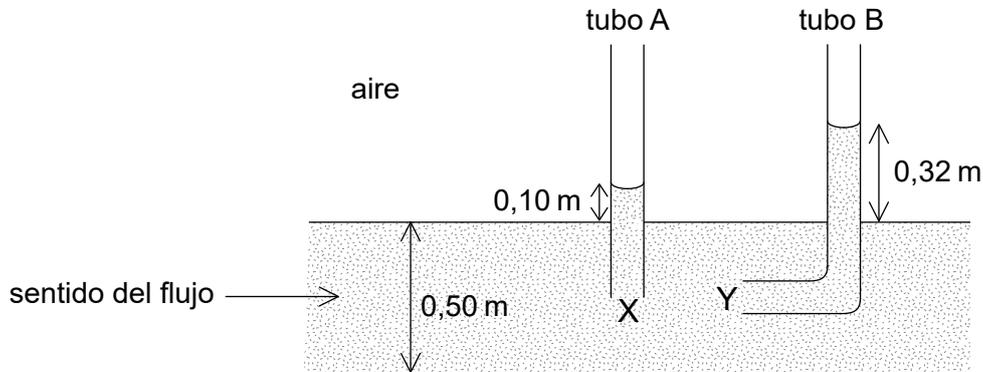
Véase al dorso

(Continuación: opción B, pregunta 9)

- (e) Hay diversas versiones equivalentes de la segunda ley de la termodinámica. Resuma la ventaja que supone disponer de formas alternativas de una ley. [1]

.....
.....

10. Dos tubos, A y B, se insertan en un fluido que fluye por una tubería horizontal con diámetro de 0,50m. Las aperturas X e Y de los tubos se encuentran en el centro exacto de la tubería. El líquido asciende hasta una altura de 0,10m en el tubo A y 0,32m en el tubo B. La densidad del fluido = $1,0 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.



- (a) Muestre que la velocidad del fluido en X es de alrededor de 2 ms^{-1} , asumiendo que el flujo es laminar. [3]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 10)

(b) La viscosidad del agua es de $8,9 \times 10^{-4}$ Pa s.

(i) Estime el número de Reynolds para el fluido en su respuesta a (a). [1]

.....

.....

.....

.....

(ii) Resuma si su respuesta a (a) es válida. [1]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



40EP23

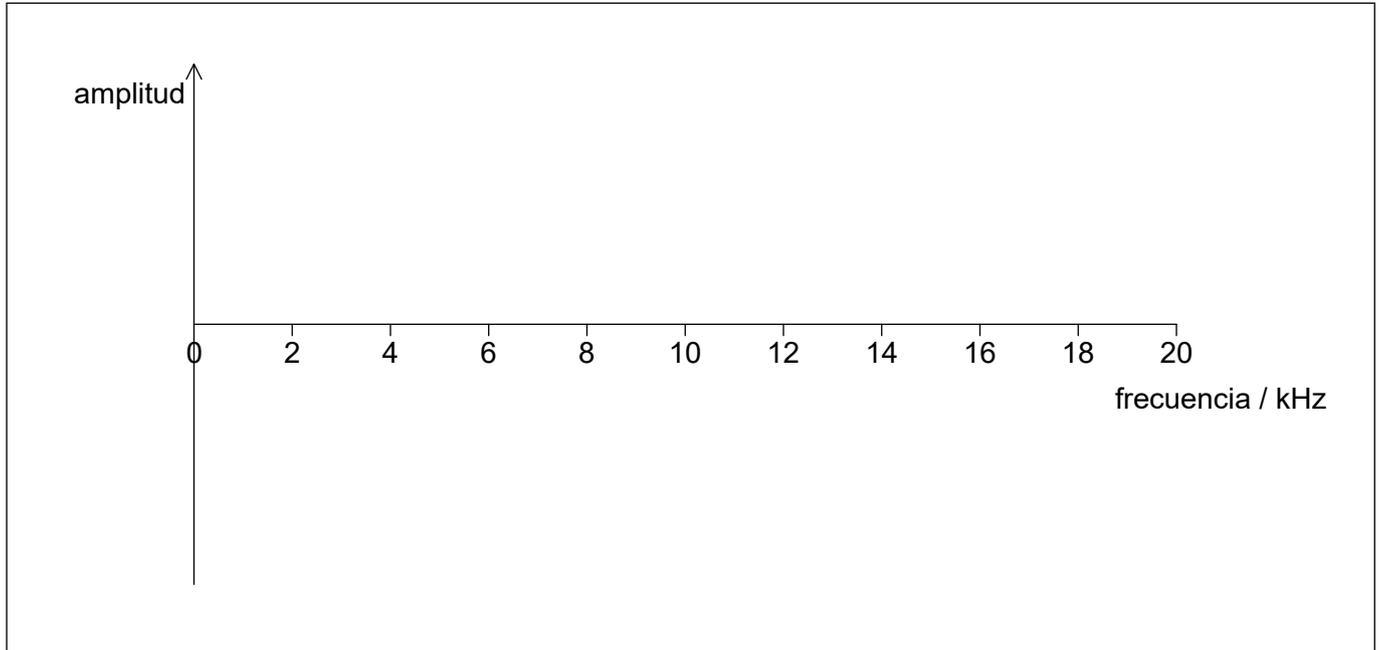
Véase al dorso

(Opción B: continuación)

11. La frecuencia natural de un sistema de oscilaciones forzadas es de 6 kHz. La frecuencia de la fuerza aplicada al sistema sube de cero a 20 kHz.

(a) Dibuje una gráfica que muestre la variación de la amplitud de oscilación del sistema frente a la frecuencia.

[3]



(b) Se reduce significativamente el factor Q para el sistema. Describa cómo cambiaría la gráfica que dibujó en (a).

[2]

.....

.....

.....

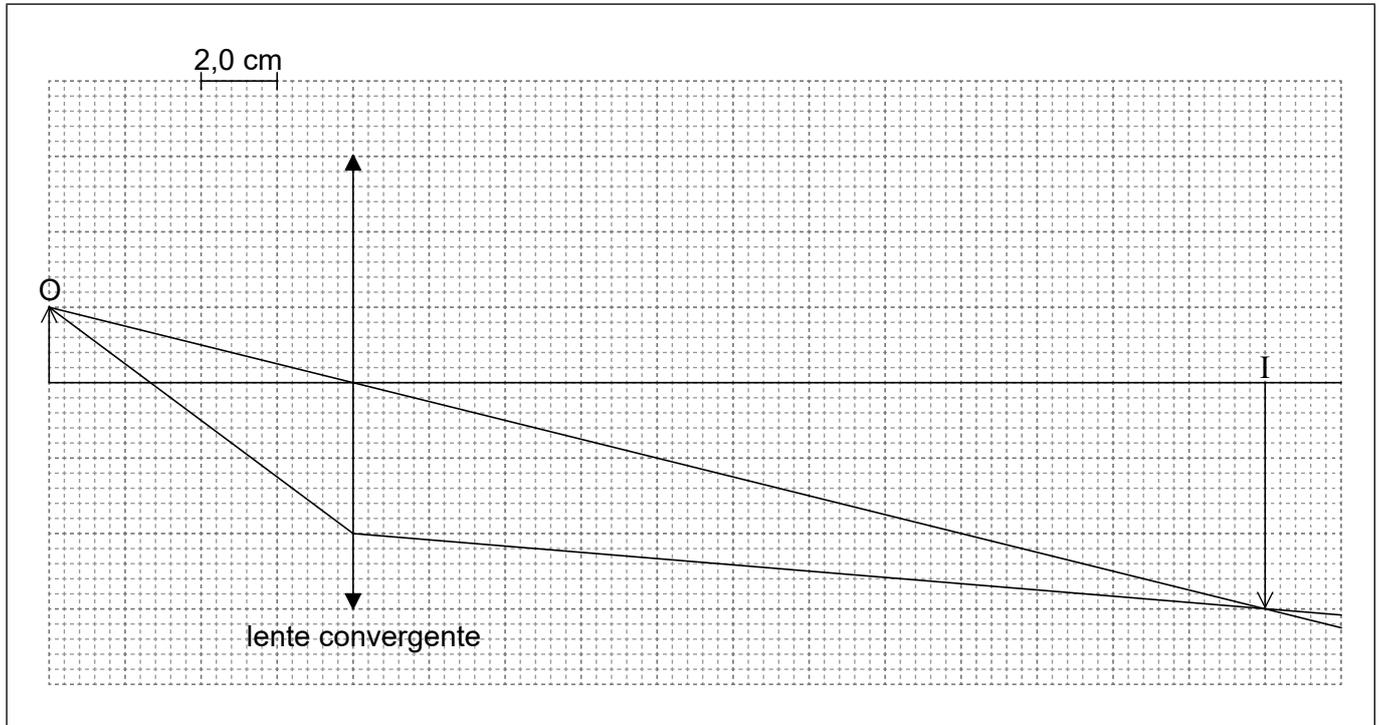
.....

Fin de la opción B



Opción C — Toma de imágenes

12. Se muestra un diagrama de rayos para una lente convergente. El objeto está marcado como O y la imagen como I.



(a) Utilizando el diagrama de rayos,

(i) determine la longitud focal de la lente.

[2]

.....

(ii) calcule el aumento lineal.

[1]

.....
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)

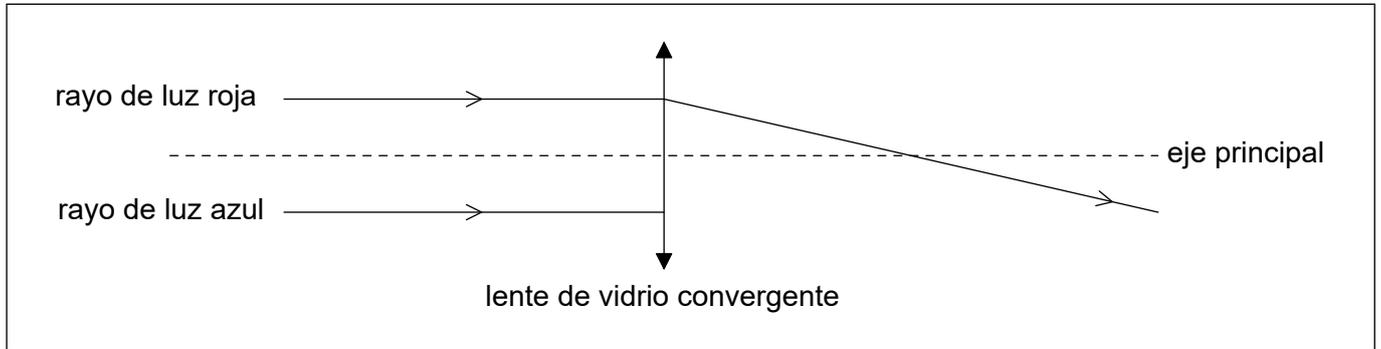


40EP25

Véase al dorso

(Continuación: opción C, pregunta 12)

- (b) A continuación se muestra el diagrama de rayos incompleto que consta de un rayo de luz roja y otro de luz azul, que inciden sobre una lente convergente de vidrio. En esta lente de vidrio, el índice de refracción para la luz azul es mayor que el índice de refracción para la luz roja.



Utilizando el diagrama, resume el fenómeno de la aberración cromática.

[2]

.....

.....

.....

.....

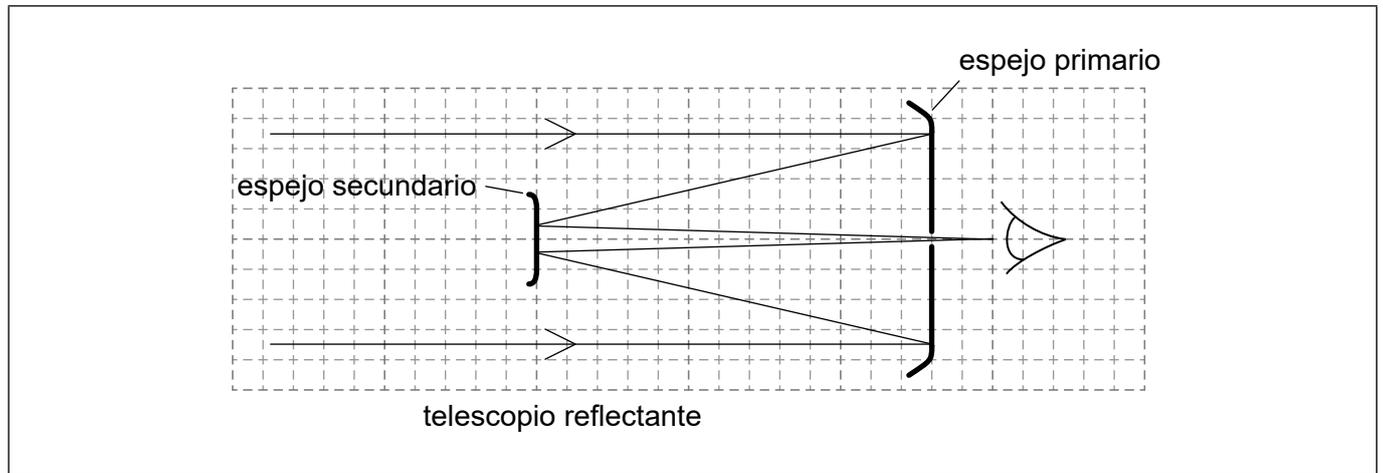
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

13. El diagrama representa un telescopio reflectante óptico astronómico simple junto con la trayectoria de varios rayos de luz.



(a) Identifique, con la letra X, la posición del foco del espejo primario. [1]

(b) Se dice que esta configuración que emplea el espejo secundario aumenta la longitud focal del espejo primario. Indique por qué esto supone una ventaja. [1]

.....
.....

(c) Se propone construir una red de radiotelescopios de tal modo que la distancia máxima entre ellos sea de 3800 km. La red operará a una longitud de onda de 2,1 cm. Comente si es posible construir un telescopio óptico que opere a 580nm que tenga la misma resolución que la red. [3]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

14. (a) Una fibra óptica con índice de refracción de 1,4475 se encuentra rodeada por aire. El ángulo crítico para la interfase núcleo–aire es 44° . Sugiera, mediante un cálculo, por qué el uso de un revestimiento con índice de refracción 1,4444 mejora el rendimiento de la fibra óptica. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Una fibra óptica de longitud 185 km tiene una atenuación de $0,200 \text{ dB km}^{-1}$. La potencia de entrada al cable es de $400,0 \mu\text{W}$. La potencia de salida del cable no debe caer por debajo de $2,0 \mu\text{W}$.

- (i) Calcule la atenuación máxima permitida para la señal. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Un amplificador puede aumentar la potencia de la señal en 12 dB. Determine el mínimo número de amplificadores necesario. [2]

.....

.....

.....

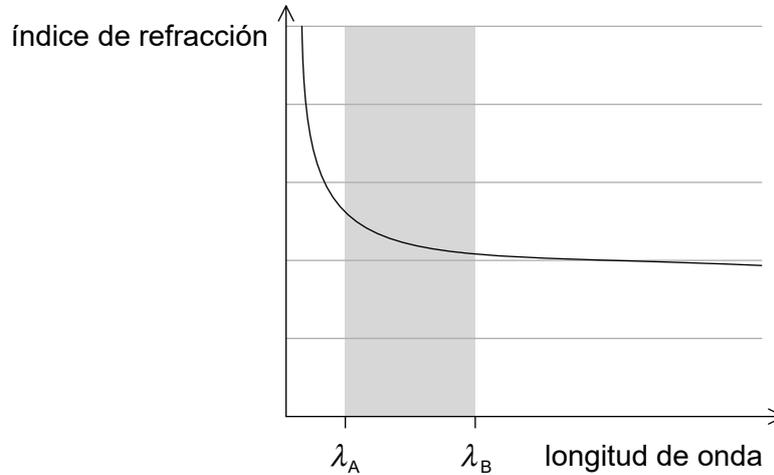
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 14)

- (iii) En la gráfica se muestra la variación, con la longitud de onda, del índice de refracción del vidrio del que está compuesta la fibra óptica.



Dos rayos de luz entran en la fibra en el mismo instante a lo largo de los ejes. El rayo A tiene una longitud de onda λ_A y el rayo B tiene una longitud de onda λ_B . Discuta el efecto que tiene la diferencia en longitud de onda sobre los rayos cuando pasan por la fibra.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (c) En muchos lugares, las fibras ópticas revestidas están sustituyendo a los cables de cobre. Indique **un** ejemplo de cómo ha impactado la tecnología de fibra óptica en la sociedad.

[1]

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



40EP29

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

15. (a) Resuma la formación de una ecografía B (escáner tipo B) en la toma de imágenes médicas por ultrasonidos.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Se muestran los valores de atenuación para la grasa y el músculo para diferentes energías de rayos X.

Energía de rayos X / keV	Coefficiente de atenuación de grasa / cm ⁻¹	Coefficiente de atenuación de músculo / cm ⁻¹
1	2030,9767	3947,2808
5	18,4899	43,8253
10	2,3560	5,5720
20	0,4499	0,8490

(i) Indique qué se entiende por espesor hemirreductor en la toma de imágenes por rayos X.

[1]

.....

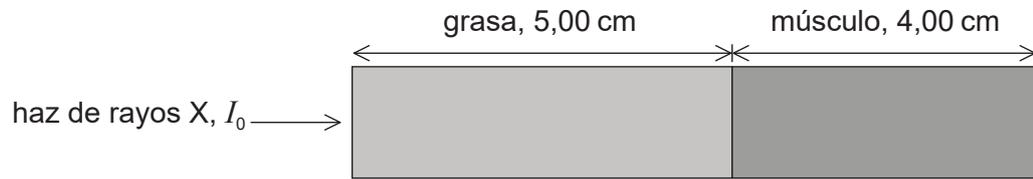
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 15)

- (ii) Un haz monocromático de rayos X con energía de 20keV e intensidad I_0 penetra en 5,00cm de grasa y 4,00cm de músculo.



Calcule, expresado en I_0 , la intensidad final del haz que sale del músculo. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) Compare el uso de rayos X de alta y baja energía para la toma de imágenes médicas. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción C



Véase al dorso

Opción D — Astrofísica

16. (a) Las estrellas de la secuencia principal están en equilibrio bajo la acción de fuerzas. Resuma cómo se alcanza este equilibrio. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Una estrella P de la secuencia principal, tiene 1,3 veces la masa del Sol. Calcule la luminosidad de P con respecto al Sol. [1]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 16)

(c) Los datos siguientes corresponden a la estrella Gacrux.

Radio = $58,5 \times 10^9$ m
Temperatura = 3600 K
Distancia = 88 años luz

(i) La luminosidad del Sol L_{\odot} es de $3,85 \times 10^{26}$ W. Determine la luminosidad de Gacrux respecto al Sol.

[3]

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

(ii) La distancia a Gacrux puede determinarse a partir de la paralaje estelar. Resuma por qué este método no es adecuado para todas las estrellas.

[1]

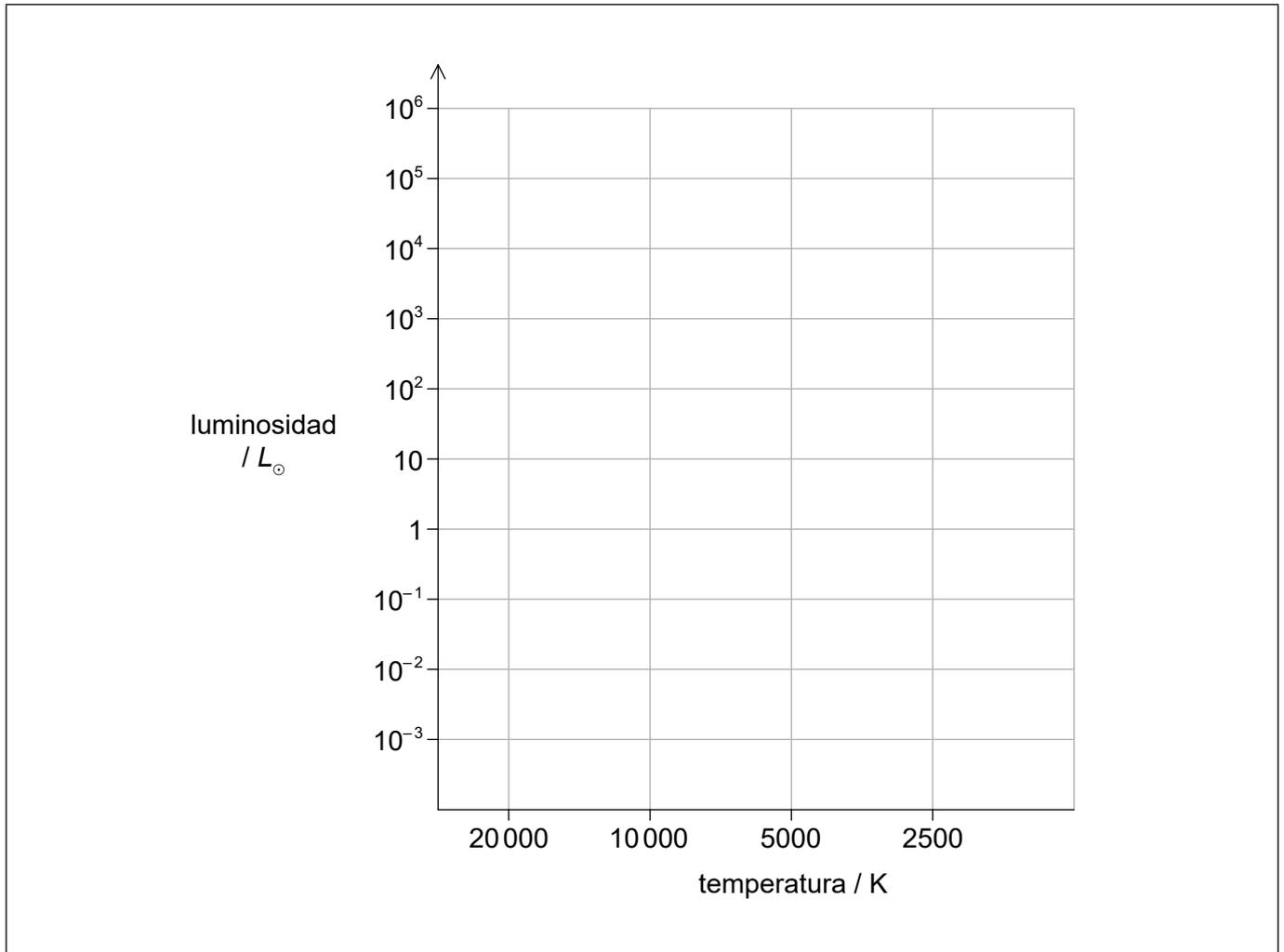
.....
.....
.....
.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 16)

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



Sobre el diagrama HR,

- (i) dibuje la secuencia principal. [1]
- (ii) represente la posición, utilizando la letra P, de la estrella P de la secuencia principal que ha calculado en (b). [1]
- (iii) represente la posición, utilizando la letra G, de Gacrux. [1]

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 16)

- (e) Discuta, en relación con su variación de masa, la evolución de la estrella P desde la secuencia principal hasta su fase final estable.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)

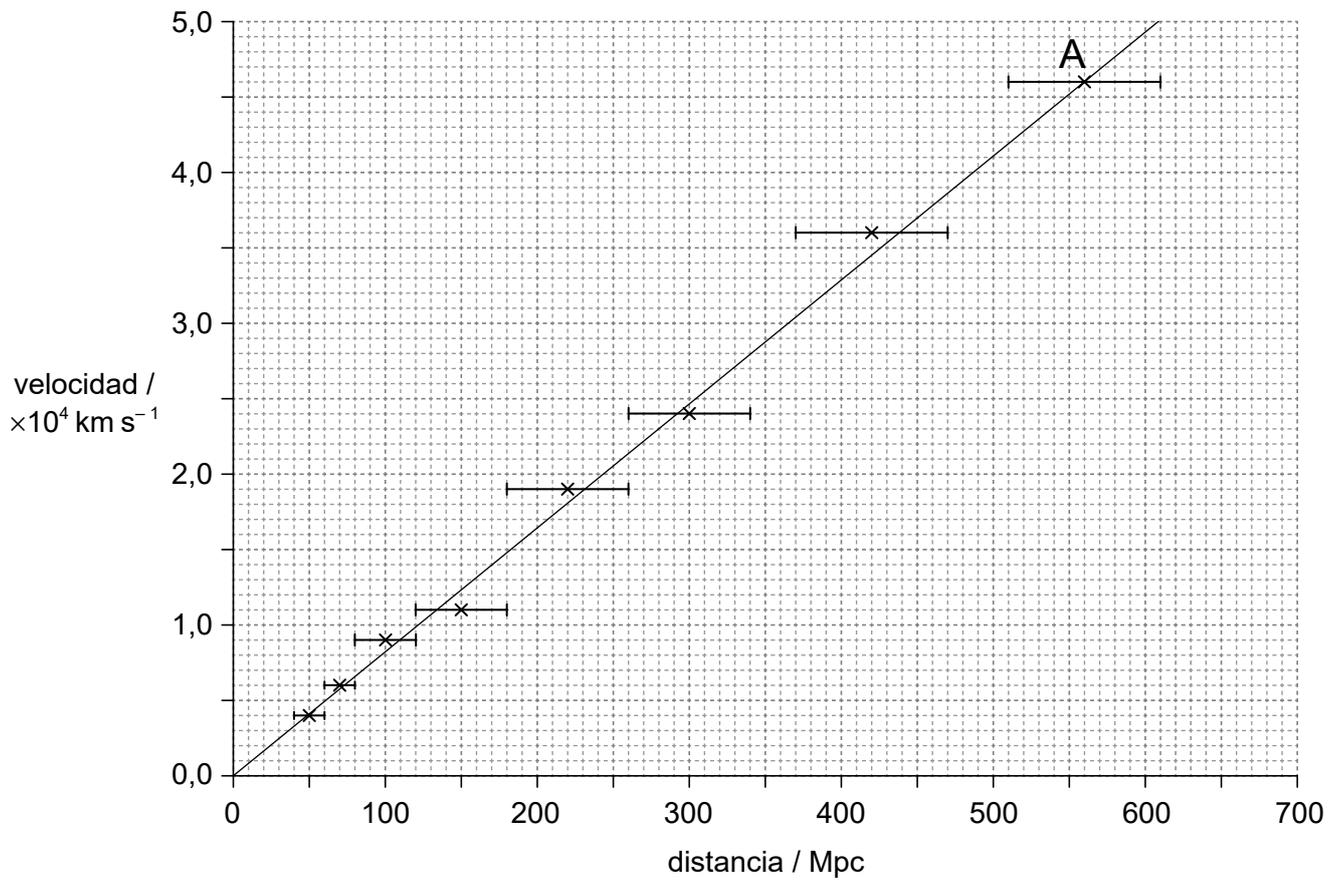


40EP35

Véase al dorso

(Opción D: continuación)

17. Sobre la gráfica se muestran los datos de galaxias distantes.



(a) Estime, utilizando los datos, la edad del universo. Dé su respuesta en segundos. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 17)

(b) Identifique la suposición que ha hecho en su respuesta a (a). [1]

.....
.....

(c) Sobre la gráfica, una galaxia está marcada como A. Determine el tamaño del universo, respecto a su tamaño actual, cuando se emitió la luz de esa galaxia A. [3]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)



40EP37

Véase al dorso

(Opción D: continuación)

18. (a) Resuma, en relación con el criterio de Jeans, por qué es más probable que forme nuevas estrellas una nube de gas frío y denso que una nube de gas caliente difuso. [2]

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

- (b) Explique cómo la captura de neutrones puede producir elementos con un número atómico mayor que el hierro. [2]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

19. (a) Explique la evidencia que indica la presencia de materia oscura en galaxias. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Resuma por qué se ha desarrollado la hipótesis de la energía oscura. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción D



No escriba en esta página.

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



40EP40

Markscheme

May 2018

Physics

Higher level

Paper 3

30 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.

Section A

Question		Answers	Notes	Total
1.	a	<p>distance fallen = $654 - 12 = 642$ «mm» ✓</p> <p>absolute uncertainty = $2 + 0.1$ «mm» $\approx 2 \times 10^{-3}$ «m» or $= 2.1 \times 10^{-3}$ «m» or 2.0×10^{-3} «m» ✓</p>	Accept answers in mm or m	2
1.	b	<p>$\llbracket a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \times 0.642}{0.363^2} \rrbracket = 9.744$ «ms⁻²» ✓</p> <p>fractional uncertainty in distance = $\frac{2}{642}$ AND fractional uncertainty in time = $\frac{0.002}{0.363}$ ✓</p> <p>total fractional uncertainty = $\frac{\Delta s}{s} + 2 \frac{\Delta t}{t}$ «= 0.00311 + 2 × 0.00551» ✓</p> <p>total absolute uncertainty = 0.1 or 0.14 AND same number of decimal places in value and uncertainty, ie: 9.7 ± 0.1 or 9.74 ± 0.14 ✓</p>	<p>Accept working in % for MP2 and MP3</p> <p>Final uncertainty must be the absolute uncertainty</p>	4

Question			Answers	Notes	Total
2.	a		<p>combines the two equations to obtain result «for example $\frac{1}{I} = K^2(C+x)^2 = \frac{4\pi}{P}(C+x)^2$» ✓</p> <p>OR</p> <p>reverse engineered solution – substitute $K = 2\sqrt{\frac{\pi}{P}}$ into $\frac{1}{I} = K^2(C+x)^2$ to get $I = \frac{P}{4\pi(C+x)^2}$ ✓</p>	<p><i>There are many ways to answer the question, look for a combination of two equations to obtain the third one</i></p>	1
2.	b	i	<p>extrapolating line to cross x-axis / use of x-intercept OR Use $C = \frac{y\text{-intercept}}{\text{gradient}}$ OR use of gradient and one point, correctly substituted in one of the formulae ✓ accept answers between 3.0 and 4.5 «cm» ✓</p>	<p><i>Award [1 max] for negative answers</i></p>	2

(continued...)

(Question 2 continued)

Question			Answers	Notes	Total
2.	b	ii	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>Evidence of finding gradient using two points <u>on the line</u> at least 10 cm apart ✓</p> <p>Gradient found in range: 115–135 or 1.15–1.35 ✓</p> <p>Using $P = \frac{4\pi}{K^2}$ to get value between 6.9×10^{-4} and 9.5×10^{-4} «W» and POT correct ✓</p> <p>Correct unit, W and answer to 1, 2 or 3 significant figures ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>Finds $I\left(\frac{1}{y^2}\right)$ from use of one point (x and y) on the line with $x > 6\text{cm}$ and C from (b)(i) to use in $I = \frac{P}{4\pi(C+x)^2}$ or</p> $\frac{1}{\sqrt{I}} = Kx + KC \quad \checkmark$ <p>Correct re-arrangement to get P between 6.9×10^{-4} and 9.5×10^{-4} «W» and POT correct ✓</p> <p>Correct unit, W and answer to 1, 2 or 3 significant figures ✓</p>	<p><i>For 3rd marking point if no unit given, assume answer is in W</i></p> <p><i>Award [3 max] for an answer between 6.9W and 9.5W (POT penalized in 3rd marking point)</i></p> <p><i>Alternative 2 is worth [3 max]</i></p>	4

(continued...)

(Question 2 continued)

Question		Answers	Notes	Total
2.	c	this graph will be a curve / not be a straight line ✓ more difficult to determine value of K OR more difficult to determine value of C OR suitable mathematical argument ✓	OWTTE	2

Section B

Option A — Relativity

Question			Answers	Notes	Total
3.	a	i	1.25c ✓		1
3.	a	ii	<p>ALTERNATIVE 1</p> $u' = \frac{(0.50 + 0.75)}{1 + 0.5 \times 0.75} c \quad \checkmark$ <p>0.91c ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> $u' = \frac{-0.50 - 0.75}{1 - (-0.5 \times 0.75)} c \quad \checkmark$ <p>-0.91c ✓</p>		2
3.	b		nothing can travel faster than the speed of light (therefore (a)(ii) is the valid answer) ✓	OWTTE	1

Question		Answers	Notes	Total
4.	a	<p>0.60c OR $1.8 \times 10^8 \text{ «m s}^{-1}\text{»} \checkmark$</p>		1
4.	b	<p>ALTERNATIVE 1 time interval in the Earth frame = $90 \times \gamma = 112.5$ minutes \checkmark «in Earth frame it takes 112.5 minutes for ship to reach station» so distance = $112.5 \times 60 \times 0.60c \checkmark$ $1.2 \times 10^{12} \text{ «m»} \checkmark$</p> <p>ALTERNATIVE 2 Distance travelled according in the spaceship frame = $90 \times 60 \times 0.6c \checkmark$ = $9.72 \times 10^{11} \text{ «m»} \checkmark$ Distance in the Earth frame «= $9.72 \times 10^{11} \times 1.25$» = $1.2 \times 10^{12} \text{ «m»} \checkmark$</p>		3

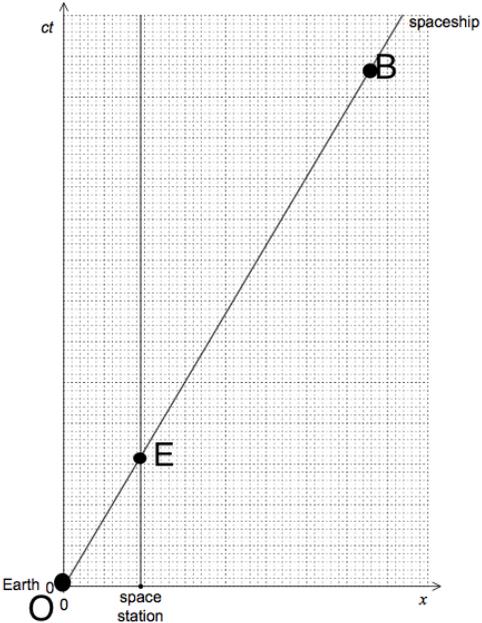
(continued...)

(Question 4 continued)

Question			Answers	Notes	Total
4.	c		signal will take « $112.5 \times 0.60 \Rightarrow 67.5$ «minutes» to reach Earth «as it travels at c » OR signal will take « $\frac{1.2 \times 10^{12}}{3 \times 10^8} \Rightarrow 4000$ «s» ✓ total time « $= 67.5 + 112.5$ » = 180 minutes or 3.00 h or 3:00am ✓		2
4.	d	i	line from event E to A, upward and to left with A on ct axis (approx correct) ✓ line from event A to B, upward and to right with B on ct' axis (approx correct) ✓ both lines drawn with ruler at 45 (judge by eye) ✓	eg: 	3

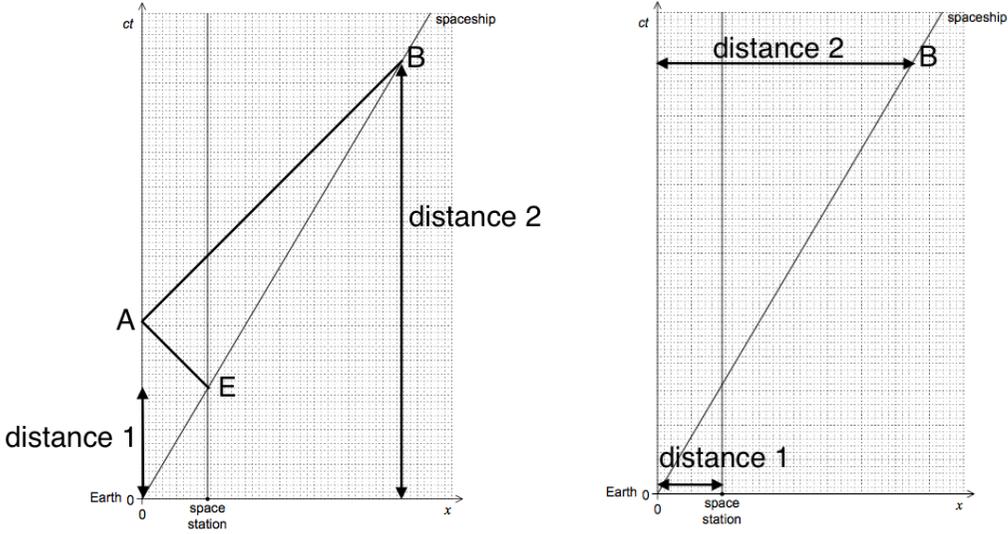
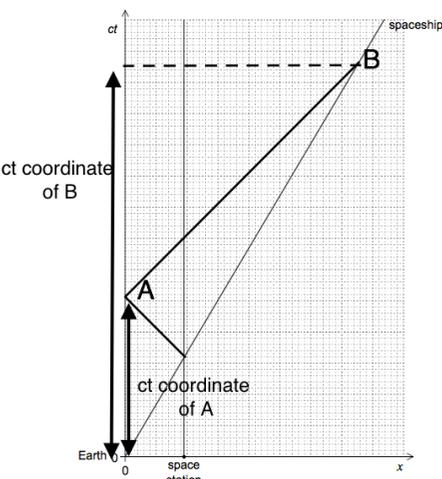
(continued...)

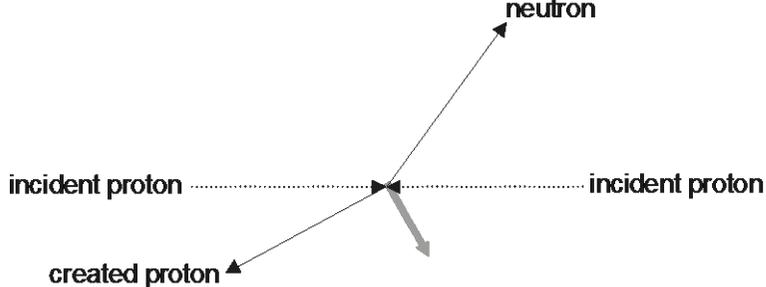
(Question 4 continued)

Question			Answers	Notes	Total
4.	d	ii	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>«In spaceship frame»</p> <p>Finds the ratio $\frac{OB}{OE}$ (or by similar triangles on x or ct axes), value is approximately 4 ✓</p> <p>hence time elapsed $\approx 4 \times 90\text{mins} \approx 6\text{h}$ «so clock time is $\approx 6:00$» ✓</p>	<p>Alternative 1:</p>  <p>Allow similar triangles using x-axis or ct-axis, such as $\frac{\text{distance 2}}{\text{distance 1}}$ from diagrams below</p>	2

(continued...)

(Question 4 continued)

Question			Answers	Notes	Total
4.	d	ii	<p>ALTERNATIVE 2</p> <p>«In Earth frame»</p> <p>Finds the ratio $\frac{ct \text{ coordinate of B}}{ct \text{ coordinate of A}}$, value is approximately 2.5 ✓</p> <p>hence time elapsed $\approx \frac{2.5 \times 3h}{1.25} \approx 6h$</p> <p>«so clock time is $\approx 6:00$» ✓</p>	 <p>ALTERNATIVE 2:</p> 	

Question			Answers	Notes	Total
6.	a		$\gamma \ll \frac{3350}{938} \gg = 3.57 \checkmark$		1
6.	b	i	energy of pion = $(3350 \times 2) - 6200 = 500 \ll \text{MeV} \gg \checkmark$ $500^2 = p^2 c^2 + 140^2 \checkmark$ $p = 480 \ll \text{MeV c}^{-1} \gg \checkmark$		3
6.	b	ii	path of pion constructed in direction around 4–5 o'clock by eye \checkmark	eg: 	1

Question			Answers	Notes	Total
7.	a	i	boundary inside which events cannot be communicated to an outside observer OR distance/surface at which escape velocity = c ✓	OWTTE	1
7.	a	ii	mass of black hole = 7.2×10^{36} «kg» ✓ $\left\langle \frac{2GM}{c^2} \right\rangle = 1 \times 10^{10}$ «m» ✓		2
7.	b		wherever S-2 is in orbit, time observed is longer than 5.0 s ✓ when closest to the star S-2 periodic time dilated more than when at greatest distance ✓ Justification using formula or time is more dilated in stronger gravitational fields ✓		2 max

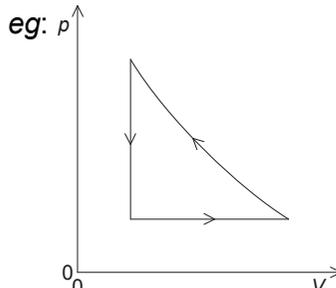
Option B — Engineering physics

Question			Answers	Notes	Total
8.	a	i	an object's resistance to change in rotational motion OR equivalent of mass in rotational equations ✓	OWTTE	1
8.	a	ii	$\Delta KE + \Delta \text{rotational KE} = \Delta GPE$ OR $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\frac{v^2}{r^2} = mgh$ ✓ $\frac{1}{2} \times 0.250 \times v^2 + \frac{1}{2} \times 1.3 \times 10^{-4} \times \frac{v^2}{1.44 \times 10^{-4}} = 0.250 \times 9.81 \times 0.36$ ✓ $v = 1.2 \text{ « m s}^{-1} \text{ »}$ ✓		3
8.	a	iii	$\omega \ll = \frac{1.2}{0.012} \gg = 100 \text{ « rad s}^{-1} \text{ »}$ ✓		1
8.	b	i	force in direction of motion ✓ so linear speed increases ✓		2
8.	b	ii	force gives rise to anticlockwise/opposing torque on wheel ✓ so angular speed decreases ✓	OWTTE	2

Question		Answers	Notes	Total
9.	a	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>«Using $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ »</p> $V_2 = \frac{47.1 \times (273 + 19)}{(273 - 12)} \checkmark$ $V_2 = 52.7 \text{ «m}^3\text{»} \checkmark$ <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>«Using $PV = nRT$ »</p> $V = \frac{243 \times 8.31 \times (273 + 19)}{11.2 \times 10^3} \checkmark$ $V = 52.6 \text{ «m}^3\text{»} \checkmark$		2
9.	b	$W \text{ «} = P\Delta V \text{»} = 11.2 \times 10^3 \times (52.7 - 47.1) \checkmark$ $W = 62.7 \times 10^3 \text{ «J»} \checkmark$	<p>Accept $66.1 \times 10^3 \text{ J}$ if 53 used</p> <p>Accept $61.6 \times 10^3 \text{ J}$ if 52.6 used</p>	2
9.	c	$\Delta U \text{ «} = \frac{3}{2} nR\Delta T \text{»} = 1.5 \times 243 \times 8.31 \times (19 - (-12)) = 9.39 \times 10^4 \checkmark$ $Q \text{ «} = \Delta U + W \text{»} = 9.39 \times 10^4 + 6.27 \times 10^4 \checkmark$ $Q = 1.57 \times 10^5 \text{ «J»} \checkmark$	<p>Accept 1.60×10^5 if $66.1 \times 10^3 \text{ J}$ used</p> <p>Accept 1.55×10^5 if $61.6 \times 10^3 \text{ J}$ used</p>	3

(continued...)

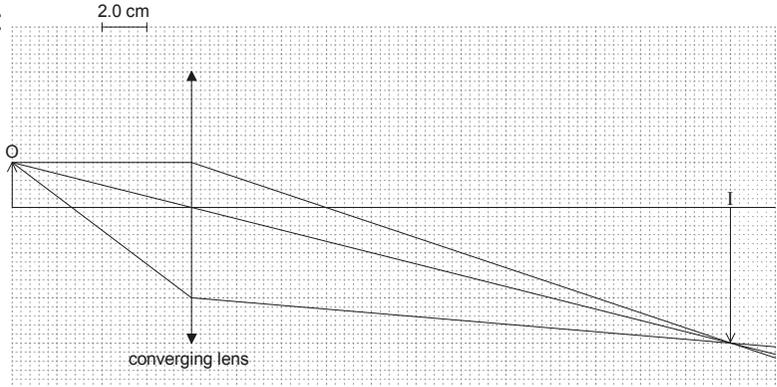
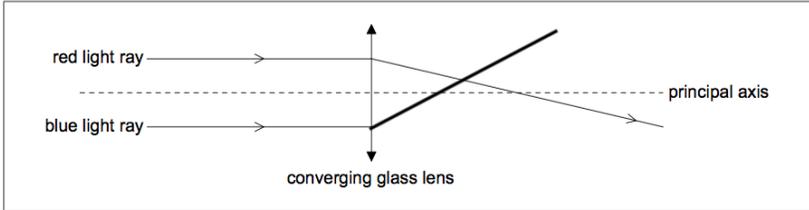
(Question 9 continued)

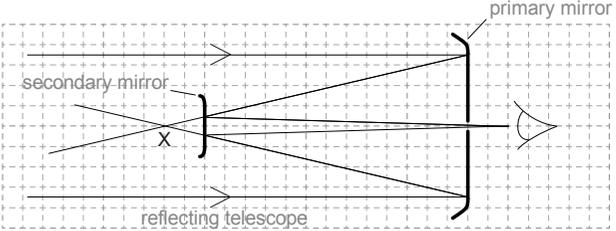
Question			Answers	Notes	Total
9.	d	i	concave curve from RHS of present line to point above LHS of present line ✓ vertical line from previous curve to the beginning ✓	eg: p 	2
9.	d	ii	energy is removed from the gas and so entropy decreases OR temperature decreases «at constant volume (less disorder)» so entropy decreases ✓	OWTTE	1
9.	e		different paradigms/ways of thinking/modelling/views ✓ allows testing in different ways ✓ laws can be applied different situations ✓	OWTTE	1 max

Question		Answers	Notes	Total	
10.	a	$\frac{1}{2} \rho v_x^2 = p_Y - p_X = \rho g \Delta h \quad \checkmark$ $v_x = \sqrt{2 \times 9.8 \times (0.32 - 0.10)} \quad \checkmark$ $v_x = 2.08 \text{ «ms}^{-1}\text{»} \quad \checkmark$		3	
10.	b	i	$R = \left\langle \frac{vr\rho}{\eta} = \frac{2.1 \times 0.25 \times 10^3}{8.9 \times 10^{-4}} \right\rangle 5.9 \times 10^5 \quad \checkmark$	1	
10.	b	ii	($R > 1000$) flow is not laminar, so assumption is invalid \checkmark	OWTTE	1

Question		Answers	Notes	Total
11.	a	general shape as shown \checkmark peak at 6 kHz \checkmark graph does not touch the f axis \checkmark		3
11.	b	peak broadens \checkmark reduced maximum amplitude / graph shifted down \checkmark resonant frequency decreases / graph shifted to the left \checkmark		2 max

Option C — Imaging

Question			Answers	Notes	Total
12.	a	i	<p>constructs ray parallel to principal axis and then to image position</p> <p>OR</p> <p>$u = 8\text{cm}$ and $v = 24\text{cm}$ and lens formula ✓</p> <p>6 «cm» ✓</p>	<p>eg:</p>  <p>converging lens</p> <p>Allow answers in the range of 5.6 to 6.4 cm</p>	2
12.	a	ii	<p>$m = \text{«-»}3.0$ ✓</p>		1
12.	b		<p>completes diagram with blue focal point closer to lens ✓</p> <p>blue light/rays refracted/deviated more</p> <p>OR</p> <p>speed of blue light is less than speed of red light ✓</p> <p>OR</p> <p>different colors/wavelengths have different focal points/converge at different points ✓</p>	<p>First marking point can be explained in words or seen on diagram</p>  <p>red light ray</p> <p>blue light ray</p> <p>converging glass lens</p> <p>principal axis</p>	2

Question		Answers	Notes	Total
13.	a	where the extensions of the reflected rays from the primary mirror would meet, with construction lines ✓	eg: 	1
13.	b	greater magnification ✓		1
13.	c	«use of $\frac{1.22\lambda}{d}$ to get» resolution of 6.7×10^{-9} «rad» ✓ $\frac{5.8 \times 10^{-7}}{6.7 \times 10^{-9}} = 87$ «m» ✓ some reference to difficulty in making optical mirrors/lenses of this size ✓	Allow $\frac{5.8 \times 10^{-7}}{5.5 \times 10^{-9}} = 105$ «m»	3

Question			Answers	Notes	Total
14.	a		$\text{sinc} = \frac{1.4444}{1.4475}$ <i>or</i> $\text{sinc} = 0.9978$ ✓ critical angle = 86.2° » ✓ with cladding only rays travelling nearly parallel to fibre axis are transmitted OR pulse broadening/dispersion will be reduced ✓	OWTTE	3
14.	b	i	$\text{attenuation} = \ll 10 \log \frac{I}{I_0} \gg = 10 \log \frac{2.0 \times 10^{-6}}{400 \times 10^{-6}}$ ✓ $\text{attenuation} = \ll - \gg 23 \ll \text{dB} \gg$ ✓	Accept $10 \log \frac{400}{2.0}$ for first marking point	2
14.	b	ii	$185 \times 0.200 = 37$ loss over length of cable ✓ $\ll \frac{37 - 23}{12} = 1.17 \gg$ so two amplifiers are sufficient ✓		2
14.	b	iii	mention of material dispersion ✓ mention that rays become separated in time OR mention that ray A travels slower/arrives later than ray B ✓		2

(continued...)

(Question 14 continued)

Question		Answers	Notes	Total
14.	c	high bandwidth/data transfer rates ✓ low distortion/Low noise/Faithful reproduction ✓ high security ✓ fast «fibre» broadband/internet ✓ high quality optical audio ✓ medical endoscopy ✓	<i>Allow any other verifiable sensible advantage</i>	1 max
15.	a	many/array of transducers send ultrasound through body/object ✓ B scan made from many A scans in different directions ✓ the reflection from organ boundaries gives rise to position ✓ the amplitude/size gives brightness to the B scan ✓ 2D/3D image formed «by computer» ✓		3 max

(continued...)

(Question 15 continued)

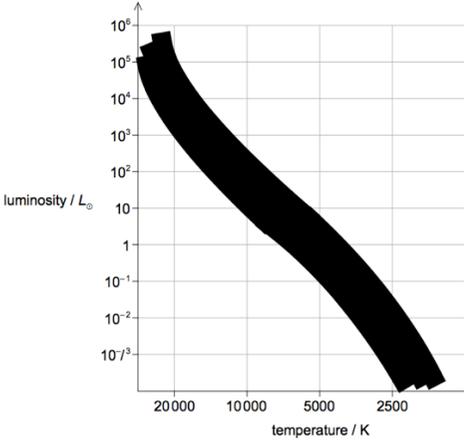
Question			Answers	Notes	Total
15.	b	i	the thickness of tissue that reduces the intensity «of the X-rays» by a half OR $x_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\mu}$ where $x_{\frac{1}{2}}$ is the half value thickness and μ is attenuation coefficient ✓	<i>Symbols must be defined for mark to be awarded</i>	1
15.	b	ii	after fat layer, $I_{\text{fat}} = I_0 e^{-0.4499 \times 5.00}$ ✓ after muscle layer, $I = I_{\text{fat}} e^{-0.8490 \times 4.00}$ ✓ $I = 0.003533 I_0$ or 0.35% ✓		3
15.	b	iii	«high energies factors:» less attenuation/more penetration ✓ more damage to the body ✓ «so» stronger signal leaves the body OR «so» used in «most» medical imaging techniques ✓ «low energy factors:» must be used with enhancement techniques ✓ greater attenuation/less penetration ✓ «so» more damage to the body «on surface layers» OR «so» unwanted in «most» medical imaging techniques ✓		3 max

Option D — Astrophysics

Question			Answers	Notes	Total
16.	a		photon/fusion/radiation force/pressure balances gravitational force/pressure ✓ gives both directions correctly (outwards radiation, inwards gravity) ✓	OWTTE	2
16.	b		« $L \propto M^{3.5}$ for main sequence » luminosity of $P = 2.5$ «luminosity of the Sun» ✓		1
16.	c	i	$L_{Gacrux} = 5.67 \times 10^{-8} \times 4\pi \times (58.5 \times 10^9)^2 \times 3600^4$ ✓ $L_{Gacrux} = 4.1 \times 10^{29}$ «W» ✓ $\frac{L_{Gacrux}}{L_{\odot}} \ll = \frac{4.1 \times 10^{29}}{3.85 \times 10^{26}} \gg = 1.1 \times 10^3$ ✓		3
16.	c	ii	if the star is too far then the parallax angle is too small to be measured OR stellar parallax is limited to closer stars ✓	OWTTE	1

(continued...)

(Question 16 continued)

Question			Answers	Notes	Total
16.	d	i	line or area roughly inside shape shown – judge by eye ✓	<p><i>Accept straight line or straight area at roughly 45°</i></p> 	1
16.	d	ii	P between $1 L_{\odot}$ and $10^1 L_{\odot}$ on main sequence drawn ✓		1

(continued...)

(Question 16 continued)

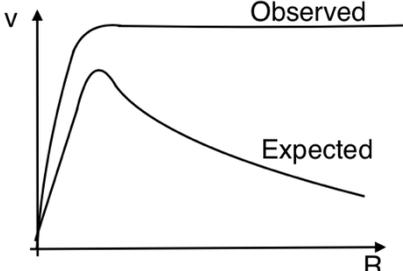
Question			Answers	Notes	Total
16.	d	iii	at $10^3 L_{\odot}$, further to right than 5000 K and to the left of 2500 K (see shaded region)✓	<p>The figure is a log-log plot of luminosity relative to the Sun (L_{\odot}) on the vertical axis versus temperature in Kelvin (K) on the horizontal axis. The vertical axis has major ticks at 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}, 1, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5, and 10^6. The horizontal axis has major ticks at 20000, 10000, 5000, and 2500. A shaded rectangular region is located between 5000 K and 2500 K on the x-axis and between 10^3 and 10^4 on the y-axis.</p>	1

(continued...)

(Question 16 continued)

Question		Answers	Notes	Total
16.	e	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>Main sequence to red giant ✓</p> <p><u>planetary nebula</u> with <u>mass</u> reduction/loss</p> <p>OR</p> <p><u>planetary nebula</u> with mention of remnant <u>mass</u> ✓</p> <p>white dwarf ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>Main sequence to red supergiant region ✓</p> <p><u>Supernova</u> with <u>mass</u> reduction/loss</p> <p>OR</p> <p><u>Supernova</u> with mention of remnant <u>mass</u> ✓</p> <p>neutron star</p> <p>OR</p> <p>Black hole ✓</p>	OWTTE for both alternatives	3

Question		Answers	Notes	Total
18.	a	<p>«For a star to form»: magnitude of PE of gas cloud > KE of gas cloud</p> <p>OR</p> <p>Mass of cloud > Jean's mass</p> <p>OR</p> <p>Jean's criterion is the critical mass ✓</p> <p>hence a hot diffuse cloud could have KE which is too large/PE too small</p> <p>OR</p> <p>hence a cold dense cloud will have low KE/high PE</p> <p>OR</p> <p>a cold dense cloud is more likely to exceed Jeans mass</p> <p>OR</p> <p>a hot diffuse cloud is less likely to exceed the Jeans mass ✓</p>	Accept $E_p + E_k < 0$	2
18.	b	<p>Neutron capture creates heavier isotopes / heavier nuclei / more unstable nucleus ✓</p> <p><u>β^- decay</u> of heavy elements/iron increases atomic number «by 1» ✓</p>	OWTTE	2

Question		Answers	Notes	Total
19.	a	<p>«rotational» velocity of stars are expected to decrease as distance from centre of galaxy increases ✓</p> <p>the observed velocity of outer stars is constant/greater than predicted ✓</p> <p>implying large mass on the edge «which is dark matter» ✓</p>	<p>OWTTE</p> <p>1st and 2nd marking points can be awarded from an annotated sketch with similar shape as the one below</p> 	3
19.	b	<p>data from <u>type 1a supernovae</u> shows universe expanding at an accelerated rate ✓</p> <p>gravity was expected to slow down the expansion of the universe</p> <p>OR</p> <p>this did not fit the hypotheses at that time ✓</p> <p>dark energy counteracts/opposes gravity</p> <p>OR</p> <p>dark energy causes the acceleration ✓</p>	OWTTE	3

Física
Nivel superior
Prueba 1

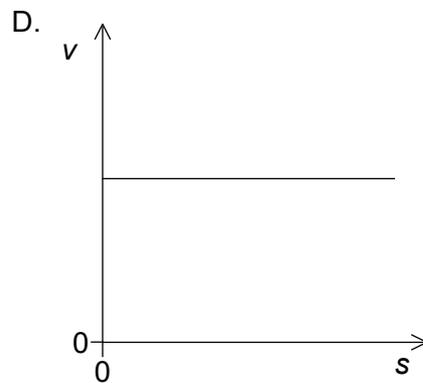
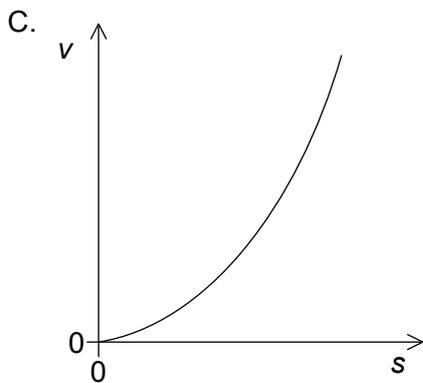
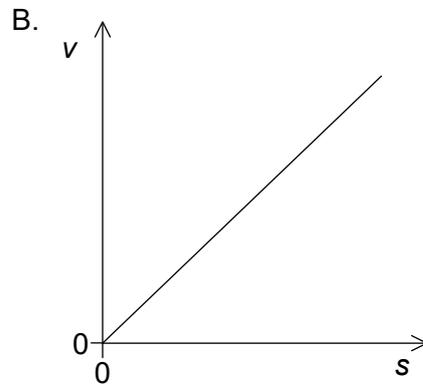
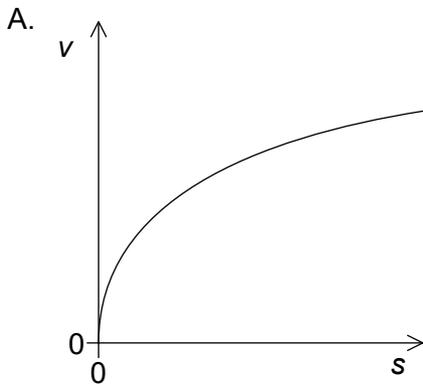
Martes 30 de octubre de 2018 (tarde)

1 hora

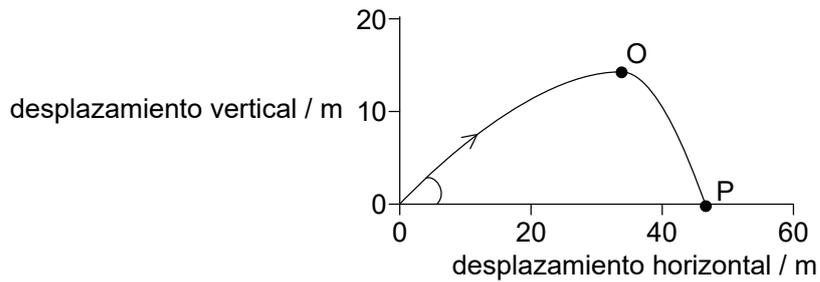
Instrucciones para los alumnos

- 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. La longitud del lado de un cubo es $2,0 \text{ cm} \pm 4\%$. La masa del cubo es $24,0 \text{ g} \pm 8\%$. ¿Cuál es la incertidumbre en porcentaje de la densidad del cubo?
- A. $\pm 2\%$
B. $\pm 8\%$
C. $\pm 12\%$
D. $\pm 20\%$
2. Un camión tiene una rapidez inicial de 20 m s^{-1} . Decelera a razón de $4,0 \text{ m s}^{-2}$. ¿Cuál es la distancia que el camión recorre hasta pararse?
- A. 2,5 m
B. 5,0 m
C. 50 m
D. 100 m
3. Un corredor parte del reposo y acelera a ritmo constante a lo largo de una carrera. ¿Qué gráfica muestra la variación de la rapidez v del corredor con la distancia recorrida s ?



4. Se lanza un proyectil formando cierto ángulo con la horizontal. Se muestra la trayectoria del proyectil.



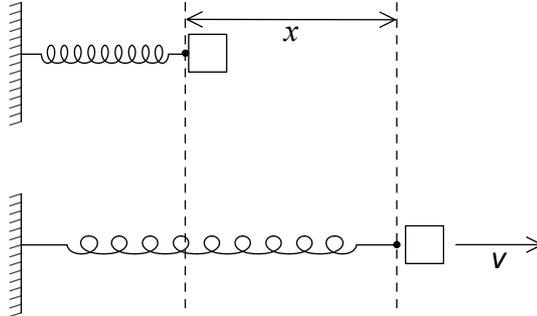
¿Cuál opción proporciona la magnitud de la componente horizontal y la magnitud de la componente vertical de la velocidad del proyectil entre O y P?

	Magnitud de la componente horizontal de la velocidad	Magnitud de la componente vertical de la velocidad
A.	disminuye	aumenta
B.	disminuye	permanece constante
C.	permanece constante	aumenta
D.	permanece constante	permanece constante

5. Una masa m sujeta a una cuerda de longitud R se mueve en una circunferencia vertical con rapidez constante. La tensión de la cuerda en el punto más alto de la circunferencia es T . ¿Cuál es la energía cinética de la masa en el punto más alto de la circunferencia?

- A. $\frac{R(T + mg)}{2}$
- B. $\frac{R(T - mg)}{2}$
- C. $\frac{Rmg}{2}$
- D. $\frac{R(2T + mg)}{2}$

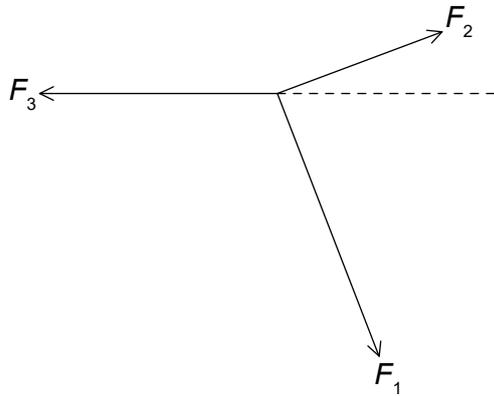
6. Se utiliza un muelle comprimido para lanzar un objeto a lo largo de una superficie horizontal sin rozamiento. Cuando el muelle se comprime a lo largo de una distancia x y se suelta, el objeto abandona el muelle con una rapidez v . ¿Cuál es la distancia a lo largo de la cual debe comprimirse el muelle para que el objeto abandone el muelle con $\frac{v}{2}$?



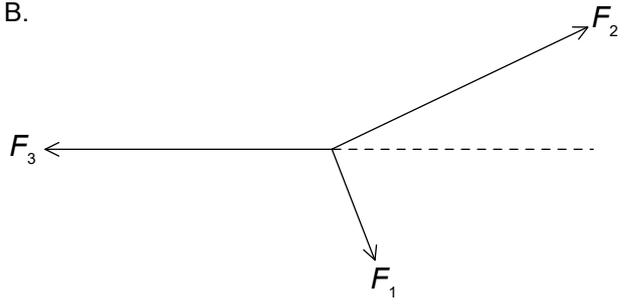
- A. $\frac{x}{4}$
- B. $\frac{x}{2}$
- C. $\frac{x}{\sqrt{2}}$
- D. $x\sqrt{2}$

7. Tres fuerzas actúan sobre un punto. ¿En qué diagrama está en equilibrio el punto?

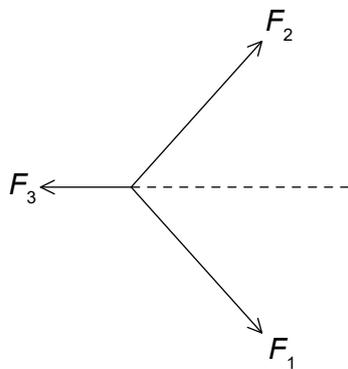
A.



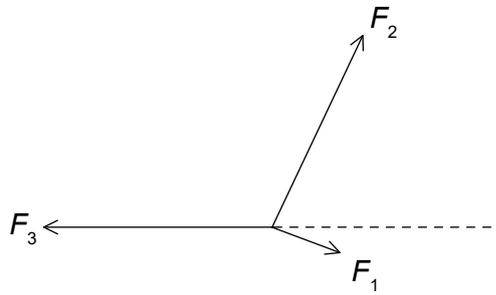
B.



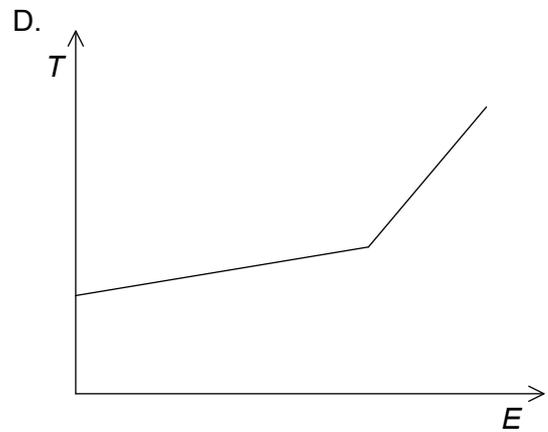
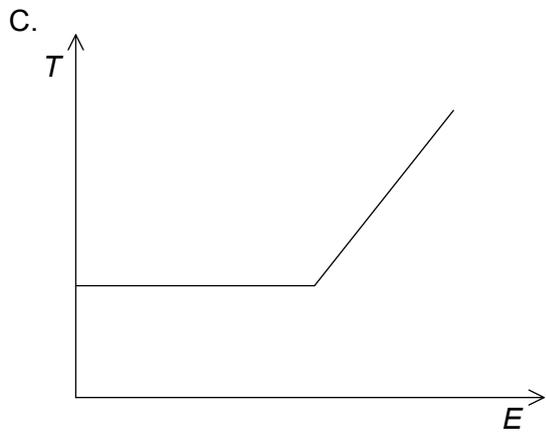
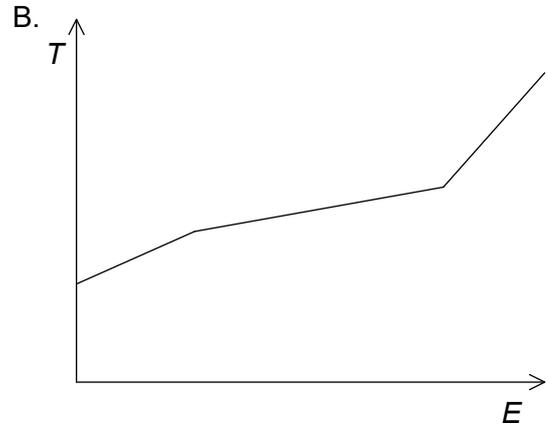
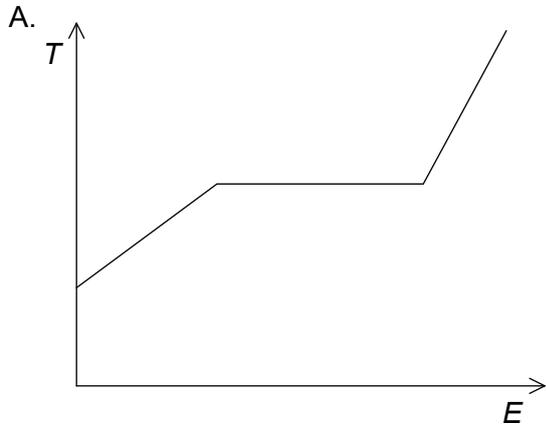
C.



D.



8. Una sustancia sólida acaba de alcanzar su punto de fusión. Se suministra energía térmica a la sustancia a ritmo constante. ¿Qué gráfico muestra la variación de la temperatura T de la sustancia con la energía E suministrada?



9. Un recipiente está lleno de una mezcla de helio y oxígeno a la misma temperatura. La masa molar del helio es de 4 g mol^{-1} y la del oxígeno de 32 g mol^{-1} .

¿Cuánto vale el cociente $\frac{\text{rapidez media de las moléculas de helio}}{\text{rapidez media de las moléculas de oxígeno}}$?

- A. $\frac{1}{8}$
- B. $\frac{1}{\sqrt{8}}$
- C. $\sqrt{8}$
- D. 8

10. Un recipiente X contiene 1,0 mol de un gas ideal. El recipiente Y contiene 2,0 mol del gas ideal. El recipiente Y tiene un volumen cuatro veces mayor que X. La presión en X es el doble que en Y.

¿Cuánto vale $\frac{\text{temperatura del gas en X}}{\text{temperatura del gas en Y}}$?

- A. $\frac{1}{4}$
- B. $\frac{1}{2}$
- C. 1
- D. 2
11. Una partícula que se mueve en una circunferencia completa 5 revoluciones en 3 s. ¿Cuál es la frecuencia?
- A. $\frac{3}{5}$ Hz
- B. $\frac{5}{3}$ Hz
- C. $\frac{3\pi}{5}$ Hz
- D. $\frac{5\pi}{3}$ Hz
12. Una onda longitudinal se mueve en un medio. Con respecto a la dirección de la transferencia de energía a través del medio, ¿cuáles son el desplazamiento del medio y la dirección de propagación de la onda?

	Desplazamiento del medio	Dirección de propagación de la onda
A.	paralelo	perpendicular
B.	paralelo	paralela
C.	perpendicular	paralela
D.	perpendicular	perpendicular

13. L es una fuente puntual de luz. La intensidad de la luz a una distancia $2x$ de L es I . ¿Cuál es la intensidad a una distancia $3x$ de L?

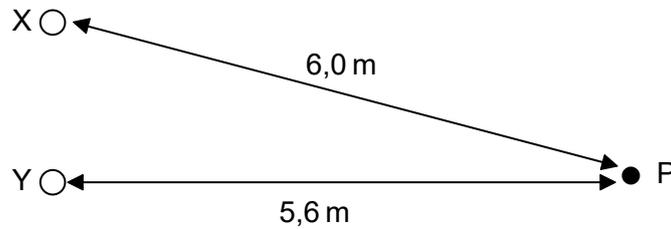
A. $\frac{4}{9}I$

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

C. $\frac{3}{2}I$

D. $\frac{9}{4}I$

14. X e Y son dos fuentes coherentes de ondas. La diferencia de fase entre X e Y es cero. La intensidad en P debida a X e Y por separado es I . La longitud de onda de cada onda es 0,20 m.



¿Cuál es la intensidad resultante en P?

A. 0

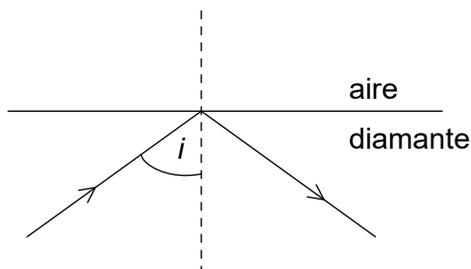
B. I

C. $2I$

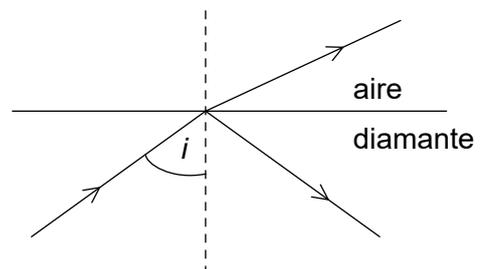
D. $4I$

15. La luz incide en la frontera entre aire y diamante. La velocidad de la luz en el diamante es menor que la velocidad de la luz en el aire. El ángulo de incidencia i de la luz es mayor que el ángulo crítico. ¿Qué diagrama es correcto en esta situación?

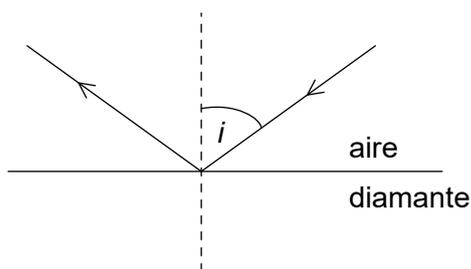
A.



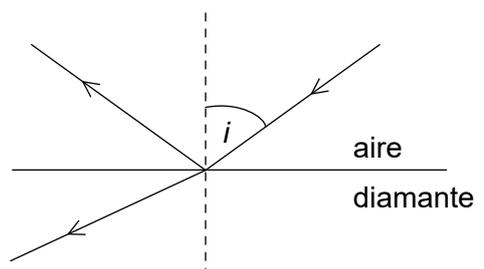
B.



C.



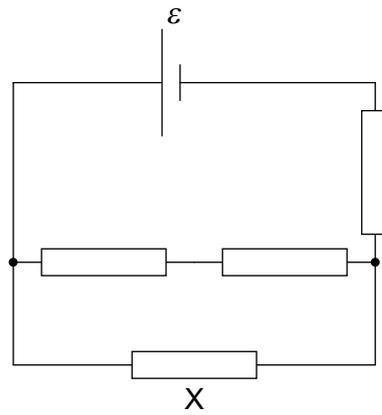
D.



16. Un cable de longitud L se utiliza en un calentador eléctrico. Cuando la diferencia de potencial a través del cable es de 200 V, la potencia disipada en el cable es de 1000 W. La misma diferencia de potencial se aplica a un segundo cable similar de longitud $2L$. ¿Cuál es la potencia disipada en el segundo cable?

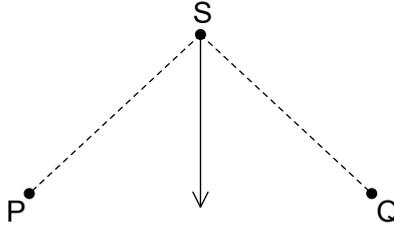
- A. 250 W
- B. 500 W
- C. 2000 W
- D. 4000 W

17. Un conjunto de cuatro resistores iguales cada uno de resistencia R se conectan a una fuente de f.e.m. ε de resistencia interna despreciable. ¿Cuál es la corriente en el resistor X?



- A. $\frac{\varepsilon}{5R}$
- B. $\frac{3\varepsilon}{10R}$
- C. $\frac{2\varepsilon}{5R}$
- D. $\frac{3\varepsilon}{5R}$

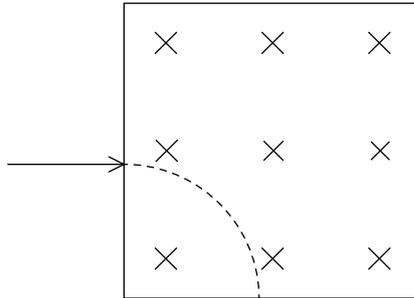
18. Dos cables paralelos P y Q son perpendiculares a la página y transportan corrientes iguales. El punto S está a la misma distancia de ambos cables. La flecha indica el campo magnético en S debido a P y Q.



¿Cuál es el sentido correcto de la corriente en P y de la corriente en Q?

	Sentido de la corriente en P	Sentido de la corriente en Q
A.	hacia la página	hacia afuera de la página
B.	hacia afuera de la página	hacia afuera de la página
C.	hacia la página	hacia la página
D.	hacia afuera de la página	hacia la página

19. Una partícula de masa m y carga de magnitud q entra en una región de campo magnético uniforme B que está dirigido hacia la página. La partícula sigue una trayectoria circular de radio R . ¿Cuáles son el signo de la carga de la partícula y la rapidez de la partícula?



	Carga de la partícula	Rapidez de la partícula
A.	positiva	$\frac{qBR}{m}$
B.	negativa	$\frac{qBR}{m}$
C.	negativa	$\sqrt{\frac{qBR}{m}}$
D.	positiva	$\sqrt{\frac{qBR}{m}}$

20. En el experimento de dispersión de Rutherford-Geiger-Marsden se observó que un pequeño porcentaje de partículas alfa se desviaban grandes ángulos.

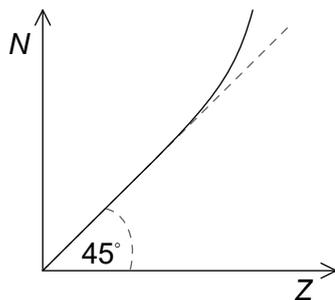
Tres características del átomo son:

- I. El núcleo está cargado positivamente.
- II. El núcleo contiene neutrones.
- III. El núcleo es mucho más pequeño que el átomo.

¿Qué características se pueden inferir de la observación?

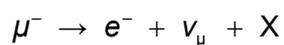
- A. Solo I y II
- B. Solo I y III
- C. Solo II y III
- D. I, II y III

21. El gráfico muestra la variación del número de neutrones N con el número atómico Z para núcleos estables. Se utiliza la misma escala en los ejes N y Z .



¿Qué información se puede inferir del gráfico?

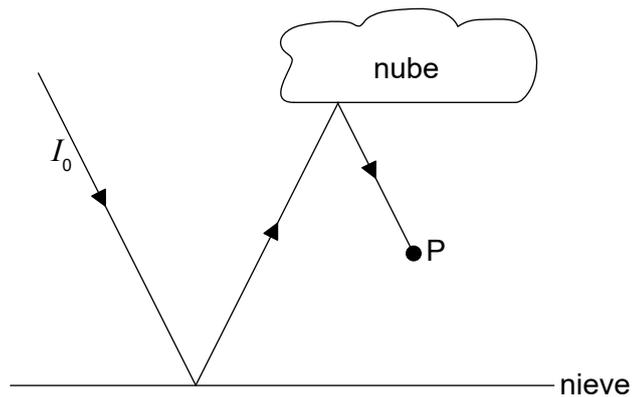
- I. Para núcleos estables con Z alto, N es mayor que Z .
 - II. Para núcleos estables con Z pequeño, $N = Z$.
 - III. Todos los núcleos estables tienen más neutrones que protones.
- A. Solo I y II
 - B. Solo I y III
 - C. Solo II y III
 - D. I, II y III
22. Se observa la siguiente desintegración:



¿Cuál es la partícula X ?

- A. γ
- B. $\bar{\nu}_e$
- C. Z^0
- D. ν_e

23. ¿Cuál es la función de las barras de control en una central nuclear?
- A. Ralentizar los neutrones
 - B. Regular el suministro de combustible
 - C. Intercambiar la energía térmica
 - D. Regular el ritmo de la reacción
24. Un panel fotovoltaico de área S tiene un rendimiento del 20%. Un segundo panel fotovoltaico tiene un rendimiento del 15%. ¿Cuál será el área del segundo panel si ambos paneles generan la misma potencia bajo las mismas condiciones?
- A. $\frac{S}{3}$
 - B. $\frac{3S}{4}$
 - C. $\frac{5S}{4}$
 - D. $\frac{4S}{3}$
25. Luz de intensidad I_0 incide sobre una zona de la Tierra cubierta de nieve. En un modelo de esta situación, el albedo de la nube es 0,30 y el albedo de la superficie nevada es 0,80. ¿Cuál es la intensidad de la luz en P debida al rayo incidente I_0 ?

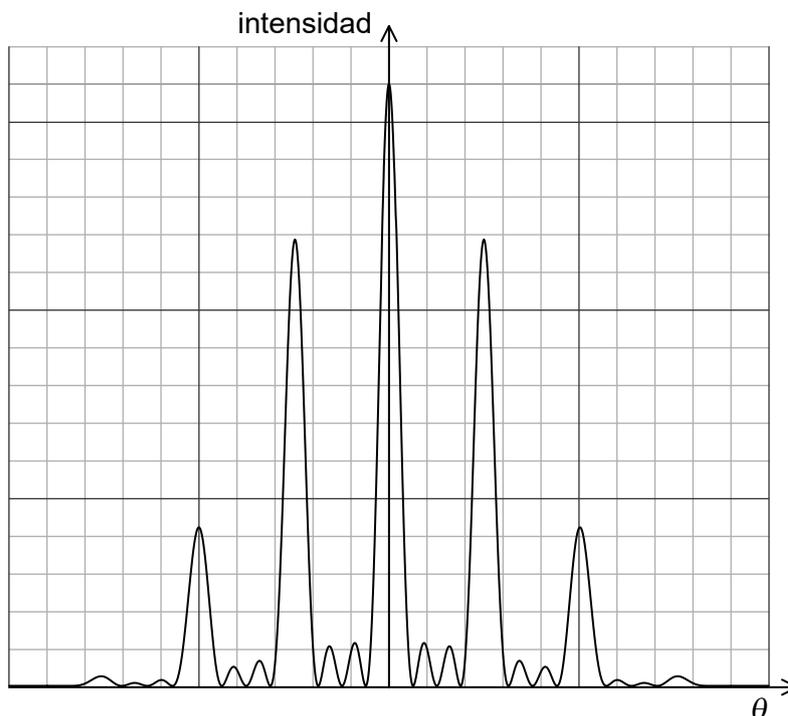


- A. $0,14 I_0$
- B. $0,24 I_0$
- C. $0,50 I_0$
- D. $0,55 I_0$

26. Un objeto experimenta un movimiento armónico simple (MAS) de periodo T y energía total E . La amplitud de las oscilaciones se reduce a la mitad. ¿Cuáles son el nuevo periodo y la nueva energía total del sistema?

	Periodo	Energía total
A.	$\frac{T}{2}$	$\frac{E}{4}$
B.	$\frac{T}{2}$	$\frac{E}{2}$
C.	T	$\frac{E}{4}$
D.	T	$\frac{E}{2}$

27. El gráfico muestra la variación con el ángulo de difracción de la intensidad de la luz cuando luz monocromática incide sobre cuatro rendijas.



Se aumenta el número de rendijas manteniendo sin cambios tanto la anchura de las rendijas como su separación.

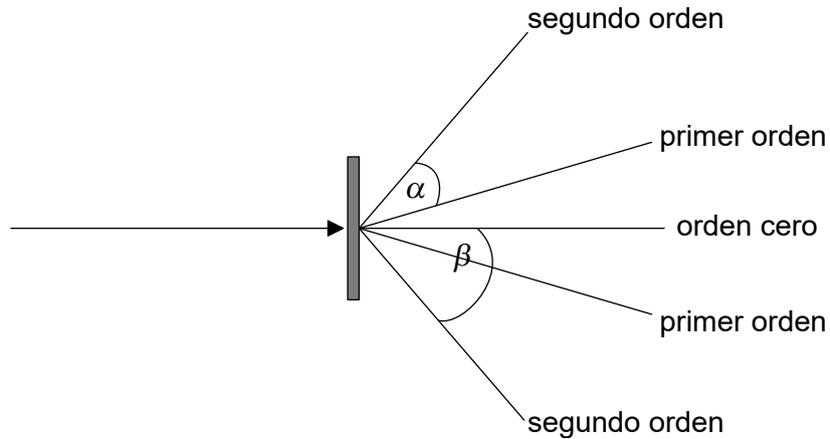
Tres posibles cambios en el patrón son:

- I. La separación entre los máximos primarios aumenta.
- II. La intensidad de los máximos primarios aumenta.
- III. La anchura de los máximos primarios disminuye.

¿Cuáles de los posibles cambios son correctos?

- A. Solo I y II
- B. Solo I y III
- C. Solo II y III
- D. I, II y III

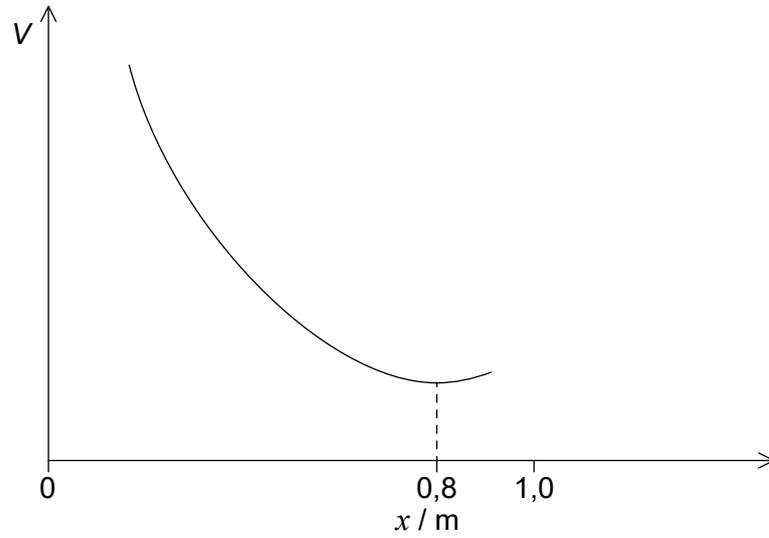
28. Un haz de luz monocromático incide perpendicularmente sobre una red de difracción. El espaciado de red es d . Los ángulos entre los diferentes órdenes se muestran en el diagrama.



¿Cuál es la expresión para la longitud de onda de la luz utilizada?

- A. $\frac{d \operatorname{sen} \alpha}{2}$
 - B. $\frac{d \operatorname{sen} \beta}{2}$
 - C. $d \operatorname{sen} \alpha$
 - D. $d \operatorname{sen} \beta$
29. La sirena de una ambulancia emite un sonido de frecuencia 1200 Hz. La rapidez del sonido en el aire es de 330 ms^{-1} . La ambulancia se mueve hacia un observador estacionario con una rapidez constante de 40 ms^{-1} . ¿Cuál es la frecuencia oída por el observador?
- A. $\frac{1200 \times 330}{370} \text{ Hz}$
 - B. $\frac{1200 \times 290}{330} \text{ Hz}$
 - C. $\frac{1200 \times 370}{330} \text{ Hz}$
 - D. $\frac{1200 \times 330}{290} \text{ Hz}$

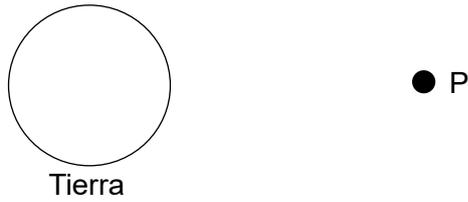
30. Dos cargas puntuales Q_1 y Q_2 están separadas un metro. El gráfico muestra la variación del potencial eléctrico V con la distancia x desde Q_1 .



¿Cuánto es $\frac{Q_1}{Q_2}$?

- A. $\frac{1}{16}$
- B. $\frac{1}{4}$
- C. 4
- D. 16

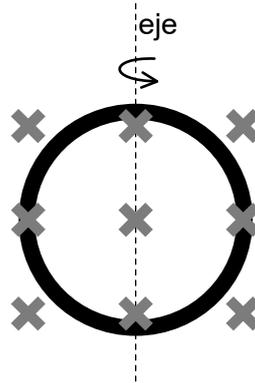
31. El potencial gravitatorio en el punto P debido a la Tierra es V.



¿Cuál es la definición de potencial gravitatorio en P?

- A. Trabajo efectuado por unidad de masa para mover una masa puntual desde el infinito hasta P
 - B. Trabajo efectuado por unidad de masa para mover una masa puntual desde P hasta el infinito
 - C. Trabajo efectuado para mover una masa puntual desde el infinito hasta P
 - D. Trabajo efectuado para mover una masa puntual desde P hasta el infinito
32. La velocidad de escape de la Tierra es v_{esc} . El planeta X tiene una densidad mitad de la densidad de la Tierra y un radio doble. ¿Cuál es la velocidad de escape para el planeta X?
- A. $\frac{v_{\text{esc}}}{2}$
 - B. $\frac{v_{\text{esc}}}{\sqrt{2}}$
 - C. v_{esc}
 - D. $\sqrt{2}v_{\text{esc}}$

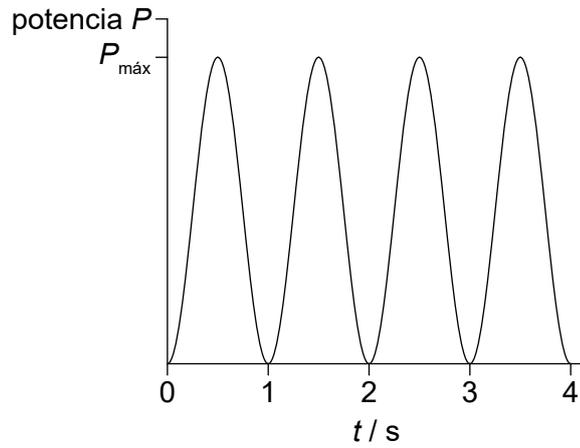
33. Un anillo de área S está en un campo magnético uniforme X . Inicialmente, el campo magnético es perpendicular al plano del anillo. Se gira el anillo 180° alrededor del eje en un tiempo T .



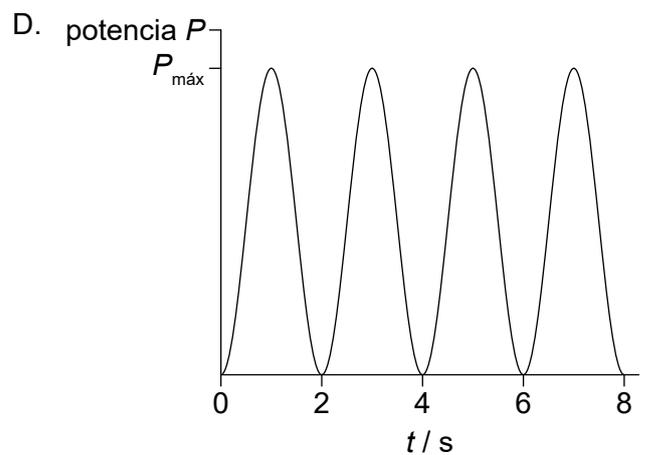
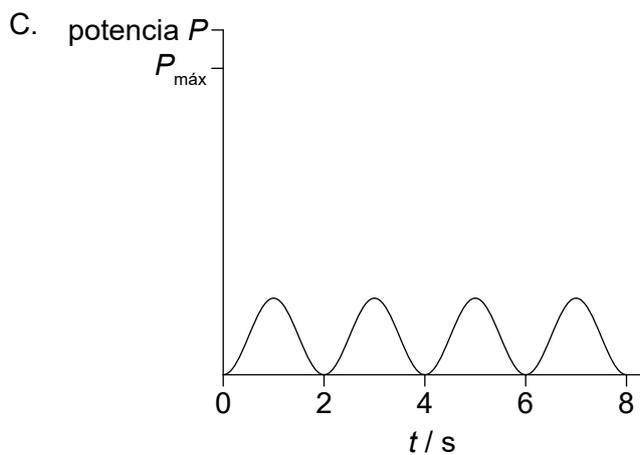
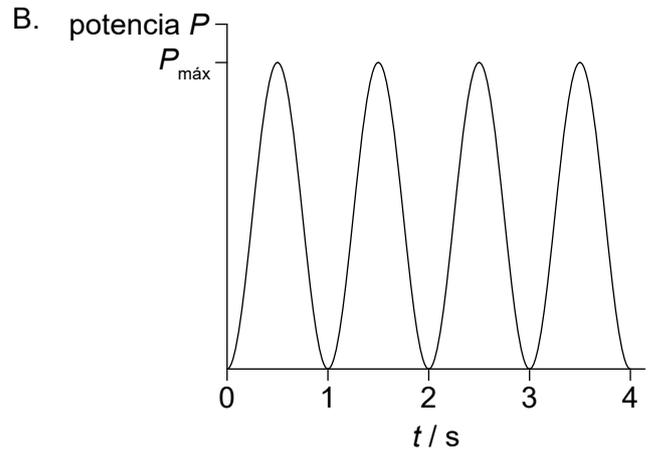
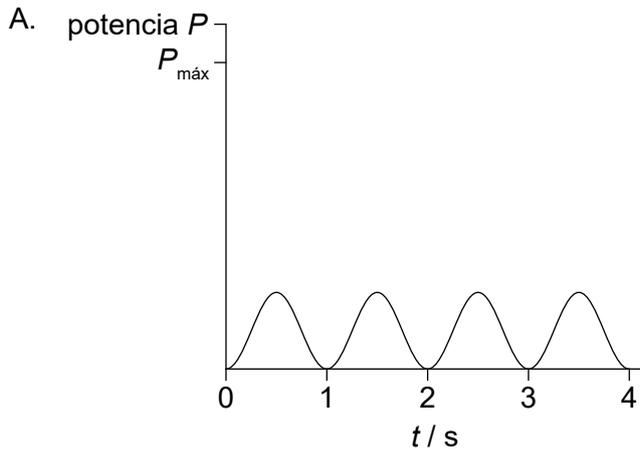
¿Cuál es la f.e.m. media inducida en el anillo?

- A. 0
- B. $\frac{XS}{2T}$
- C. $\frac{XS}{T}$
- D. $\frac{2XS}{T}$

34. El gráfico muestra la variación con el tiempo del pico de potencia de salida P de un generador de corriente alterna (ca).



¿Qué gráfico muestra la variación del pico de potencia de salida con el tiempo, cuando la frecuencia de giro disminuye?

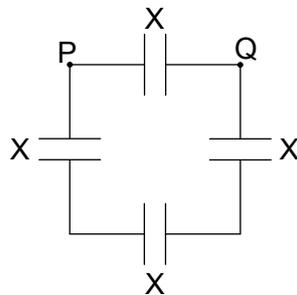


35. Una corriente de $1,0 \times 10^{-3}$ A circula en la bobina primaria de un transformador elevador. El número de vueltas en la bobina primaria es N_p y el número de vueltas en la bobina secundaria es N_s . Una bobina tiene 1000 veces más vueltas que la otra bobina.

¿Cuál es $\frac{N_p}{N_s}$ y cuál es la corriente en la bobina secundaria de este transformador?

	$\frac{N_p}{N_s}$	Corriente en la bobina secundaria / A
A.	$\frac{1}{1000}$	$1,0 \times 10^{-6}$
B.	1000	1,0
C.	$\frac{1}{1000}$	1,0
D.	1000	$1,0 \times 10^{-6}$

36. Cuatro capacitores idénticos de capacitancia X están conectados tal y como se muestra en el diagrama.

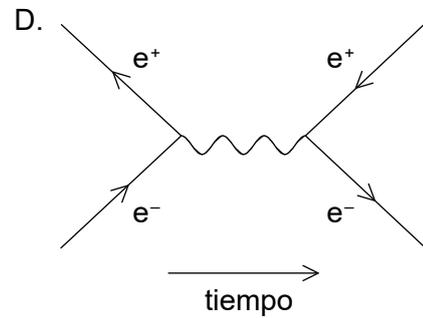
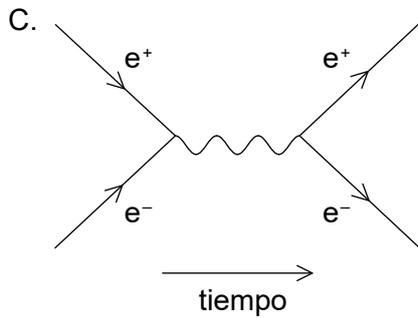
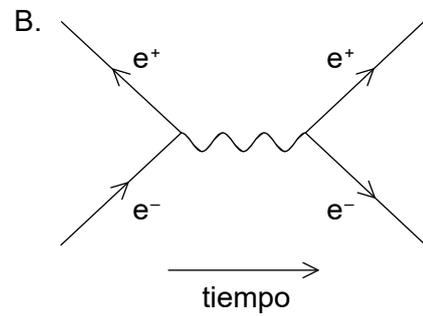
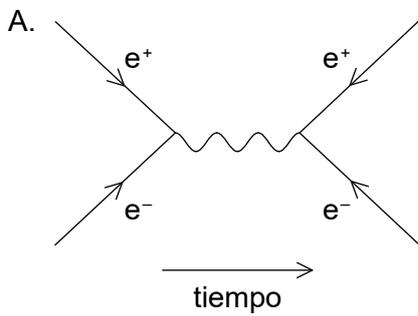


¿Cuál es la capacitancia equivalente entre P y Q?

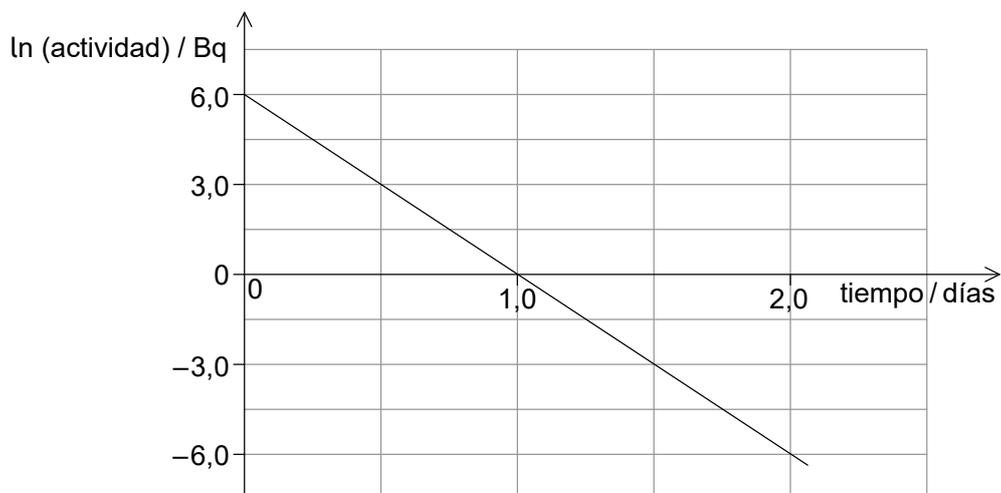
- A. $\frac{X}{3}$
 B. X
 C. $\frac{4X}{3}$
 D. 4X

37. Cuando luz verde incide sobre una placa de cinc limpia no se emiten fotoelectrones. ¿Qué cambio puede provocar la emisión de fotoelectrones?
- A. Utilizar una placa metálica con una función de trabajo mayor
 - B. Cambiar el ángulo de incidencia de la luz verde sobre la placa de cinc
 - C. Utilizar una radiación de longitud de onda más corta
 - D. Aumentar la intensidad de la luz verde

38. ¿Cuál es el diagrama de Feynman correcto para la aniquilación de pares y para la producción de pares?



39. La gráfica muestra la variación del logaritmo natural de la actividad, $\ln(\text{actividad})$, frente al tiempo para un núcleo radiactivo.



¿Cuál es la constante de desintegración, en día^{-1} , del núcleo radiactivo?

- A. $\frac{1}{6}$
 - B. $\frac{1}{3}$
 - C. 3
 - D. 6
40. Se sabe que cierto núcleo radiactivo tiene una semivida muy larga.

Tres cantidades conocidas de una muestra pura del núcleo son:

- I. La actividad del núcleo
- II. El número de átomos del núcleo
- III. El número másico del núcleo

¿Qué cantidades se necesitan para determinar la semivida del núcleo?

- A. Solo I y II
 - B. Solo I y III
 - C. Solo II y III
 - D. I, II y III
-

Markscheme

November 2018

Physics

Higher level

Paper 1

- | | | | | | | | |
|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|
| 1. | <u>D</u> | 16. | <u>B</u> | 31. | <u>A</u> | 46. | <u>-</u> |
| 2. | <u>C</u> | 17. | <u>C</u> | 32. | <u>D</u> | 47. | <u>-</u> |
| 3. | <u>A</u> | 18. | <u>A</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>A</u> | 20. | <u>B</u> | 35. | <u>A</u> | 50. | <u>-</u> |
| 6. | <u>B</u> | 21. | <u>A</u> | 36. | <u>C</u> | 51. | <u>-</u> |
| 7. | <u>B</u> | 22. | <u>B</u> | 37. | <u>C</u> | 52. | <u>-</u> |
| 8. | <u>C</u> | 23. | <u>D</u> | 38. | <u>D</u> | 53. | <u>-</u> |
| 9. | <u>C</u> | 24. | <u>D</u> | 39. | <u>D</u> | 54. | <u>-</u> |
| 10. | <u>C</u> | 25. | <u>B</u> | 40. | <u>A</u> | 55. | <u>-</u> |
| 11. | <u>B</u> | 26. | <u>C</u> | 41. | <u>-</u> | 56. | <u>-</u> |
| 12. | <u>B</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>D</u> | 44. | <u>-</u> | 59. | <u>-</u> |
| 15. | <u>A</u> | 30. | <u>D</u> | 45. | <u>-</u> | 60. | <u>-</u> |

Física
Nivel superior
Prueba 2

Martes 30 de octubre de 2018 (tarde)

Número de convocatoria del alumno

2 horas 15 minutos

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

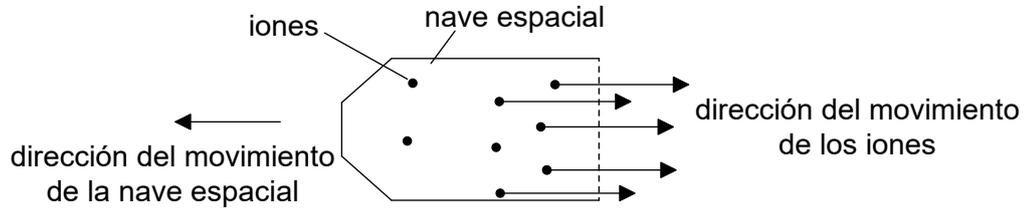
Instrucciones para los alumnos

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas a tal efecto.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[95 puntos]**.



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

1. Los motores iónicos pueden impulsar naves espaciales. En este tipo de motor, los iones se producen en una cámara y son expulsados afuera de la nave espacial. La nave espacial se encuentra en el espacio exterior cuando el sistema de propulsión se enciende. La nave espacial parte del reposo.



La masa de los iones eyectados cada segundo es de $6,6 \times 10^{-6}$ kg y la rapidez de cada ión es de $5,2 \times 10^4$ m s⁻¹. La masa total inicial de la nave espacial y de su combustible es de 740 kg. Suponga que los iones se alejan de la nave espacial paralelamente a su dirección de movimiento.

- (a) Determine la aceleración inicial de la nave espacial.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

(b) Para viajar a cierto planeta, la nave espacial dispone de una masa inicial de combustible de 60 kg. La mitad del combustible se necesita para reducir la velocidad de la nave espacial antes de su llegada al planeta.

(i) Estime la máxima rapidez de la nave espacial. [2]

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

(ii) Resuma por qué la respuesta a (b)(i) es una estimación. [1]

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

(iii) Resuma por qué los científicos usan a veces estimaciones en los cálculos que hacen. [1]

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

(Esta pregunta continúa en la página 5)



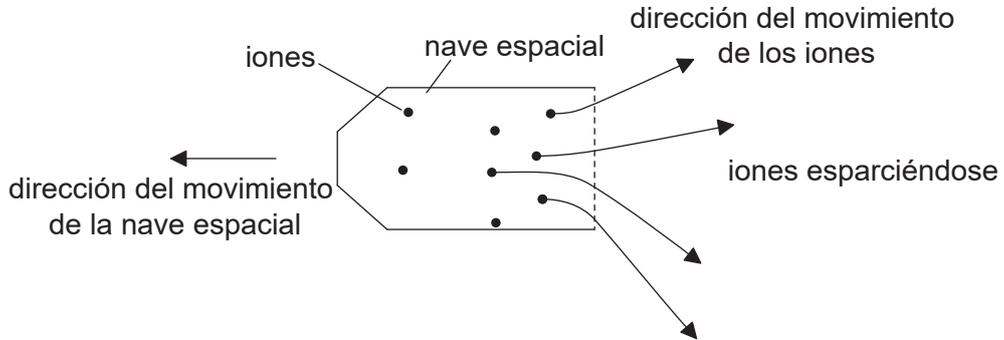
No escriba en esta página.

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



(Pregunta 1: continuación)

- (c) En la práctica, los iones abandonan la nave espacial con un rango de ángulos, como muestra la figura.



- (i) Resuma por qué es probable que los iones se esparzan. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Explique qué efecto (si lo hay) tiene este esparcimiento de los iones sobre la aceleración de la nave espacial. [2]

.....

.....

.....

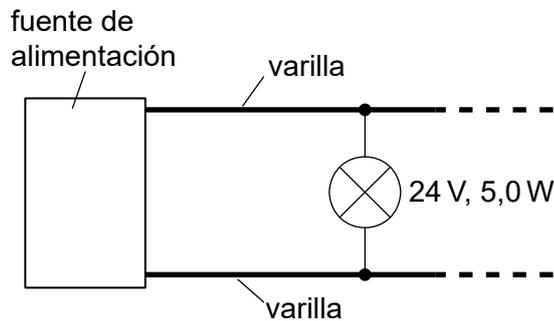
.....

.....

.....



2. Un sistema de iluminación consta de dos largas varillas de metal entre las que se mantiene una diferencia de potencial. Se pueden conectar lámparas idénticas entre las varillas, según sea necesario.



Se dispone de los siguientes datos de las lámparas a su temperatura de trabajo:

Características de la lámpara	24 V, 5,0 W
F.e.m. cuadrática media (rms) de la fuente de alimentación	24 V
Corriente rms máxima de la fuente de alimentación	8,0 A
Longitud de cada varilla	12,5 m
Resistividad del metal de la varilla	$7,2 \times 10^{-7} \Omega \text{ m}$

- (a) Cada varilla debe tener una resistencia no mayor que $0,10 \Omega$. Calcule, en m, el radio mínimo de cada varilla. Indique su respuesta con el número apropiado de cifras significativas.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Calcule el número máximo de lámparas que pueden conectarse entre las varillas. Desprecie la resistencia de las varillas.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

- (c) Una ventaja de este sistema es que si una lámpara se funde las restantes lámparas en el circuito permanecen encendidas. Resuma **otra** ventaja eléctrica de este sistema en comparación con el de lámparas conectadas en serie. [1]

.....

.....

.....

- (d) Se utiliza un transformador reductor para transferir energía a las dos varillas. La bobina primaria de ese transformador está conectada a una fuente de alimentación alterna que tiene una f.e.m. de valor cuadrático medio (rms) 240 V. El transformador tiene un rendimiento del 95 %.

- (i) Resuma cómo las corrientes de Foucault disminuyen el rendimiento del transformador. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Determine el pico de corriente en la bobina primaria cuando se opera con el máximo número de lámparas. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



3. (a) Defina *impulso*. [1]

.....
.....

(b) Un huevo de gallina, de masa 58 g, se deja caer sobre la hierba desde una altura de 1,1 m. Suponga que la resistencia del aire es despreciable y que el huevo no rebota, ni se rompe.

(i) Muestre que la energía cinética del huevo justo antes del impacto es aproximadamente de 0,6 J. [1]

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

(ii) El huevo llega al reposo al cabo de 55 ms. Determine la magnitud de la fuerza media de deceleración que ejerce el suelo sobre el huevo. [4]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

(iii) Explique por qué es probable que el huevo se rompa cuando cae sobre hormigón desde la misma altura.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

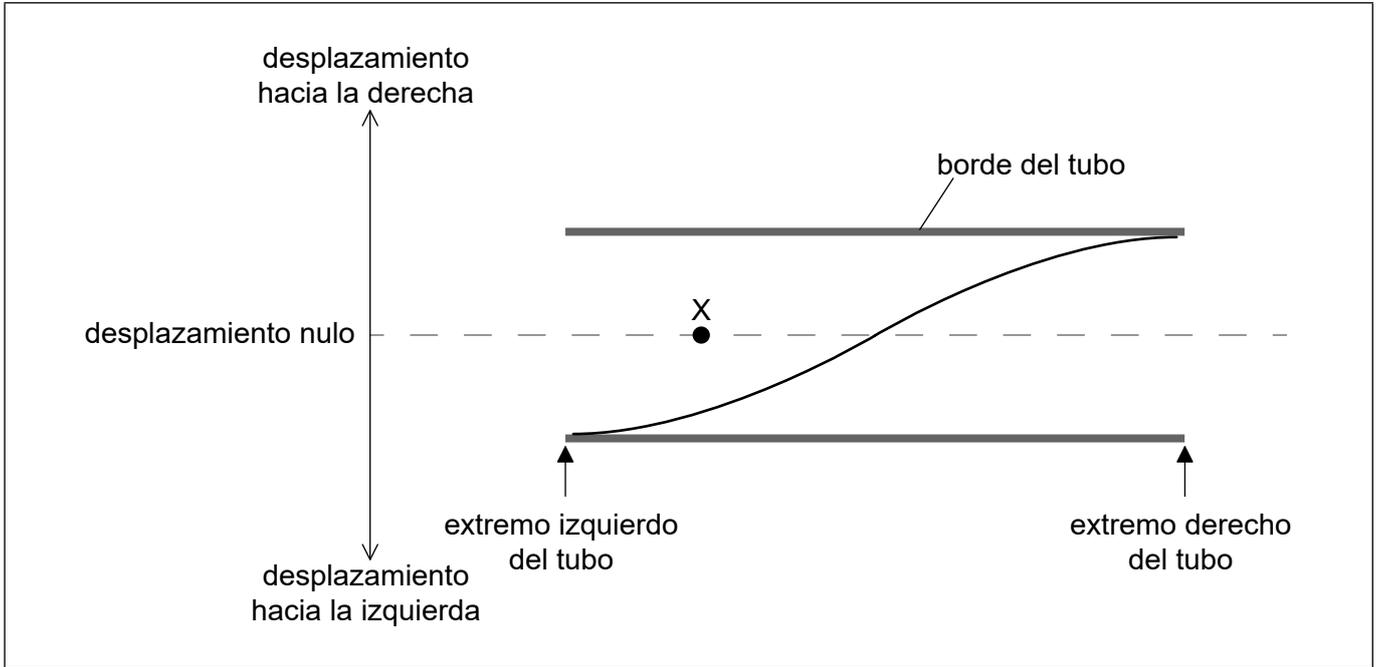
.....



24EP09

Véase al dorso

4. Un tubo está abierto por sus dos extremos. Se establece en el tubo el primer armónico de una onda estacionaria. El diagrama muestra la variación del desplazamiento de las moléculas de aire en el tubo con la distancia a lo largo del tubo, en $t=0$. La frecuencia del primer armónico es f .



- (a) (i) Dibuje aproximadamente sobre el diagrama la variación del desplazamiento de las moléculas de aire con la distancia a lo largo del tubo, en el instante $t = \frac{3}{4f}$. [1]
- (ii) Una molécula de aire está situada en el punto X del tubo en $t=0$. Describa el movimiento de esta molécula de aire durante un ciclo completo de la onda estacionaria, comenzando desde $t=0$. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

(b) La velocidad del sonido c para ondas longitudinales en el aire viene dada por

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

donde ρ es la densidad del aire y K una constante.

Un alumno mide f como 120 Hz cuando la longitud del tubo es de 1,4 m. La densidad del aire en el tubo es $1,3 \text{ kg m}^{-3}$. Determine el valor de K para el aire. Indique su respuesta con la unidad fundamental apropiada del SI.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

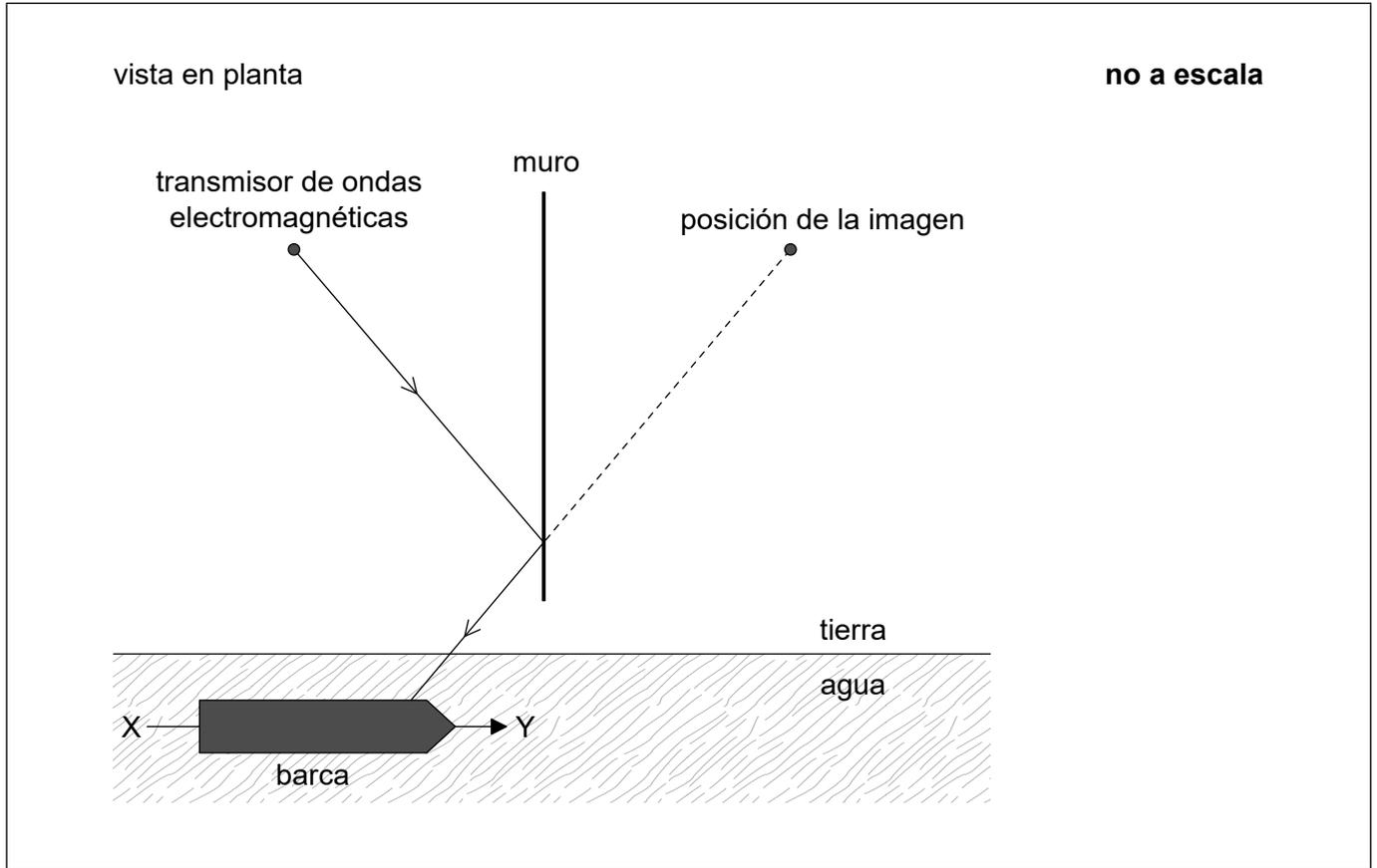


24EP11

Véase al dorso

(Pregunta 4: continuación)

- (c) Un transmisor de ondas electromagnéticas está próximo a una largo muro vertical rectilíneo que actúa como un espejo plano para las ondas. Un observador situado en un barco detecta tanto las ondas directas como las procedentes de una imagen situada al otro lado del muro. El diagrama muestra un rayo del transmisor reflejado en el muro y la posición de la imagen.



- (i) Utilizando un segundo rayo, demuestre que la imagen parece proceder de la posición indicada. [1]
- (ii) Resuma por qué el observador detecta una serie de aumentos y disminuciones en la intensidad de la señal recibida, a medida que el barco se mueve a lo largo de la línea XY. [2]

.....

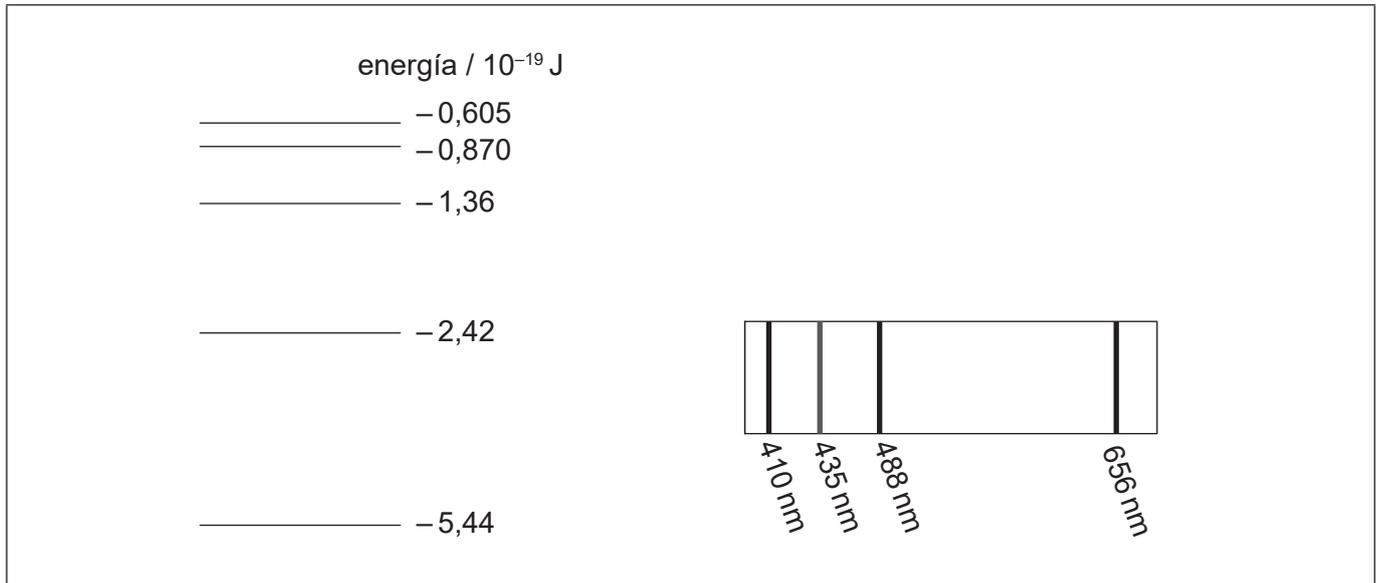
.....

.....

.....



5. (a) El diagrama muestra la posición de las líneas principales en el espectro visible del hidrógeno atómico y algunos de los niveles de energía correspondientes del átomo de hidrógeno.



- (i) Determine la energía de un fotón de luz azul (435 nm) emitido en el espectro de hidrógeno. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Identifique en el diagrama, con una flecha rotulada como B, la transición en el espectro del hidrógeno que da lugar al fotón con la energía de (a)(i). [1]
- (iii) Explique su respuesta a (a)(ii). [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

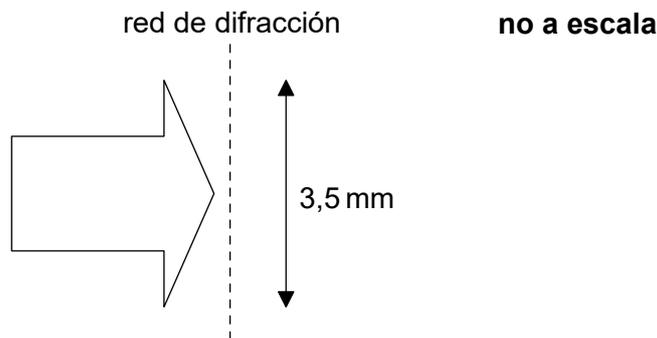


(Pregunta 5: continuación)

- (b) Una lámpara de descarga de hidrógeno de baja presión contiene una pequeña cantidad de gas deuterio, además de hidrógeno gaseoso. El espectro del deuterio contiene una línea roja con una longitud de onda muy cercana a la de la línea roja del hidrógeno. Las longitudes de onda de las líneas principales de los espectros visibles del deuterio y del hidrógeno se dan en la siguiente tabla.

	Longitud de onda del hidrógeno / nm	Longitud de onda del deuterio / nm
Línea roja	656,288	656,107
Línea violeta	410,180	410,048

La luz procedente de la lámpara de descarga incide perpendicularmente sobre una red de difracción.



- (i) La luz ilumina la red en una anchura de 3,5 mm. Las líneas rojas del deuterio y del hidrógeno pueden resolverse justamente en el espectro de segundo orden de la red de difracción. Muestre que el espaciado de red de la red de difracción es de aproximadamente 2×10^{-6} m.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

- (ii) Calcule el ángulo entre la línea de primer orden de la luz roja en el espectro del hidrógeno y la línea de segundo orden de la luz violeta en el espectro del hidrógeno. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) Se cambia la fuente luminosa, de modo que la luz que incide sobre la red de difracción sea luz blanca. Resuma qué apariencia tendrá el patrón de difracción formado con luz blanca. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



6. (a) (i) Indique cómo varía la densidad del núcleo con el número de nucleones en el núcleo. [1]

.....

- (ii) Muestre que el radio nuclear del fósforo-31 ($^{31}_{15}\text{P}$) es de aproximadamente 4 fm. [1]

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

- (b) El $^{32}_{15}\text{P}$ se forma cuando un núcleo de deuterio (^2_1H) colisiona con un núcleo de $^{31}_{15}\text{P}$. El radio de un núcleo de deuterio es de 1,5 fm.

- (i) Indique la distancia máxima entre los centros de los núcleos para la cual es probable que ocurra la producción de $^{32}_{15}\text{P}$. [1]

.....

- (ii) Determine, en J, la energía cinética inicial mínima que debe tener el núcleo de deuterio para producir $^{32}_{15}\text{P}$. Suponga que el núcleo de fósforo permanece estacionario a lo largo de la interacción y que solo actúan fuerzas electrostáticas. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 6: continuación)

- (c) El $^{32}_{15}\text{P}$ experimenta desintegración beta menos (β^-). Explique por qué la energía adquirida por las partículas beta emitidas en esta desintegración no es la misma para cada partícula beta. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) (i) Indique qué se entiende por constante de desintegración. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) En una muestra pura y reciente de $^{32}_{15}\text{P}$ la actividad es de 24 Bq. Después de una semana la actividad ha cambiado a 17 Bq. Calcule, en s^{-1} , la constante de desintegración del $^{32}_{15}\text{P}$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

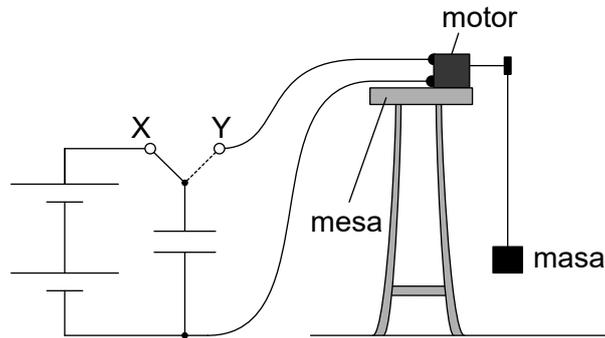
.....

.....

.....



7. En un experimento escolar se utiliza un pequeño motor eléctrico junto con un capacitor de 12 mF y una batería.



Cuando el conmutador se conecta en X, el capacitor se carga usando la batería. Cuando el conmutador se conecta en Y, el capacitor se descarga totalmente a través del motor eléctrico, que eleva una pequeña masa.

- (a) La batería tiene una f.e.m. de 7,5 V. Determine la carga que fluye a través del motor cuando se eleva la masa. [1]

.....

.....

.....

.....

- (b) El motor puede transformar una tercera parte de la energía eléctrica almacenada en el capacitor en energía potencial gravitatoria de la masa. Determine la altura máxima a la que puede elevarse una masa de 45 g. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 7: continuación)

- (c) Otro capacitor idéntico se conecta en serie con el primer capacitor y se repiten los procesos de carga y descarga. Comente el efecto que tiene este cambio en la altura y el tiempo que ha llevado elevar la masa de 45 g. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. Se tiene el propósito de situar un satélite en órbita alrededor del planeta Marte.

- (a) (i) Resuma qué se entiende por intensidad del campo gravitatorio en un punto. [2]

.....

.....

.....

- (ii) La ley de la gravitación de Newton se aplica a masas puntuales. Sugiera por qué la ley puede aplicarse a un satélite en órbita alrededor de Marte. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 8: continuación)

- (b) El periodo orbital T del satélite debe ser igual que la duración de un día en Marte. Puede demostrarse que

$$T^2 = kR^3$$

donde R es el radio orbital del satélite y k es una constante.

- (i) Marte tiene una masa de $6,4 \times 10^{23}$ kg. Muestre que, para Marte, k vale aproximadamente $9 \times 10^{-13} \text{ s}^2 \text{ m}^{-3}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) El tiempo que tarda Marte en dar una vuelta completa alrededor de su eje es de $8,9 \times 10^4$ s. Calcule, en m s^{-1} , la rapidez orbital del satélite.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 8: continuación)

(c) El cociente $\frac{\text{distancia de Marte al Sol}}{\text{distancia de la Tierra al Sol}} = 1,5$.

(i) Muestre que la intensidad de la radiación solar en la órbita de Marte es aproximadamente de 600 W m^{-2} . [2]

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

(ii) Determine, en K, la temperatura superficial media de Marte. Suponga que Marte actúa como un cuerpo negro. [2]

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

(iii) La atmósfera de Marte está compuesta fundamentalmente por dióxido de carbono y su presión es inferior al 1% de la que hay en la Tierra. Resuma por qué la temperatura media de la Tierra está fuertemente afectada por los gases de su atmósfera pero la de Marte no. [3]

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



9. En un tanque aislante se almacena oxígeno líquido a su temperatura de ebullición. Cuando se necesita oxígeno gaseoso, se produce desde el tanque utilizando un calentador eléctrico situado en el líquido.

Se dispone de los siguientes datos:

$$\begin{aligned} \text{Masa de 1,0 mol de oxígeno} &= 32 \text{ g} \\ \text{Calor latente específico de vaporización del oxígeno} &= 2,1 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1} \end{aligned}$$

- (a) Distinga entre la energía interna del oxígeno en su punto de ebullición cuando está en fase líquida y cuando está en fase gaseosa. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Se necesita un flujo de oxígeno de $0,25 \text{ mol s}^{-1}$.
- (i) Calcule, en kW, la potencia calorífica requerida. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calcule el volumen de oxígeno producido en un segundo cuando se le permite expandirse hasta una presión de $0,11 \text{ MPa}$ y alcanzar una temperatura de $-13 \text{ }^\circ\text{C}$. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 9: continuación)

(c) Indique **una** hipótesis del modelo cinético de un gas ideal que no se aplique al oxígeno.

[1]

.....

.....



No escriba en esta página.

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



24EP24



Markscheme

November 2018

Physics

Higher level

Paper 2

18 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.

Question			Answers	Notes	Total
1.	a		change in momentum each second = $6.6 \times 10^{-6} \times 5.2 \times 10^4$ « = $3.4 \times 10^{-1} \text{ kg m s}^{-1}$ » ✓ acceleration = « $\frac{3.4 \times 10^{-1}}{740} =$ » $4.6 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-2}$ » ✓		2
1.	b	i	<p>ALTERNATIVE 1: (considering the acceleration of the spacecraft)</p> time for acceleration = $\frac{30}{6.6 \times 10^{-6}} =$ « 4.6×10^6 » « s » ✓ max speed = « answer to (a) $\times 4.6 \times 10^6 =$ » $2.1 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$ » ✓		2
			<p>ALTERNATIVE 2: (considering the conservation of momentum)</p> (momentum of 30 kg of fuel ions = change of momentum of spacecraft) $30 \times 5.2 \times 10^4 = 710 \times \text{max speed}$ ✓ max speed = $2.2 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$ » ✓		
1.	b	ii	as fuel is consumed total mass changes/decreases so acceleration changes/increases OR external forces (such as gravitational) can act on the spacecraft so acceleration isn't constant ✓		1

(continued...)

(Question 1 continued)

Question			Answers	Notes	Total
1.	b	iii	problem may be too complicated for exact treatment ✓ to make equations/calculations simpler ✓ when precision of the calculations is not important ✓ some quantities in the problem may not be known exactly ✓		1 max
1.	c	i	ions have same (sign of) charge ✓ ions repel each other ✓		2
1.	c	ii	the forces between the ions do not affect the force on the spacecraft. ✓ there is no effect on the acceleration of the spacecraft. ✓		2

Question		Answers	Notes	Total
2.	a	<p>ALTERNATIVE 1:</p> $r = \sqrt{\frac{\rho l}{\pi R}} \quad \text{OR} \quad \sqrt{\frac{7.2 \times 10^{-7} \times 12.5}{\pi \times 0.1}} \quad \checkmark$ $r = 5.352 \times 10^{-3} \quad \checkmark$ $5.4 \times 10^{-3} \text{ «m»} \quad \checkmark$ <p>ALTERNATIVE 2:</p> $A = \frac{7.2 \times 10^{-7} \times 12.5}{0.1} \quad \checkmark$ $r = 5.352 \times 10^{-3} \quad \checkmark$ $5.4 \times 10^{-3} \text{ «m»} \quad \checkmark$	<p><i>For MP2 accept any SF</i></p> <p><i>For MP3 accept only 2 SF</i></p> <p><i>For MP3 accept ANY answer given to 2 SF</i></p>	3
2.	b	<p>current in lamp = $\frac{5}{24}$ «= 0.21» «A»</p> <p>OR</p> $n = 24 \times \frac{8}{5} \quad \checkmark$ <p>so «38.4 and therefore» 38 lamps \checkmark</p>	<p><i>Do not award ECF from MP1</i></p>	2

(continued...)

(Question 2 continued)

Question		Answers	Notes	Total
2.	c	<p>when adding more lamps in parallel the brightness stays the same ✓</p> <p>when adding more lamps in parallel the pd across each remains the same/at the operating value/24 V ✓</p> <p>when adding more lamps in parallel the current through each remains the same ✓</p> <p>lamps can be controlled independently ✓</p> <p>the pd across each bulb is larger in parallel ✓</p> <p>the current in each bulb is greater in parallel ✓</p> <p>lamps will be brighter in parallel than in series ✓</p> <p>In parallel the pd across the lamps will be the operating value/24 V ✓</p>	<p><i>Accept converse arguments for adding lamps in series:</i></p> <p><i>when adding more lamps in series the brightness decreases</i></p> <p><i>when adding more lamps in series the pd decreases</i></p> <p><i>when adding more lamps in series the current decreases</i></p> <p><i>lamps can't be controlled independently</i></p> <p><i>the pd across each bulb is smaller in series</i></p> <p><i>the current in each bulb is smaller in series</i></p> <p><i>in series the pd across the lamps will less than the operating value/24 V</i></p> <p><i>Do not accept statements that only compare the overall resistance of the combination of bulbs.</i></p>	1 max

(continued...)

(Question 2 continued)

Question			Answers	Notes	Total
2.	d	i	<p>«as flux linkage change occurs in core, induced emfs appear so» <u>current</u> is <u>induced</u> ✓</p> <p>induced currents give rise to resistive forces ✓</p> <p>eddy currents cause thermal energy losses «in conducting core» ✓</p> <p>power dissipated by eddy currents is drawn from the primary coil/reduces power delivered to the secondary ✓</p>		2 max
2.	d	ii	<p>power = 190 OR 192 «W» ✓</p> <p>required power = $190 \times \frac{100}{95}$ «= 200 or 202 W» ✓</p> <p>so $\frac{200}{240} = 0.83$ OR 0.84 «A rms» ✓</p> <p>peak current = «$0.83 \times \sqrt{2}$ OR $0.84 \times \sqrt{2}$» = 1.2/1.3 «A» ✓</p>		4

Question		Answers	Notes	Total	
3.	a	force \times time OR change in momentum \checkmark		1	
3.	b	i	$E_k = mgh = 0.058 \times 9.81 \times 1.1 = 0.63 \text{ J} \checkmark$	Allow use of $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ (which gives 0.64 «J») Substitution and at least 2 SF must be shown	1
3.	b	ii	<p>ALTERNATIVE 1:</p> <p>initial momentum = $mv = \sqrt{2 \times 0.058 \times 0.63}$ « = 0.27 kg m s⁻¹ »</p> <p>OR</p> <p>$mv = 0.058 \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 1.1}$ « = 0.27 kg m s⁻¹ » \checkmark</p> <p>force = « $\frac{\text{change in momentum}}{\text{time}} = \frac{0.27}{0.055}$ » \checkmark</p> <p>4.9 «N» \checkmark</p> <p>$F - mg = 4.9$ so $F = 5.5$ «N» \checkmark</p> <p>ALTERNATIVE 2:</p> <p>« $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 0.63 \text{ J}$ » $v = 4.7 \text{ m s}^{-1} \checkmark$</p> <p>acceleration = « $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4.7}{55 \times 10^{-3}} = 85 \text{ m s}^{-2}$ » \checkmark</p> <p>4.9 «N» \checkmark</p> <p>$F - mg = 4.9$ so $F = 5.5$ «N» \checkmark</p>	Accept negative acceleration and force.	4

(continued...)

(Question 3 continued)

Question			Answers	Notes	Total
3.	b	iii	<p>ALTERNATIVE 1:</p> <p>concrete reduces the stopping time/distance ✓</p> <p>impulse/change in momentum same so force greater</p> <p>OR</p> <p>work done same so force greater ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2:</p> <p>concrete reduces the stopping time ✓</p> <p>deceleration is greater so force is greater ✓</p>	<p>Allow reverse argument for grass.</p>	<p>2</p>

Question			Answers	Notes	Total
4.	a	i	horizontal line shown in centre of pipe ✓		1
4.	a	ii	«air molecule» moves to the right and then back to the left ✓ returns to X/original position ✓		2
4.	b		wavelength = 2×1.4 « = 2.8 m » ✓ $c = \ll f \lambda = \gg 120 \times 2.8$ « = 340 m s^{-1} » ✓ $K = \ll \rho c^2 = 1.3 \times 340^2 = \gg 1.5 \times 10^5$ ✓ $\text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ✓		4
4.	c	i	construction showing formation of image ✓	<i>Another straight line/ray from image through the wall with line/ray from intersection at wall back to transmitter. Reflected ray must intersect boat.</i>	1
4.	c	ii	interference pattern is observed OR interference/superposition mentioned ✓ maximum when two waves occur in phase/path difference is $n\lambda$ OR minimum when two waves occur 180° out of phase/path difference is $(n + \frac{1}{2})\lambda$ ✓		2

Question			Answers	Notes	Total
5.	a	i	identifies $\lambda = 435 \text{ nm}$ ✓ $E = \left\langle \frac{hc}{\lambda} \right\rangle = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4.35 \times 10^{-7}} \text{ ✓}$ $4.6 \times 10^{-19} \text{ «J» ✓}$		3
5.	a	ii	-0.605 OR -0.870 OR -1.36 to -5.44 AND arrow pointing downwards ✓	Arrow MUST match calculation in (a)(i) Allow ECF from (a)(i)	1
5.	a	iii	Difference in energy levels is equal to the energy of the photon ✓ Downward arrow as energy is lost by hydrogen/energy is given out in the photon/the electron falls from a higher energy level to a lower one ✓		2

(continued...)

(Question 5 continued)

Question			Answers	Notes	Total
5.	b	i	$\frac{\lambda}{2\Delta\lambda} = \frac{656.20}{0.181 \times 2} = 1813 \text{ «lines» } \checkmark$ so spacing is $\frac{3.5 \times 10^{-3}}{1813} \text{ «} = 1.9 \times 10^{-6} \text{ m» } \checkmark$	Allow use of either wavelength or the mean value Must see at least 2 SF for a bald correct answer	2
5.	b	ii	$2 \times 4.1 \times 10^{-7} = 1.9 \times 10^{-6} \sin \theta_v$ seen OR $6.6 \times 10^{-7} = 1.9 \times 10^{-6} \sin \theta_r$ seen \checkmark $\theta_v = 24 - 26 \text{ «}^\circ \text{»}$ OR $\theta_r = 19 - 20 \text{ «}^\circ \text{» } \checkmark$ $\Delta\theta = 5 - 6 \text{ «}^\circ \text{» } \checkmark$	For MP3 answer must follow from answers in MP2 For MP3 do not allow ECF from incorrect angles	3
5.	b	iii	centre of pattern is white \checkmark coloured fringes are formed \checkmark blue/violet edge of order is closer to centre of pattern OR red edge of order is furthest from centre of pattern \checkmark the greater the order the wider the pattern \checkmark there are gaps between «first and second order» spectra \checkmark		3 max

Question			Answers	Notes	Total
6.	a	i	it is constant ✓		1
	a	ii	$R = 1.20 \times 10^{-15} \times 31^{\frac{1}{3}} = 3.8 \times 10^{-15}$ «m» ✓	<i>Must see working and answer to at least 2SF</i>	1
6.	b	i	separation for interaction = 5.3 or 5.5 «fm» ✓		1
6.	b	ii	energy required = $\frac{15e^2}{4\pi\epsilon_0 \times 5.3 \times 10^{-15}}$ ✓ = 6.5 / 6.6 $\times 10^{-13}$ OR = 6.3 $\times 10^{-13}$ «J» ✓	<i>Allow ecf from (b)(i)</i>	2
6.	c		«electron» <u>antineutrino</u> also emitted ✓ energy split between electron and «anti»neutrino ✓		2
6.	d	i	probability of decay of a nucleus ✓ OR the fraction of the number of nuclei that decay in one/the next second OR per unit time ✓		2
6.	d	ii	1 week = 6.05×10^5 «s» ✓ $17 = 24e^{-\lambda \times 6.1 \times 10^5}$ ✓ 5.7×10^{-7} «s ⁻¹ » ✓	<i>Award [2 max] if answer is not in seconds</i> <i>If answer not in seconds and no unit quoted award [1 max] for correct substitution into equation (MP2)</i>	3

Question		Answers	Notes	Total
7.	a	charge stored on capacitor = $12 \times 10^{-3} \times 7.5 = 0.09$ «C» ✓		1
7.	b	energy stored in capacitor « $\frac{1}{2}CV^2$ or $\frac{1}{2}QV$ =» $\frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-3} \times 7.5^2$ «= 0.338 J» ✓ height = « $\frac{1}{3} \times \frac{0.338}{9.81 \times 4.5 \times 10^{-2}}$ =» 0.25/0.26 «m» ✓	Allow use of $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ which gives 0.25 «m»	2
7.	c	C <u>halved</u> ✓ so energy stored is halved/reduced so rises «less than» half height ✓ discharge time/raise time less as RC halved/reduced ✓	Allow 6 mF	3

Question			Answers	Notes	Total
8.	a	i	force per unit mass ✓ acting on a small/test/point mass «placed at the point in the field» ✓		2
8.	a	ii	Mars is spherical/a sphere «and of uniform density so behaves as a point mass» ✓ satellite has a much smaller mass/diameter/size than Mars «so approximates to a point mass» ✓		2
8.	b	i	$\left\langle \frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \text{ hence } v = \sqrt{\frac{GM}{R}} \right\rangle$. Also $v = \frac{2\pi R}{T}$ OR $m\omega^2 r = \frac{GMm}{r^2}$ hence $\omega^2 = \frac{GM}{R^3}$ ✓ uses either of the above to get $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} R^3$ OR uses $k = \frac{4\pi^2}{GM}$ ✓ $k = 9.2 \times 10^{-13} / 9.3 \times 10^{-13}$ ✓	Unit not required	3

(continued...)

(Question 8 continued)

Question			Answers	Notes	Total
8.	b	ii	$R^3 = \frac{T^2}{k} = \frac{(8.9 \times 10^4)^2}{9.25 \times 10^{-13}} \quad R = 2.04 \times 10^7 \text{ «m» } \checkmark$ $v = \omega r = \frac{2\pi \times 2.04 \times 10^7}{89000} = 1.4 \times 10^3 \text{ «ms}^{-1}\text{»}$ <p>OR</p> $v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.4 \times 10^{23}}{2.04 \times 10^7}} = 1.4 \times 10^3 \text{ «ms}^{-1}\text{» } \checkmark$		2
8.	c	i	<p>use of $I \propto \frac{1}{r^2}$ «$1.36 \times 10^3 \times \frac{1}{1.5^2}$» \checkmark</p> <p>604 «W m⁻²» \checkmark</p>		2
8.	c	ii	<p>use of $\frac{600}{4}$ for mean intensity \checkmark</p> <p>temperature/K = «$\sqrt[4]{\frac{600}{4 \times 5.67 \times 10^{-8}}}$» = 230 \checkmark</p>		2
8.	c	iii	<p>reference to greenhouse gas/effect \checkmark</p> <p>recognize the link between molecular density/concentration and pressure \checkmark</p> <p>low pressure means too few molecules (to produce a significant heating effect) \checkmark</p> <p>OR</p> <p>low pressure means too little radiation re-radiated back to Mars \checkmark</p>	<i>The greenhouse effect can be described, it doesn't have to be named</i>	3

Question			Answers	Notes	Total
9.	a		Internal energy is the sum of all the PEs and KEs of the molecules (of the oxygen) ✓ PE of molecules in gaseous state is zero ✓ (At boiling point) average KE of molecules in gas and liquid is the same ✓ gases have a higher internal energy ✓	<i>Molecules/particles/atoms must be included once, if not, award [1 max]</i>	2 max
9.	b	i	ALTERNATIVE 1: flow rate of oxygen = $8 \text{ «g s}^{-1}\text{»}$ ✓ $\text{«}2.1 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3}\text{»} = 1.7 \text{ «kW»}$ ✓ ALTERNATIVE 2: $Q = \text{«}0.25 \times 32 \times 10^{-3} \times 2.1 \times 10^5\text{»} = 1680 \text{ «J»}$ ✓ power = $\text{«}1680 \text{ W} = \text{»} 1.7 \text{ «kW»}$ ✓		2
9.	b	ii	$T = 260 \text{ «K»}$ ✓ $V = \text{«}\frac{nRT}{p}\text{»} = 4.9 \times 10^{-3} \text{ «m}^3\text{»}$ ✓		2

(continued...)

(Question 9 continued)

Question		Answers	Notes	Total
9.	c	ideal gas has point objects ✓ no intermolecular forces ✓ non liquefaction ✓ ideal gas assumes monatomic particles ✓ the collisions between particles are elastic ✓	<i>Allow the opposite statements if they are clearly made about oxygen eg oxygen/this can be liquified</i>	1 max

Física
Nivel superior
Prueba 3

Miércoles 31 de octubre de 2018 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora 15 minutos

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

Instrucciones para los alumnos

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

Sección A	Preguntas
Conteste todas las preguntas.	1 – 2

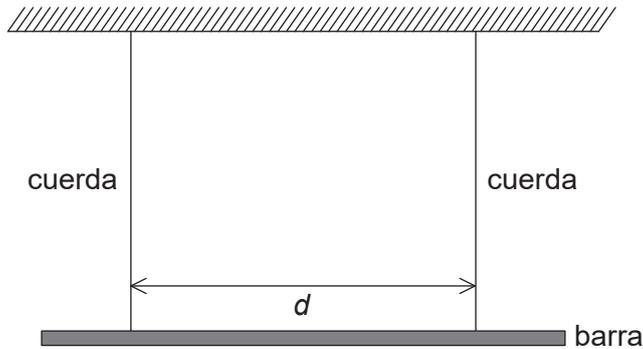
Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	3 – 7
Opción B — Física en ingeniería	8 – 11
Opción C — Toma de imágenes	12 – 16
Opción D — Astrofísica	17 – 21



Sección A

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

- 1. En una investigación para medir la aceleración de caída libre, se suspende horizontalmente una barra de dos cuerdas verticales de igual longitud. Las cuerdas están separadas entre sí una distancia d .



Cuando se desplaza la barra un ángulo pequeño y a continuación se suelta, se producen oscilaciones armónicas simples en el plano horizontal.

La predicción teórica para el periodo T de las oscilaciones está dada por la siguiente ecuación:

$$T = \frac{c}{d\sqrt{g}}$$

donde c es una constante numérica conocida.

- (a) Indique la unidad de c . [1]

.....

- (b) Un alumno registra el tiempo de 20 oscilaciones de la barra. Explique cómo este procedimiento conduce a una medida más exacta del tiempo T de **una** oscilación. [2]

.....

.....

.....

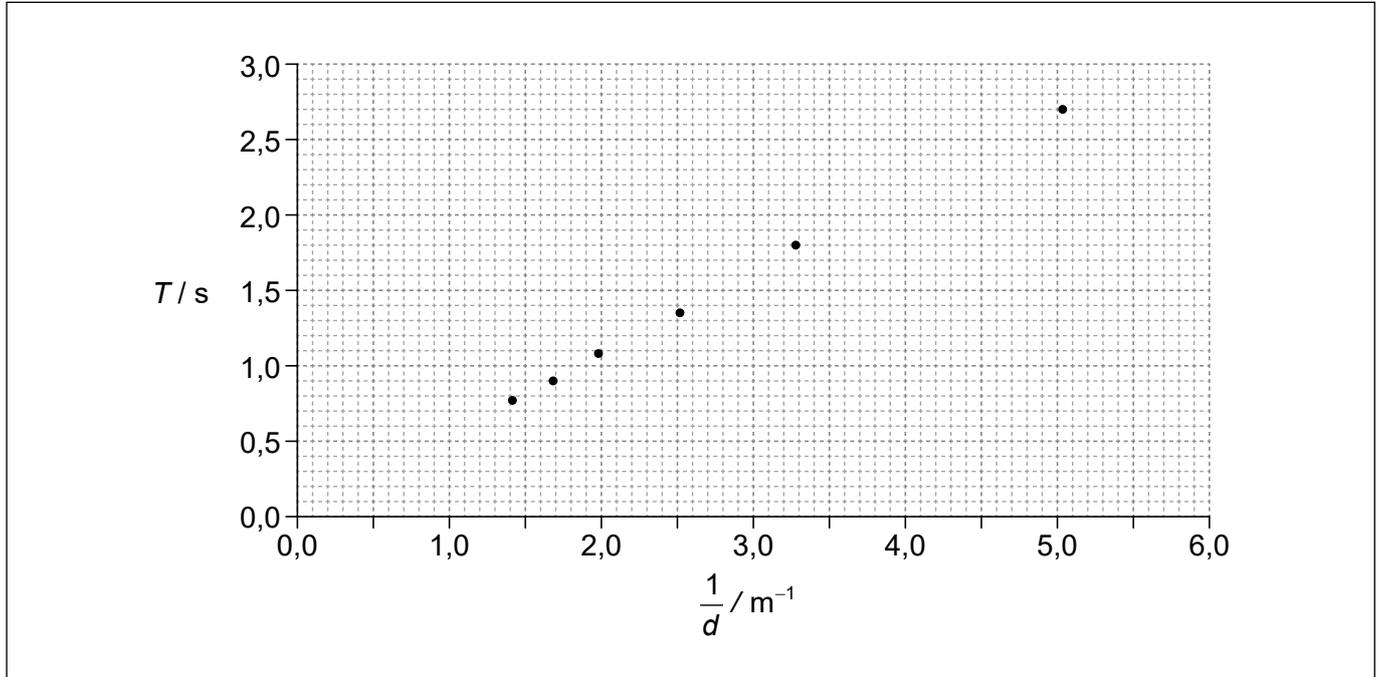
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (c) En un experimento se cambió el valor de d . El gráfico muestra los valores de T frente a $\frac{1}{d}$. Las barras de error son insignificantemente pequeñas.



- (i) Dibuje con precisión la línea de ajuste óptimo para los datos. [1]
- (ii) Sugiera si los datos son consistentes con la predicción teórica. [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (d) El valor numérico de la constante c en unidades del SI es 1,67. Determine g utilizando el gráfico.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



2. En un experimento para medir el calor latente específico de vaporización del agua L_v , un alumno utiliza un calentador eléctrico para hervir agua. Una masa m de agua se vaporiza durante un tiempo t . Se puede calcular L_v utilizando la relación

$$L_v = \frac{VIt}{m}$$

donde V es el voltaje aplicado al calentador e I la corriente que le atraviesa.

- (a) Resuma por qué, durante el experimento, V e I deberían permanecer constantes. [1]

.....

.....

- (b) Resuma si el valor de L_v calculado en este experimento, se espera que sea mayor o menor que el valor verdadero. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Un alumno sugiere que para obtener un valor más exacto de L_v el experimento debería llevarse a cabo dos veces, usando diferentes velocidades de calentamiento. Con un voltaje y una corriente V_1, I_1 la masa de agua vaporizada en el tiempo t es m_1 . Con un voltaje y una corriente V_2, I_2 la masa de agua vaporizada en el tiempo t es m_2 . El alumno utiliza a continuación la expresión

$$L_v = \frac{(V_1 I_1 - V_2 I_2) t}{m_1 - m_2}$$

- para calcular L_v . Sugiera, refiriéndose a las pérdidas caloríficas, por qué esto constituye una mejora. [2]

.....

.....

.....

.....

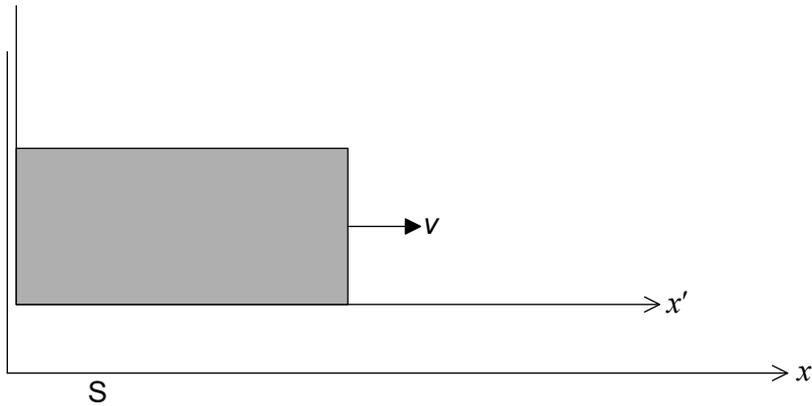


Sección B

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

Opción A — Relatividad

3. El diagrama muestra los ejes de dos sistemas de referencia inerciales. El sistema S representa el suelo y el sistema S' es una caja que se mueve hacia la derecha respecto de S con rapidez v .



- (a) Indique qué se entiende por sistema de referencia.

[1]

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 3)

- (b) Cuando los orígenes de los dos sistemas de referencia coinciden, todos los relojes marcan cero. En ese momento, desde la pared izquierda de la cabina se emite un haz de luz con rapidez c hacia la pared derecha de la cabina. La cabina tiene una longitud propia L . Considérese el evento E = la luz llega a la pared derecha de la cabina.

Utilizando la relatividad **galileana**,

- (i) explique por qué la coordenada temporal de E en el sistema de referencia S es $t = \frac{L}{c}$. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) y por lo tanto, muestre que la coordenada espacial de E en el sistema de referencia S es $x = L + \frac{vL}{c}$. [1]

.....

.....

.....

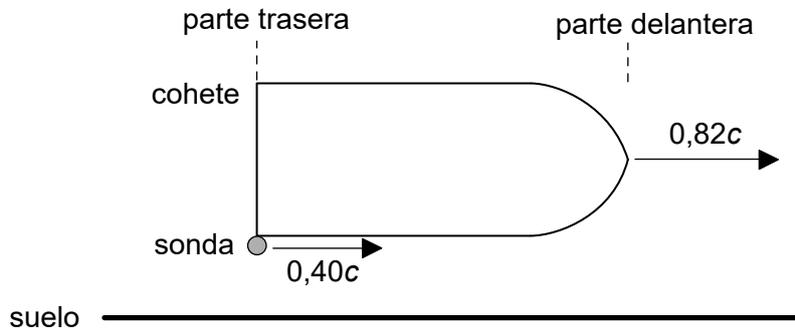
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

4. Un cohete de longitud propia 120 m se mueve hacia la derecha con rapidez $0,82c$ respecto al suelo.



Se lanza una sonda desde la parte trasera del cohete con rapidez $0,40c$ respecto al cohete.

- (a) Calcule la rapidez de la sonda respecto del suelo.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 4)

(b) Determine el tiempo que tarda la sonda en llegar a la parte delantera del cohete según un observador

(i) en reposo en el cohete.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) en reposo en el suelo.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)

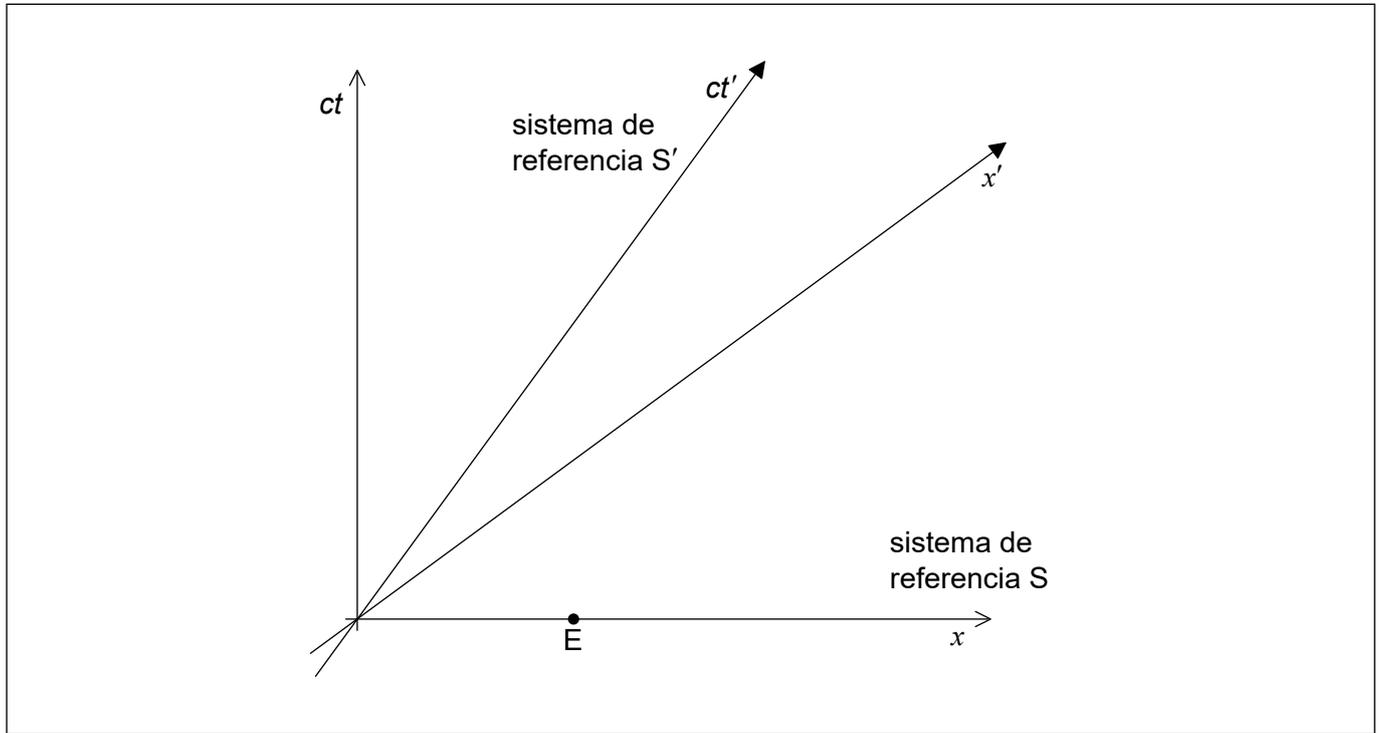


40EP09

Véase al dorso

(Opción A: continuación)

5. El diagrama de espacio-tiempo muestra los ejes de un sistema de referencia inercial S y los ejes de un segundo sistema de referencia inercial S' que se mueve con rapidez $0,745c$ respecto de S. Cuando los relojes de ambos sistemas de referencia marcan cero los orígenes de los dos sistemas de referencia coinciden.



- (a) El evento E tiene las coordenadas $x = 1\text{ m}$ y $ct = 0$ en el sistema de referencia S. Muestre que en el sistema de referencia S' la coordenada espacial y la coordenada temporal del evento E son

(i) $x' = 1,5\text{ m}$. [2]

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

(ii) $ct' = -1,1\text{ m}$. [1]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 5)

(b) Rotule sobre el diagrama

(i) la coordenada espacial del evento E en el sistema de referencia S'. Rotule este evento con la letra P. [1]

(ii) el evento que tiene por coordenadas $x' = 1,0$ m y $ct' = 0$. Rotule este evento con la letra Q. [1]

(c) Una barra en reposo en el sistema de referencia S tiene una longitud propia de 1,0 m. En $t = 0$ el extremo izquierdo de la barra está en $x = 0$ y el extremo derecho está en $x = 1,0$ m.

Utilizando el diagrama de espacio-tiempo,

(i) resuma, sin efectuar cálculos, por qué los observadores en el sistema de referencia S' miden una longitud de la barra inferior a 1,0 m. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) estime, en m, la longitud de esta barra en el sistema de referencia S'. [1]

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

6. Un electrón con energía total 1,50 MeV colisiona con un positrón en reposo. Como consecuencia de ello se producen dos fotones. Uno de los fotones se mueve en la misma dirección y sentido que el electrón y el otro lo hace en el sentido opuesto.

(a) Muestre que la cantidad de movimiento del electrón es $1,41 \text{ MeV c}^{-1}$. [1]

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

(b) Las cantidades de movimiento de los fotones producidos tienen magnitudes p_1 y p_2 . Un alumno escribe las siguientes ecuaciones correctas:

$$p_1 - p_2 = 1,41 \text{ MeV c}^{-1}$$
$$p_1 + p_2 = 2,01 \text{ MeV c}^{-1}$$

(i) Explique el origen de cada una de esas ecuaciones. [2]

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

(ii) Calcule, en MeV c^{-1} , p_1 y p_2 . [2]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

7. Una sonda lanzada desde una nave espacial se mueve hacia el horizonte de sucesos de un agujero negro.

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

.....
.....

(ii) La masa del agujero negro es de $4,0 \times 10^{36}$ kg. Calcule el radio de Schwarzschild del agujero negro. [1]

.....
.....

(b) La sonda permanece estacionaria sobre el horizonte de sucesos del agujero negro de (a). La sonda envía un pulso de radio cada 1,0 segundos (según miden los relojes de la sonda). La nave espacial recibe los pulsos cada 2,0 segundos (según miden los relojes de la nave espacial). Determine la distancia de la sonda al centro del agujero negro. [3]

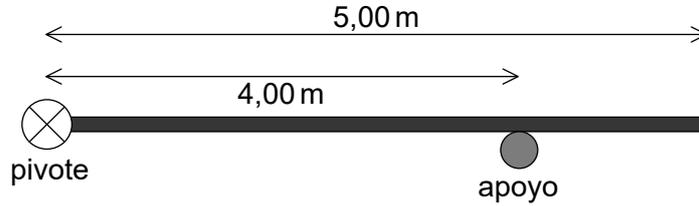
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Fin de la opción A



Opción B — Física en ingeniería

8. Una barra uniforme de peso 36,0 N y longitud 5,00 m descansa en horizontal. La barra está pivotada en su extremo izquierdo y está apoyada a una distancia de 4,00 m del pivote sin rozamiento.



(a) Calcule la fuerza que ejerce el apoyo sobre la barra. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) De repente, se quita el apoyo y la barra comienza a girar alrededor del pivote en el sentido de las agujas del reloj. El momento de inercia de la barra alrededor del pivote es de 30,6 kg m².

(i) Calcule, en rad s⁻², la aceleración angular inicial α de la barra. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Después de un tiempo t la barra forma un ángulo θ con la horizontal. Resuma por qué **no puede** utilizarse la ecuación $\theta = \frac{1}{2}\alpha t^2$ para determinar el tiempo que tarda θ en tomar el valor $\frac{\pi}{2}$ (esto es, para que la barra quede vertical por primera vez). [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 8)

(c) En el momento en que la barra queda vertical

(i) muestre que la rapidez angular es $\omega = 2,43 \text{ rad s}^{-1}$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) calcule el momento angular de la barra. [1]

.....

.....

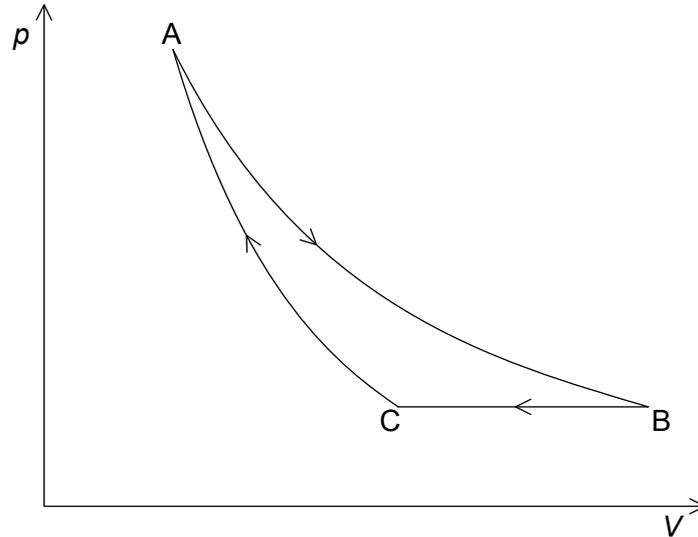
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

9. El diagrama pV de una máquina térmica que utiliza un gas ideal consta de una expansión isotérmica $A \rightarrow B$, una compresión isobárica $B \rightarrow C$ y una compresión adiabática $C \rightarrow A$.



Se dispone de los siguientes datos:

Temperatura en A	= 385 K
Presión en A	= $2,80 \times 10^6$ Pa
Volumen en A	= $1,00 \times 10^{-4}$ m ³
Volumen en B	= $2,80 \times 10^{-4}$ m ³
Volumen en C	= $1,85 \times 10^{-4}$ m ³

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 9)

(a) Muestre que en C

(i) la presión es de $1,00 \times 10^6$ Pa.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) la temperatura es de 254 K.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Muestre que la energía térmica transferida desde el gas durante el proceso $B \rightarrow C$ es de 238 J.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página 19)



No escriba en esta página.

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



(Continuación: opción B, pregunta 9)

- (c) (i) El trabajo efectuado por el gas en el proceso $A \rightarrow B$ es 288 J. Calcule el rendimiento del ciclo.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Indique, sin efectuar cálculos, durante qué proceso ($A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$ o $C \rightarrow A$) disminuye la entropía del gas.

[1]

.....

.....

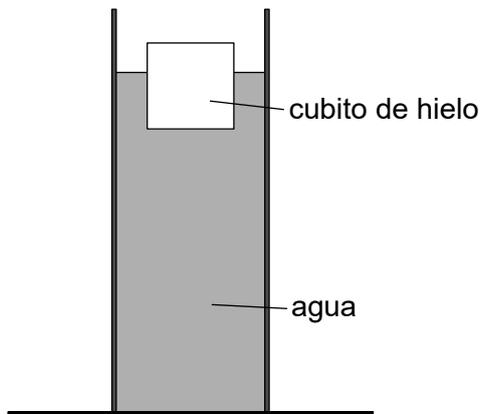
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

10. (a) Un cubito de hielo flota en el agua contenida en un tubo.



El cubito de hielo se funde.

Sugiera qué sucederá en el nivel de agua del tubo.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

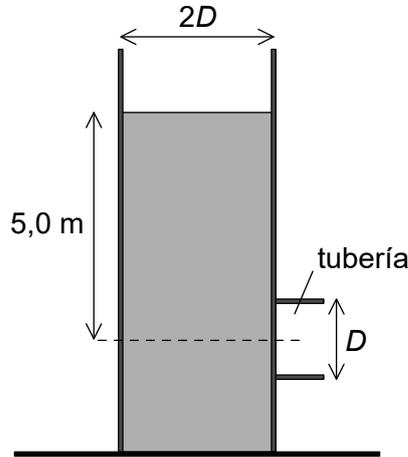
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 10)

- (b) Se inserta una tubería horizontal en el tubo cilíndrico de modo que su centro quede a una profundidad de 5,0 m de la superficie del agua. El diámetro D de la tubería es la mitad que el del tubo.



Cuando la tubería se abre, el agua sale de la tubería con una rapidez u y la superficie del agua en el tubo se mueve hacia abajo con rapidez v .

- (i) Resuma por qué $u = 4v$. [2]

.....

.....

- (ii) La densidad del agua es 1000 kg m^{-3} . Calcule u . [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

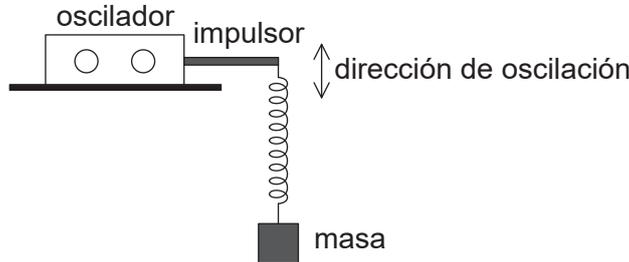
(La opción B continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Opción B: continuación)

11. Una masa está sujeta a un muelle vertical. El otro extremo del muelle está sujeto al impulsor de un oscilador.



La masa está realizando oscilaciones armónicas muy ligeramente amortiguadas. La frecuencia del impulsor es **mayor** que la frecuencia natural del sistema. En cierto instante, el impulsor se está moviendo hacia abajo.

- (a) Indique y explique el sentido del movimiento de la masa en ese instante. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) El oscilador es apagado. El sistema tiene un factor de calidad (factor Q) de 22. La amplitud inicial es 10 cm. Determine la amplitud después de **un** periodo completo de oscilación. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

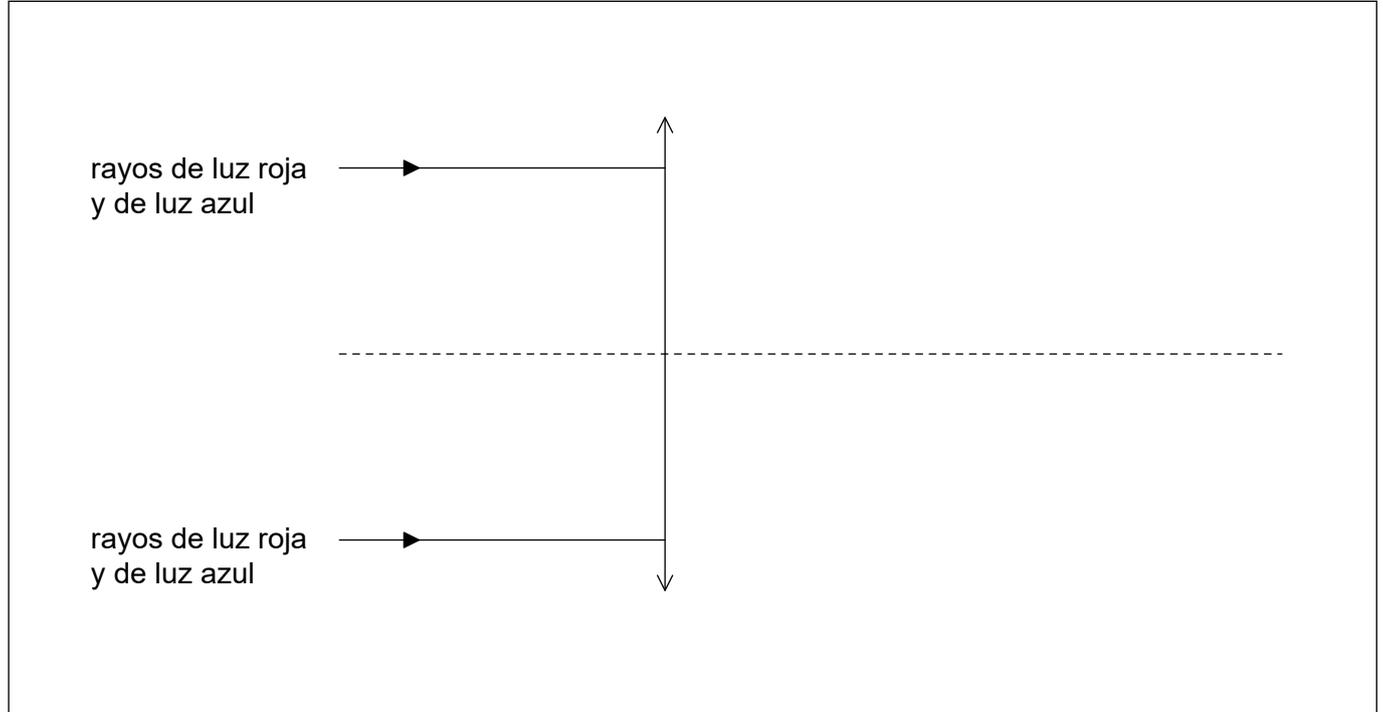
.....

Fin de la opción B



Opción C — Toma de imágenes

12. El índice de refracción del vidrio disminuye cuando aumenta la longitud de onda. El diagrama muestra rayos de luz que inciden sobre una lente convergente de vidrio. La luz es una mezcla de luz roja y de luz azul.



(a) Sobre el diagrama, dibuje con precisión líneas que muestren los rayos después de refractarse en la lente. Rotule los rayos rojos refractados con la letra R y los rayos azules refractados con la letra B. [3]

(b) (i) Sugiera cómo se modifican los rayos refractados en (a) cuando la lente convergente se reemplaza por una lente divergente. [1]

.....
.....

(ii) En consecuencia, indique cómo puede corregirse la aberración de la lente convergente en (a). [1]

.....
.....

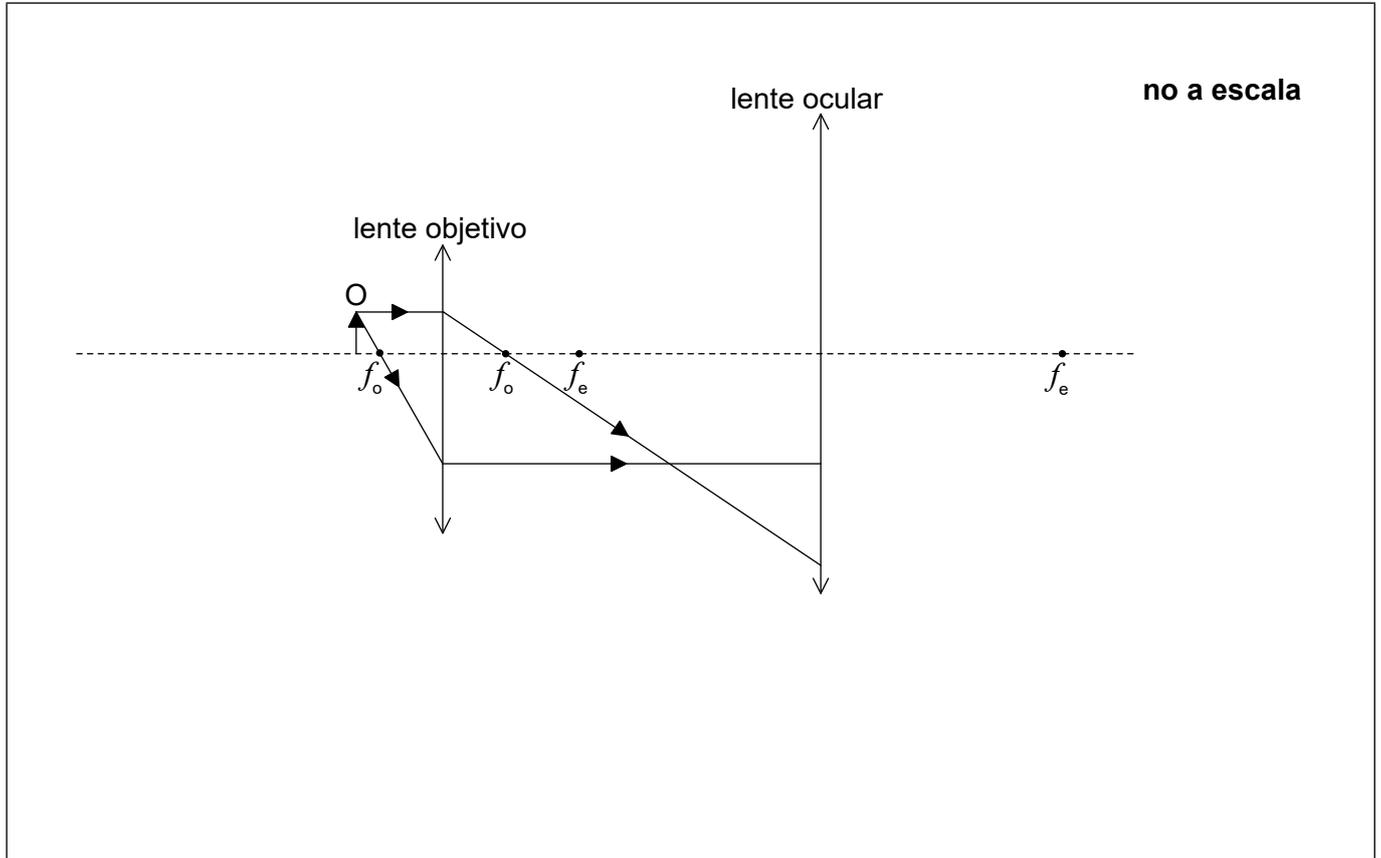
(La opción C continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Opción C: continuación)

13. El diagrama muestra dos rayos de luz que forman una imagen intermedia por la lente objetivo de un microscopio compuesto óptico. Esos rayos inciden en la lente ocular. Están indicados los puntos focales de las dos lentes.



- (a) Sobre el diagrama, dibuje con precisión los rayos para mostrar la formación de la imagen final.

[2]

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 13)

(b) El objeto O está situado a una distancia de 24,0 mm de la lente objetivo y la imagen final se forma a una distancia de 240 mm de la lente ocular. La longitud focal de la lente objetivo es de 20,0 mm y la de la lente ocular es de 60,0 mm. El punto cercano del observador está a una distancia de 240 mm de la lente ocular.

(i) Calcule la distancia entre las lentes.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Determine el aumento del microscopio.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



40EP25

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

14. (a) Una fibra óptica consta de un núcleo de vidrio de índice de refracción 1,52 rodeado de un revestimiento de índice de refracción n . El ángulo crítico en la frontera vidrio-revestimiento es de 84° .

(i) Calcule n . [2]

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

(ii) Los índices de refracción del vidrio y del revestimiento solo son ligeramente diferentes. Sugiera por qué esto es lo deseable. [1]

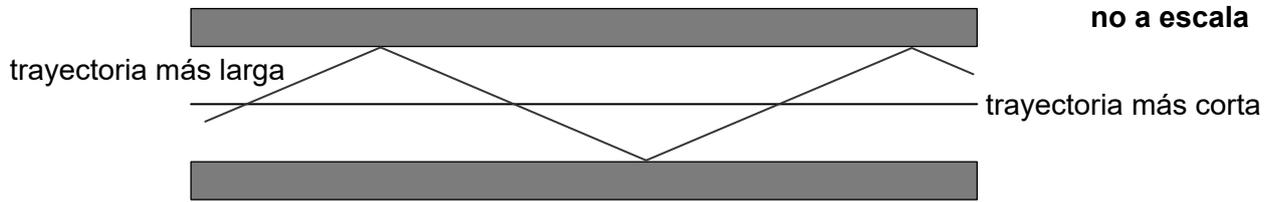
.....
.....
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 14)

- (b) El diagrama muestra las trayectorias más larga y más corta que un rayo puede seguir por el interior de la fibra.



Para la trayectoria más larga, los rayos inciden en la frontera núcleo-revestimiento con un ángulo ligeramente mayor que el ángulo crítico. La fibra óptica tiene una longitud de 12 km.

- (i) Muestre que el trayecto más largo es 66 m mayor que el trayecto más corto. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Determine el tiempo de retardo entre la llegada de señales debido a la distancia extra de (b)(i). [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Sugiera si esta fibra puede utilizarse para transmitir información a una frecuencia de 100 MHz. [1]

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página 29)



Véase al dorso

No escriba en esta página.

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



(Opción C: continuación)

15. En la toma de imágenes por resonancia magnética nuclear (RMN), un paciente es expuesto a un fuerte campo magnético externo para que los espines de los protones de su cuerpo se alineen de modo paralelo o antiparalelo al campo magnético. Entonces, se dirige hacia el paciente un pulso de ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (RF).

(a) Describa el efecto de la señal de RF sobre los protones del cuerpo. [1]

.....
.....

(b) Resuma la medición que es preciso hacer después de apagar la señal de RF. [2]

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

(c) Describa cómo la medición en (b) proporciona información al médico para el diagnóstico. [2]

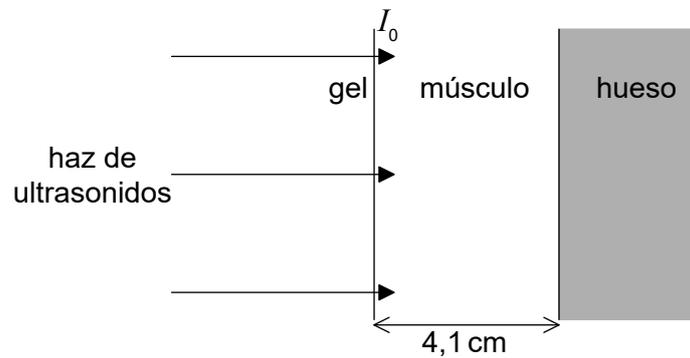
.....
.....
.....
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

16. Un haz de ultrasonidos de intensidad I_0 entra en una capa de músculo de espesor 4,1 cm.



La fracción de intensidad reflejada en una interfase es

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

donde Z_1 y Z_2 son las impedancias acústicas de los dos medios de la interfase. Después de recorrer una distancia x en un medio, la intensidad del ultrasonido se reduce en un factor $e^{-\mu x}$ donde μ es el coeficiente de absorción.

Se dispone de los siguientes datos:

Impedancia acústica del músculo	$= 1,7 \times 10^6 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Impedancia acústica del hueso	$= 6,3 \times 10^6 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Coefficiente de absorción del músculo	$= 23 \text{ m}^{-1}$

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 16)

Determine, en función de I_0 , la intensidad del ultrasonido que

(a) incide sobre la interfase músculo-hueso. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) se refleja en la interfase músculo-hueso. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(c) regresa a la interfase músculo-gel. [1]

.....

.....

Fin de la opción C



No escriba en esta página.

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



40EP32

Opción D — Astrofísica

17. Una característica distintiva de la constelación de Orión es el Trapecio, un cúmulo estelar abierto dentro de Orión.

(a) Distinga entre una constelación y un cúmulo abierto. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Mintaka es una de las estrellas de Orión.

(i) El ángulo de paralaje de Mintaka, medido desde la Tierra, es de $3,64 \times 10^{-3}$ arco-segundo. Calcule, en pársec, la distancia aproximada de Mintaka a la Tierra. [1]

.....

.....

(ii) Indique por qué hay una distancia máxima que los astrónomos pueden medir utilizando el paralaje estelar. [1]

.....

.....

(c) La Gran Nebulosa se ubica en Orión. Describa, utilizando el criterio de Jeans, la condición necesaria para que una nebulosa forme una estrella. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



40EP33

Véase al dorso

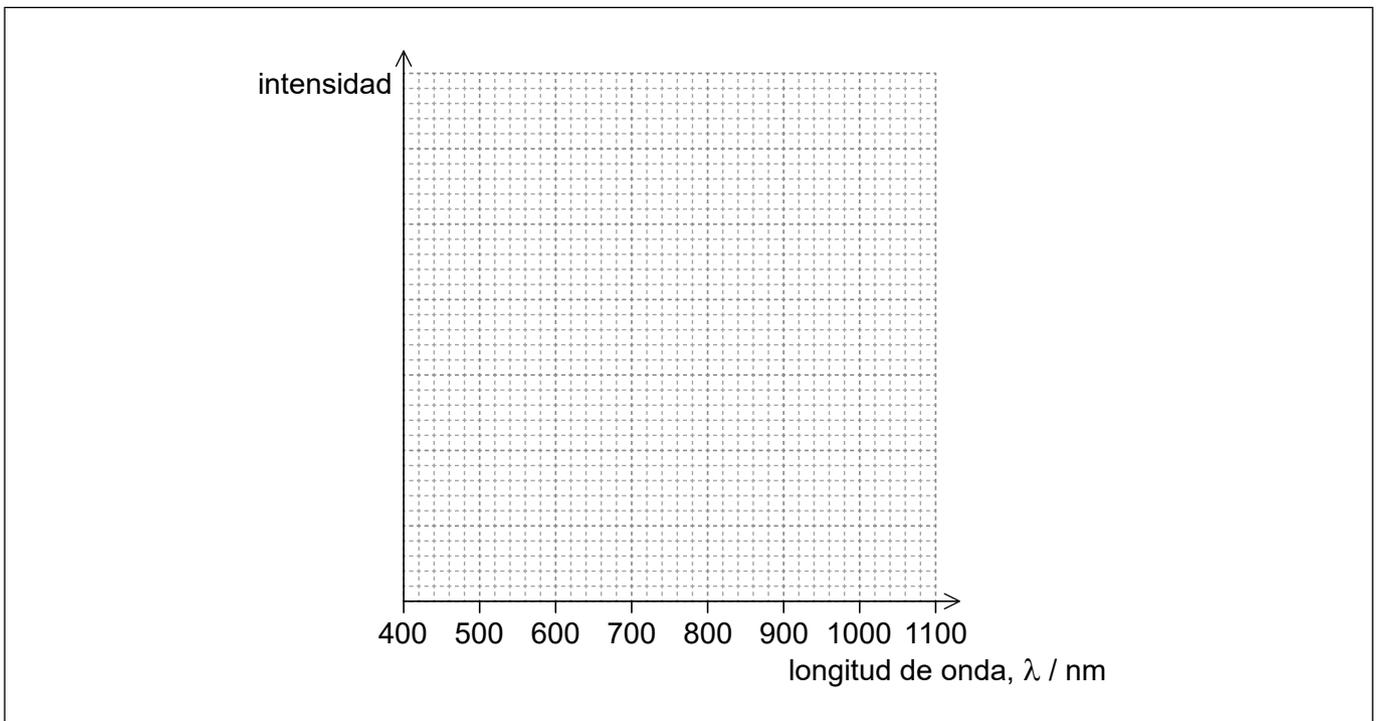
(Opción D: continuación)

18. La temperatura superficial de la estrella Épsilon Indi es de 4600 K.

- (a) (i) Determine el pico de longitud de onda de la radiación emitida por Épsilon Indi. [1]

.....
.....

- (ii) Utilizando los ejes, dibuje con precisión la variación de la intensidad de la radiación emitida por Épsilon Indi con la longitud de onda. [2]



(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 18)

(iii) Se dispone de los siguientes datos del Sol:

Temperatura superficial	= 5800 K
Luminosidad	= L_{\odot}
Masa	= M_{\odot}
Radio	= R_{\odot}

Épsilon Indi tiene un radio $0,73 R_{\odot}$. Muestre que la luminosidad de Épsilon Indi es $0,2 L_{\odot}$.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Épsilon Indi es una estrella de la secuencia principal. Muestre que la masa de Épsilon Indi es $0,64 M_{\odot}$.

[1]

.....

.....

.....

.....

(c) El Sol permanecerá alrededor de nueve mil millones de años en la secuencia principal. Calcule cuánto permanecerá Épsilon Indi en la secuencia principal.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



40EP35

Véase al dorso

(Continuación: opción D, pregunta 18)

- (d) Describa la etapas en la evolución de Épsilon Indi desde el momento en que abandone la secuencia principal hasta su estado final estable.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

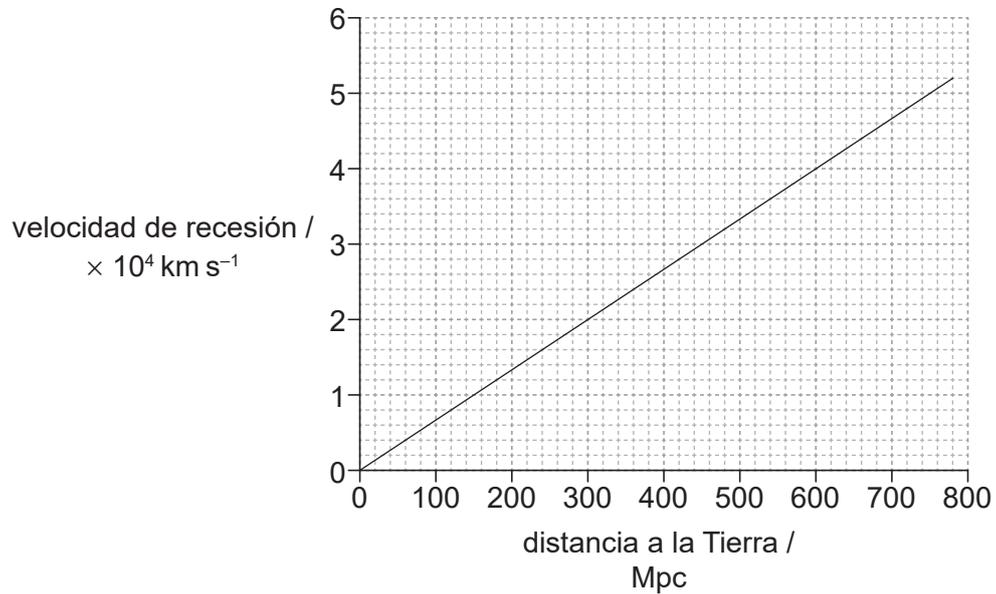
.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

19. El gráfico muestra la variación con la distancia a la Tierra de las velocidades de recesión de galaxias distantes.



(a) Resuma cómo midió Hubble las velocidades de recesión de las galaxias.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Use el gráfico para determinar la edad del universo en s.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



40EP37

Véase al dorso

(Opción D: continuación)

20. (a) Resuma qué se entiende por energía oscura. [2]

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

(b) Indique **dos** candidatos para la materia oscura. [2]

.....
.....

21. (a) Muestre que la temperatura del universo es inversamente proporcional al factor de escala cósmica. [3]

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

(b) La temperatura actual de la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB) es de 3 K. Estime el tamaño del universo respecto a su tamaño actual, cuando la temperatura de la CMB era de 300 K. [1]

.....
.....

Fin de la opción D



No escriba en esta página.

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



40EP39

No escriba en esta página.

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



40EP40



Markscheme

November 2018

Physics

Higher level

Paper 3

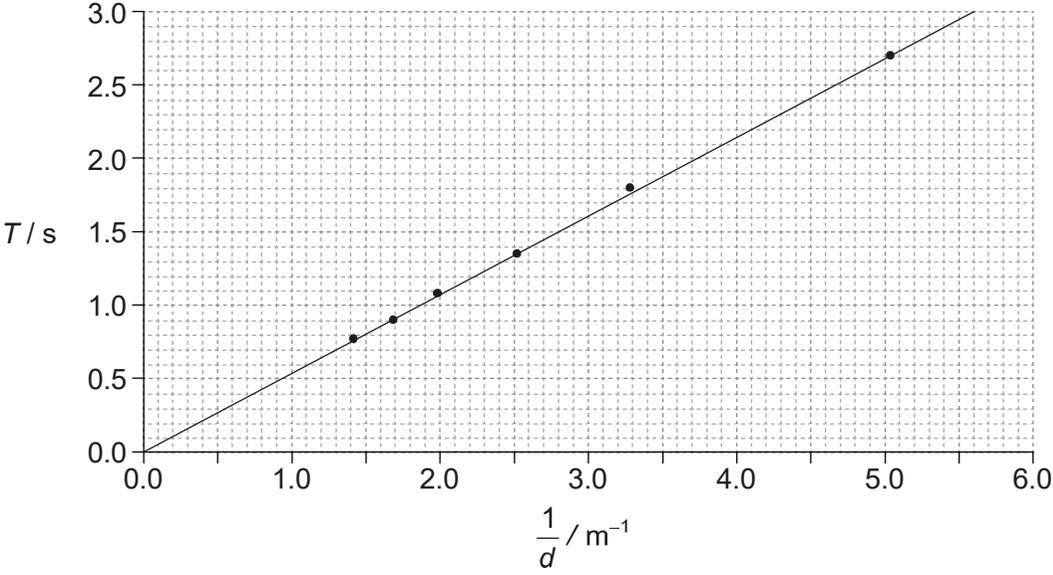
This markscheme is the property of the International Baccalaureate and must **not** be reproduced or distributed to any other person without the authorization of the IB Global Centre, Cardiff.

Section A

Question		Answers	Notes	Total
1.	a	$m^{\frac{3}{2}}$ ✓	<i>Accept other power of tens multiples of $m^{\frac{3}{2}}$, eg: $cm^{\frac{3}{2}}$.</i>	1
1.	b	measured uncertainties «for one oscillation and for 20 oscillations» are the same/similar/OWTTE OR % uncertainty is less for 20 oscillations than for one ✓ dividing «by 20» / finding mean reduces the random error ✓		2

(continued...)

(Question 1 continued)

Question			Answers	Notes	Total
1.	c	i	<p>Straight line touching at least 3 points drawn across the range ✓</p> 	<p><i>It is not required to extend the line to pass through the origin.</i></p>	1
1.	c	ii	<p>theory predicts proportional relation «$T \propto \frac{1}{d}$, slope = $Td = \frac{c}{\sqrt{g}}$ = constant » ✓</p> <p>the graph is «straight» line <u>through the origin</u> ✓</p>		2

(continued...)

(Question 1 continued)

Question		Answers	Notes	Total
1.	d	<p>correctly determines gradient using points where $\Delta T \geq 1.5s$</p> <p>OR</p> <p>correctly selects a single data point with $T \geq 1.5s$ ✓</p> <p>manipulation with formula, any new and correct expression to enable g to be determined ✓</p> <p>Calculation of g ✓</p> <p>With g in range 8.6 and 10.7 «m s⁻²» ✓</p>	<p>Allow range 0.51 to 0.57.</p>	<p>4</p>

Question		Answers	Notes	Total
2.	a	to provide a constant heating rate / power OR to have m proportional to t ✓		1
2.	b	due to heat losses « V/t is larger than heat into liquid» ✓ L_v calculated will be larger ✓		2
2.	c	heat losses will be similar / the same for both experiments OR heat loss presents systematic error ✓ taking the difference cancels/eliminates the effect of these losses OR use a graph to eliminate the effect ✓		2

Section B

Option A — Relativity

Question			Answers	Notes	Total
3.	a		a set of rulers and clocks / set of coordinates to record the position and time of events ✓		1
3.	b	i	<p>ALTERNATIVE 1: the time in frame S' is $t' = \frac{L}{c}$ ✓ but time is absolute in Galilean relativity so is the same in S ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2: In frame S, light rays travel at $c + v$ ✓</p> <p>so $t = \frac{L}{(c+v)-v} = \frac{L}{c}$ ✓</p>	<i>In Alternative 1, they must refer to S'</i>	2
3.	b	ii	<p>$x = x' + vt$ and $x' = L$ ✓ «substitution to get answer»</p>		1

Question			Answers	Notes	Total
4.	a		$\frac{0.82c + 0.40c}{1 + \frac{0.82c \times 0.40c}{c^2}} \checkmark$ $0.92c \checkmark$		2
4.	b	i	$\Delta t' = \frac{120}{0.40c} \checkmark$ $\Delta t' = 1.0 \times 10^{-6} \text{ «s» } \checkmark$		2
4.	b	ii	$\gamma = \left\langle \frac{1}{\sqrt{1 - 0.82^2}} \right\rangle = 1.747 \checkmark$ $\Delta t = \left\langle \gamma \left(\Delta t' + \frac{v \Delta x'}{c^2} \right) \right\rangle = 1.747 \times \left(1.0 \times 10^{-6} + \frac{0.82c \times 120}{c^2} \right)$ <p>OR</p> $\Delta t = \frac{120}{1.747 \times (0.92 - 0.82)c} \checkmark$ $2.3 \times 10^{-6} \text{ «s» } \checkmark$		3

Question			Answers	Notes	Total
5.	a	i	$\gamma = \left\langle \frac{1}{\sqrt{1-0.745^2}} \right\rangle = 1.499 \checkmark$ $x' = \left\langle \gamma(x - vt) \right\rangle = 1.499 \times (1.0 - 0) \checkmark$ $\left\langle x' = 1.5 \text{ m} \right\rangle$		2
5.	a	ii	$t' = \left\langle \gamma \left(t - \frac{vx}{c^2} \right) \right\rangle = 1.499 \times \left(0 - \frac{0.745c \times 1}{c^2} \right) \left\langle = -\frac{1.11}{c} \right\rangle$ $\left\langle ct' = -1.1 \text{ m} \right\rangle$ <p>OR</p> $\text{using spacetime interval } 0 - 1^2 = (ct')^2 - 1.5^2 \Rightarrow \left\langle ct' = -1.11 \right\rangle \checkmark$		1

(continued...)

(Question 5 continued)

Question			Answers	Notes	Total
5.	b	i	line through event E parallel to ct' axis meeting x' axis and labelled P ✓		1
5.	b	ii	point on x' axis about $\frac{2}{3}$ of the way to P labelled Q ✓		1

(continued...)

(Question 5 continued)

Question			Answers	Notes	Total
5.	c	i	ends of rod must be recorded at the same time in frame S' ✓ any vertical line from E crossing x' , no label required ✓ right-hand end of rod intersects at R «whose co-ordinate is less than 1.0 m» ✓		3
5.	c	ii	0.7 m ✓		1

Question			Answers	Notes	Total
6.	a		$pc = \sqrt{E^2 - (mc^2)^2} = \sqrt{1.50^2 - 0.511^2} \llcorner = 1.410 \text{ MeV} \llcorner \checkmark$		1
6.	b	i	first equation is due to momentum conservation \checkmark second equation is due to total energy conservation \checkmark		2
6.	b	ii	adding $2p_1 = 3.42 \text{ MeV c}^{-1} \Rightarrow p_1 = 1.71 \text{ MeV c}^{-1} \checkmark$ $p_2 = 0.30 \text{ MeV c}^{-1} \checkmark$		2

Question			Answers	Notes	Total
7.	a	i	the distance from the black hole at which the escape speed is the speed of light \checkmark		1
7.	a	ii	$R_s = \llcorner \frac{2GM}{c^2} = \frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 4.0 \times 10^{36}}{9.0 \times 10^{16}} = \llcorner 5.9 \times 10^9 \llcorner \text{ «m» } \checkmark$		1
7.	b		$2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{5.9 \times 10^9}{r}}} \checkmark$ rearranged to give r OR $r = 1.33 \times 5.9 \times 10^9 \llcorner \text{ «m» } \checkmark$ $r = 7.9 \times 10^9 \llcorner \text{ «m» } \checkmark$		3

Option B — Engineering physics

Question			Answers	Notes	Total
8.	a		taking torques about the pivot $R \times 4.00 = 36.0 \times 2.5 \checkmark$ $R = 22.5 \text{ «N» } \checkmark$		2
8.	b	i	$36.0 \times 2.50 = 30.6 \times \alpha \checkmark$ $\alpha = 2.94 \text{ «rad s}^{-2}\text{» } \checkmark$		2
8.	b	ii	the equation can be applied only when the angular acceleration is constant \checkmark any reasonable argument that explains torque is not constant, giving non constant acceleration \checkmark	<i>eg weight is no longer perpendicular to the rod</i>	2
8.	c	i	«from conservation of energy» Change in GPE = Change in rotational KE \checkmark $W \frac{L}{2} = \frac{1}{2} I \omega^2 \checkmark$ $\omega = \sqrt{\frac{36.0 \times 5.00}{30.6}} \checkmark$ $\text{«} \omega = 2.4254 \text{ rad s}^{-1}\text{»}$		3
8.	c	ii	$L = 30.6 \times 2.43 = 74.4 \text{ «Js» } \checkmark$		1

Question			Answers	Notes	Total
9.	a	i	<p>ALTERNATIVE 1:</p> $P_c = P_B = \frac{P_A V_A}{V_B} \checkmark$ $= \frac{2.8 \times 10^6 \times 1 \times 10^{-4}}{2.8 \times 10^{-4}} \llcorner = 1.00 \times 10^6 \text{ Pa} \llcorner \checkmark$ <p>ALTERNATIVE 2</p> $2.80 \times 10^6 \times 1.00^{\frac{5}{3}} = P_c \times 1.85^{\frac{5}{3}} \checkmark$ $P_c = 2.80 \times 10^6 \times \frac{1.00^{\frac{3}{5}}}{1.85^{\frac{3}{5}}} \llcorner = 1.00 \times 10^6 \text{ Pa} \llcorner \checkmark$		2
9.	a	ii	<p>ALTERNATIVE 1:</p> <p>Since $T_B = T_A$ then $T_C = \frac{V_C T_B}{V_B} \checkmark$</p> $= \frac{1.85 \times 385}{2.8} \llcorner = 254.4 \text{ K} \llcorner \checkmark$ <p>ALTERNATIVE 2:</p> $\frac{2.80 \times 1.00}{385} = \frac{1.00 \times 1.85}{T_c} \llcorner \text{«K»} \llcorner \checkmark$ $T_c = 385 \times \frac{1.00 \times 1.85}{2.80} \llcorner = 254.4 \text{ K} \llcorner \checkmark$		2

(continued...)

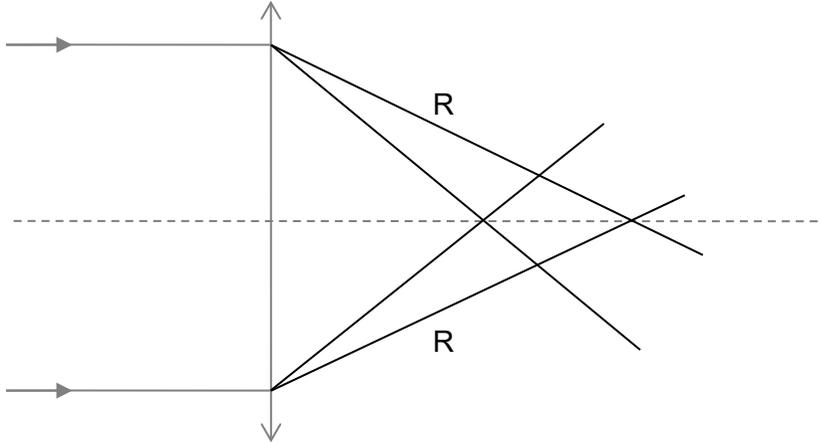
(Question 9 continued)

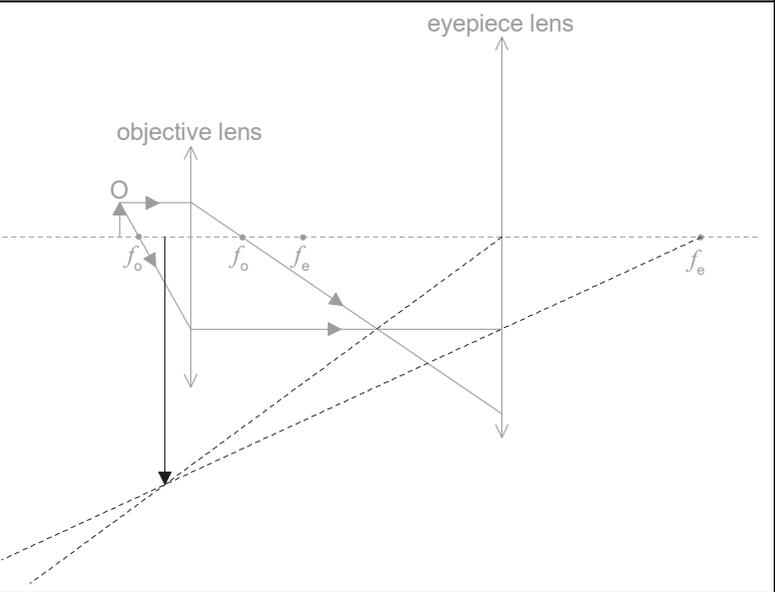
Question			Answers	Notes	Total
9.	b		work done = « $p\Delta V = 1.00 \times 10^6 \times (1.85 \times 10^{-4} - 2.80 \times 10^{-4}) = \text{»} -95 \text{ « J » } \checkmark$ change in internal energy = « $\frac{3}{2}p\Delta V = -\frac{3}{2} \times 95 = \text{»} -142.5 \text{ « J » } \checkmark$ $Q = -95 - 142.5 \checkmark$ « - 238 J »	Allow positive values.	3
9.	c	i	net work is $288 - 238 = 50 \text{ « J » } \checkmark$ efficiency = « $\frac{288 - 238}{288} = \text{»} 0.17 \checkmark$		2
9.	c	ii	along B → C \checkmark		1

Question			Answers	Notes	Total
10.	a		ice displaces its own weight of water / OWTTE OR melted ice volume equals original volume displaced / OWTTE ✓ no change will take place ✓		2
10.	b	i	continuity equation says $v \times A_1 = u \times A_2$ ✓ «and» $A_1 = 4A_2$ ✓ «giving result»		2
10.	b	ii	<i>Bernoulli:</i> « $\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g H + P_{\text{atm}} = \frac{1}{2} \rho u^2 + 0 + P_{\text{atm}}$ » gives $\frac{1}{2} \times 1000 \times \frac{u^2}{16} + 1000 \times 9.8 \times 5.0 = \frac{1}{2} \times 1000 \times u^2$ ✓ $u = 10.2$ «m s ⁻¹ » ✓	<i>Accept solving directly via conservation of energy.</i>	2

Question		Answers	Notes	Total
11.	a	because the mass and the driver are out of phase «by π » ✓ so upwards ✓	<i>Justification needed for MP2</i>	2
11.	b	<p>ALTERNATIVE 1:</p> $\left\langle Q = 2\pi \frac{A_0^2}{A_0^2 - A_1^2} \right\rangle \Rightarrow \frac{A_1^2}{A_0^2} = 1 - \frac{2\pi}{Q} \quad \checkmark$ $\frac{A_1}{A_0} = \left\langle \sqrt{1 - \frac{2\pi}{22}} \right\rangle \Rightarrow A_1 = 8.5 \text{ « cm » } \quad \checkmark$ <p>ALTERNATIVE 2:</p> driver amplitude is constant ✓ so mass amplitude is unchanged at 10 cm ✓		2

Option C — Imaging

Question			Answers	Notes	Total
12.	a		each incident ray shown splitting into two ✓ each pair symmetrically intersecting each other on principal axis ✓ for red, intersection further to the right ✓	 <p><i>For MP3, at least one of the rays must be labelled.</i></p>	3
12.	b	i	rays diverge after passing through lens OR the extension of the rays will intersect the principal axis on the side of incident rays/as if they were coming from the focal point/points in the left side/OWTTE ✓		1
12.	b	ii	by placing a diverging lens next to the converging lens OR make an achromatic doublet ✓	Further details are not required.	1

Question	Answers	Notes	Total
13. a	proper construction lines ✓ image at intersection of proper construction lines ✓	 <p>The diagram illustrates the ray construction for a telescope. It features two lenses: an objective lens on the left and an eyepiece lens on the right. A horizontal dashed line represents the optical axis. The objective lens has a focal length f_o, and the eyepiece lens has a focal length f_e. An object, labeled 'O', is positioned at the focal point of the objective lens. Three rays are shown: a ray from the top of the object parallel to the optical axis that refracts through the focal point of the objective lens; a ray from the top of the object through the optical center of the objective lens that continues straight; and a ray from the top of the object through the focal point of the eyepiece lens that refracts parallel to the optical axis. The intersection of these rays forms a virtual image. Labels 'objective lens' and 'eyepiece lens' are placed above their respective lenses. The focal points f_o and f_e are marked on the optical axis.</p>	2

(continued...)

(Question 13 continued)

Question			Answers	Notes	Total
13.	b	i	distance of intermediate image from objective is $\frac{1}{v} = \frac{1}{20} - \frac{1}{24} \quad \text{ie: } v = 120 \text{ «mm» } \checkmark$ distance of intermediate image from eyepiece is $\frac{1}{u} = \frac{1}{60} - \left(-\frac{1}{240}\right) \quad \text{ie: } u = 48 \text{ «mm» } \checkmark$ lens separation 168 «mm» \checkmark		3
13.	b	ii	<p>ALTERNATIVE 1:</p> eyepiece: $m = \frac{-v}{u} = \frac{240}{48} = 5$		2
			<p>AND</p> objective $m = \frac{-v}{u} = \frac{-120}{24} = -5 \checkmark$		
			Total $m = -5 \times 5 = -25 \checkmark$		
			<p>ALTERNATIVE 2:</p> $m = \left(\frac{240}{60} + 1\right) \times \left(-\frac{120}{24}\right) \checkmark$ $m = -25 \checkmark$		

Question			Answers	Notes	Total
14.	a	i	$\ll \sin \theta_c = \frac{n_1}{n_2} \gg n_1 = 1.52 \times \sin 84.0^\circ \checkmark$ $n_1 = 1.51 \checkmark$		2
14.	a	ii	to have a critical angle close to $90^\circ \checkmark$ so only rays parallel to the axis are transmitted \checkmark to reduce waveguide/modal dispersion \checkmark	Do not accept "so that most rays are reflected".	1 max
14.	b	i	long path is $\frac{12 \times 10^3}{\sin 84^\circ} \checkmark$ $= 12066 \text{ «m»} \checkmark$ «so 66 m longer»		2
14.	b	ii	speed of light in core is $\frac{3.0 \times 10^8}{1.52} = 1.97 \times 10^8 \text{ «m s}^{-1}\text{»} \checkmark$ time delay is $\frac{66}{1.97 \times 10^8} = 3.35 \times 10^{-7} \text{ «s»} \checkmark$		2
14.	b	iii	no, period of signal is $1 \times 10^{-8} \text{ «s»}$ which is smaller than the time delay/OWTTE \checkmark		1

Question		Answers	Notes	Total
15.	a	protons spin direction changes OR proton energy state changes ✓		1
15.	b	Relaxation time «of signal/proton spin» ✓ Location/time delay of the emitted RF signal ✓		2
15.	c	Relaxation time gives information on tissue type/density/health/OWTTE✓ Location information provides 3D image/OWTTE✓		2

Question		Answers	Notes	Total
16.	a	$I_0 e^{-23 \times 0.041}$ ✓ $= 0.39 I_0$ ✓		2
16.	b	$R = \left(\frac{6.3 \times 10^6 - 1.7 \times 10^6}{6.3 \times 10^6 + 1.7 \times 10^6} \right)^2 = 0.33$ ✓ so reflected intensity is $0.33 \times 0.39 I_0 = 0.13 I_0$ ✓		2
16.	c	$0.13 I_0 \times 0.39 = 0.05 I_0$ ✓		1

Option D — Astrophysics

Question		Answers	Notes	Total
17.	a	<p>In cluster, stars are gravitationally bound OR constellation not ✓</p> <p>In cluster, stars are the same/similar age OR in constellation not ✓</p> <p>Stars in cluster are close in space/the same distance</p> <p>OR</p> <p>in constellation not ✓</p> <p>Cluster stars appear closer in night sky than constellation ✓</p> <p>Clusters originate from same gas cloud OR constellation does not ✓</p>		2 max
17.	b	i	$d = 275$ «pc» ✓	1
17.	b	ii	because of the difficulty of measuring very small angles ✓	1
17.	c	<p>mass of gas cloud > Jeans mass ✓</p> <p>«magnitude of» gravitational potential energy > E_k of particles ✓</p> <p>cloud collapses/coalesces «to form a protostar» ✓</p>		2 max

Question			Answers	Notes	Total
18.	a	i	$\lambda = \left\langle \frac{2.9 \times 10^{-3}}{4600} \right\rangle \Rightarrow 630 \text{ « nm » } \checkmark$		1
18.	a	ii	black body curve shape \checkmark peaked at a value from range 600 to 660 nm \checkmark		2
18.	a	iii	$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{0.73 R_{\odot}}{R_{\odot}} \right)^2 \times \left(\frac{4600}{5800} \right)^4 \checkmark$ $L = 0.211 L_{\odot} \checkmark$		2
18.	b		$M = \left\langle 0.21^{\frac{1}{3.5}} M_{\odot} \right\rangle \Rightarrow 0.640 M_{\odot} \checkmark$	Accept reverse argument $0.64^{3.5} = 0.21$	1
18.	c		$\frac{T_E}{T_{\odot}} = \left\langle \frac{\frac{M_E}{L_E}}{\frac{M_{\odot}}{L_{\odot}}} \right\rangle = \frac{0.64}{0.21} \Rightarrow 3.0 \checkmark$ $T \approx 27 \text{ billion years } \checkmark$		2
18.	d		red giant \checkmark planetary nebula \checkmark white dwarf \checkmark	do NOT accept supernova, red supergiant, neutron star or black hole as stages	3

Question		Answers	Notes	Total
19.	a	measured redshift «z» of star ✓ use of Doppler formula OR $z \sim v/c$ OR $v = \frac{c\Delta\lambda}{\lambda}$ to find v ✓	OWTTE	2
19.	b	use of gradient or any point on the line to obtain any expression for either $H = \frac{v}{d}$ or $t = \frac{d}{v}$ ✓ correct conversion of <i>d</i> to m and v to m/s ✓ $= 4.6 \times 10^{17}$ «s» ✓		3

Question		Answers	Notes	Total
20.	a	energy filling all space ✓ resulting in a repulsive force/force opposing gravity ✓ accounts for the accelerating universe ✓ makes up about 70% of «the energy» of universe ✓		2 max
20.	b	black hole ✓ brown dwarf ✓ massive compact halo object /MACHO ✓ neutrinos ✓ weakly interacting massive particle /WIMP ✓		2 max

Question		Answers	Notes	Total
21.	a	<p>«wavelength of light/CBR» $\lambda \propto R$ ✓</p> <p>reference to Wien's law showing that $\lambda \propto \frac{1}{T}$ ✓</p> <p>combine to get result ✓</p>	OWTTE	3
21.	b	$\frac{R_{\text{past}}}{R_{\text{now}}} = \frac{3}{300} = 0.01$ ✓		1