



Diploma Programme
Programme du diplôme
Programa del Diploma

No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without written permission from the IB.

Additionally, the license tied with this product prohibits commercial use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, is not permitted and is subject to the IB's prior written consent via a license. More information on how to request a license can be obtained from <http://www.ibo.org/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite de l'IB.

De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation commerciale de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, n'est pas autorisée et est soumise au consentement écrit préalable de l'IB par l'intermédiaire d'une licence. Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour demander une licence, rendez-vous à l'adresse <http://www.ibo.org/fr/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin que medie la autorización escrita del IB.

Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso con fines comerciales de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales— no está permitido y estará sujeto al otorgamiento previo de una licencia escrita por parte del IB. En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una licencia: <http://www.ibo.org/es/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

Física
Nivel superior
Prueba 1

Viernes 17 de mayo de 2019 (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. Una alumna mide el radio R de una placa circular para determinar su área. La incertidumbre absoluta en R es ΔR .

¿Cuál es la incertidumbre **fraccionaria** en el área de la placa?

- A. $\frac{2\Delta R}{R}$
- B. $\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2$
- C. $\frac{2\pi\Delta R}{R}$
- D. $\pi\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2$
2. Un protón tiene un momento de 10^{-20} N s y la incertidumbre en la posición del protón es de 10^{-10} m . ¿Cuál es la incertidumbre **relativa** mínima en el momento de este protón?
- A. 5×10^{-25}
- B. 5×10^{-15}
- C. 5×10^{-5}
- D. 2×10^4
3. Un chico lanza una pelota en horizontal con una rapidez de 15 m s^{-1} desde lo alto de un acantilado que se encuentra 80 m por encima de la superficie del mar. La resistencia del aire es despreciable.
- ¿Cuál será la distancia desde el fondo del acantilado hasta el punto en el que la pelota toca el mar?
- A. 45 m
- B. 60 m
- C. 80 m
- D. 240 m

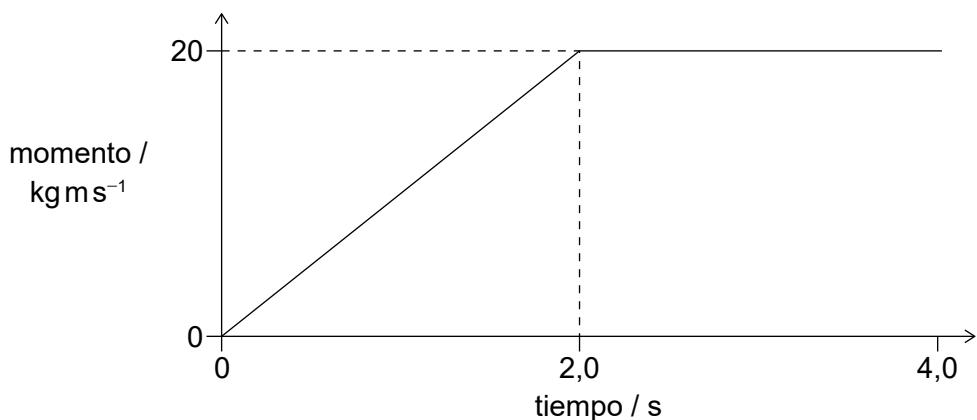
4. Un libro se encuentra en reposo sobre una mesa. ¿Cuál será un par de fuerzas de acción y reacción para esta situación según la tercera ley del movimiento de Newton?

	Fuerza 1	Fuerza 2
A.	la fuerza del libro sobre la mesa	la fuerza del libro sobre la Tierra
B.	la fuerza de la mesa sobre la Tierra	la fuerza del libro sobre la mesa
C.	la fuerza de la Tierra sobre el libro	la fuerza del libro sobre la Tierra
D.	la fuerza de la Tierra sobre el libro	la fuerza de la mesa sobre el libro

5. Un objeto tiene un peso de $6,10 \times 10^2 \text{ N}$. ¿Cuál será el cambio en la energía potencial gravitatoria del objeto cuando este se desplaza 8,0 m en vertical?

- A. 5 kJ
- B. 4,9 kJ
- C. 4,88 kJ
- D. 4,880 kJ

6. La gráfica muestra la variación con el tiempo del momento para un objeto.



¿Qué fuerza neta actuará sobre el objeto durante los primeros 2,0 s y durante los segundos 2,0 s del movimiento?

	Fuerza durante los primeros 2,0 s / N	Fuerza durante los segundos 2,0 s / N
A.	10	0
B.	20	40
C.	10	40
D.	20	0

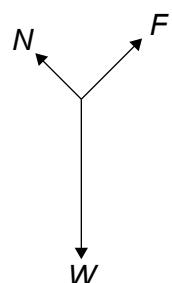
7. Una pelota de tenis de mesa con masa de 3g se dispara con una rapidez de 10 m s^{-1} desde una pistola de juguete estacionaria de masa 0,600 kg. La pistola y la pelota forman un sistema aislado.

¿Cuáles serán los valores de la rapidez de retroceso de la pistola de juguete y del momento total del sistema inmediatamente después de dispararse la pistola?

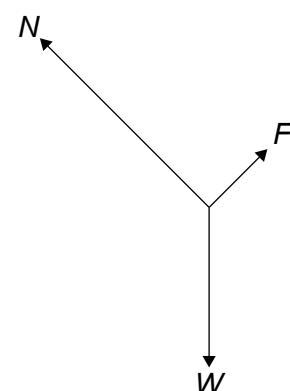
	Rapidez de retroceso de la pistola de juguete / m s⁻¹	Momento total del sistema / kg m s⁻¹
A.	0,05	0
B.	0,05	0,03
C.	0,5	0
D.	0,5	0,03

8. Un bloque de peso W se desliza hacia abajo sobre una rampa a velocidad constante. Entre la base del bloque y la superficie de la rampa actúa una fuerza de rozamiento F . Entre la rampa y el bloque actúa una reacción normal N . ¿Cuál será el diagrama de cuerpo libre para las fuerzas que actúan sobre el bloque?

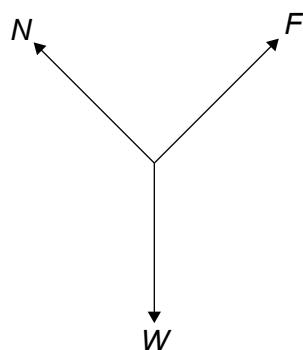
A.



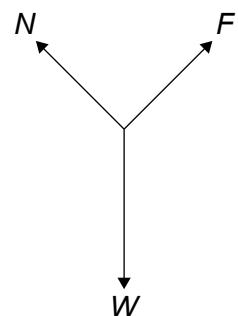
B.



C.



D.



9. Una sustancia pasa de la fase sólida a la fase gaseosa sin pasar por la líquida y sin cambio en la temperatura.

¿Cuál de las opciones es verdadera respecto a la energía interna de la sustancia y a la energía potencial intermolecular total de la sustancia cuando se produce este cambio de fase?

	Energía interna de la sustancia	Energía potencial intermolecular total de la sustancia
A.	aumenta	no cambia
B.	no cambia	no cambia
C.	aumenta	aumenta
D.	no cambia	aumenta

10. El satélite X se encuentra en órbita en torno a la Tierra. Un satélite idéntico Y se encuentra en una órbita más alta. ¿Qué opción es la correcta para la energía total y para la energía cinética del satélite Y comparado con el satélite X?

	Energía total del satélite X	Energía cinética del satélite X
A.	mayor	mayor
B.	menor	mayor
C.	mayor	menor
D.	menor	menor

11. La rapidez de escape de un planeta de radio R es v_{esc} . Un satélite orbita en torno al planeta a una distancia R de la superficie del planeta. ¿Cuál será la rapidez orbital del satélite?

- A. $\frac{1}{2}v_{\text{esc}}$
- B. $\frac{\sqrt{2}}{2}v_{\text{esc}}$
- C. $\sqrt{2}v_{\text{esc}}$
- D. $2v_{\text{esc}}$

12. Se enfriá un líquido de masa m y de calor específico c . El ritmo de cambio de la temperatura del líquido es k . ¿Cuál será el ritmo al que se transfiere energía térmica desde el líquido?

- A. $\frac{mc}{k}$
- B. $\frac{k}{mc}$
- C. $\frac{1}{kmc}$
- D. kmc

13. La ecuación $\frac{pV}{T} = \text{constante}$ es aplicable a un gas real, siendo p la presión del gas, V su volumen y T su temperatura.

¿Qué afirmación es correcta sobre esta ecuación?

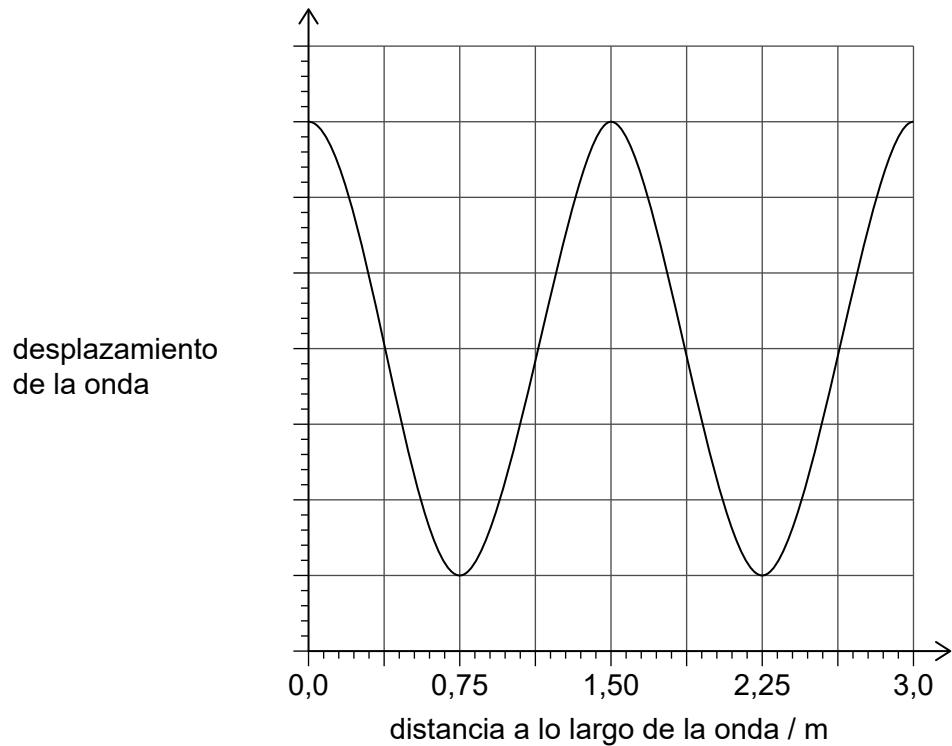
- A. Es empírica.
 - B. Es teórica.
 - C. No puede ser comprobada.
 - D. No puede ser refutada.
14. El cilindro X tiene un volumen V y contiene 3,0 moles de un gas ideal. El cilindro Y tiene un volumen $\frac{V}{2}$ y contiene 2,0 moles del mismo gas.

Los gases en X e Y se encuentran a la misma temperatura T . Los contenedores están unidos por una válvula que se abre de forma que las temperaturas no cambian.

¿Cuál será el cambio de la presión en X?

- A. $+\frac{1}{3}\left(\frac{RT}{V}\right)$
- B. $-\frac{1}{3}\left(\frac{RT}{V}\right)$
- C. $+\frac{2}{3}\left(\frac{RT}{V}\right)$
- D. $-\frac{2}{3}\left(\frac{RT}{V}\right)$

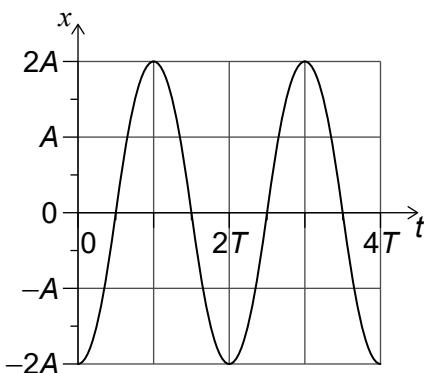
15. En la gráfica, se muestra la variación del desplazamiento de una onda frente a la distancia a lo largo de la onda. La velocidad de onda es de $0,50 \text{ m s}^{-1}$.



¿Cuál es el período de la onda?

- A. 0,33 s
- B. 1,5 s
- C. 3,0 s
- D. 6,0 s

16. Un objeto en el extremo de un muelle (resorte) oscila en vertical con un movimiento armónico simple (mas). En la gráfica, se muestra la variación con el tiempo t del desplazamiento x del objeto.



¿Cuál es la velocidad del objeto?

A. $-\frac{2\pi A}{T} \sin\left(\frac{\pi t}{T}\right)$

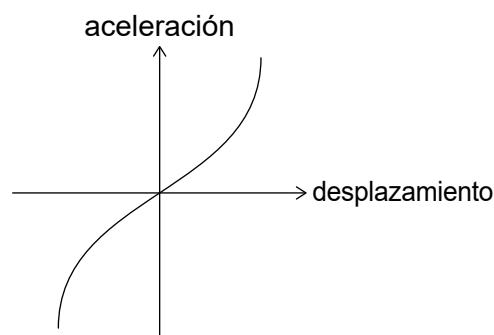
B. $\frac{2\pi A}{T} \sin\left(\frac{\pi t}{T}\right)$

C. $-\frac{2\pi A}{T} \cos\left(\frac{\pi t}{T}\right)$

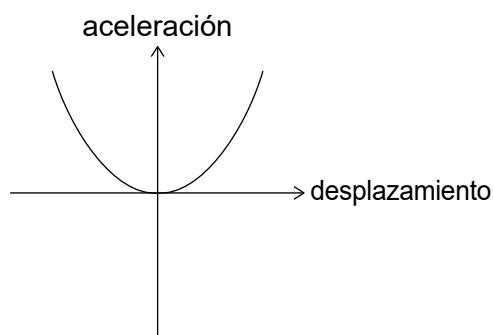
D. $\frac{2\pi A}{T} \cos\left(\frac{\pi t}{T}\right)$

17. Se separa una masa fijada a un muelle (resorte) de su posición de equilibrio. ¿Cuál de las gráficas es la que representa la variación con el desplazamiento de la aceleración de la masa después de que esta sea soltada?

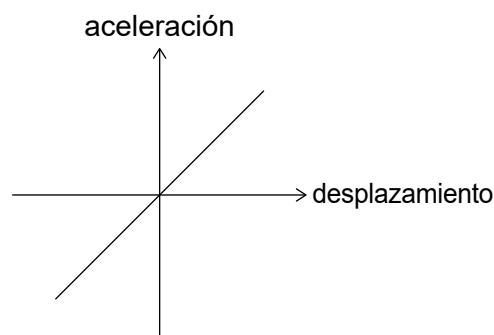
A.



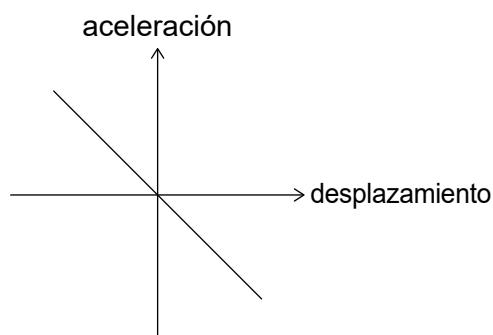
B.



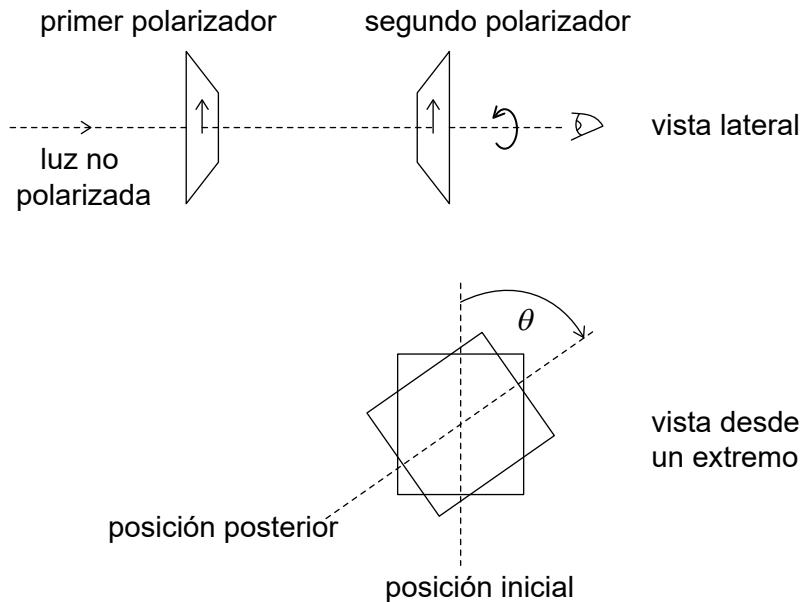
C.



D.

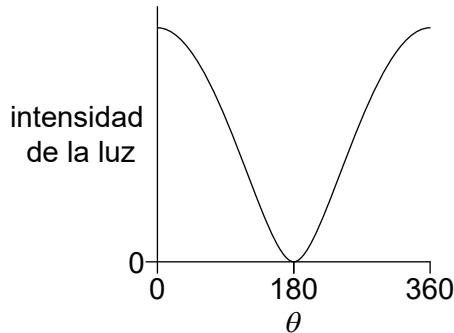


18. Sobre dos polarizadores incide luz no polarizada. Los ejes de polarización de ambos polarizadores son inicialmente paralelos. Se hace rotar al segundo polarizador 360° , tal como se muestra.

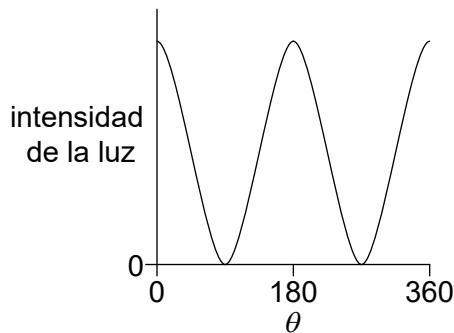


¿Cuál de las gráficas es la que muestra la variación con el ángulo θ de la intensidad para la luz que sale del segundo polarizador?

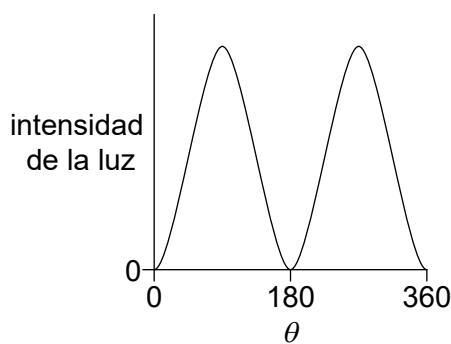
A.



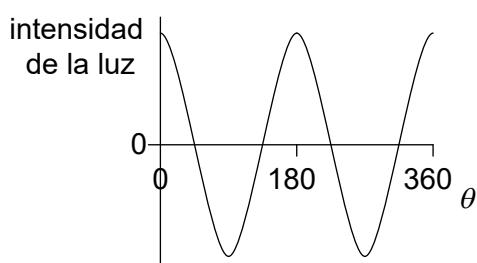
B.



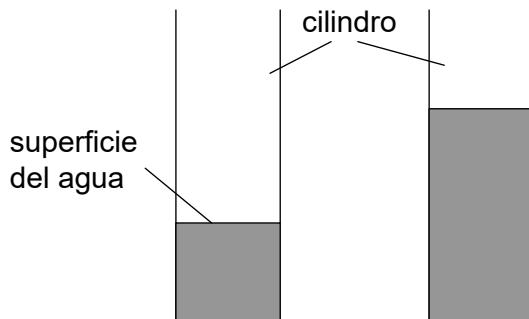
C.



D.



19. Un alumno sopla sobre el extremo superior de un cilindro que contiene agua. Se produce el primer armónico de una onda estacionaria sonora en el aire del cilindro. Se añade a continuación más agua al cilindro. El alumno vuelve a soplar de modo que se produce el primer armónico de una nueva onda estacionaria con una frecuencia diferente.



¿Cuál será la naturaleza del desplazamiento del aire en la superficie del agua y el cambio en la frecuencia cuando se añade más agua?

	Naturaleza del desplazamiento	Cambio en la frecuencia
A.	antinodo	disminuye
B.	antinodo	aumenta
C.	nodo	disminuye
D.	nodo	aumenta

20. Se genera el tercer armónico de una onda estacionaria con longitud de onda de 0,80 m sobre una cuerda fijada por sus dos extremos. Dos puntos sobre la onda están separados por una distancia de 0,60 m. ¿Cuál será una diferencia de fase posible entre los dos puntos de la onda?

- A. $\frac{\pi}{4}$ rad
- B. $\frac{\pi}{2}$ rad
- C. π rad
- D. $\frac{3\pi}{2}$ rad

21. Un tren se aproxima a una estación y hace sonar una bocina de frecuencia constante e intensidad constante. Una observadora que espera en la estación detecta una frecuencia f_{obs} y una intensidad I_{obs} .

¿Cuáles serán los cambios, si los hay, en I_{obs} y f_{obs} cuando el tren va frenando?

	I_{obs}	f_{obs}
A.	no hay cambio	disminuye
B.	aumenta	aumenta
C.	no hay cambio	aumenta
D.	aumenta	disminuye

22. Se observan dos estrellas con un telescopio que utiliza un filtro verde. Las imágenes de las estrellas quedan apenas resueltas. ¿Cuál será el cambio, si lo hay, en la separación angular de las imágenes de las estrellas y en la resolución de las imágenes cuando se reemplaza el filtro verde por un filtro violeta?

	Separación angular de las estrellas	Resolución de las imágenes
A.	no hay cambio	permanecen resueltas
B.	disminuye	dejan de estar resueltas
C.	disminuye	permanecen resueltas
D.	no hay cambio	dejan de estar resueltas

23. Una partícula con carga ne se ve acelerada a través de una diferencia de potencial V .

¿Cuál será la magnitud del trabajo efectuado sobre la partícula?

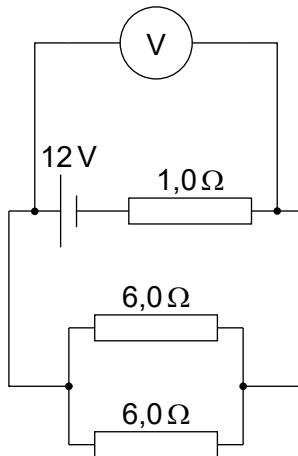
- A. eV
- B. neV
- C. $\frac{nV}{e}$
- D. $\frac{eV}{n}$

- 24.** En un experimento para determinar la resistividad de un material, un alumno mide la resistencia de varios cables hechos de ese material en forma pura. Los cables tienen igual longitud pero diferentes diámetros.

¿Qué cantidades debería representar el alumno sobre el eje x y el eje y de una gráfica para obtener una línea recta?

	eje x	eje y
A.	diámetro 2	resistencia
B.	diámetro	resistencia
C.	diámetro 2	$\frac{1}{\text{resistencia}}$
D.	diámetro	$\frac{1}{\text{resistencia}}$

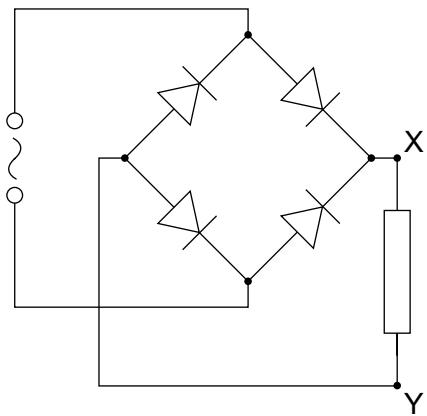
- 25.** Tres resistores de resistencias $1,0\Omega$, $6,0\Omega$ and $6,0\Omega$ se encuentran conectados como se muestra. El voltímetro es ideal y la celda tiene una f.e.m. de $12V$ con resistencia interna despreciable.



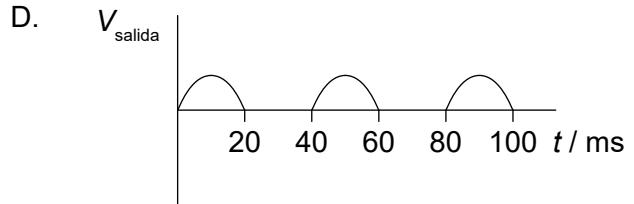
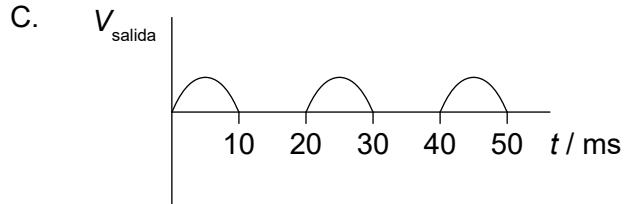
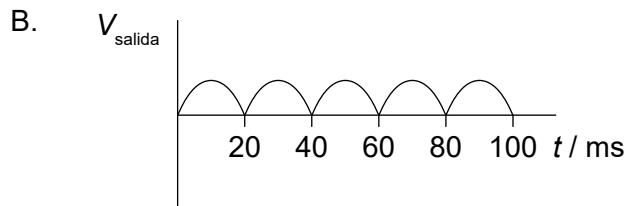
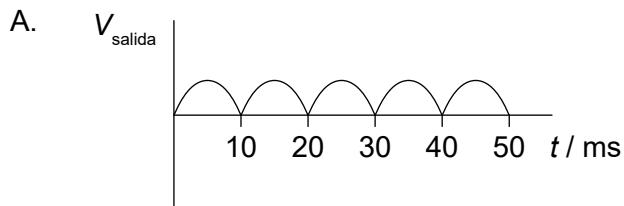
¿Cuál será la lectura del voltímetro?

- A. 3,0V
- B. 4,0V
- C. 8,0V
- D. 9,0V

26. En un circuito de rectificación con puente de diodos hay una entrada sinusoidal con período temporal de 20 ms.



¿Cuál de las gráficas es la que muestra la variación con el tiempo t del voltaje de salida V_{salida} entre X e Y?



27. Tres capacitores idénticos están conectados en serie. La capacitancia total del montaje es de $\frac{1}{9}$ mF. Los tres capacitores pasan a conectarse en paralelo.

¿Cuál será la capacitancia de la disposición en paralelo?

A. $\frac{1}{3}$ mF

B. 1 mF

C. 3 mF

D. 81 mF

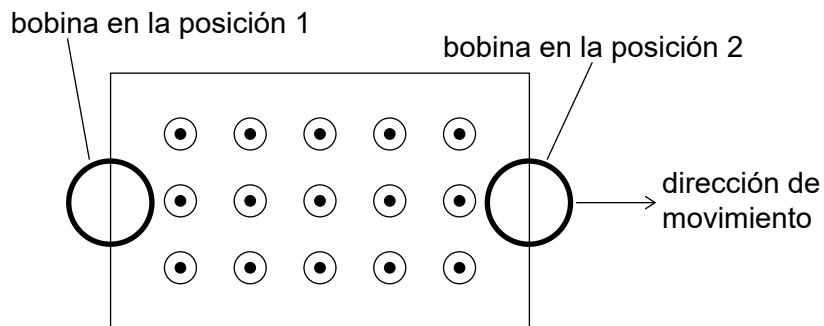
- 28.** Se utiliza un transformador con 600 espiras en su bobina primaria para modificar el valor cuadrático medio (RMS) de una diferencia de potencial alterna desde $240\text{ V}_{\text{rms}}$ hasta 12 V_{rms} .

Cuando se conecta a la bobina secundaria, una lámpara etiquetada como “120W, 12V” se ilumina con normalidad. La corriente en la bobina primaria es de 0,60A cuando se enciende la lámpara.

¿Cuál será el número de espiras secundarias y el rendimiento del transformador?

	Número de espiras secundarias	Rendimiento
A.	12 000	99 %
B.	30	99 %
C.	12 000	83 %
D.	30	83 %

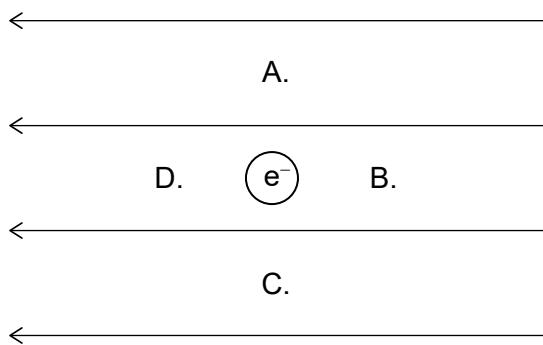
- 29.** Una bobina circular de cable se mueve a través de una región de campo magnético uniforme dirigido hacia fuera de la página.



¿Cuál será el sentido de la corriente convencional inducida en la bobina para las posiciones señaladas?

	Posición 1	Posición 2
A.	sentido horario	sentido horario
B.	sentido antihorario	sentido horario
C.	sentido horario	sentido antihorario
D.	sentido antihorario	sentido antihorario

- 30.** Un electrón mantiene una posición fija en un campo eléctrico uniforme. ¿Cuál será la posición para la cual la energía potencial eléctrica del electrón se haga mayor?



- 31.** Un protón de velocidad v se adentra en una región de campos eléctrico y magnético. El protón no sufre deflexión. Un electrón y una partícula alfa se adentran en la misma región con velocidad v . ¿Qué opción es la correcta para las trayectorias del electrón y de la partícula alfa?

	Trayectoria del electrón	Trayectoria de la partícula alfa
A.	con deflexión	con deflexión
B.	con deflexión	sin deflexión
C.	sin deflexión	con deflexión
D.	sin deflexión	sin deflexión

- 32.** Una partícula con masa de $0,02 \text{ kg}$ se mueve en una circunferencia horizontal de diámetro 1 m con una velocidad angular de $3\pi \text{ rad s}^{-1}$.

¿Cuáles serán la magnitud y el sentido de la fuerza responsable de este movimiento?

	Magnitud de la fuerza / N	Sentido de la fuerza
A.	$0,03\pi$	alejándose del centro de círculo
B.	$0,03\pi$	hacia el centro del círculo
C.	$0,09\pi^2$	alejándose del centro de círculo
D.	$0,09\pi^2$	hacia el centro del círculo

- 33.** Un nucleido radiactivo con número atómico Z sufre un proceso de desintegración beta-más (β^+). ¿Cuál será el número atómico del nucleido producido y cuál será otra partícula emitida durante la desintegración?

	Número atómico	Partícula
A.	$Z - 1$	neutrino
B.	$Z + 1$	neutrino
C.	$Z - 1$	antineutrino
D.	$Z + 1$	antineutrino

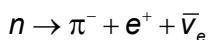
- 34.** El mesón π^+ contiene un quark up (u). ¿Cuál es la estructura de quarks del mesón π^- ?

- A. ud
- B. $u\bar{d}$
- C. $\bar{u}d$
- D. $\bar{u}\bar{d}$

- 35.** Tres leyes de conservación para las reacciones nucleares son:

- I. La conservación de la carga
- II. La conservación del número bariónico
- III. La conservación del número leptónico.

Se propone la reacción:



¿Qué leyes de conservación son violadas por la reacción propuesta?

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

- 36.** Un neutrón colisiona de frente con un átomo estacionario en el moderador de una central de energía nuclear. A consecuencia de esto, cambia la energía cinética del neutrón. Hay también un cambio en la probabilidad de que este neutrón pueda causar fisión nuclear.

¿Cuáles son estos cambios?

	Cambio en la energía cinética del neutrón	Cambio en la probabilidad de que se produzca fisión nuclear
A.	aumenta	aumenta
B.	disminuye	aumenta
C.	aumenta	disminuye
D.	disminuye	disminuye

- 37.** El radio orbital de la Tierra en torno al Sol es 1,5 veces el de Venus. ¿Cuál será la intensidad de la radiación solar en el radio orbital de Venus?

- A. $0,6 \text{ kW m}^{-2}$
- B. $0,9 \text{ kW m}^{-2}$
- C. 2 kW m^{-2}
- D. 3 kW m^{-2}

- 38.** Los fotones de una cierta frecuencia que inciden sobre una superficie metálica provocan la emisión de electrones de la superficie. La intensidad de la luz es constante y se aumenta la frecuencia de los fotones. ¿Cuál será el efecto, si lo hay, sobre el número de electrones emitidos y sobre la energía de los electrones emitidos?

	Número de electrones emitidos	Energía de electrones emitidos
A.	no hay cambio	no hay cambio
B.	disminuye	aumenta
C.	disminuye	no hay cambio
D.	no hay cambio	aumenta

39. Tres características posibles de un modelo atómico son:

- I. el radio orbital
- II. la energía cuantizada
- III. el momento angular cuantizado.

¿Cuáles de éstas son características del modelo de Bohr para el hidrógeno?

- A. Solo I y II
 - B. Solo I y III
 - C. Solo II y III
 - D. I, II, y III
40. Durante la desintegración gamma, se emiten fotones de energía discreta. Esto proporciona evidencia de:
- A. Los niveles atómicos de energía.
 - B. Los niveles nucleares de energía.
 - C. La aniquilación de pares.
 - D. El efecto túnel cuántico.
-

Markscheme

May 2019

Physics

Higher level

Paper 1

3 pages

No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without written permission from the IB.

Additionally, the license tied with this product prohibits commercial use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, is not permitted and is subject to the IB's prior written consent via a license. More information on how to request a license can be obtained from <http://www.ibo.org/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite de l'IB.

De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation commerciale de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, n'est pas autorisée et est soumise au consentement écrit préalable de l'IB par l'intermédiaire d'une licence. Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour demander une licence, rendez-vous à l'adresse <http://www.ibo.org/fr/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin que medie la autorización escrita del IB.

Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso con fines comerciales de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales— no está permitido y estará sujeto al otorgamiento previo de una licencia escrita por parte del IB. En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una licencia: <http://www.ibo.org/es/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

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



Diploma Programme
Programme du diplôme
Programa del Diploma

No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without written permission from the IB.

Additionally, the license tied with this product prohibits commercial use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, is not permitted and is subject to the IB's prior written consent via a license. More information on how to request a license can be obtained from <http://www.ibo.org/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite de l'IB.

De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation commerciale de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, n'est pas autorisée et est soumise au consentement écrit préalable de l'IB par l'intermédiaire d'une licence. Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour demander une licence, rendez-vous à l'adresse <http://www.ibo.org/fr/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin que medie la autorización escrita del IB.

Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso con fines comerciales de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales— no está permitido y estará sujeto al otorgamiento previo de una licencia escrita por parte del IB. En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una licencia: <http://www.ibo.org/es/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional



Física
Nivel superior
Prueba 2

Viernes 17 de mayo de 2019 (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 **[90 puntos]**.

25 páginas

2219–6526

© International Baccalaureate Organization 2019



28EP01

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

1. Una alumna golpea una pelota de tenis inicialmente en reposo de modo que sale de la raqueta a una rapidez de 64 m s^{-1} . La pelota tiene una masa de $0,058 \text{ kg}$ y el contacto entre la pelota y la raqueta dura 25 ms .

(a) Calcule:

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

[2]

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

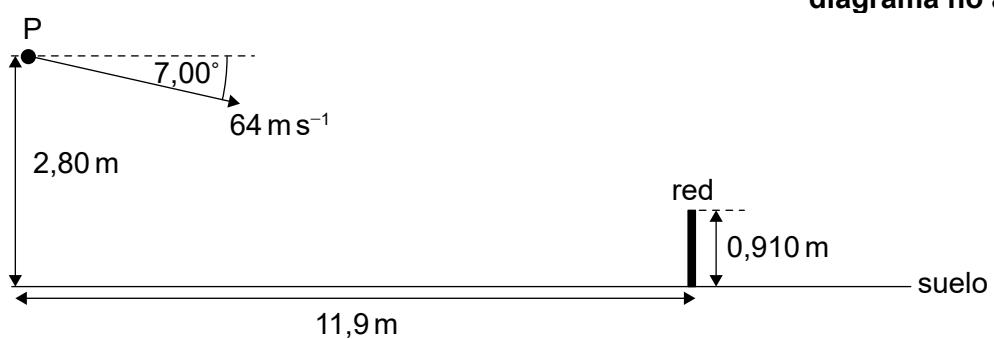
- (ii) La potencia media suministrada a la pelota durante el impacto.

[2]

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

- (b) La alumna golpea la pelota de tenis en el punto P. La pelota de tenis es inicialmente dirigida formando un ángulo de $7,00^\circ$ con la horizontal.

diagrama no a escala



Se dispone de los siguientes datos:

$$\begin{aligned} \text{Altura de P} &= 2,80 \text{ m} \\ \text{Distancia entre alumna y red} &= 11,9 \text{ m} \\ \text{Altura de la red} &= 0,910 \text{ m} \\ \text{Rapidez inicial de la pelota} &= 64 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP02

(Pregunta 1 continuación)

- (i) Calcule el tiempo que tarda la pelota de tenis en alcanzar la red. [2]

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

- (ii) Muestre que la pelota de tenis pasa por encima de la red. [3]

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

- (iii) Determine la rapidez de la pelota de tenis cuando golpea el suelo. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

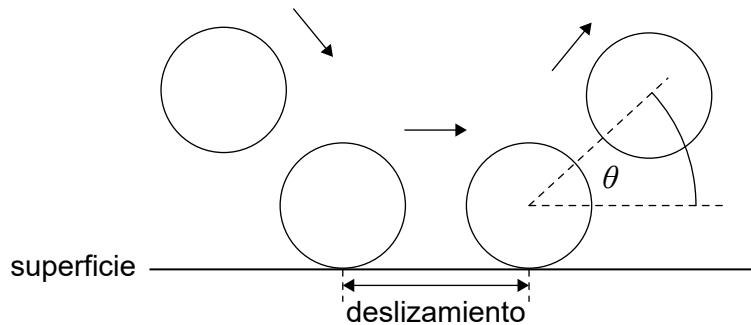


28EP03

Véase al dorso

(Pregunta 1 continuación)

- (c) La alumna modela el bote de la pelota de tenis para predecir el ángulo θ con el cual la pelota asciende desde una superficie de tierra y desde una superficie de hierba.



El modelo asume que:

- Durante el contacto con la superficie, la pelota se desliza.
- El tiempo de deslizamiento es igual para ambas superficies.
- La fuerza de rozamiento del deslizamiento es mayor para la tierra que para la hierba.
- La fuerza normal de reacción es igual para ambas superficies.

Prediga para el modelo de la alumna, sin cálculos, si θ será mayor para una superficie de tierra **o** para una superficie de hierba.

[3]

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



28EP04

2. Un contenedor de volumen $3,2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ se llena con gas helio a una presión de $5,1 \times 10^5 \text{ Pa}$ y temperatura 320 K. Asuma que esta muestra de gas helio se comporta como un gas ideal.

- (a) La masa de un átomo de helio es de $6,6 \times 10^{-27} \text{ kg}$. Estime la rapidez media de los átomos de helio en el contenedor. [2]

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

- (b) Muestre que el número de átomos de helio en el contenedor es 4×10^{20} . [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP05

Véase al dorso

(Pregunta 2 continuación)

(c) Un átomo de helio tiene un volumen de $4,9 \times 10^{-31} \text{ m}^3$.

(i) Calcule el cociente $\frac{\text{volumen de átomos de helio}}{\text{volumen de gas helio}}$.

[1]

.....
.....

(ii) Discuta, aludiendo al modelo cinético de un gas ideal y a la respuesta a (c)(i), si está justificada la suposición de que el helio se comporta como un gas ideal.

[2]

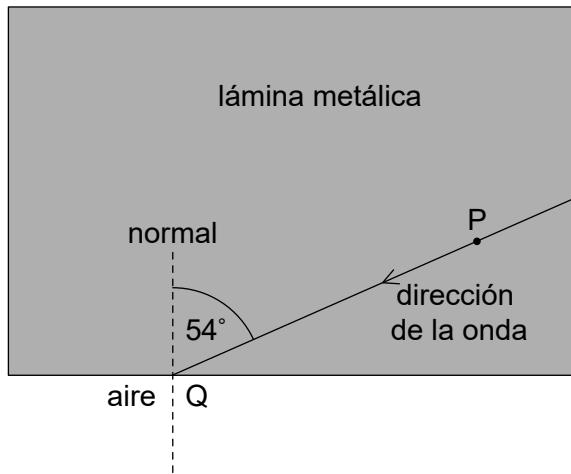
.....
.....
.....
.....



28EP06

3. El diagrama muestra la dirección de una onda sonora que se desplaza en una lámina metálica.

diagrama no a escala



- (a) La partícula P en la lámina metálica efectúa oscilaciones armónicas simples. Cuando el desplazamiento de P es de $3,2 \mu\text{m}$, la magnitud de su aceleración es de $7,9 \text{ m s}^{-2}$. Calcule la magnitud de la aceleración de P cuando su desplazamiento es de $2,3 \mu\text{m}$. [2]

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

- (b) La onda incide sobre el punto Q en la interfase metal–aire. La onda forma un ángulo de 54° con la normal en Q. La velocidad del sonido en el metal es de 6010 m s^{-1} y la velocidad del sonido en el aire es de 340 m s^{-1} . Calcule el ángulo entre la normal en Q y la dirección de la onda en el aire. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP07

Véase al dorso

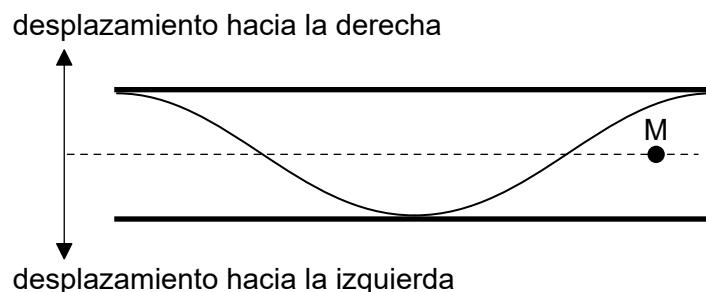
(Pregunta 3 continuación)

- (c) La frecuencia de la onda sonora en el metal es de 250 Hz. Determine su longitud de onda en el aire.

[1]

.....
.....

- (d) La onda sonora en el aire de (c) penetra en una tubería abierta por sus dos extremos. El diagrama muestra el desplazamiento, en un instante concreto T , de la onda estacionaria que se forma en la tubería.



Una molécula de aire concreta tiene su posición de equilibrio en el punto indicado como M.

Sobre el diagrama, para el tiempo T :

- (i) Dibuje una flecha que indique la aceleración de esta molécula.

[1]

- (ii) Rotule con la letra C un punto de la tubería que esté en el centro de una compresión.

[1]

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

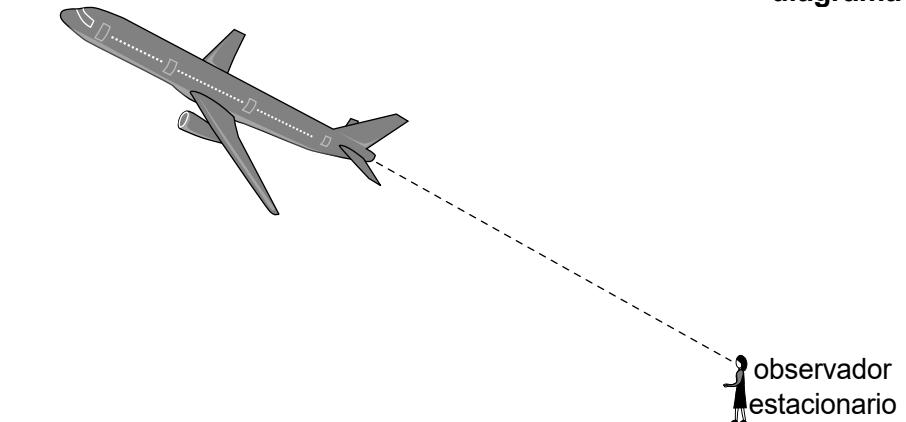


28EP08

(Pregunta 3 continuación)

- (e) Se emite un sonido de frecuencia $f = 2500\text{Hz}$ desde un avión que se desplaza con velocidad $v = 280\text{ms}^{-1}$ alejándose de un observador estacionario. La velocidad del sonido en el aire en reposo es $c = 340\text{ms}^{-1}$.

diagrama no a escala



Calcule

- (i) La frecuencia escuchada por el observador.

[2]

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

- (ii) La longitud de onda medida por el observador.

[1]

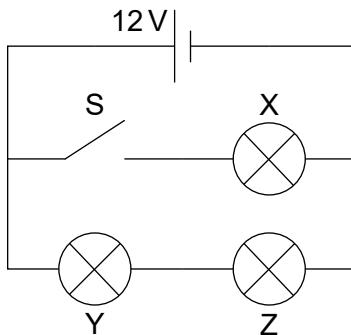
.....
.....



28EP09

Véase al dorso

4. Se conectan tres bombillas idénticas X, Y y Z, cada una con resistencia de $4,0\Omega$ a una celda de f.e.m. 12V. La celda tiene resistencia interna despreciable.



- (a) El interruptor S se encuentra inicialmente abierto. Calcule la potencia total disipada en el circuito.

[2]

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

- (b) Se procede a cerrar el interruptor.

- (i) Indique, sin cálculos, por qué aumentará la corriente en la celda.

[1]

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

- (ii) Deduzca el cociente $\frac{\text{potencia disipada en Y con S abierto}}{\text{potencia disipada en Y con S cerrado}}$.

[2]

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

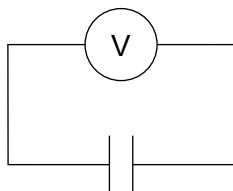
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP10

(Pregunta 4 continuación)

- (c) Se utiliza la celda para cargar un capacitor de placas paralelas en el vacío. Se conecta a continuación el capacitor totalmente cargado a un voltímetro ideal.



La capacitancia del capacitor es de $6,0 \mu\text{F}$ y la lectura del voltímetro indica 12 V.

Calcule la energía almacenada en el capacitor.

[1]

- (d) Cuando está totalmente cargado, se llena el espacio entre las placas del capacitor con un material dieléctrico que tiene el doble de permitividad que el vacío.

(i) Calcule el cambio en la energía almacenada en el capacitor.

[3]

- (ii) Sugiera, en función de la conservación de energía, el motivo para el cambio anterior.

[1]



28EP11

Véase al dorso

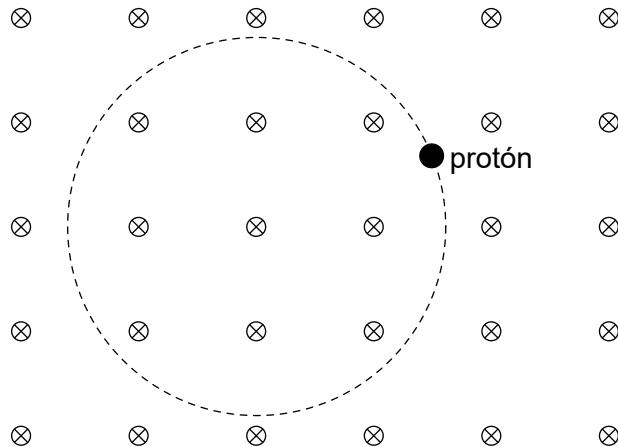
No escriba en esta página.

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



28EP12

5. Un protón se mueve en una trayectoria circular en la región de un campo magnético uniforme. El campo magnético está dirigido hacia dentro de la página.



- (a) Rotule con flechas sobre el diagrama:
- (i) La fuerza magnética F sobre el protón. [1]
 - (ii) El vector de velocidad v del protón. [1]
- (b) La rapidez del protón es de $2,16 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$ y la intensidad del campo magnético es de 0,042 T. Para este protón:
- (i) Determine, en m, el radio de la trayectoria circular. Dé su respuesta con un número apropiado de cifras significativas. [3]

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

- (ii) Calcule, en s, el tiempo para una revolución completa. [2]

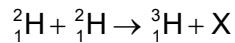
.....
.....
.....
.....
.....



28EP13

Véase al dorso

6. El deuterio, ${}_1^2\text{H}$, sufre fusión según la siguiente reacción.



- (a) Identifique la partícula X.

[1]

.....
.....

- (b) Se dispone de los siguientes datos para energías de enlace por nucleón:

$${}_1^2\text{H} = 1,12\text{MeV}$$

$${}_1^3\text{H} = 2,78\text{MeV}$$

- (i) Determine, en MeV, la energía liberada.

[2]

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

- (ii) Sugiera por qué, para que tenga lugar la anterior reacción de fusión, la temperatura del deuterio tiene que ser muy alta.

[2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP14

(Pregunta 6 continuación)

- (c) La partícula Y se produce en la colisión de un protón con un K^- en la siguiente reacción:



El contenido en *quarks* de algunas de las partículas implicadas es:

$$K^- = \bar{u}s \quad K^0 = d\bar{s}$$

Identifique, para la partícula Y:

- (i) La carga. [1]

.....
.....

- (ii) La extrañeza. [1]

.....
.....



28EP15

Véase al dorso

No escriba en esta página.

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



28EP16

7. La temperatura media del agua en la superficie del océano es de 289 K. Los océanos se comportan como cuerpos negros.

- (a) Muestre que la intensidad radiada por los océanos está en torno de 400 W m^{-2} . [1]

.....
.....

- (b) Explique por qué parte de esta radiación es devuelta a los océanos desde la atmósfera. [3]

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

- (c) La intensidad de (b) devuelta a los océanos es de 330 W m^{-2} . La intensidad de la radiación solar que incide sobre los océanos es de 170 W m^{-2} .

- (i) Calcule la intensidad adicional que deberían perder los océanos para que la temperatura del agua permaneciera constante. [2]

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

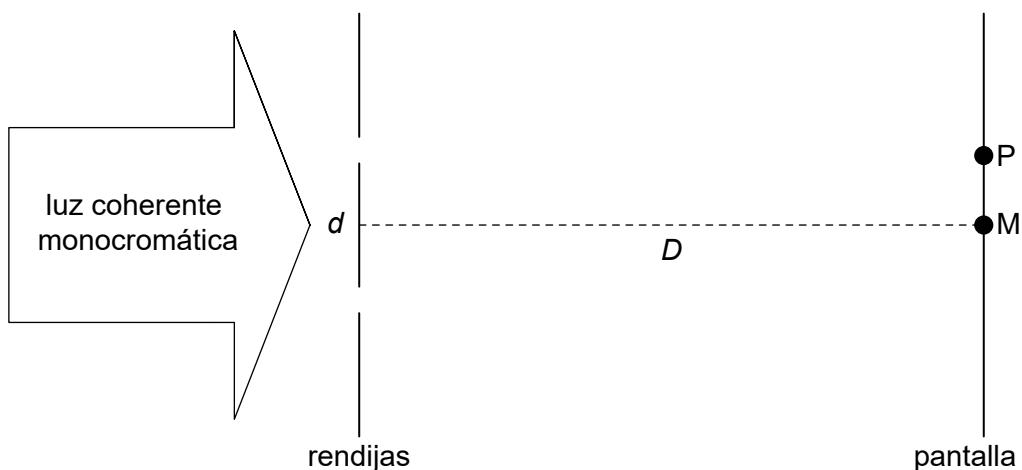
- (ii) Sugiera un mecanismo por el cual puede perderse la intensidad adicional. [1]

.....
.....



8. Sobre dos rendijas paralelas de anchura despreciable y separadas una distancia d incide luz coherente monocromática. Se coloca una pantalla a una distancia D de las rendijas. El punto M se encuentra directamente en frente del punto medio de las rendijas.

diagrama no a escala



Inicialmente, se cubre la rendija inferior y la intensidad de la luz en M debida solo a la rendija superior es de 22Wm^{-2} . A continuación, se descubre la rendija inferior.

- (a) Deduzca, en Wm^{-2} , la intensidad en M.

[3]

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

- (b) P es el primer máximo de intensidad en un lado de M. Se dispone de los siguientes datos:

$$\begin{aligned}d &= 0,12\text{ mm} \\D &= 1,5\text{ m} \\ \text{Distancia MP} &= 7,0\text{ mm}\end{aligned}$$

Calcule, en nm, la longitud de onda λ de la luz.

[2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 8 continuación)

- (c) Se incrementa la anchura de cada rendija hasta 0,030 mm. D , d y λ permanecen iguales.
- (i) Sugiera por qué, tras este cambio, la intensidad en P será menor que la de M. [1]

.....
.....

- (ii) Muestre que, debido a la difracción de rendija única, la intensidad en un punto de la pantalla a una distancia de 28 mm de M es cero. [2]

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



28EP19

Véase al dorso

9. (a) Un planeta de masa m se encuentra en una órbita circular en torno a una estrella. El potencial gravitatorio debido a la estrella en la posición del planeta es V .

- (i) Muestre que la energía total del planeta viene dada por la ecuación siguiente: [2]

$$E = \frac{1}{2}mV$$

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

- (ii) Suponga que la estrella pudiera contraerse hasta un radio la mitad del original sin ninguna pérdida de masa. Discuta el efecto, si lo hubiera, que esto tendría sobre la energía total del planeta. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

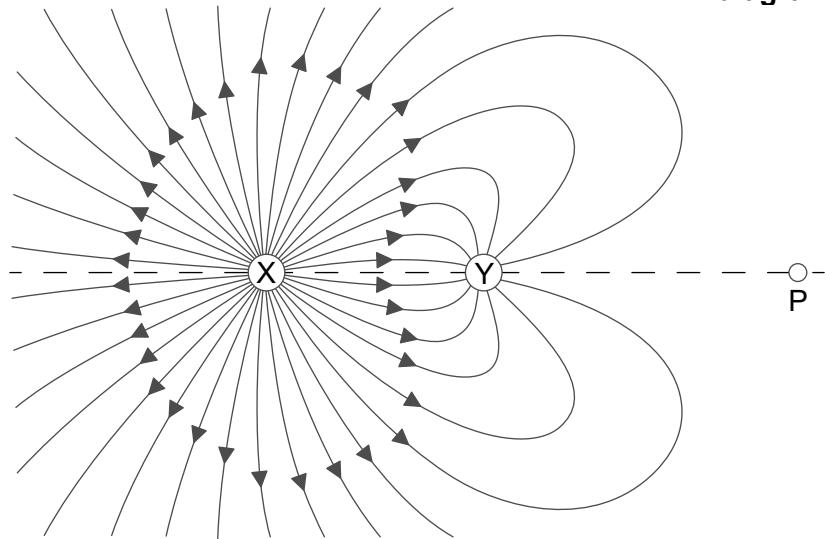


28EP20

(Pregunta 9 continuación)

- (b) El diagrama muestra algunas de las líneas de campo eléctrico para dos partículas fijas cargadas X e Y.

diagrama no a escala



La magnitud de la carga en X es Q y en Y es q. La distancia entre X e Y es de 0,600 m.
La distancia entre P e Y es de 0,820 m.

En P el campo eléctrico es cero. Determine, con **una** cifra significativa, el cociente $\frac{Q}{q}$. [2]

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



No escriba en esta página.

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



28EP22

10. Se deja caer un pequeño imán desde el reposo sobre un anillo conductor horizontal estacionario. El polo sur (S) del imán está orientado hacia arriba.

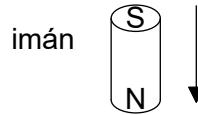


Diagrama 1: vista lateral

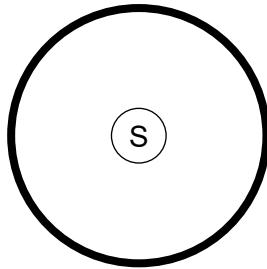


Diagrama 2: vista desde arriba

Mientras se desplaza el imán hacia el anillo:

- (a) Indique por qué aumenta el flujo magnético en el anillo. [1]

.....
.....

- (b) Dibuje aproximadamente, utilizando una flecha sobre el **Diagrama 2**, el sentido de la corriente inducida en el anillo. [1]

- (c) Deduzca la dirección y sentido de la fuerza magnética sobre el imán. [2]

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



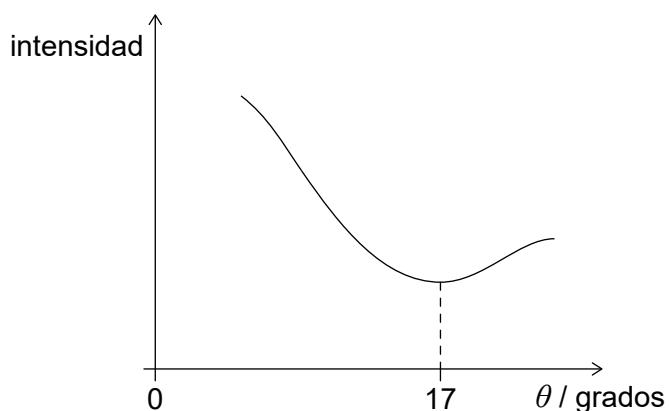
28EP23

Véase al dorso

11. (a) Sugiera por qué la hipótesis de De Broglie **no** es consistente con la conclusión de Bohr de que la órbita del electrón en el átomo de hidrógeno tiene un radio bien definido. [2]

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

- (b) En un experimento para determinar el radio de un núcleo de carbono-12, se dispersa un haz de neutrones mediante una película delgada de carbono-12. La gráfica muestra la variación en la intensidad de los neutrones dispersados frente al ángulo de dispersión. La longitud de onda de De Broglie de los neutrones es $1,6 \times 10^{-15}$ m.



- (i) Estime, a partir de la gráfica, el radio de un núcleo de carbono-12. [2]

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

- (ii) El cociente $\frac{\text{volumen de un núcleo con número másico } A}{\text{volumen de un nucleón}}$ es aproximadamente A .

Comente esta observación en relación con la fuerza nuclear fuerte. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 11 continuación)

- (c) Una muestra pura de cobre-64 tiene una masa de 28 mg. La constante de desintegración del cobre-64 es de $5,5 \times 10^{-2}$ hora $^{-1}$.

(i) Estime, en Bq, la actividad inicial de la muestra.

[2]

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

- (ii) Calcule, en horas, el tiempo para el cual la actividad de la muestra se habrá reducido a un tercio de la actividad inicial.

[2]

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



28EP25

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 2019

Physics

Higher level

Paper 2

19 pages

No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without written permission from the IB.

Additionally, the license tied with this product prohibits commercial use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, is not permitted and is subject to the IB's prior written consent via a license. More information on how to request a license can be obtained from <http://www.ibo.org/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite de l'IB.

De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation commerciale de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, n'est pas autorisée et est soumise au consentement écrit préalable de l'IB par l'intermédiaire d'une licence. Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour demander une licence, rendez-vous à l'adresse <http://www.ibo.org/fr/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin que medie la autorización escrita del IB.

Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso con fines comerciales de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales— no está permitido y estará sujeto al otorgamiento previo de una licencia escrita por parte del IB. En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una licencia: <http://www.ibo.org/es/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

Subject Details: Physics HL Paper 2 Markscheme

Mark Allocation

Candidates are required to answer ALL questions. Maximum total = [90 marks].

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

Question			Answers	Notes	Total
1.	a	i	$F = \frac{\Delta mv}{\Delta t} / m \frac{\Delta v}{\Delta t} / \frac{0.058 \times 64.0}{25 \times 10^{-3}} \checkmark$ $F = 148 \text{ «N»} \approx 150 \text{ «N»} \checkmark$		2
1.	a	ii	ALTERNATIVE 1 $P = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{t} / \frac{\frac{1}{2} \times 0.058 \times 64.0^2}{25 \times 10^{-3}} \checkmark$ $P = 4700 / 4800 \text{ «W»} \checkmark$ ALTERNATIVE 2 $P = \text{average } Fv / 148 \times \frac{64.0}{2} \checkmark$ $P = 4700 / 4800 \text{ «W»} \checkmark$		2

(continued...)

(Question 1 continued)

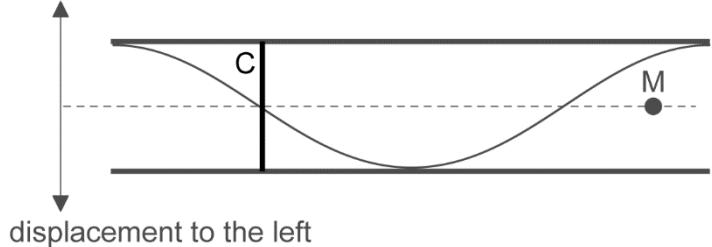
Question			Answers	Notes	Total
1.	b	i	<p>horizontal component of velocity is $64.0 \times \cos 7^\circ = 63.52 \text{ ms}^{-1}$ ✓</p> $t = \frac{11.9}{63.52} \Rightarrow 0.187 / 0.19 \text{ s} \text{ ✓}$		2
1.	b	ii	<p>ALTERNATIVE 1</p> $u_y = 64 \sin 7 / 7.80 \text{ ms}^{-1} \text{ ✓}$ $\text{decrease in height} = 7.80 \times 0.187 + \frac{1}{2} \times 9.81 \times 0.187^2 / 1.63 \text{ m} \text{ ✓}$ $\text{final height} = 2.80 - 1.63 = 1.1 / 1.2 \text{ m} \text{ ✓}$ <p>«higher than net so goes over»</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> $\text{vertical distance to fall to net} = 2.80 - 0.91 = 1.89 \text{ m} \text{ ✓}$ $\text{time to fall this distance found using } 1.89 = 7.8t + \frac{1}{2} \times 9.81 \times t^2$ $t = 0.21 \text{ s} \text{ ✓}$ $0.21 \text{ s} > 0.187 \text{ s} \text{ ✓}$ <p>«reaches the net before it has fallen far enough so goes over»</p>		3

(continued...)

(Question 1 continued)

1.	b	iii	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>Initial KE + PE = final KE /</p> $\frac{1}{2} \times 0.058 \times 64^2 + 0.058 \times 9.81 \times 2.80 = \frac{1}{2} \times 0.058 \times v^2 \quad \checkmark$ $v = 64.4 \text{ «ms}^{-1}» \quad \checkmark$ <p>ALTERNATIVE 2</p> $v_v = \sqrt{7.8^2 + 2 \times 9.81 \times 2.8} = 10.8 \text{ «ms}^{-1}» \quad \checkmark$ $\langle\langle v = \sqrt{63.5^2 + 10.8^2} \rangle\rangle$ $v = 64.4 \text{ «ms}^{-1}» \quad \checkmark$	2
1.	c		<p>so horizontal velocity component at lift off for clay is smaller \checkmark</p> <p>normal force is the same so vertical component of velocity is the same \checkmark</p> <p>so bounce angle on clay is greater \checkmark</p>	3

Question			Answers	Notes	Total
2.	a		$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT / v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} / \sqrt{\frac{3 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 320}{6.6 \times 10^{-27}}} \checkmark$ $v = 1.4 \times 10^3 \text{ «ms}^{-1}\text{»} \checkmark$		2
2.	b		$N = \frac{pV}{kT} / \frac{5.1 \times 10^5 \times 3.2 \times 10^{-6}}{1.38 \times 10^{-23} \times 320}$ <p>OR</p> $N = \frac{pVN_A}{RT} / \frac{5.1 \times 10^5 \times 3.2 \times 10^{-6} \times 6.02 \times 10^{23}}{8.31 \times 320} \checkmark$ $N = 3.7 \times 10^{20} \checkmark$		2
2.	c	i	$\ll \frac{4 \times 10^{20} \times 4.9 \times 10^{-31}}{3.2 \times 10^{-6}} = \gg 6 \times 10^{-5} \checkmark$		1
2.	c	ii	<p>«For an ideal gas» the size of the particles is small compared to the distance between them/size of the container/gas</p> <p>OR</p> <p>«For an ideal gas» the volume of the particles is negligible/the volume of the particles is small compared to the volume of the container/gas</p> <p>OR</p> <p>«For an ideal gas» particles are assumed to be point objects \checkmark</p> <p>calculation/ratio/result in (c)(i) shows that volume of helium atoms is negligible compared to/much smaller than volume of helium gas/container «hence assumption is justified» \checkmark</p>		2

Question			Answers	Notes	Total
3.	a		Expression or statement showing acceleration is proportional to displacement ✓ so $\ll 7.9 \times \frac{2.3}{3.2} \gg = 5.7 \text{ ms}^{-2}$ ✓		2
3.	b		$\sin \theta = \frac{340}{6010} \times \sin 54^\circ$ ✓ $\theta = 2.6^\circ$ ✓		2
3.	c		$\lambda = \ll \frac{340}{250} \gg = 1.36 \approx 1.4 \text{ m}$ ✓		1
3.	d	i	horizontal arrow «at M» pointing left ✓		1
3.	d	ii	any point labelled C on the vertical line shown below ✓ eg: displacement to the right  displacement to the left		1

(continued...)

(Question 3 continued)

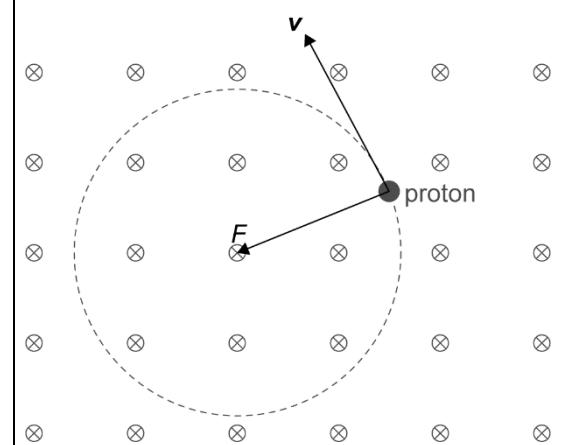
Question			Answers	Notes	Total
3.	e	i	$f' = 2500 \times \frac{340}{340 + 280} \checkmark$ $f' = 1371 \approx 1400 \text{ «Hz»} \checkmark$		2
3.	e	ii	$\lambda' = \frac{340}{1371} \approx 0.24 / 0.25 \text{ «m»} \checkmark$		1

Question			Answers	Notes	Total
4.	a		total resistance of circuit is 8.0 «Ω» ✓ $P = \frac{12^2}{8.0} = 18 \text{ «W» } \checkmark$		2
4.	b	i	«a resistor is now connected in parallel» reducing the total resistance OR current through YZ unchanged and additional current flows through X ✓		1
4.	b	ii	evidence in calculation or statement that pd across Y/current in Y is the same as before ✓ so ratio is 1 ✓		2
4.	c		$E = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times 12^2 = \gg 4.3 \times 10^{-4} \text{ «J» } \checkmark$		1

(continued...)

(Question 4 continued)

Question			Answers	Notes	Total
4.	d	i	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>capacitance doubles and voltage halves ✓</p> <p>since $E = \frac{1}{2}CV^2$ energy halves ✓</p> <p>so change is «»2.2×10^{-4} «J» ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>$E = \frac{1}{2}CV^2$ and $Q = CV$ so $E = \frac{Q^2}{2C}$ ✓</p> <p>capacitance doubles and charge unchanged so energy halves ✓</p> <p>so change is «»2.2×10^{-4} «J» ✓</p>		3
4.	d	ii	it is the work done when inserting the dielectric into the capacitor ✓		1

Question			Answers	Notes	Total
5.	a	i	F towards centre ✓		1
5.	a	ii	v tangent to circle and in the direction shown in the diagram ✓		1
5.	b	i	$\text{«}qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB} / \frac{1.673 \times 10^{-27} \times 2.16 \times 10^6}{1.60 \times 10^{-19} \times 0.042} \text{»} \checkmark$ $R = 0.538 \text{ «m»} \checkmark$ $R = 0.54 \text{ «m»} \checkmark$		3
5.	b	ii	$T = \frac{2\pi R}{v} / \frac{2\pi \times 0.54}{2.16 \times 10^6} \checkmark$ $T = 1.6 \times 10^{-6} \text{ «s»} \checkmark$		2

Question			Answers	Notes	Total
6.	a		proton / ${}^1\text{H}$ / p ✓		1
6.	b	i	« $3 \times 2.78 - 2 \times 2 \times 1.12$ » See $3 \times 2.78 / 8.34$ OR $2 \times 2 \times 1.12 / 4.48$ ✓ 3.86 «MeV» ✓		2
6.	b	ii	the deuterium nuclei are positively charged/repel ✓ high KE/energy is required to overcome «Coulomb/electrostatic» repulsion /potential barrier OR high KE/energy is required to bring the nuclei within range of the strong nuclear force ✓ high temperatures are required to give high KEs/energies ✓		2 max
6.	c	i	-1 / -e ✓		1
6.	c	ii	-3 ✓		1

Question			Answers	Notes	Total
7.	a		$5.67 \times 10^{-8} \times 289^4$ OR = $396 \text{ «W m}^{-2}\text{» } \checkmark$ « $\approx 400 \text{ W m}^{-2}\text{»}$		1
7.	b		«most of the radiation emitted by the oceans is in the» infrared ✓ «this radiation is» absorbed by greenhouse gases/named greenhouse gas in the atmosphere ✓ «the gases» reradiate/re-emit ✓ partly back towards oceans/in all directions/awareness that radiation in other directions is also present ✓		3 max
7.	c	i	water loses $396 - 330 / 66 \text{ «W m}^{-2}\text{» } \checkmark$ extra intensity that must be lost is « $170 - 66\text{»} = 104 \approx 100 \text{ W m}^{-2}\text{» } \checkmark$ OR absorbed by water $330 + 170 / 500 \text{ «W m}^{-2}\text{» } \checkmark$ extra intensity that must be lost is « $500 - 396\text{»} = 104 \approx 100 \text{ W m}^{-2}\text{» } \checkmark$		2

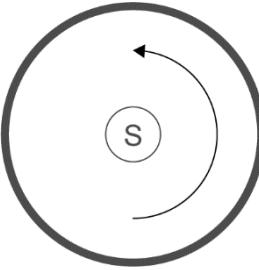
(continued...)

(Question 7 continued)

Question			Answers	Notes	Total
7.	c	ii	<p>conduction to the air above OR «mainly» evaporation OR melting ice at the poles OR reflection of sunlight off the surface of the ocean ✓</p>	<p><i>Do not accept convection or radiation.</i></p>	1

Question			Answers	Notes	Total
8.	a		<p>there is constructive interference at M OR the amplitude doubles at M ✓ intensity is «proportional to» amplitude² ✓ 88 «W m⁻² » ✓</p>		3
8.	b		<p>«$S = \frac{\lambda D}{d} \Rightarrow \lambda = \frac{sd}{D}$ / $\frac{0.12 \times 10^{-3} \times 7.0 \times 10^{-3}}{1.5}$ ✓ $\lambda = 560$ «nm» ✓</p>		2
8.	c	i	<p>«the interference pattern will be modulated by» single slit diffraction ✓ «envelope and so it will be less»</p>		1
8.	c	ii	<p>ALTERNATIVE 1 the angular position of this point is $\theta = \frac{28 \times 10^{-3}}{1.5} = 0.01867$ «rad» ✓ which coincides with the first minimum of the diffraction envelope $\theta = \frac{\lambda}{b} = \frac{560 \times 10^{-9}}{0.030 \times 10^{-3}} = 0.01867$ «rad» ✓ «so intensity will be zero»</p> <p>ALTERNATIVE 2 the first minimum of the diffraction envelope is at $\theta = \frac{\lambda}{b} = \frac{560 \times 10^{-9}}{0.030 \times 10^{-3}} = 0.01867$ «rad» ✓ distance on screen is $y = 1.50 \times 0.01867 = 28$ «mm» ✓ «so intensity will be zero»</p>		2

Question			Answers	Notes	Total
9.	a	i	$E = \frac{1}{2}m\frac{GM}{r} - \frac{GMm}{r} = -\frac{1}{2}\frac{GMm}{r} \quad \checkmark$ <p>comparison with $V = -\frac{GM}{r} \quad \checkmark$</p> <p>«to give answer»</p>		2
9.	a	ii	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>«at the position of the planet» the potential depends only on the mass of the star /does not depend on the radius of the star \checkmark</p> <p>the potential will not change and so the energy will not change \checkmark</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>r / distance between the centres of the objects / orbital radius remains unchanged \checkmark</p> <p>since $E_{Total} = -\frac{1}{2}\frac{GMm}{r}$, energy will not change \checkmark</p>		2
9.	b		$\frac{kQ}{(0.600 + 0.820)^2} = \frac{kq}{0.820^2} \quad \checkmark$ $\frac{Q}{q} = \frac{(0.600 + 0.820)^2}{0.820^2} = 2.9988 \approx 3 \quad \checkmark$		2

Question			Answers	Notes	Total
10.	a		the magnetic field at the position of the ring is increasing «because the magnet gets closer to the ring» ✓		1
10.	b		the current must be counterclockwise «in diagram 2» ✓ eg:  Diagram 2: view from above		1
10.	c		since the induced magnetic field is upwards <i>OR</i> by Lenz law the change «of magnetic field/flux» must be opposed <i>OR</i> by conservation of energy the movement of the magnet must be opposed ✓ therefore the force is repulsive/upwards ✓		2

Question			Answers	Notes	Total
11.	a		«de Broglie's hypothesis states that the» electron is represented by a wave ✓ therefore it cannot be localized/it is spread out/it does not have a definite position ✓	Award MP1 for any mention of wavelike property of an electron.	2
11.	b	i	« $d \sin \theta = \lambda \Rightarrow d = \frac{1.6 \times 10^{-15}}{\sin 17^\circ} / 5.47 \times 10^{-15}$ «m» ✓ $R = \frac{d}{2} \approx 2.7 / 2.8 \times 10^{-15}$ «m» ✓		2
11.	b	ii	this implies that the nucleons are very tightly packed/that there is very little space in between the nucleons ✓ because the nuclear force is stronger than the electrostatic force ✓		2
11.	c	i	number of nuclei is $\frac{28 \times 10^{-3}}{64} \times 6.02 \times 10^{23} / 2.63 \times 10^{20}$ ✓ $A = \ll \lambda N = 2.63 \times 10^{20} \times \frac{5.5 \times 10^{-2}}{3600} \gg = 4.0 \times 10^{15}$ «Bq» ✓		2
11.	c	ii	$\frac{1}{3} = e^{-\lambda t}$ ✓ $t = 20$ «hr» ✓		2



Diploma Programme
Programme du diplôme
Programa del Diploma

No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without written permission from the IB.

Additionally, the license tied with this product prohibits commercial use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, is not permitted and is subject to the IB's prior written consent via a license. More information on how to request a license can be obtained from <http://www.ibo.org/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite de l'IB.

De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation commerciale de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, n'est pas autorisée et est soumise au consentement écrit préalable de l'IB par l'intermédiaire d'une licence. Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour demander une licence, rendez-vous à l'adresse <http://www.ibo.org/fr/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin que medie la autorización escrita del IB.

Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso con fines comerciales de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales— no está permitido y estará sujeto al otorgamiento previo de una licencia escrita por parte del IB. En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una licencia: <http://www.ibo.org/es/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional



Física
Nivel superior
Prueba 3

Lunes 20 de mayo de 2019 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora 15 minutos

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

Instrucciones para los alumnos

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

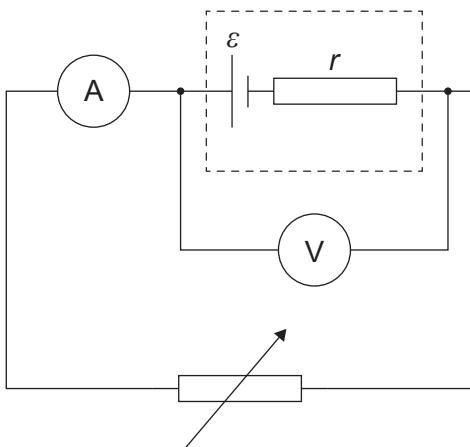
Sección A	Preguntas
Conteste todas las preguntas.	1 – 3

Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	4 – 9
Opción B — Física en ingeniería	10 – 14
Opción C — Toma de imágenes	15 – 17
Opción D — Astrofísica	18 – 22

Sección A

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

1. Una alumna investiga la fuerza electromotriz (fem) ε y la resistencia interna r de una celda.



Se miden la corriente I y la diferencia de potencial terminal V .

Para este circuito, $V = \varepsilon - Ir$.

En la tabla se muestran los datos obtenidos por la alumna. Se muestran también las incertidumbres para cada medición.

I / mA $\pm 1 \text{ mA}$	V / V $\pm 0,02 \text{ V}$
97	1,55
193	1,50
304	1,45
395	1,40
487	1,35
598	1,30

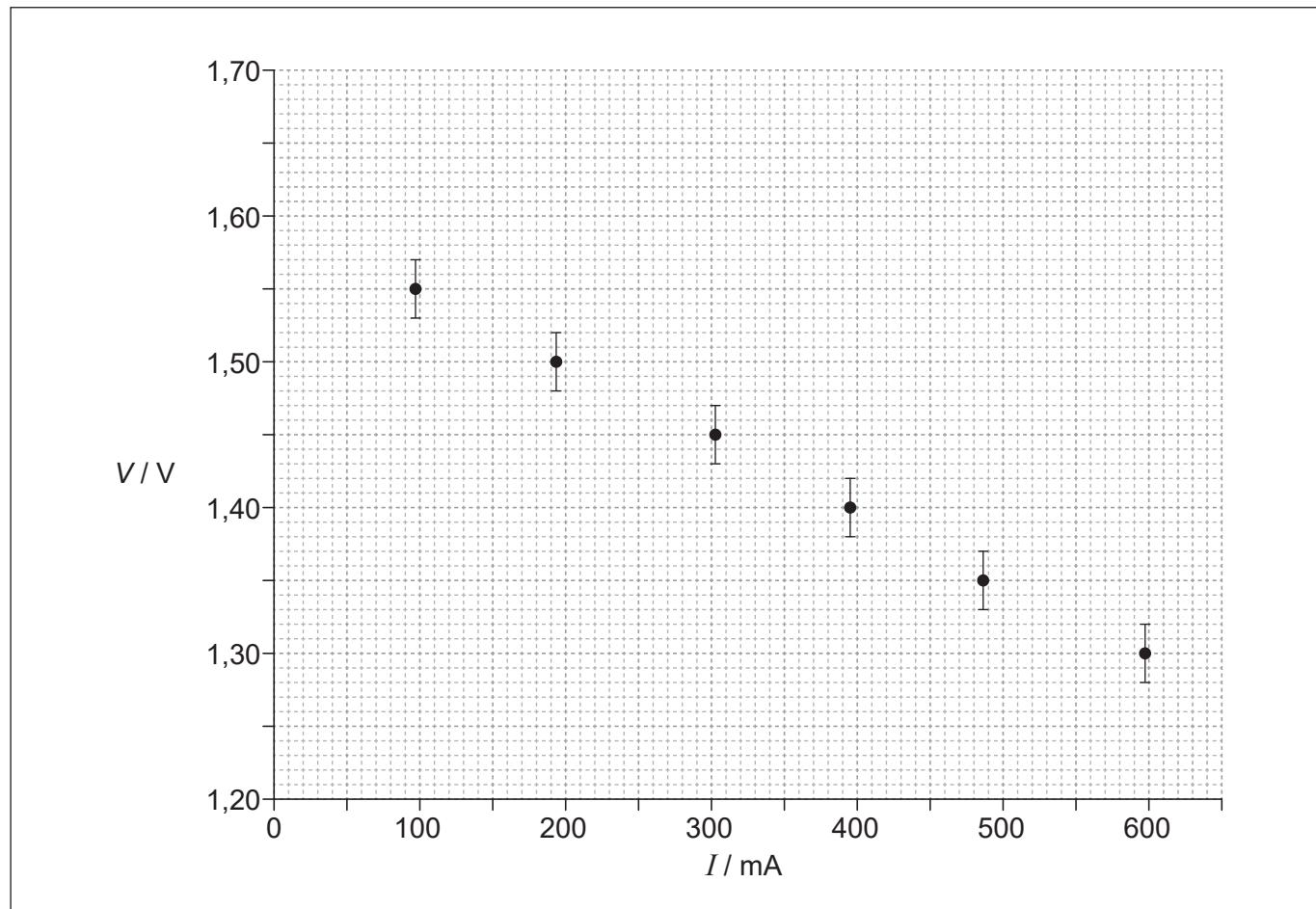
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



40EP02

(Pregunta 1: continuación)

En la gráfica se muestran los datos representados.



- (a) La alumna ha representado barras de error para la diferencia de potencial. Resuma por qué no se muestran barras de error para la corriente. [1]

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

(Esta pregunta continúa en la página 5)



40EP03

Véase al dorso

No escriba en esta página.

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



40EP04

(Pregunta 1: continuación)

- (b) Determine, a partir de la gráfica, la fem de la celda, incluyendo la incertidumbre para el valor. Dé su respuesta con el número correcto de cifras significativas. [3]

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

- (c) Resuma, **sin** cálculos, cómo puede determinarse la resistencia interna a partir de la gráfica. [2]

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

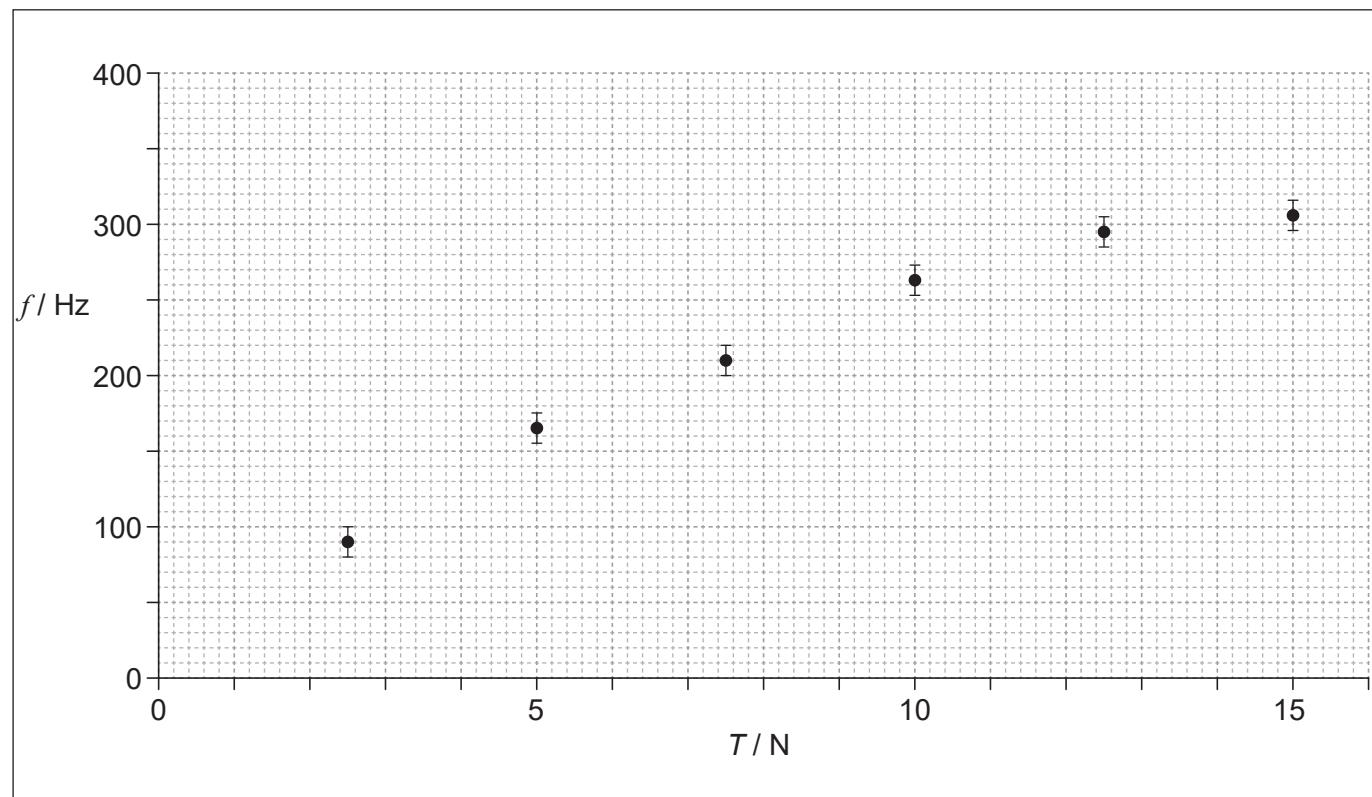


40EP05

Véase al dorso

2. Se lleva a cabo un experimento para determinar cómo varía la frecuencia fundamental f de un cable que vibra frente a la tensión T del cable.

Se muestran los datos en la gráfica. No se muestra la incertidumbre en la tensión.



- (a) Dibuje la línea de ajuste óptimo para los datos. [1]

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

- (b) Se propone que la frecuencia de oscilación vendría dada por $f^2 = kT$, donde k es una constante.

(i) Determine la unidad fundamental del SI para k .

[1]

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

- (ii) Escriba un par de cantidades que, al ser representadas, permitan verificar la relación $f^2 = kT$.

[1]

.....
.....

- (iii) Describa las características clave de la gráfica de (b)(ii) si apoya esta relación.

[2]

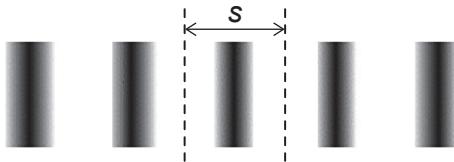
.....
.....
.....
.....



40EP07

Véase al dorso

3. Un alumno utiliza un montaje de doble rendija de Young para determinar la longitud de onda de la luz emitida por una fuente monocromática. Se observa un fragmento del patrón de interferencia sobre una pantalla.



Se mide la distancia D entre la doble rendija y la pantalla mediante una regla cuya división más pequeña es de 1 mm.

Se mide la separación s entre franjas con incertidumbre $\pm 0,1$ mm.

La separación d entre las rendijas tiene incertidumbre despreciable.

La longitud de onda se calcula utilizando la relación $\lambda = \frac{sd}{D}$.

- (a) Cuando $d = 0,200$ mm, $s = 0,9$ mm y $D = 280$ mm, determine la incertidumbre en porcentaje para la longitud de onda. [2]

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

- (b) Explique cómo podría utilizar el alumno este aparato para obtener un valor más fiable para λ . [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

4. (a) Una observadora en reposo en el sistema de referencia de la Tierra mide la velocidad de una nave espacial como $0,50c$.

(i) Defina un *sistema de referencia inercial*.

[1]

.....
.....

- (ii) Al pasar junto a la Tierra, la nave espacial emite un destello de luz que se desplaza en el mismo sentido que la nave espacial con velocidad c en la medición de un observador en la nave espacial. Calcule, según la transformación de Galileo, la velocidad de la luz en el sistema de referencia de la Tierra.

[1]

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

- (b) Utilice su respuesta de (a)(ii) para describir el cambio de paradigma que provocó la teoría de la relatividad especial de Einstein.

[2]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)

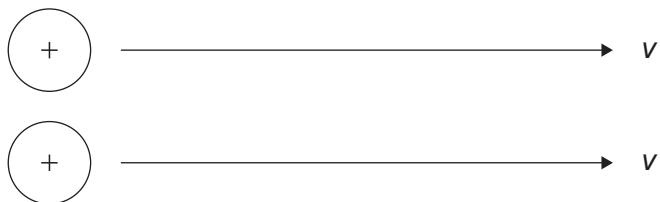


40EP09

Véase al dorso

(Opción A: continuación)

5. Dos protones se desplazan hacia la derecha con igual velocidad v respecto a una observadora en reposo en el sistema del laboratorio.



- (a) Resuma por qué hay una fuerza magnética atractiva sobre cada protón en el sistema del laboratorio.

[1]

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

- (b) Explique por qué no hay fuerza magnética sobre cada protón en su propio sistema en reposo.

[1]

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

- (c) Explique por qué la fuerza resultante que actúa sobre los protones debe ser repulsiva para todos los sistemas de referencia.

[2]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)



40EP10

(Opción A: continuación)

6. Un tren con longitud propia de 85 m se mueve con velocidad $0,60c$ respecto a un observador estacionario en un andén.

- (a) Defina *longitud propia*.

[1]

.....

- (b) En el sistema de referencia del tren, una pelota se deslaza con velocidad $0,50c$ desde la parte trasera hacia la parte delantera del tren, cuando el tren pasa junto al andén. Calcule el tiempo que lleva a la pelota alcanzar la parte delantera del tren:

- (i) en el sistema de referencia del tren.

[1]

.....

- (ii) en el sistema de referencia del andén.

[3]

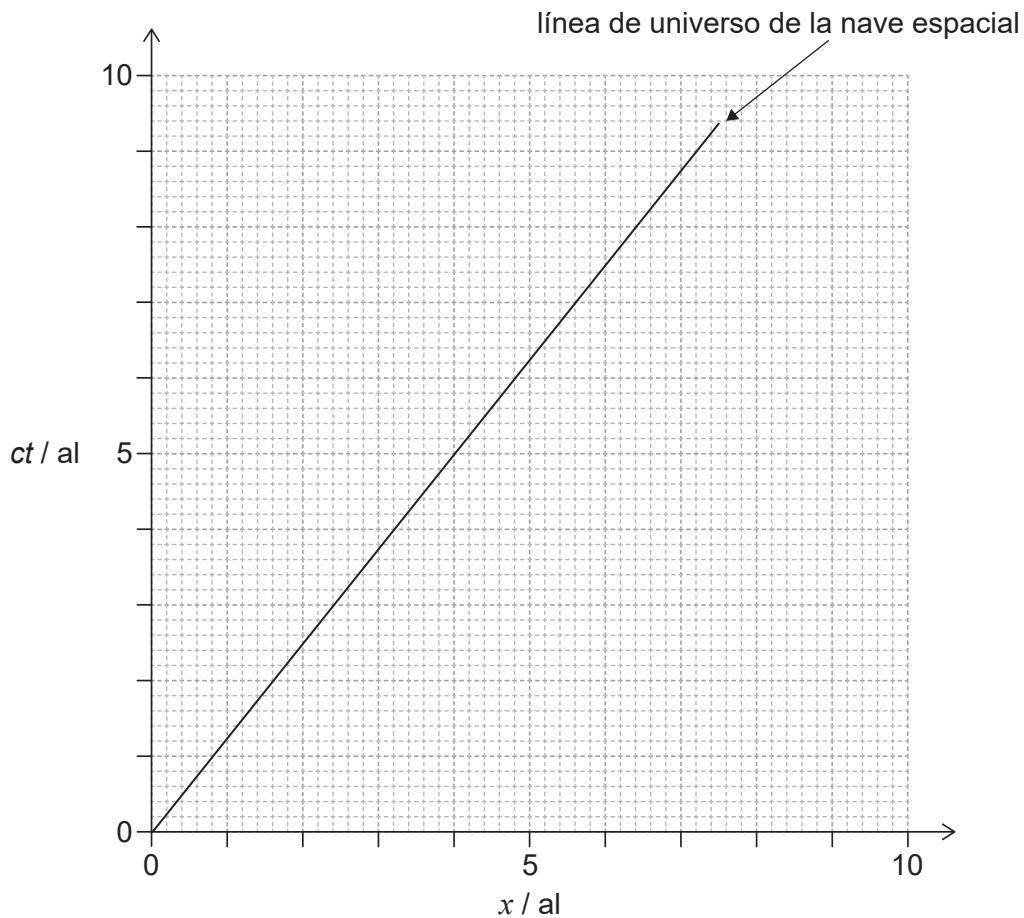
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

7. Una nave espacial se aleja de la Tierra en dirección a un planeta cercano. Una observadora en la Tierra determina que el planeta se encuentra a 4 años luz (al) de la Tierra. El diagrama de espacio-tiempo para el sistema de referencia de la Tierra muestra la línea de universo de la nave espacial. Asuma que el reloj en la Tierra, el reloj en el planeta y el reloj en la nave espacial estaban todos sincronizados cuando $ct = 0$.



- (a) Muestre, utilizando el diagrama de espacio-tiempo, que la velocidad de la nave espacial respecto a la Tierra es $0.80c$. [1]

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

- (b) Rotule, con la letra E, el suceso de la nave espacial pasando junto al planeta. [1]

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 7)

- (c) Determine, según un observador en la nave espacial cuando la nave espacial pasa junto al planeta:

(i) el tiempo indicado por el reloj en la nave espacial.

[2]

(ii) el tiempo indicado por el reloj en el planeta.

[1]

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

- (d) Al pasar junto al planeta, una sonda que alberga al reloj de la nave espacial y a un astronauta es enviada de vuelta a la Tierra a una velocidad de $0,80c$ respecto a la Tierra. Sugiera, para esta situación, cómo surge la paradoja de los gemelos y cómo se resuelve.

[2]

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

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

8. Un protón tiene una energía total de 1050 MeV después de acelerar desde el reposo a través de una diferencia de potencial V .

(a) Defina *energía total*.

[1]

.....
.....

(b) (i) Determine el momento del protón.

[1]

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

(ii) Determine la velocidad del protón.

[2]

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

(iii) Calcule la diferencia de potencial V .

[1]

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

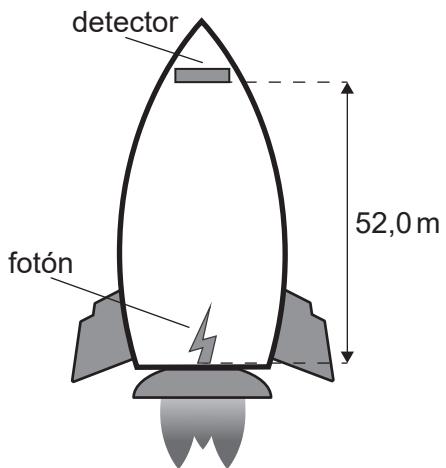
(La opción A continúa en la página siguiente)



40EP14

(Opción A: continuación)

9. Un cohete acelera hacia arriba a $9,8 \text{ ms}^{-2}$ en la profundidad del espacio. Desde el fondo del cohete se emite hacia arriba un fotón de energía $14,4 \text{ keV}$ que se desplaza hasta un detector en la punta del cohete $52,0 \text{ m}$ por encima.



- (a) Explique por qué se espera un cambio en la frecuencia para el fotón detectado en la punta del cohete.

[3]

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

- (b) Calcule el cambio en la frecuencia.

[2]

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

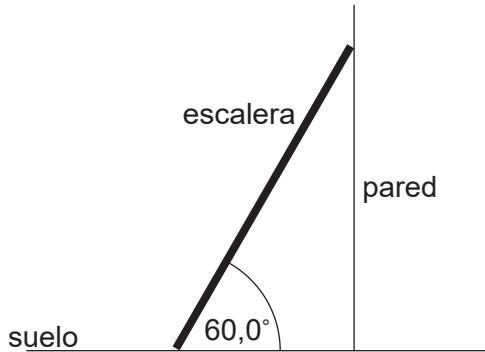
Fin de la opción A

40EP15

Véase al dorso

Opción B — Física en ingeniería

10. Se coloca una escalera de mano uniforme con peso de 50,0 N y longitud de 4,00 m apoyada contra una pared lisa y formando un ángulo de $60,0^\circ$ con el suelo.



- (a) Resuma por qué la fuerza normal que actúa sobre la escalera en el punto de contacto con la pared es igual a la fuerza de rozamiento F entre la escalera y el suelo. [1]

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

- (b) Calcule F . [2]

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

- (c) El coeficiente de rozamiento entre la escalera y el suelo es de 0,400. Determine si la escalera resbalará. [2]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



40EP16

(Opción B: continuación)

11. El momento de inercia de una esfera sólida es $I = \frac{2}{5}mr^2$, donde m es la masa de la esfera y r es el radio.

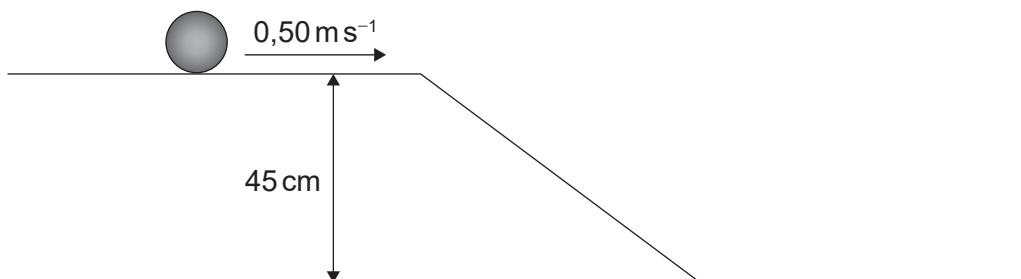
- (a) Muestre que la energía cinética total E_k de la esfera cuando rueda, sin deslizarse, a la velocidad v es

$$E_k = \frac{7}{10}mv^2.$$

[2]

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

- (b) Una esfera sólida de masa 1,5 kg está rodando, sin deslizarse, sobre una superficie horizontal con una velocidad de $0,50 \text{ ms}^{-1}$. La esfera cae rodando, sin deslizarse, por una rampa hasta alcanzar otra superficie horizontal que se encuentra 45 cm más baja.



Calcule la velocidad de la esfera en el extremo inferior de la rampa.

[3]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)

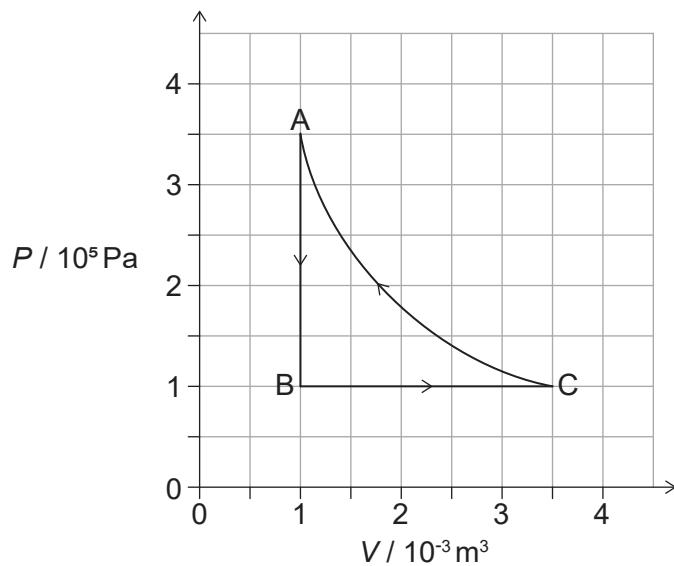


40EP17

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

12. Se modela una bomba de calor mediante el ciclo A→B→C→A.



La bomba de calor transfiere energía térmica al interior de un edificio durante los procesos C→A y A→B y absorbe energía térmica del entorno durante el proceso B→C. La sustancia de trabajo es un gas ideal.

- (a) Muestre que el trabajo efectuado sobre el gas para el proceso isotérmico C→A es de aproximadamente 440J.

[2]

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

- (b) Calcule:

- (i) el cambio en la energía interna del gas para el proceso A→B.

[2]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



40EP18

(Continuación: opción B, pregunta 12)

- (ii) la temperatura en A si la temperatura en B es de -40°C .

[1]

- (c) Determine, usando la primera ley de la termodinámica, la energía térmica total transferida al edificio durante los procesos C→A and A→B.

[3]

- (d) Sugiera por qué este ciclo no es un modelo adecuado para una bomba de calor efectiva. [2]

(La opción B continúa en la página siguiente)



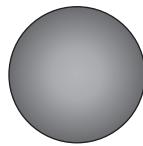
40EP19

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

13. Se suelta una esfera sólida desde el reposo **bajo** la superficie de un fluido y comienza a caer.

- (a) Dibuje y rotule la fuerzas que actúan sobre la esfera en el **instante** en que se suelta. [1]



- (b) Explique por qué la esfera alcanzará una velocidad terminal. [2]

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

- (c) El peso de la esfera es de $6,16 \text{ mN}$ y su radio es de $5,00 \times 10^{-3} \text{ m}$. Para un fluido con densidad de $8,50 \times 10^2 \text{ kg m}^{-3}$, se obtiene que la velocidad terminal es de $0,280 \text{ ms}^{-1}$. Calcule la viscosidad del fluido. [2]

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

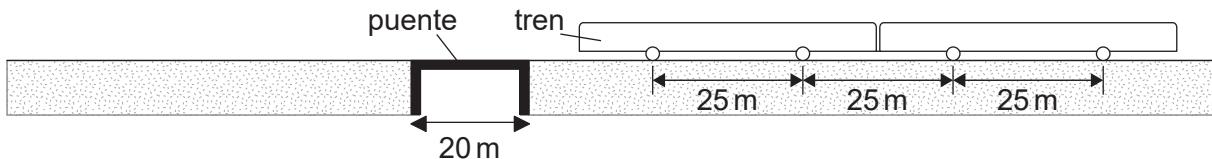
(La opción B continúa en la página siguiente)



40EP20

(Opción B: continuación)

14. Una vía de ferrocarril pasa por encima de un puente que tiene una longitud de 20 m.



El puente se ve sometido a una fuerza periódica cuando lo cruza un tren, causada por el peso del tren transmitido a través de las ruedas al pasar estas por el centro del puente.

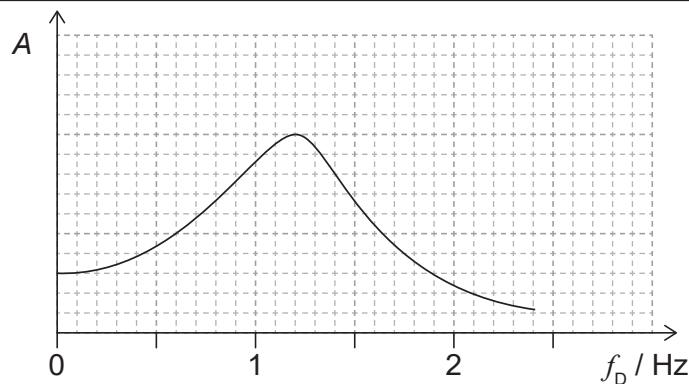
Las ruedas del tren están separadas 25 m.

- (a) Muestre que, cuando la velocidad del tren es de 10 ms^{-1} , la frecuencia de la fuerza periódica es de 0,4 Hz.

[1]

.....
.....

- (b) La gráfica muestra la variación de la amplitud de vibración A del puente con la frecuencia impulsora f_D , cuando la amortiguación del sistema del puente es pequeño.



Resuma, aludiendo a la curva, por qué resulta inseguro conducir un tren por el puente a 30 ms^{-1} para este nivel de amortiguación.

[2]

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

- (c) La amortiguación del sistema del puente puede ser muy variable. Dibuje, sobre la gráfica, una segunda curva cuando la amortiguación es mayor.

[2]

Fin de la opción B

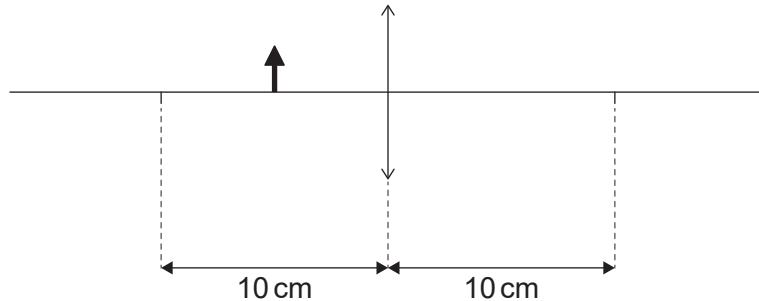


40EP21

Véase al dorso

Opción C — Toma de imágenes

15. (a) Un alumno coloca un objeto a 5,0 cm de una lente convergente con longitud focal de 10,0 cm.



- (i) Construya rayos, sobre el diagrama, para situar la imagen del objeto generada por la lente. Rotúlela con la letra I. [2]
- (ii) Determine, mediante cálculos, el aumento lineal producido en el diagrama anterior. [2]

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

- (iii) Sugiera una aplicación para la lente cuando se utiliza de esta manera. [1]

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

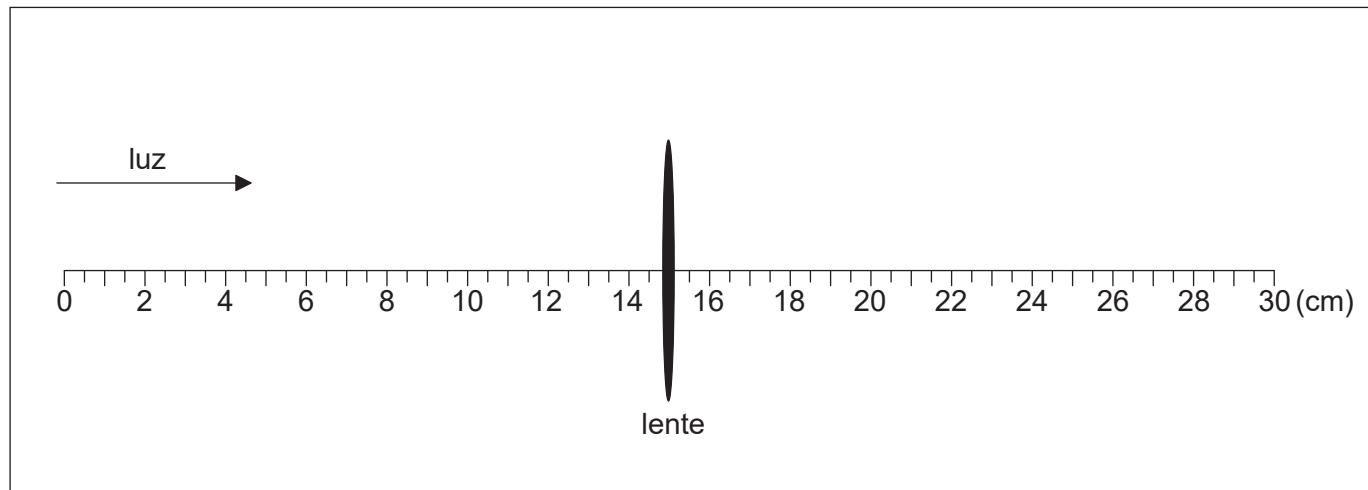
(La opción C continúa en la página siguiente)



40EP22

(Continuación: opción C, pregunta 15)

- (b) El alumno monta la misma lente sobre una regla y luz procedente de un objeto distante incide sobre la lente.



- (i) Identifique, con una línea vertical, la posición de la imagen enfocada. Rotule la posición como I. [1]
- (ii) La imagen en I es el objeto para una segunda lente convergente. Esta segunda lente forma una imagen final en el infinito con un aumento angular total para la combinación de las dos lentes de 5. Calcule la distancia entre las dos lentes convergentes. [2]

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

- (iii) Se coloca un nuevo objeto a unos pocos metros a la izquierda de la lente original. El alumno ajusta el espaciado entre las lentes para formar una imagen virtual del nuevo objeto en el infinito. Resuma, sin cálculos, la variación requerida en la separación entre lentes. [2]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



40EP23

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

16. (a) Resuma las diferencias entre las fibra ópticas de índice escalonado y de índice gradual. [2]

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

- (b) El índice de refracción n de un material es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío c y la velocidad de la luz en el material v : $n = \frac{c}{v}$.

La velocidad de la luz en el vacío c es $2,99792 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. Se dispone de los siguientes datos para los índices de refracción del núcleo de la fibra para dos longitudes de onda de la luz:

Longitud de onda (λ)	Índice de refracción (n)
1299 nm	1,45061
1301 nm	1,45059

- (i) Determine la diferencia entre la velocidad de la luz correspondiente a estas dos longitudes de onda en el vidrio del núcleo. [2]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



40EP24

(Continuación: opción C, pregunta 16)

- (ii) Una señal de entrada para la fibra consta de longitudes de onda que abarcan desde los 1299 nm hasta los 1301 nm. El diagrama muestra la variación de la intensidad de la señal de entrada con el tiempo.



Dibuje aproximadamente, sobre los ejes, la variación de la intensidad de la señal con el tiempo después de que la señal haya recorrido una distancia larga a lo largo de la fibra. [2]

- (iii) Explique la forma de la señal que ha dibujado aproximadamente en (b)(ii). [2]

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

- (iv) Una señal consta de una serie de pulsos. Resuma cómo, en un sistema práctico, la longitud del cable de fibra óptica limita el tiempo entre la transmisión de pulsos. [2]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



40EP25

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

17. (a) A un paciente se le realiza una ecografía de tipo A (*A-scan*).

- (i) Indique **una** ventaja y **una** desventaja del uso de imágenes de ultrasonidos en la medicina frente al uso de imágenes de rayos X.

[2]

Ventaja:

.....

Desventaja:

.....

- (ii) Sugiera por qué se necesita el gel de ultrasonidos durante una prueba con ultrasonidos.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Sobre un músculo inciden ultrasonidos de intensidad 50 mW m^{-2} . La intensidad reflejada es de 10 mW m^{-2} . Calcule el nivel de intensidad relativo entre las señales reflejada y transmitida.

[1]

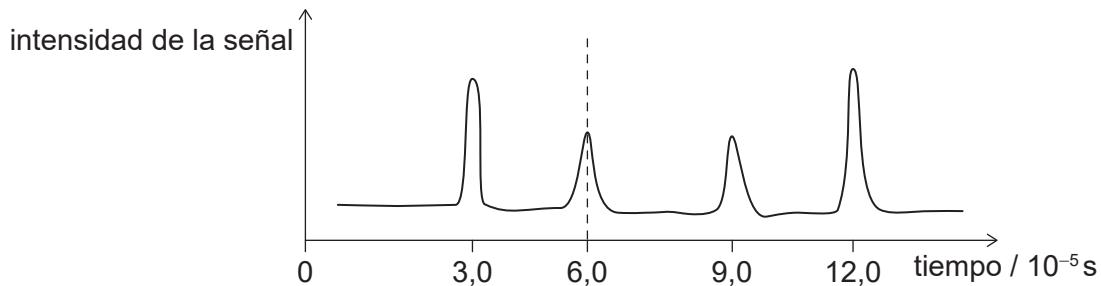
.....

.....

.....

.....

- (b) La gráfica muestra una señal recibida que incide sobre un transductor para producir una ecografía de tipo A. La densidad del tejido blando que se está examinando es de aproximadamente 1090 kg m^{-3} .



(La opción C continúa en la página siguiente)



40EP26

(Continuación: opción C, pregunta 17)

- (i) La impedancia acústica del tejido blando es de $1,65 \times 10^6 \text{ kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Muestre que la velocidad de sonido en el tejido blando es de aproximadamente 1500 ms^{-1} . [1]

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

- (ii) Estime, utilizando datos de la gráfica, la profundidad del órgano representado por la línea a trazos. [1]

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

- (iii) En la ecografía, se elige la frecuencia de modo que la distancia entre el transductor y el órgano es de al menos 200 longitudes de onda del ultrasonido. Estime, basándose en su respuesta a (b)(ii), la mínima frecuencia de ultrasonidos que puede utilizarse. [2]

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

- (iv) Un médico dispone de un rango de frecuencias para los ultrasonidos. Comente el uso de ondas sonoras de frecuencias más altas en un estudio de imágenes por ultrasonidos. [1]

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

Fin de la opción C



40EP27

Véase al dorso

Opción D — Astrofísica

- 18.** (a) (i) Resuma los procesos que producen el cambio en la luminosidad de las variables cefeidas con el tiempo. [2]

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

- (ii) Explique cómo se utilizan las variables cefeidas para determinar distancias. [2]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)



40EP28

(Continuación: opción D, pregunta 18)

- (b) Se dispone de los siguientes datos para la variable cefeida δ-Cephei.

Luminosidad máxima	= $7,70 \times 10^{29}$ W
Distancia a la Tierra	= 273 pc
Longitud de onda máxima de la luz	= $4,29 \times 10^{-7}$ m

- (i) Determine el brillo aparente máximo de δ-Cephei tal como se observa desde la Tierra.

[2]

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

- (ii) Calcule la temperatura superficial máxima de δ-Cephei.

[1]

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

- (c) Los astrónomos afirman conocer las propiedades de las estrellas lejanas. Resuma cómo pueden tener certeza los astrónomos de que sus métodos de medición arrojan información correcta.

[1]

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

(La opción D continúa en la página 31)



40EP29

Véase al dorso

No escriba en esta página.

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



40EP30

(Opción D: continuación)

19. La constante de Hubble es $2,3 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$.

- (a) (i) Una galaxia se encuentra a $1,6 \times 10^8$ años luz de la Tierra. Muestre que su velocidad de recesión tal como se mide desde la Tierra es de alrededor de $3,5 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$. [2]

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

- (ii) Una línea en el espectro de hidrógeno medida en la Tierra tiene una longitud de onda de 486 nm. Calcule, en nm, la longitud de onda de la misma línea de hidrógeno cuando se observa en el espectro de emisión de la galaxia. [2]

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

- (b) Resuma cómo las observaciones de los espectros de las galaxias lejanas proporcionan evidencia de que el universo se expande. [1]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)

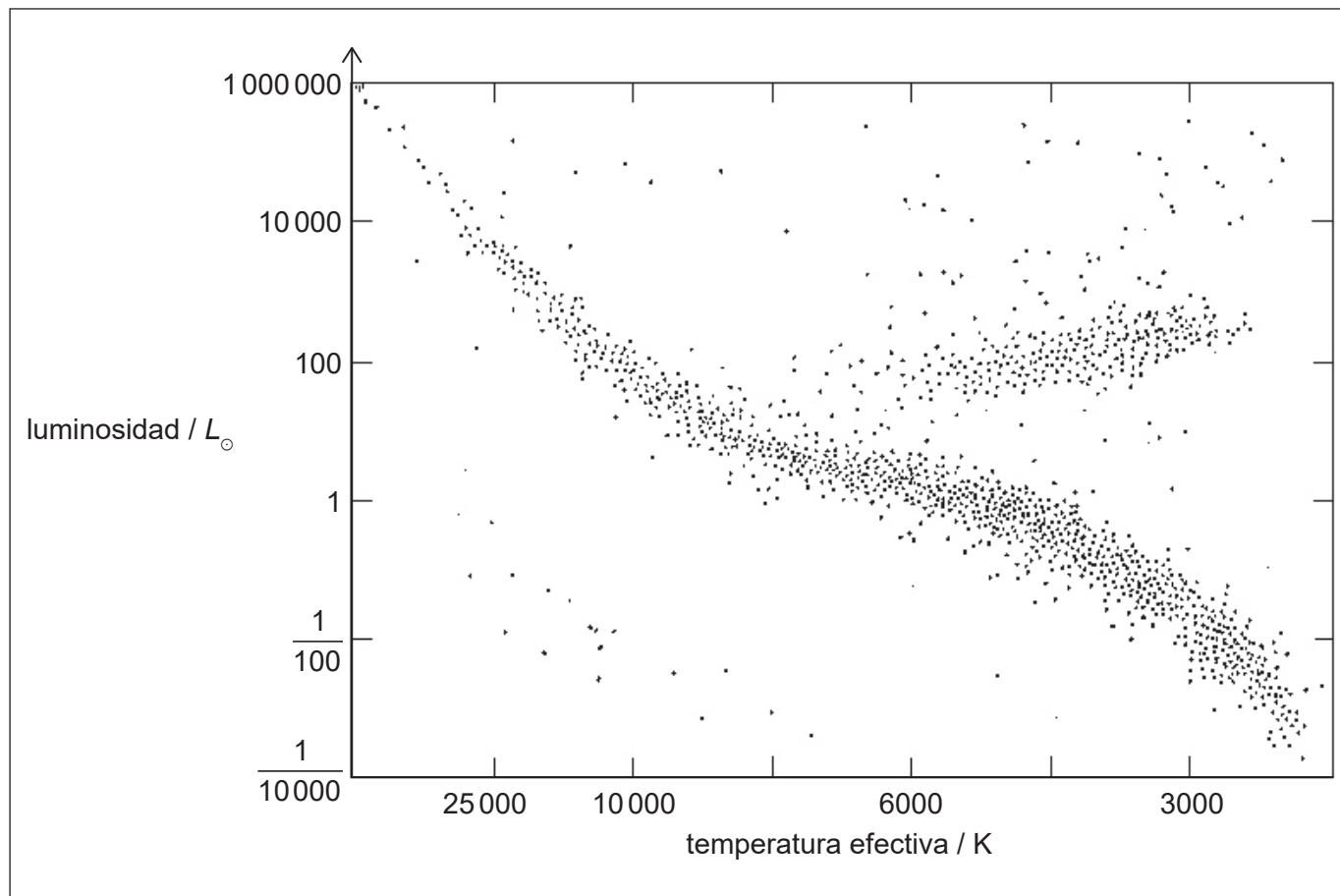


40EP31

Véase al dorso

(Opción D: continuación)

20. El diagrama de Hertzsprung-Russell (HR) muestra varios tipos de estrella. La luminosidad del Sol es L_{\odot} .



- (a) Identifique, sobre el diagrama HR, la posición del Sol. Rotule su posición como S. [1]
- (b) Sugiera las condiciones que harán que el Sol se convierta en una gigante roja. [3]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 20)

- (c) Resuma por qué el Sol mantendrá un radio constante una vez que se convierta en enana blanca.

[1]

.....
.....

- (d) Durante su evolución, es probable que el Sol llegue a ser una gigante roja con temperatura superficial de 3000K y luminosidad de $10^4 L_\odot$. Más adelante, es probable que sea una enana blanca con temperatura superficial de 10000K y luminosidad de $10^{-4} L_\odot$. Calcule $\frac{\text{radio del Sol como enana blanca}}{\text{radio del Sol como gigante roja}}$.

[2]

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

(La opción D continúa en la página 35)

40EP33

Véase al dorso

No escriba en esta página.

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



40EP34

(Opción D: continuación)

21. (a) Explique la formación de una supernova de tipo Ia que permite que la estrella sea utilizada como candela estándar.

[3]

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

- (b) Describa el proceso r que tiene lugar durante la nucleosíntesis de las supernovas de tipo II.

[2]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)

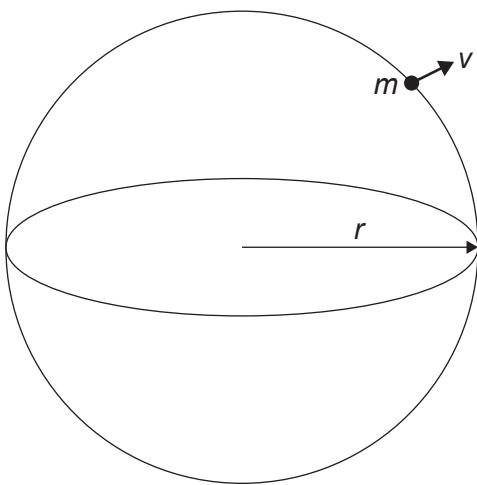


40EP35

Véase al dorso

(Opción D: continuación)

22. El modelo homogéneo del universo predice que este puede ser considerado como una nube esférica de materia de radio r y densidad uniforme ρ . Considere una partícula de masa m en el borde del universo que se desplaza con velocidad v y que obedece la ley de Hubble.



- (a) Justifique que la energía total de esta partícula es $E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{4}{3}\pi Gr r^2 m$. [2]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 22)

- (b) En la densidad crítica se anula la energía total. Muestre que la densidad crítica del universo es:

$$r_c = \frac{3H_0^2}{8\pi G}. \quad [2]$$

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

- (c) El valor aceptado para la constante de Hubble es de $2,3 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$. Estime la densidad crítica del universo.

[1]

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

Fin de la opción D

40EP37

No escriba en esta página.

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



40EP38

No escriba en esta página.

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



40EP39

No escriba en esta página.

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



40EP40

Markscheme

May 2019

Physics

Higher level

Paper 3

33 pages

No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without written permission from the IB.

Additionally, the license tied with this product prohibits commercial use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, is not permitted and is subject to the IB's prior written consent via a license. More information on how to request a license can be obtained from <http://www.ibo.org/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite de l'IB.

De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation commerciale de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, n'est pas autorisée et est soumise au consentement écrit préalable de l'IB par l'intermédiaire d'une licence. Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour demander une licence, rendez-vous à l'adresse <http://www.ibo.org/fr/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin que medie la autorización escrita del IB.

Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso con fines comerciales de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales— no está permitido y estará sujeto al otorgamiento previo de una licencia escrita por parte del IB. En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una licencia: <http://www.ibo.org/es/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

Subject Details: Physics HL Paper 3 Markscheme

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

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

Section A

Question		Answers	Notes	Total
1.	a	<p>ΔI is too small to be shown/seen</p> <p>OR</p> <p>Error bar of negligible size compared to error bar in V ✓</p>		1
1.	b	<p>evidence that ε can be determined from the y-intercept of the line of best-fit or lines of min and max gradient ✓</p> <p>states $\varepsilon = 1.59$ OR 1.60 OR 1.61 «V» ✓</p> <p>states uncertainty in ε is 0.02 «V» OR 0.03«V» ✓</p>		3
1.	c	<p>determine the gradient «of the line of best-fit» ✓</p> <p>r is the negative of this gradient ✓</p>		2

Question			Answers	Notes	Total
2.	a		Any curve that passes through ALL the error bars ✓		1
2.	b	i	$\text{kg}^{-1} \text{m}^{-1}$ ✓		1
2.	b	ii	f^2 AND T OR f AND \sqrt{T} OR $\log f$ AND $\log T$ OR $\ln f$ AND $\ln T$ ✓		1
2.	b	iii	graph would be a straight line/constant gradient/linear ✓ passing through the origin ✓		2

Question		Answers	Notes	Total
3.	a	<p>Evidence of $\frac{\Delta s}{s}$ AND $\frac{\Delta D}{D}$ used ✓</p> <p>«add fractional/% uncertainties»</p> <p>obtains 11 % (or 0.11) OR 10 % (or 0.1) ✓</p>		2
3.	b	<p>ALTERNATIVE 1: measure the combined width for several fringes OR repeat measurements ✓ take the average OR so the «percentage» uncertainties are reduced ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2: increase D «hence s» OR Decrease d ✓ so the «percentage» uncertainties are reduced ✓</p>	<i>Do not accept answers which suggest using different apparatus.</i>	2

Section B

Option A — Relativity

Question			Answers	Notes	Total
4.	a	i	a coordinate system which is not accelerating/has constant velocity/Newton's 1st law applies ✓	OWTTE <i>Both "inertial" and "reference frame" need to be defined</i>	1
4.	a	ii	1.5c ✓		1
4.	b		c is the same in all frames OR c is maximum velocity possible ✓ velocity addition frame dependent ✓ length/time/mass/fields relative measurements ✓ Newtonian/Galilean mechanics valid only at low speed ✓		2 max

Question			Answers	Notes	Total
5.	a		<p>moving charges give rise to magnetic fields OR magnetic attraction between parallel currents ✓</p>		1
5.	b		<p>protons at rest produce no magnetic field OR mention of $F = Bev$ where B and/or $v = 0$ ✓</p>		1
5.	c		<p>there is a repulsive electric/electrostatic force «in both frames» ✓ the attractive magnetic force «in the lab frame» is smaller than the repulsive electric force ✓ in all frames the net force is repulsive as all must agree that protons move apart OR mention of the first postulate of relativity ✓</p>		2 max

Question			Answers	Notes	Total
6.	a		the length measured «in a reference frame» where the object is at rest ✓		1
6.	b	i	$\Delta t = \frac{85}{0.5 \times 3 \times 10^8} \Rightarrow 5.7 \times 10^{-7} \text{ s}$ ✓		1
6.	b	ii	<p>ALTERNATIVE 1: «for $v = 0.6c$ » $\gamma = 1.25$ ✓ «uses LT with $\Delta t'$ from 6(b)(i)» $\Delta t = 1.25 \left(5.7 \times 10^{-7} + \frac{0.6 \times 85}{3 \times 10^8} \right)$ ✓ $9.2 \times 10^{-7} \text{ s}$ OR $9.3 \times 10^{-7} \text{ s}$ ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2: v of ball is $0.846c$ for platform ✓ length of train is 68m for platform ✓ $\text{time} = \frac{68}{0.846c - 0.6c} \Rightarrow 9.2 \times 10^{-7} \text{ s}$ OR $9.3 \times 10^{-7} \text{ s}$ ✓</p> <p>ALTERNATIVE 3: «$\gamma = 1.154$ for ball in train, so proper time for ball» $\Delta t_0 = \frac{5.7 \times 10^{-7}}{1.154} \Rightarrow 4.9 \times 10^{-7} \text{ s}$ ✓ v of ball is $0.846c$ for platform OR $\gamma = 1.876$ ✓ $\Delta t = \gamma \Delta t_0 = 1.876 \times 4.9 \times 10^{-7} \Rightarrow 9.2 \times 10^{-7} \text{ s}$ OR $9.3 \times 10^{-7} \text{ s}$ ✓</p>		3

Question			Answers	Notes	Total
7.	a		<p>Evidence of finding 1/gradient such as: use of any correct coordinate pair to find v - eg $\frac{4}{5}$ or $\frac{6}{7.5}$</p> <p>OR</p> <p>measures tan of angle between ct and ct' as about 39° AND $\tan 39 \approx 0.8$ ✓</p>	Answer 0.8c given, so check coordinate values carefully.	1
7.	b		E labelled at $x = 4$, $ct = 5$ ✓	Check that E is placed on the worldline of S .	1
7.	c	i	$\gamma = \frac{5}{3} = 1.67$ ✓ $t' = \frac{5}{\gamma} = 3$ years <p>OR</p> $ct' = 3$ ly ✓	Allow solutions involving the use of Lorentz equations.	2
7.	c	ii	$t = 5$ years OR $ct = 5$ ly ✓		1

(continued...)

(Question 7 continued)

Question		Answers	Notes	Total
7.	d	<p>On return to Earth the astronaut will have aged less than Earthlings «by 4 years»</p> <p>OR</p> <p>time passed on Earth is greater than time passed for the astronaut «by 4 years» ✓</p> <p>astronaut accelerated/changed frames but Earth did not</p> <p>OR</p> <p>for astronaut the Earth clock jumps forward at turn-around ✓</p>	<p>OWTTE</p> <p><i>Treat as neutral any mention of both the Earth and astronaut seeing each other's clock as running slow.</i></p>	2

Question			Answers	Notes	Total
8.	a		total energy is the sum of the rest energy and the kinetic energy ✓		1
8.	b	i	« $p^2 c^2 = 1050^2 - 938^2$ therefore» $p = 472 \text{ «MeV}c^{-1}$ ✓		1
8.	b	ii	$\gamma = \frac{1050}{938} = 1.12$ ✓ $v = 0.45c$ OR $V = 1.35 \times 10^8 \text{ «ms}^{-1}$ ✓		2
8.	b	iii	$V = 112 \text{ «MV}}$ ✓		1

Question		Answers	Notes	Total
9.	a	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>detector accelerates/moves away from point of photon emission ✓ so Doppler effect / redshift ✓ so f decreases ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>equivalent to stationary rocket on earth's surface ✓ photons lose «gravitational» energy as they move upwards ✓ hf OR f decreases ✓</p>		3
9.	b	<p>«Using $E = hf$» $f = \frac{14.4 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 3.48 \times 10^{18}$ «Hz» ✓</p> <p>«$\Delta f = f \frac{g \Delta h}{c^2}$»</p> <p>$\Delta f = 3.48 \times 10^{18} \frac{9.81 \times 52}{(3 \times 10^8)^2} = 1.97 \times 10^4$ «Hz» ✓</p>		2

Option B — Engineering physics

Question		Answers	Notes	Total
10.	a	<p>«translational equilibrium demands that the»</p> <p>resultant force in the <u>horizontal</u> direction must be zero ✓</p> <p>«hence $N_w = F$ »</p>	<i>Equality of forces is given, look for reason why.</i>	1
10.	b	<p>«clockwise moments = anticlockwise moments»</p> $50 \times 2 \cos 60 = N_w \times 4 \sin 60 \quad \checkmark$ $\text{«}N_w = F = \frac{50 \times 2 \cos 60}{4 \sin 60}\text{»}$ $F = 14.4 \text{ «N» } \checkmark$		2
10.	c	<p>maximum friction force = «$0.4 \times 50\text{N}$» = 20 «N» ✓</p> <p>$14.4 < 20$ AND so will not slip ✓</p>		2

Question		Answers	Notes	Total
11.	a	$E_k = E_k \text{ linear} + E_k \text{ rotational}$ OR $E_k = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \checkmark$ $= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \times \frac{2}{5}mr^2 \times \left(\frac{v}{r}\right)^2 \checkmark$ $\ll= \frac{7}{10}mv^2 \gg$	<i>Answer is given in the question so check working is correct at each stage.</i>	2
11.	b	Initial $E_k = \frac{7}{10} \times 1.50 \times 0.5^2 \ll= 0.26 \text{ J} \gg \checkmark$ Final $E_k = 0.26 + 1.5 \times 9.81 \times 0.45 \ll= 6.88 \text{ J} \gg \checkmark$ $v = \sqrt{\frac{10}{7} \times \frac{6.88}{1.5}} \ll= 2.56 \text{ m s}^{-1} \gg \checkmark$	<i>Other solution methods are possible.</i>	3

Question			Answers	Notes	Total
12.	a		evidence of work done equals area between AC and the Volume axis ✓ reasonable method to estimate area giving a value 425 to 450 J ✓	<i>Answer 440 J is given, check for valid working.</i> <i>Examples of acceptable methods for MP2:</i> - estimates 17 to 18 small squares x 25 J per square = 425 to 450 J. - 250 J for area below BC plus a triangle of dimensions 5 × 3, 3 × 5, or 4 × 4 small square edges giving 250 J + 187.5 J or 250 J + 200 J. <i>Accurate integration value is 438 J - if method seen award [2].</i>	2
12.	b	i	«use of $U = \frac{3}{2}nRT$ and $pV = nRT$ to give» $\Delta U = \frac{3}{2}\Delta pV$ ✓ $\ll = \frac{3}{2} \times -2.5 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3} \gg$ $= \ll -375 \gg \text{J}$ ✓	<i>Another method is possible: eg realisation that ΔU for BC has same magnitude, so $\Delta U = 3/2 P\Delta V$.</i>	2
12.	b	ii	$T_A = 816 \text{ «K» OR } 543 \text{ «}^\circ\text{C»}$ ✓		1

(continued...)

(Question 12 continued)

Question		Answers	Notes	Total
12.	c	for CA $\Delta U = 0$ so $Q = W = -440 \text{ «J»}$ ✓ for AB $W = 0$ so $Q = \Delta U = -375 \text{ «J»}$ ✓ 815 «J» transferred to the building ✓	<i>Must use the first law of thermodynamics for MP1 and MP2.</i>	3
12.	d	the temperature changes in the cycle are too large ✓ the cycle takes too long «because it contains an isothermal stage» ✓ energy/power output would be too small ✓		2 max

Question		Answers	Notes	Total
13.	a	<p>U OR upthrust OR buoyant force OR buoyancy force OR buoyancy OR B</p> <p>W OR weight OR mg OR force of gravity</p>	<p><i>Both forces must be suitably labeled. Do not accept just 'gravity' Award [0] if a third force is shown.</i></p>	1
13.	b	<p>«as the ball falls» there is a drag force ✓ when drag force + buoyant force/upthrust = «-» weight OR When net/resultant force = 0 ✓ «terminal speed occurs»</p>	<p>OWTTE <i>Terminal speed is mentioned in the question, so no additional marks for reference to it.</i></p>	2
13.	c	<p>any evidence (numerical or algebraic) of a realisation that $6\pi\eta rV + \rho g V = W$ ✓</p> $\ll\eta = \frac{6.16 \times 10^{-3} - 4.366 \times 10^{-3}}{6\pi \times 0.005 \times 0.280}\gg$ $\eta = 0.0680 \ll\text{Pas}\gg$ ✓		2

Question		Answers	Notes	Total
14.	a	<p>time period $T = \frac{25}{10} = 2.5\text{s}$ AND $f = \frac{1}{T}$</p> <p>OR</p> <p>evidence of $f = \frac{10}{25} \checkmark$</p>	<i>Answer 0.4 Hz is given, check correct working is shown.</i>	1
14.	b	<p>30ms^{-1} corresponds to $f = 1.2\text{ Hz} \checkmark$</p> <p>the amplitude of vibration is a maximum for this speed</p> <p>OR</p> <p>corresponds to the resonant frequency \checkmark</p>		2
14.	c	<p>similar shape with lower amplitude \checkmark</p> <p>maximum shifted slightly to left of the original curve \checkmark</p>	<i>Amplitude must be lower than the original, but allow the amplitude to be equal at the extremes.</i>	2

Option C — Imaging

Question			Answers	Notes	Total
15.	a	i	<p>any two correct rays with extensions ✓</p> <p>extensions converging to locate an upward virtual image labelled I with position within shaded region around focal point on diagram ✓</p>		2
15.	a	ii	<p>$v = \text{«--» } 10 \text{ «cm»} \checkmark$</p> $M \ll -\left(\frac{v}{u}\right) = -\left(\frac{-10}{5}\right) \gg = \text{«+» } 2 \checkmark$		2
15.	a	iii	<p>magnifying glass <i>OR</i> Simple microscope <i>OR</i> eyepiece lens ✓</p>		1

(continued...)

(Question 15 continued)

Question			Answers	Notes	Total
15.	b	i	I labelled at 25 cm mark ✓		1
15.	b	ii	the second lens has $f \ll= \frac{10}{5} = 2 \text{ «cm»}$ ✓ «so for telescope image to be at infinity» the second lens is placed at 27 «cm» OR separation becomes 12 «cm» ✓		2
15.	b	iii	image formed by 10 cm lens is greater than 10 cm/further to the right of the first lens ✓ so second lens must also move to the right OR lens separation increases ✓	Award [1 max] for bald “separation increases”.	2

Question		Answers	Notes	Total
16.	a	<p>refractive index of step index fibre is constant ✓</p> <p>refractive index of graded index fibre decreases with distance from axis/centre ✓</p> <p>graded index fibres have less dispersion ✓</p> <p>step index fibre: path of rays is in a zig-zag manner ✓</p> <p>graded index fibre: path of rays is in curved path ✓</p>	<i>For MP2 do not accept vague statements such as "index increases/varies with distance from centre".</i>	2 max
16.	b	i	$v = \frac{c}{n} = v_{1299} = \frac{2.99792 \times 10^8}{1.45061} = 2.06666 \times 10^8 \text{ «ms}^{-1}\text{» AND}$ $v_{1301} = \frac{2.99792 \times 10^8}{1.45059} = 2.06669 \times 10^8 \text{ «ms}^{-1}\text{»}$ <p>OR</p> $\Delta v = \left(\frac{1}{1.45059} - \frac{1}{1.45061} \right) \times 2.99792 \times 10^8 \checkmark$ $\Delta v = 2.85 \times 10^3 \text{ OR } 3 \times 10^3 \text{ «ms}^{-1}\text{»} \checkmark$	2

(continued...)

(Question 16 continued)

Question			Answers	Notes	Total
16.	b	ii	pulse wider ✓ pulse area smaller ✓	<i>For MP2 do not accept lower amplitude unless pulse area is also smaller.</i>	2
16.	b	iii	reference to dispersion OR reference to time/speed/path difference ✓ reference to power loss/energy loss/scattering/attenuation ✓		2
16.	b	iv	longer cables give wider pulses ✓ which overlap/interfere if T too small/ f too high ✓	OWTTE	2

Question			Answers	Notes	Total
17.	a	i	<p>Advantage of ultrasound compared to X-rays:</p> <p>no exposure to radiation</p> <p>OR</p> <p>relatively harmless</p> <p>OR</p> <p>can be performed in a doctor's office</p> <p>OR</p> <p>can be used to measure blood flow rate</p> <p>OR</p> <p>Video image possible <<eg heart, foetus>> ✓</p> <p>Disadvantage:</p> <p>limited resolution</p> <p>OR</p> <p>difficulty imaging lungs or gastrointestinal system</p> <p>OR</p> <p>difficulty imaging any body part with a gas in it ✓</p>	<p>Accept any reasonable advantage.</p> <p>Do not allow answers that contradict each other.</p>	2
17.	a	ii	<p>gel has similar Z to skin</p> <p>OR</p> <p>gel prevents acoustic mismatch ✓</p> <p>without gel much ultrasound is reflected at skin</p> <p>OR</p> <p>gel increases ultrasound transmission ✓</p>	OWTTE	2

(continued...)

(Question 17 continued)

Question			Answers	Notes	Total
17.	a	iii	$IL = \ll 10 \log\left(\frac{10}{40}\right) = \gg -6 \ll \text{dB} \gg \checkmark$		1
17.	b	i	$c = \ll \frac{Z}{\rho} = \frac{1.65 \times 10^6}{1090 \text{kgm}^{-3}} = \gg 1514 \ll \text{ms}^{-1} \gg \checkmark$ $\ll \approx 1500 \text{ms}^{-1} \gg$	Answer 1500 is given, check working or look for at least 3 significant figures.	1
17.	b	ii	$4.5 \times 10^{-2} \ll \text{m} \gg \checkmark$		1

(continued...)

(Question 17 continued)

Question			Answers	Notes	Total
17.	b	iii	$\lambda = \frac{4.5 \times 10^{-2}}{200} = 2.25 \times 10^{-4} \text{ «m» } \checkmark$ $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1500}{2.25 \times 10^{-4}} = 6.7 \times 10^6 \text{ «Hz» } \checkmark$		2
17.	b	iv	«compared to lower frequencies, higher frequencies» have better resolution ✓ have greater attenuation ✓ used for superficial structures/organs ✓ have greater heating effect ✓	OWTTE <i>Award [0] for contradictory comments or for any incorrect comment</i>	1 max

Option D — Astrophysics

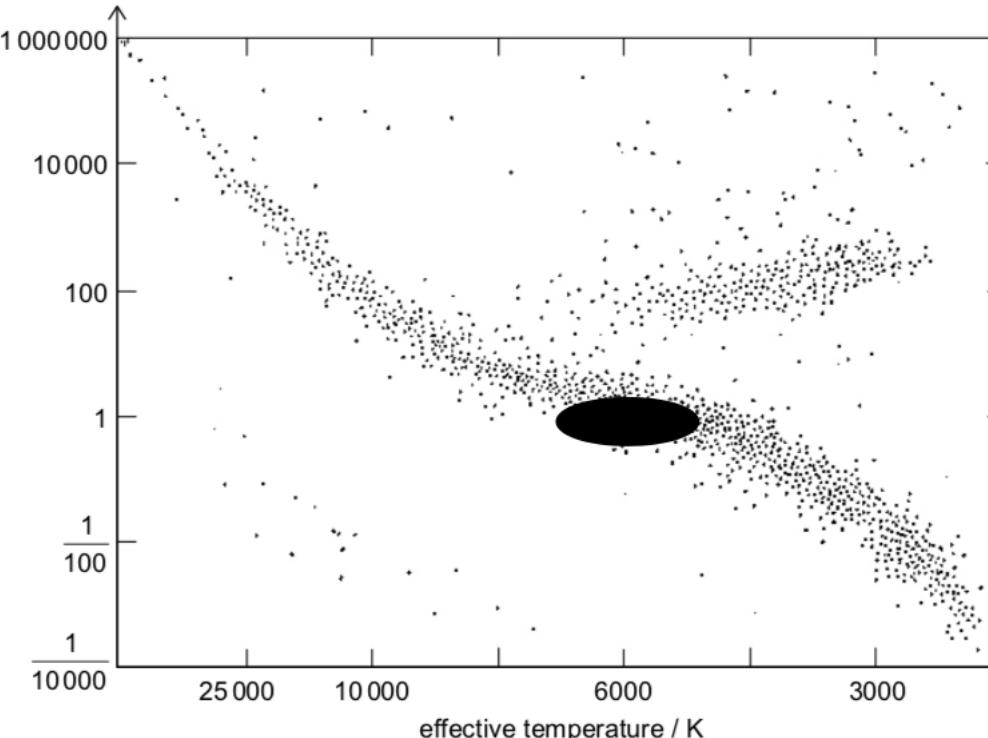
Question			Answers	Notes	Total
18.	a	i	<p>Cepheid variables expand and contract OR Radius increases and decreases OR Surface area increases and decreases ✓ Surface temperature decreases then increases✓ Surface becomes transparent then opaque ✓</p>	<p>OWTTE <i>Do not reward ‘change in luminosity/brightness’ as this is given in the question.</i> <i>Accept changes in reverse order</i></p>	2 max
18.	a	ii	<p>the «peak» luminosity/actual brightness depends on the period OR More luminous Cepheid variables have greater period✓ measurements of apparent brightness allow distance determination OR Mention of $b = \frac{L}{4\pi d^2}$ ✓</p>	OWTTE	2

(continued...)

(Question 18 continued)

Question			Answers	Notes	Total
18.	b	i	$d = «273 \times 3.26 \times 9.46 \times 10^{15} =» 8.42 \times 10^{18} \text{«m»} \checkmark$ $b = «\frac{L}{4\pi d^2} = \frac{7.70 \times 10^{29}}{4\pi (8.42 \times 10^{18})^2} =» 8.6 \times 10^{-10} \text{«Wm}^{-2}\» \checkmark$		2
18.	b	ii	$\begin{aligned} «T = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{4.29 \times 10^{-7}}» \\ = 6800 \text{ «K»} \checkmark \end{aligned}$		1
18.	c		Data subject to peer review/checks by others \checkmark Compare light from stars with Earth based light sources \checkmark measurements are corroborated by different instruments/methods from different teams \checkmark	OWTTE	1max

Question			Answers	Notes	Total
19.	a	i	$d = «1.6 \times 10^8 \times 9.46 \times 10^{15} = » 1.51 \times 10^{24} \text{ «m»} \checkmark$ $v = «H_0 d = 2.3 \times 10^{-18} \times 1.51 \times 10^{24} = » 3.48 \times 10^6 \text{ «ms}^{-1}» \checkmark$	Answer given, correct working required or at least 3sf needed for MP2.	2
19.	a	ii	$\Delta\lambda = «\frac{\lambda_0 v}{c} = \frac{4.86 \times 10^{-7} \times 3.48 \times 10^6}{3 \times 10^8} = » 5.64 \text{ «nm»} \checkmark$ observed $\lambda = «486 + 5.64 = » 492 \text{ «nm»} \checkmark$		2
19.	b		all distant galaxies exhibit red-shift \checkmark	OWTTE	1

Question		Answers	Notes	Total
20.	a	the letter S should be in the region of the shaded area ✓  <p>A Hertzsprung-Russell (H-R) diagram showing stellar populations. The vertical axis is labeled "luminosity / L_{\odot}" and has logarithmic scales with labels at 1000000, 100000, 10000, 1000, 1, 1/100, and 1/10000. The horizontal axis is labeled "effective temperature / K" and has linear scales with labels at 10000, 25000, 10000, 6000, and 3000. A dense cluster of stars forms a main sequence, with a significant concentration between 10,000 K and 30,000 K and 10,000 to 100,000 luminosities. A secondary, less dense cluster of stars is visible at higher temperatures (around 25,000 K) and lower luminosities (around 10,000 to 10,000). A small, dark, irregularly shaped oval is shaded in the middle of the main sequence cluster, centered around approximately 6,000 K effective temperature and 1,000 to 10,000 luminosity. The letter 'S' is placed to the left of the diagram, next to the axis label.</p>		1

(continued...)

(Question 20 continued)

Question		Answers	Notes	Total
20.	b	<p>the fusion of hydrogen in the core eventually stops OR core contracts ✓ the hydrogen in a layer around the core will begin to fuse ✓ Sun expands AND the surface cools ✓ helium fusion begins in the core ✓ Sun becomes more luminous/brighter✓</p>	<i>Ignore any mention of the evolution past the red giant stage</i>	3max
20.	c	electron degeneracy <<prevents further compression>> ✓	<i>Ignore mention of the Chandrasekhar limit.</i> <i>Award [0] for answer mentioning radiation pressure or fusion reactions.</i>	1
20.	d	<p>«use of $L = \sigma AT^4$ »</p> $\frac{10^{-4}}{10^4} = \left(\frac{R_D}{R_G}\right)^2 \times \left(\frac{10000}{3000}\right)^4 \checkmark$ $\frac{R_D}{R_G} = 9 \times 10^{-6} \checkmark$		2

Question		Answers	Notes	Total
21.	a	white dwarf attracts mass from another star ✓ explodes/becomes supernova when mass equals/exceeds the Chandrasekhar limit / $1.4M_{\text{SUN}}$ ✓ hence luminosity of all type Ia supernova is the same ✓	OWTTE	3
21.	b	«successive» rapid neutron capture ✓ faster than « β » decay can occur ✓ results in formation of heavier/neutron rich isotopes ✓	OWTTE	2 max

Question		Answers	Notes	Total
22.	a	<p>total energy = kinetic energy + potential energy OR $\text{total energy} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r} \checkmark$ $\text{substitution of } M = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho \checkmark$ «Hence answer given»</p>	Answer given so for MP2 look for clear evidence that $M_{\text{Universe}} (\frac{4}{3}\pi r^3 \rho)$ is stated and substituted.	2
22.	b	<p>substitutes $H_0 r$ for $v \checkmark$ «total energy = 0» $\frac{1}{2}mH_0^2 r^2 = \frac{4}{3}\pi G \rho r^2 m \checkmark$ «hence $\rho_c = \frac{3H_0^2}{8\pi G}$»</p>	<i>Answer given, check working carefully.</i>	2
22.	c	$9.5 \times 10^{-27} \text{ « kgm}^{-3} \checkmark$		1