

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>.

Física
Nivel medio
Prueba 1

Viernes 17 de mayo de 2019 (tarde)

45 minutos

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 **[30 puntos]**.

1. Una alumna mide el radio R de una placa circular para determinar su área. La incertidumbre absoluta en R es ΔR .

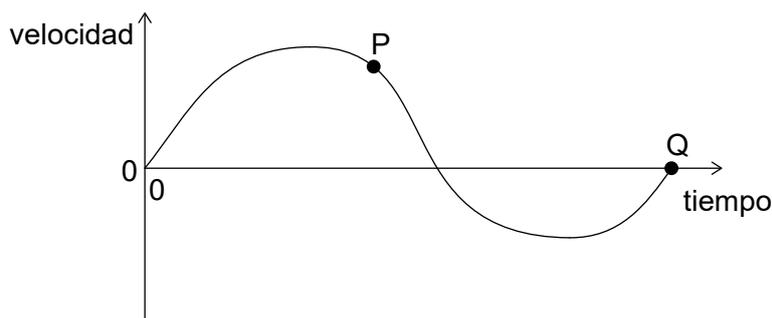
¿Cuál es la incertidumbre **fraccionaria** en el área de la placa?

- 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. ¿Cuál es la unidad de diferencia de potencial eléctrico expresada en unidades del SI fundamentales?

- A. $\text{kg m s}^{-1} \text{C}^{-1}$
- B. $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{C}^{-1}$
- C. $\text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-1}$
- D. $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1} \text{A}$

3. En la gráfica, se muestra la variación con el tiempo de la velocidad de un cuerpo moviéndose en línea recta.



¿Cuál de las opciones es la correcta para esta gráfica?

- A. La aceleración máxima se alcanza en P.
- B. La aceleración media del cuerpo viene dada por el área encerrada por la gráfica y el eje temporal.
- C. El desplazamiento máximo se alcanza en Q.
- D. El desplazamiento total del cuerpo viene dado por el área encerrada por la gráfica y el eje temporal.

4. Dos fuerzas de magnitud 12 N y 24 N actúan en el mismo punto. ¿Qué fuerza **no** puede ser la resultante de estas fuerzas?
- A. 10 N
 B. 16 N
 C. 19 N
 D. 36 N
5. Un objeto tiene un peso de $6,10 \times 10^2$ 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. Un barco con una potencia de salida del motor de 15 kW se desplaza por el agua a una rapidez de 10 ms^{-1} . ¿Cuál es la fuerza de resistencia que actúa sobre el barco?
- A. 0,15 kN
 B. 0,75 kN
 C. 1,5 kN
 D. 150 kN
7. Un astronauta está moviéndose a velocidad constante en ausencia de campo gravitatorio cuando arroja una herramienta lejos de él.

¿Cuál es el efecto de arrojar la herramienta sobre la energía cinética total del astronauta y la herramienta y sobre el momento total del astronauta y la herramienta?

	Energía cinética total del astronauta y la herramienta	Momento total del astronauta y la herramienta
A.	no cambia	aumenta
B.	no cambia	no cambia
C.	aumenta	aumenta
D.	aumenta	no cambia

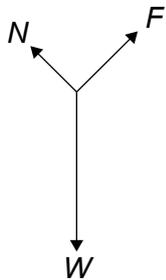
8. Una pelota de tenis de mesa con masa de 3g se dispara a una rapidez de 10 ms^{-1} desde una pistola de juguete estacionaria de masa 0,600 kg. La pistola y la pelota forman un sistema aislado.

¿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?

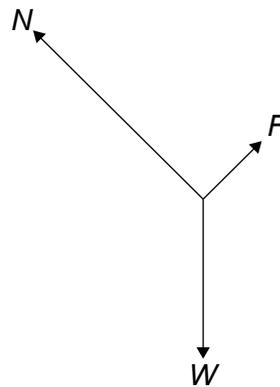
	Rapidez de retroceso de la pistola de juguete / ms^{-1}	Momento total del sistema / kg ms^{-1}
A.	0,05	0
B.	0,05	0,03
C.	0,5	0
D.	0,5	0,03

9. 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?

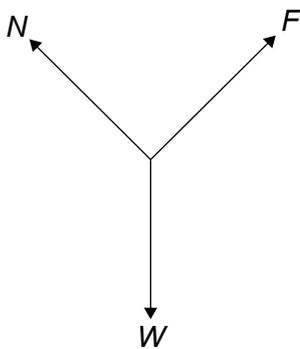
A.



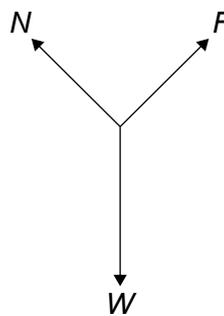
B.



C.



D.



10. 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

11. La temperatura de una masa fija de un gas ideal pasa de 200 °C a 400 °C.

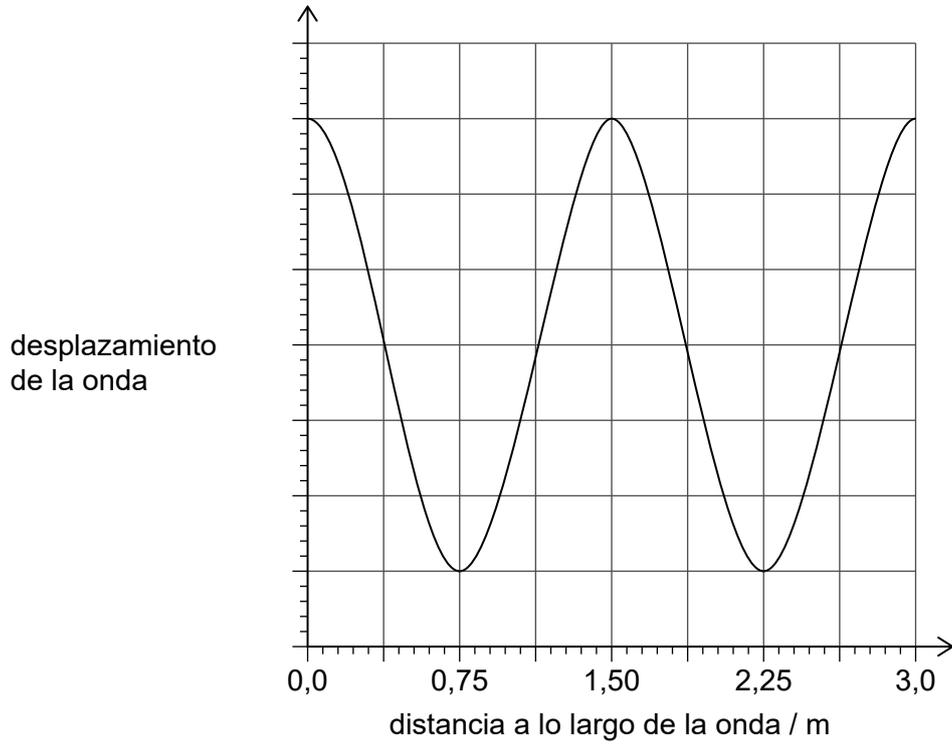
¿Cuál será el valor de $\frac{\text{energía cinética media del gas a } 200\text{ °C}}{\text{energía cinética media del gas a } 400\text{ °C}}$?

- A. 0,50
 B. 0,70
 C. 1,4
 D. 2,0
12. Un contenedor alberga 20 g de argón-40 ($^{40}_{18}\text{Ar}$) y 40 g de neón-20 ($^{20}_{10}\text{Ne}$).

¿Cuál será el valor de $\frac{\text{número de átomos de argón-40}}{\text{número de átomos de neón-20}}$ en el contenedor?

- A. 0,25
 B. 0,5
 C. 2
 D. 4

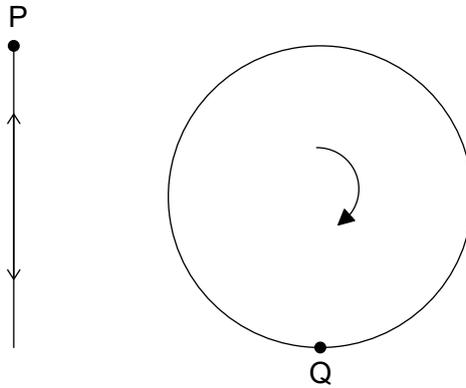
13. En la gráfica, se muestra la variación del desplazamiento de una onda frente a la distancia a lo largo de la onda. La velocidad de onda es de $0,50 \text{ m s}^{-1}$.



¿Cuál es el período de la onda?

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

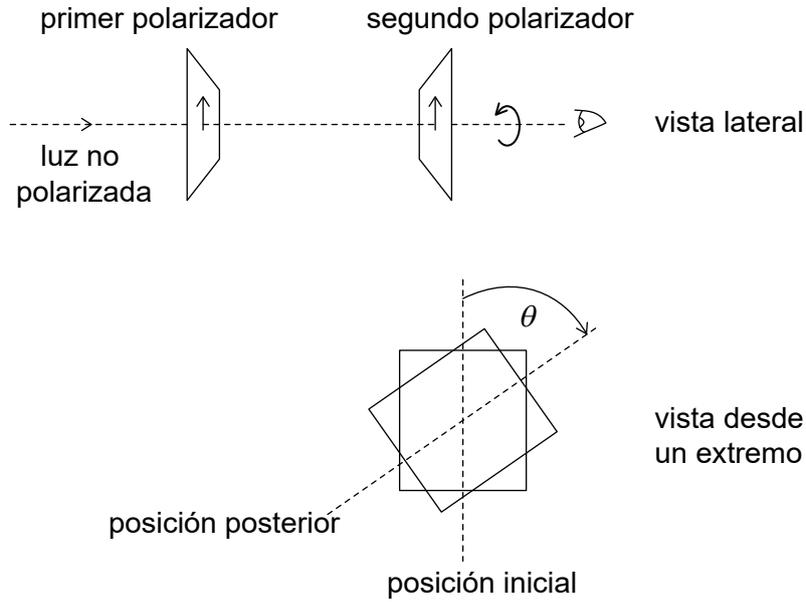
14. El objeto P se mueve en vertical con movimiento armónico simple (mas). El objeto Q se mueve en una circunferencia vertical con una rapidez uniforme. P y Q tienen el mismo período temporal T . Cuando P alcanza el punto más alto de su movimiento, Q se encuentra en el más bajo de su movimiento.



¿Cuál será el intervalo entre tiempos sucesivos cuando la aceleración de P es igual y opuesta a la aceleración de Q?

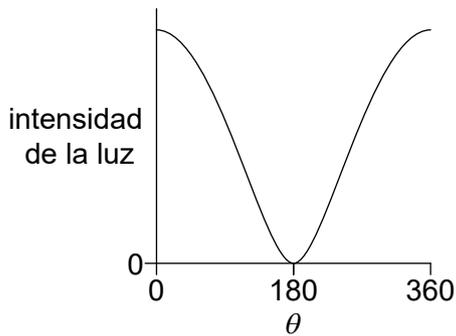
- A. $\frac{T}{4}$
- B. $\frac{T}{2}$
- C. $\frac{3T}{4}$
- D. T

15. 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.

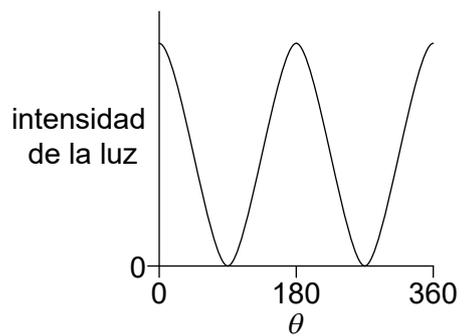


¿Cuál de las gráficas es la que muestra la variación con el ángulo θ de la intensidad para la luz que sale del segundo polarizador?

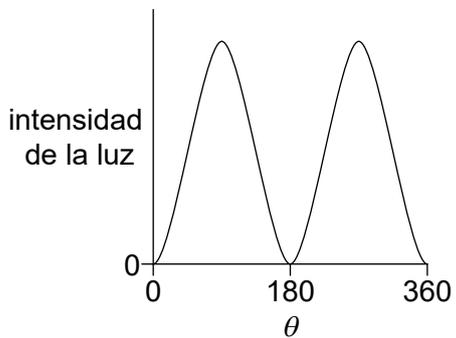
A.



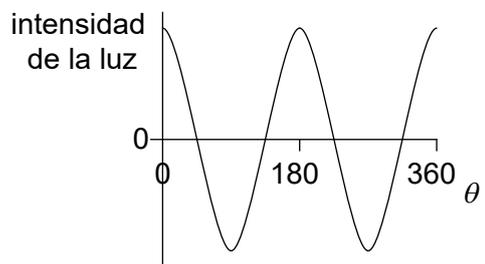
B.



C.



D.



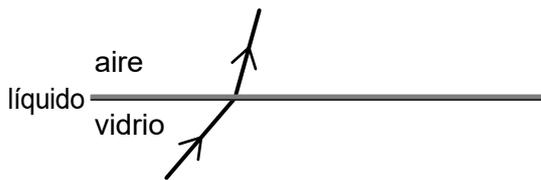
16. Una luz monocromática que se desplaza hacia arriba en vidrio incide sobre una interfase con aire. Se muestra la trayectoria de la luz refractada.



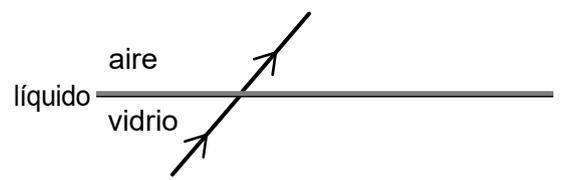
Se pone a continuación una capa de líquido sobre el vidrio sin cambiar el ángulo de incidencia. El índice de refracción del vidrio es mayor que el índice de refracción del líquido y el índice de refracción del líquido es mayor que el del aire.

¿Cuál es la trayectoria de la luz refractada cuando se pone el líquido sobre el vidrio?

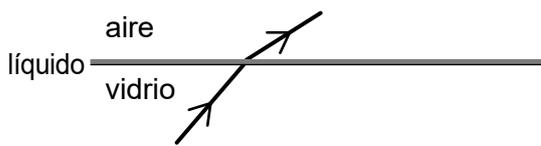
A.



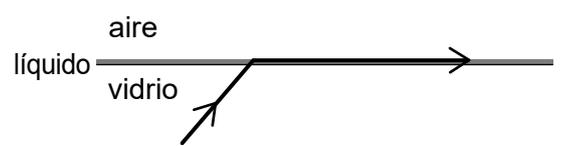
B.



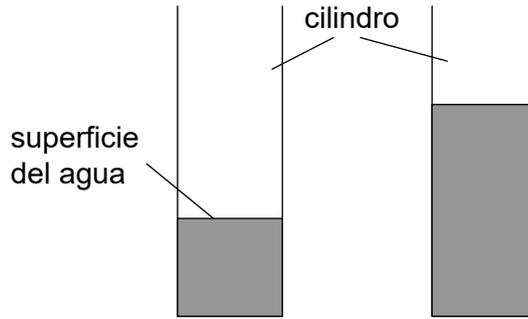
C.



D.



17. 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?

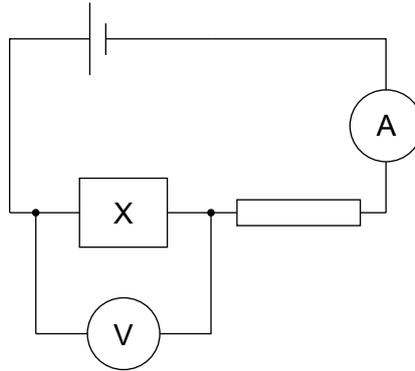
	Naturaleza del desplazamiento	Cambio en la frecuencia
A.	antinodo	disminuye
B.	antinodo	aumenta
C.	nodo	disminuye
D.	nodo	aumenta

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

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

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

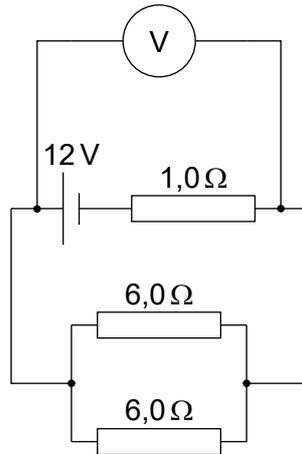
19. La resistencia del componente X disminuye cuando aumenta la intensidad de luz incidente sobre el mismo. X está conectado en serie con una celda de resistencia interna despreciable y con un resistor de resistencia fija. El amperímetro y el voltímetro son ideales.



¿Cuál será el cambio en la lectura del amperímetro y el cambio en la lectura del voltímetro cuando aumenta la luz incidente sobre X?

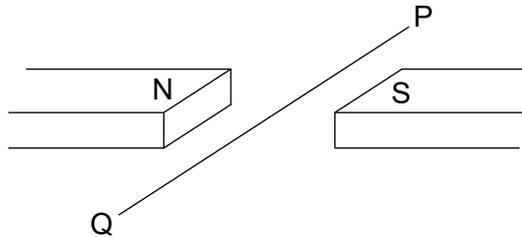
	Lectura del amperímetro	Lectura del voltímetro
A.	aumenta	disminuye
B.	aumenta	aumenta
C.	disminuye	disminuye
D.	disminuye	aumenta

20. 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
21. Un cable horizontal PQ está colocado en perpendicular a un campo magnético horizontal uniforme.



Se somete un tramo de 0,25 m de longitud del cable a una intensidad de campo magnético de 40 mT. Sobre el cable actúa una fuerza magnética hacia abajo de 60 mN.

¿Cuáles serán la magnitud y el sentido de la corriente en el cable?

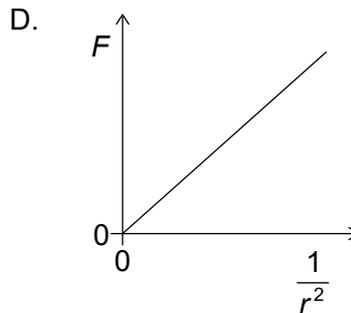
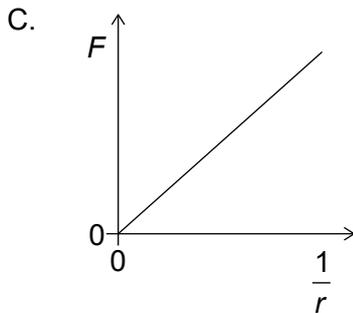
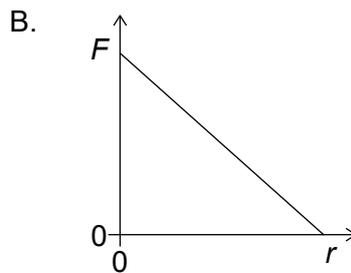
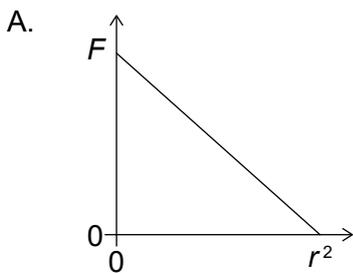
	Magnitud de la corriente / A	Sentido de la corriente
A.	6,0	De P a Q
B.	6,0	De Q a P
C.	0,17	De Q a P
D.	0,17	De P a Q

22. Una partícula con masa de 0,02 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

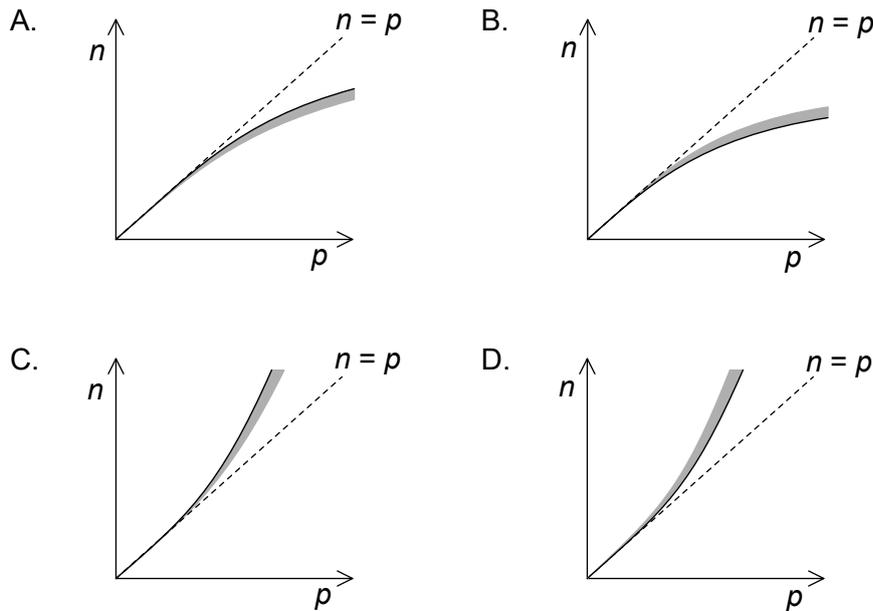
23. ¿Cuál de las gráficas muestra la relación entre la fuerza gravitatoria F entre dos masas puntuales y su separación r ?



24. 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

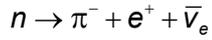
25. Se representan las posiciones de núcleos estables por el número de neutrones n y por el número de protones p . La gráfica incluye una línea a trazos para la cual $n = p$. ¿Cuál de las gráficas es la que muestra la línea de nucleidos estables y la región sombreada en la que los núcleos inestables emiten partículas beta menos (β^-)?



26. Tres leyes de conservación para las reacciones nucleares son:

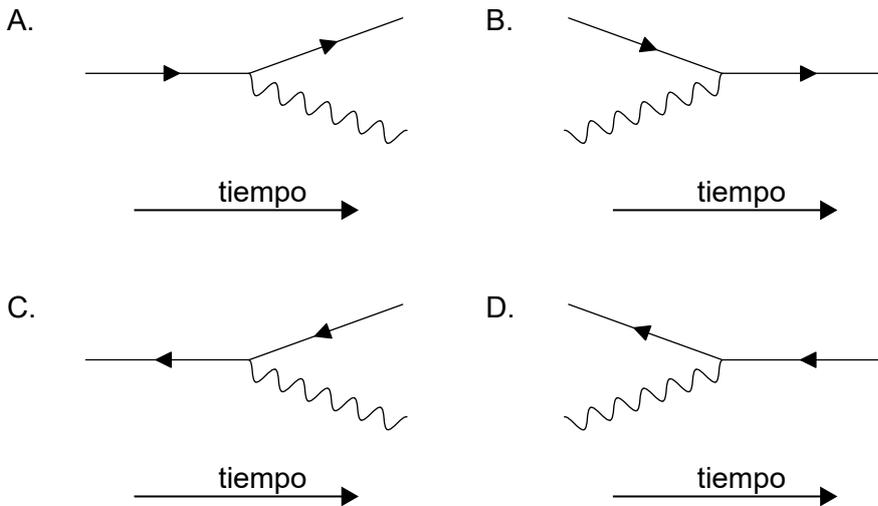
- I. la conservación de la carga
- II. la conservación del número bariónico
- III. la conservación del número leptónico.

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
27. ¿Qué diagrama de Feynman muestra la emisión de un fotón por una antipartícula cargada?



28. 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

29. Tres métodos para la producción de eléctrica energía son:

- I. las turbinas eólicas
- II. las células fotovoltaicas
- III. las centrales de energía de combustibles fósiles.

¿Qué métodos implican el uso de una fuente de energía primaria?

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

30. 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. $0,6\text{kWm}^{-2}$
 - B. $0,9\text{kWm}^{-2}$
 - C. 2kWm^{-2}
 - D. 3kWm^{-2}
-

Markscheme

May 2019

Physics

Standard level

Paper 1

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

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>.

Física
Nivel medio
Prueba 2

Viernes 17 de mayo de 2019 (tarde)

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.
- 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 **[50 puntos]**.



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:

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(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]

.....

.....

.....

.....

.....

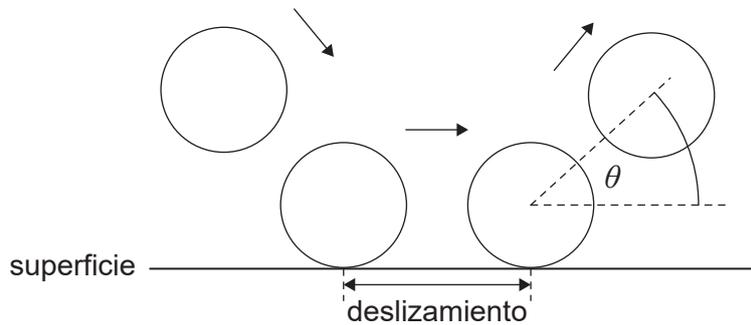
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(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]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



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 molar del helio es $4,0 \text{ g mol}^{-1}$. Muestre que la masa de un átomo de helio es $6,6 \times 10^{-27} \text{ kg}$. [1]

.....

.....

(b) Estime la rapidez media de los átomos de helio en el contenedor. [2]

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

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

(i) Calcule el cociente $\frac{\text{total volumen de átomos de helio}}{\text{volumen de gas helio}}$. [1]

.....

.....

(ii) Explique, utilizando su respuesta a (d)(i) y aludiendo al modelo cinético, por qué puede asumirse que esta muestra de helio es un gas ideal. [2]

.....

.....

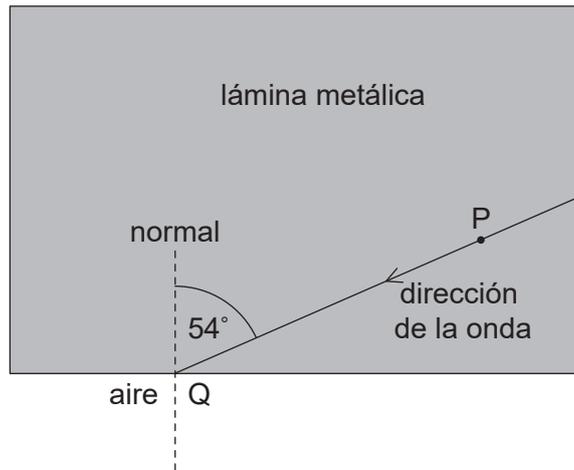
.....

.....



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 $7,9\ \text{ms}^{-2}$. 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 $6010\ \text{ms}^{-1}$ y la velocidad del sonido en el aire es de $340\ \text{ms}^{-1}$. 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)



(Pregunta 3 continuación)

(c) La frecuencia de la onda sonora en el metal es de 250 Hz.

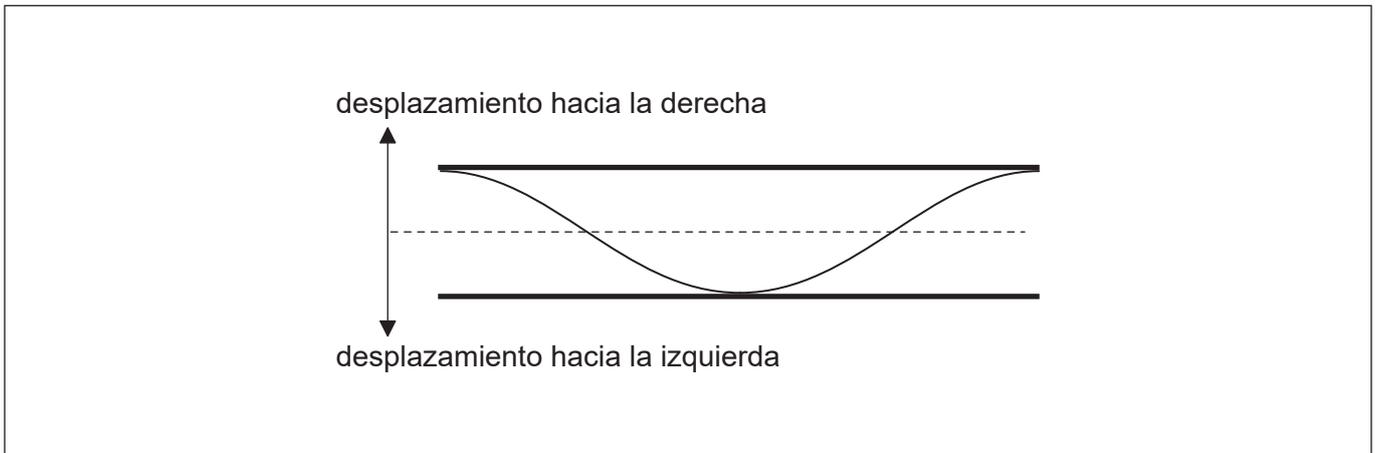
(i) Indique la frecuencia de la onda en el aire. [1]

.....
.....

(ii) Determine la longitud de onda en el aire. [1]

.....
.....

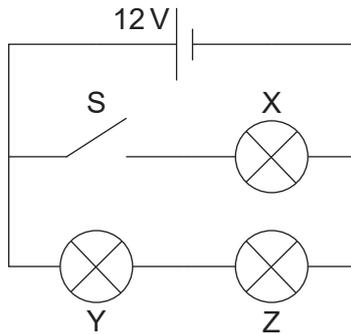
(d) La onda sonora en el aire de (c) penetra en una tubería abierta por sus dos extremos. El diagrama muestra el desplazamiento, en un instante concreto T , de la onda estacionaria que se forma en la tubería.



Sobre el diagrama, para el tiempo T , rotule con la letra C un punto en la tubería que esté en el centro de una compresión. [1]



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]

.....

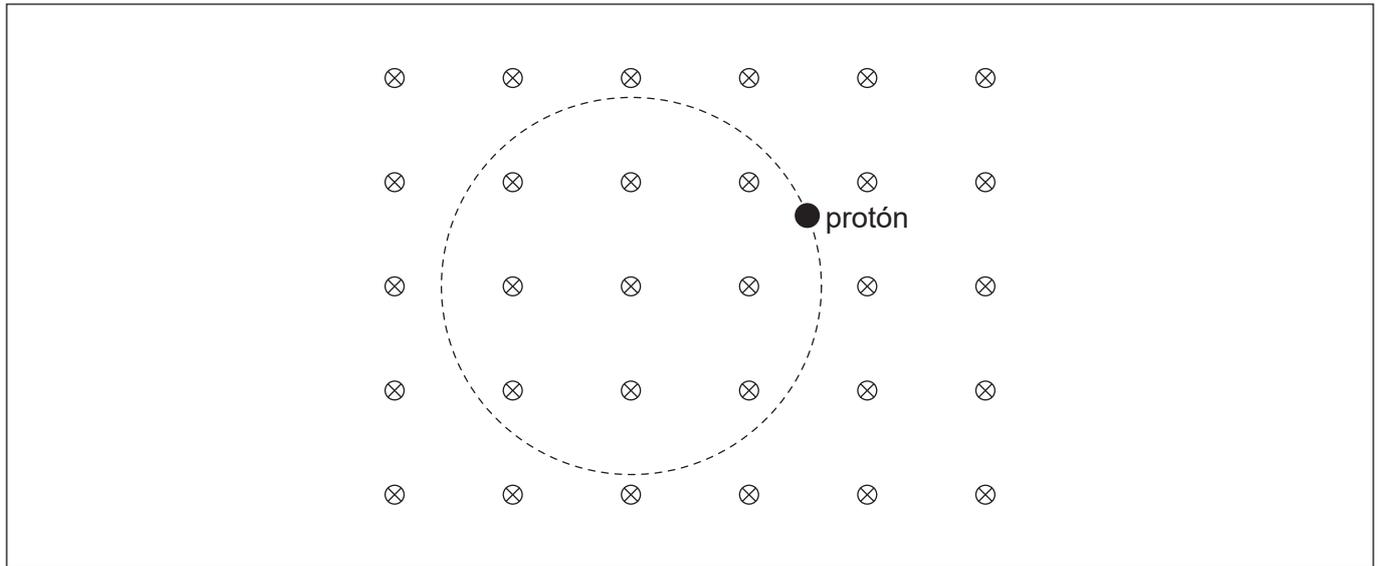
.....

.....

.....



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]

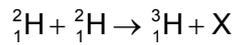
(ii) El vector de velocidad v del protón. [1]

(b) La rapidez del protón es de $2,16 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$ y la intensidad del campo magnético es de $0,042 \text{ T}$. Para este protón, determine, en m, el radio de la trayectoria circular. Dé su respuesta con un número apropiado de cifras significativas. [3]

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



6. El deuterio, ${}^2_1\text{H}$, 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:

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

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

(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)



(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]

.....



7. La temperatura media del agua en la superficie del océano es de 289K. 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]

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



Markscheme

May 2019

Physics

Standard level

Paper 2

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 SL Paper 2 Markscheme

Candidates are required to answer **all** questions. Maximum total = **50 marks**.

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

Question			Answers	Notes	Total
1.	a	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	<p>ALTERNATIVE 1</p> $P = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{t} / \frac{\frac{1}{2} \times 0.058 \times 64.0^2}{25 \times 10^{-3}} \checkmark$ $P = 4700 / 4800 \text{ «W»} \checkmark$ <p>ALTERNATIVE 2</p> $P = \text{average } Fv / 148 \times \frac{64.0}{2} \checkmark$ $P = 4700 / 4800 \text{ «W»} \checkmark$		2

(continued...)

(Question 1 continued)

Question			Answers	Notes	Total
1.	b	i	horizontal component of velocity is $64.0 \times \cos 7^\circ = 63.52 \text{ «ms}^{-1}\text{»} \checkmark$ $t = \text{«}\frac{11.9}{63.52} \Rightarrow 0.187 / 0.19 \text{ «s}\text{»} \checkmark$	Do not award BCA. Check working. Do not award ECF from using 64 m s^{-1} .	2
1.	b	ii	<p>ALTERNATIVE 1</p> $u_y = 64 \sin 7 / 7.80 \text{ «ms}^{-1}\text{»} \checkmark$ decrease in height = $7.80 \times 0.187 + \frac{1}{2} \times 9.81 \times 0.187^2 / 1.63 \text{ «m}\text{»} \checkmark$ final height = $\text{«}2.80 - 1.63\text{»} = 1.1 / 1.2 \text{ «m}\text{»} \checkmark$ «higher than net so goes over»	Other alternatives are possible	3
			<p>ALTERNATIVE 2</p> vertical distance to fall to net $\text{«} = 2.80 - 0.91\text{»} = 1.89 \text{ «m}\text{»} \checkmark$ time to fall this distance found using $\text{«}1.89 = 7.8t + \frac{1}{2} \times 9.81 \times t^2\text{»}$ $t = 0.21 \text{ «s}\text{»} \checkmark$ $0.21 \text{ «s}\text{»} > 0.187 \text{ «s}\text{»} \checkmark$ «reaches the net before it has fallen far enough so goes over»		

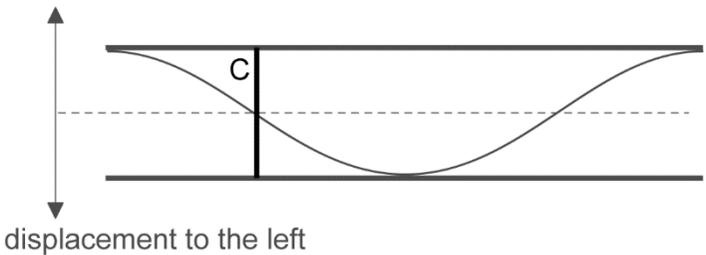
(continued...)

(Question 1 continued)

Question			Answers	Notes	Total
1.	b	iii	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>Initial KE + PE = final KE /</p> $\frac{1}{2} \times 0.058 \times 64^2 + 0.058 \times 9.81 \times 2.80 = \frac{1}{2} \times 0.058 \times v^2 \checkmark$ <p>$v = 64.4 \text{ «ms}^{-1}\text{»} \checkmark$</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> $v_v = \text{«}\sqrt{7.8^2 + 2 \times 9.81 \times 2.8}\text{»} = 10.8 \text{ «ms}^{-1}\text{»} \checkmark$ $\text{«}v = \sqrt{63.5^2 + 10.8^2}\text{»}$ <p>$v = 64.4 \text{ «ms}^{-1}\text{»} \checkmark$</p>		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		$m = \frac{4.0 \times 10^{-3}}{6.02 \times 10^{23}} \text{ «kg»}$ <p>OR</p> $6.64 \times 10^{-27} \text{ «kg» } \checkmark$		1
2.	b		$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT \quad / \quad v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \quad / \quad \sqrt{\frac{3 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 320}{6.6 \times 10^{-27}}} \quad \checkmark$ $v = 1.4 \times 10^3 \text{ «ms}^{-1}\text{» } \checkmark$		2
2.	c		$N = \frac{pV}{kT} \quad / \quad \frac{5.1 \times 10^5 \times 3.2 \times 10^{-6}}{1.38 \times 10^{-23} \times 320}$ <p>OR</p> $N = \frac{pVN_A}{RT} \quad / \quad \frac{5.1 \times 10^5 \times 3.2 \times 10^{-6} \times 6.02 \times 10^{23}}{8.31 \times 320} \quad \checkmark$ $N = 3.7 \times 10^{20} \quad \checkmark$		2
2.	d	i	$\llcorner \frac{4 \times 10^{20} \times 4.9 \times 10^{-31}}{3.2 \times 10^{-6}} \Rightarrow 6 \times 10^{-5} \quad \checkmark$		1

2.	d	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 ✓</p> <p>calculation/ratio/result in (d)(i) shows that volume of helium atoms is negligible compared to/much smaller than volume of helium gas/container «hence assumption is justified» ✓</p>		2
----	---	----	--	--	---

Question		Answers	Notes	Total
3.	a	Expression or statement showing acceleration is proportional to displacement ✓ so $\llcorner 7.9 \times \frac{2.3}{3.2} \rceil = 5.7 \llcorner \text{ms}^{-2} \rceil$ ✓		2
3.	b	$\sin \theta = \frac{340}{6010} \times \sin 54^\circ$ ✓ $\theta = 2.6^\circ$ ✓		2
3.	c	i	$f = 250 \llcorner \text{Hz} \rceil$ OR Same OR Unchanged ✓	1
3.	c	ii	$\lambda = \llcorner \frac{340}{250} \rceil \Rightarrow 1.36 \approx 1.4 \llcorner \text{m} \rceil$ ✓	1
3.	d	any point labelled C on the vertical line shown below ✓ eg: displacement to the right  displacement to the left		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

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		$\llcorner qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB} / \frac{1.673 \times 10^{-27} \times 2.16 \times 10^6}{1.60 \times 10^{-19} \times 0.042} \checkmark$ $R = 0.538 \text{ «m» } \checkmark$ $R = 0.54 \text{ «m» } \checkmark$		3

Question			Answers	Notes	Total
6.	a		proton / ${}^1_1\text{H}$ / 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 $= 396 \text{ «W m}^{-2}\text{» } \checkmark$ $\text{«}\approx 400 \text{ W m}^{-2}\text{»}$		1
7.	b	«most of the radiation emitted by the oceans is in the» infrared \checkmark «this radiation is» absorbed by greenhouse gases/named greenhouse gas in the atmosphere \checkmark «the gases» reradiate/re-emit \checkmark partly back towards oceans/in all directions/awareness that radiation in other directions is also present \checkmark		3 max

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>.

Física
Nivel medio
Prueba 3

Lunes 20 de mayo de 2019 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora

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

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 **[35 puntos]**.

Sección A	Preguntas
Conteste todas las preguntas.	1 – 3

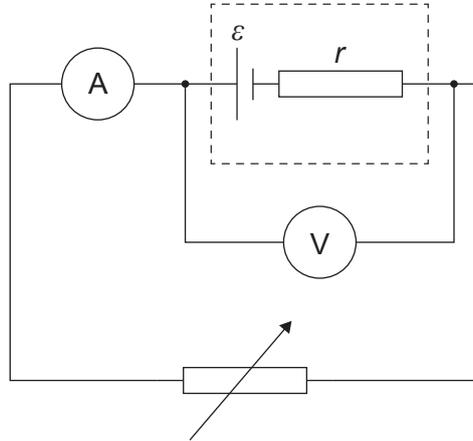
Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	4 – 7
Opción B — Física en ingeniería	8 – 10
Opción C — Toma de imágenes	11 – 12
Opción D — Astrofísica	13 – 15



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.

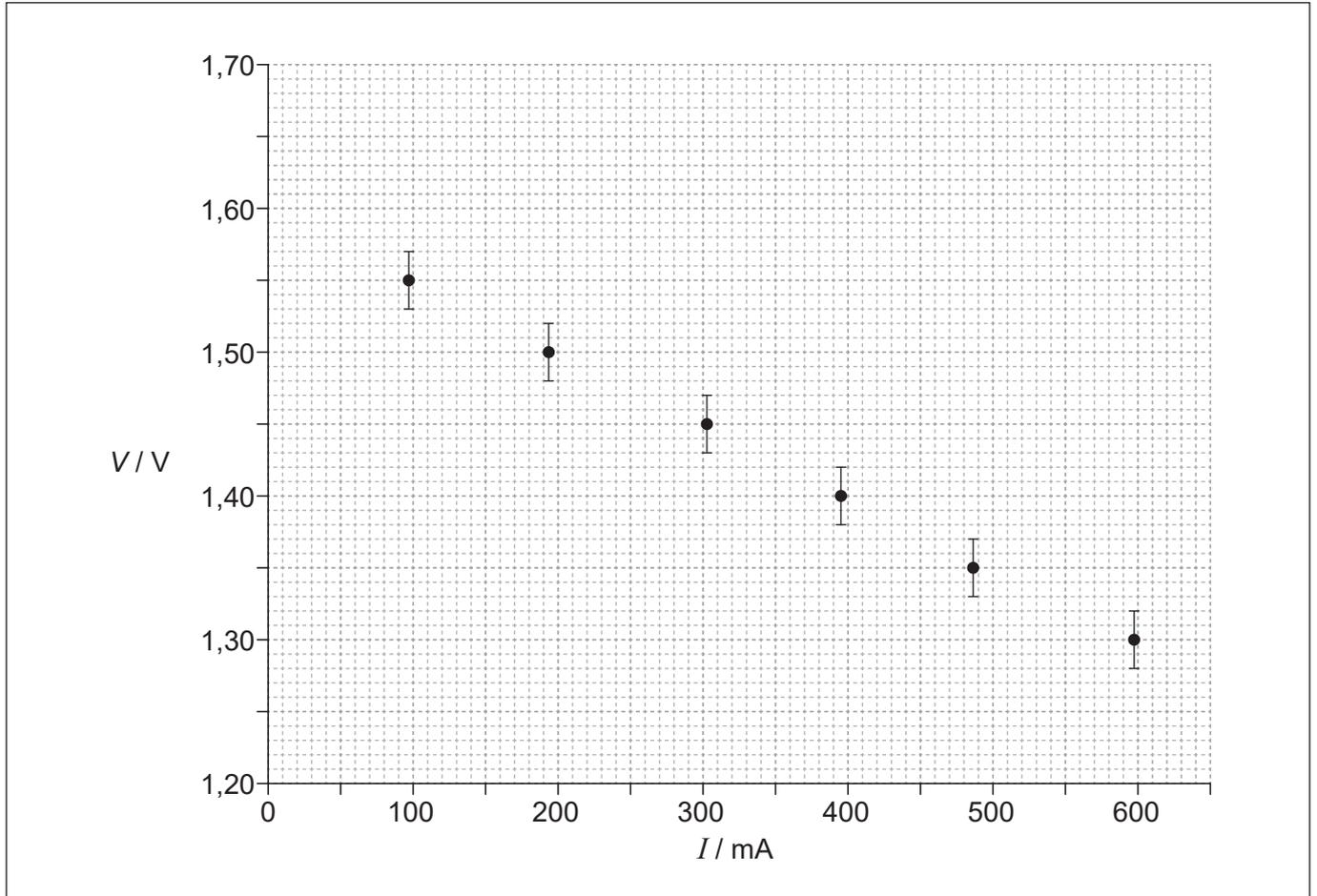
I / mA $\pm 1 \text{mA}$	V / V $\pm 0,02 \text{V}$
97	1,55
193	1,50
304	1,45
395	1,40
487	1,35
598	1,30

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

En la gráfica se muestran los datos representados.



(a) La alumna ha representado barras de error para la diferencia de potencial. Resume por qué no se muestran barras de error para la corriente.

[1]

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página 5)



28EP03

Véase al dorso

No escriba en esta página.

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



(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]

.....

.....

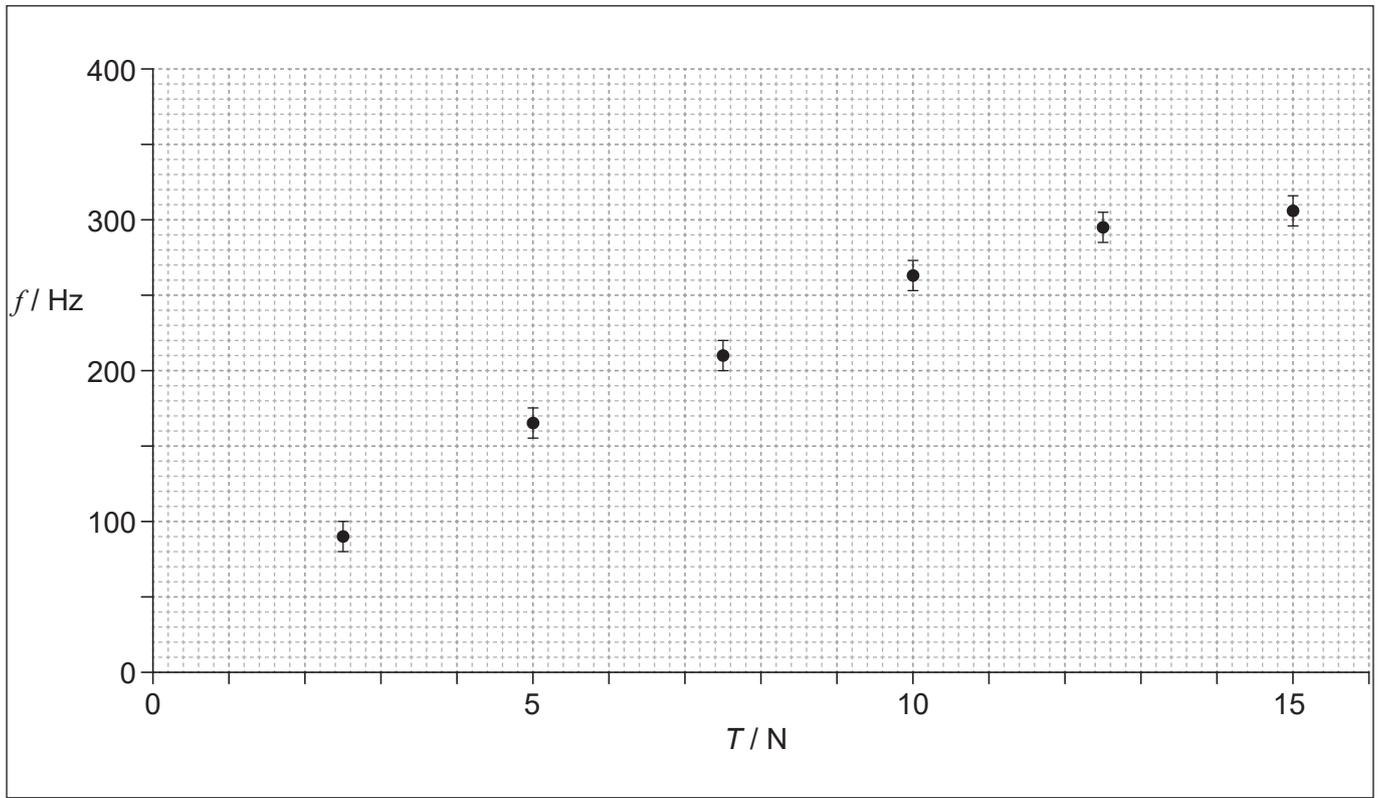
.....

.....



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]

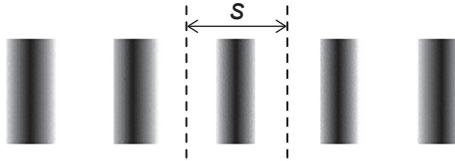
.....
.....

(iii) Describa las características clave de la gráfica de (b)(ii) si apoya esta relación. [2]

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



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]

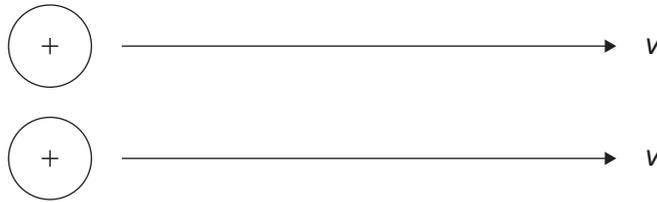
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(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)



(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 desliza 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]

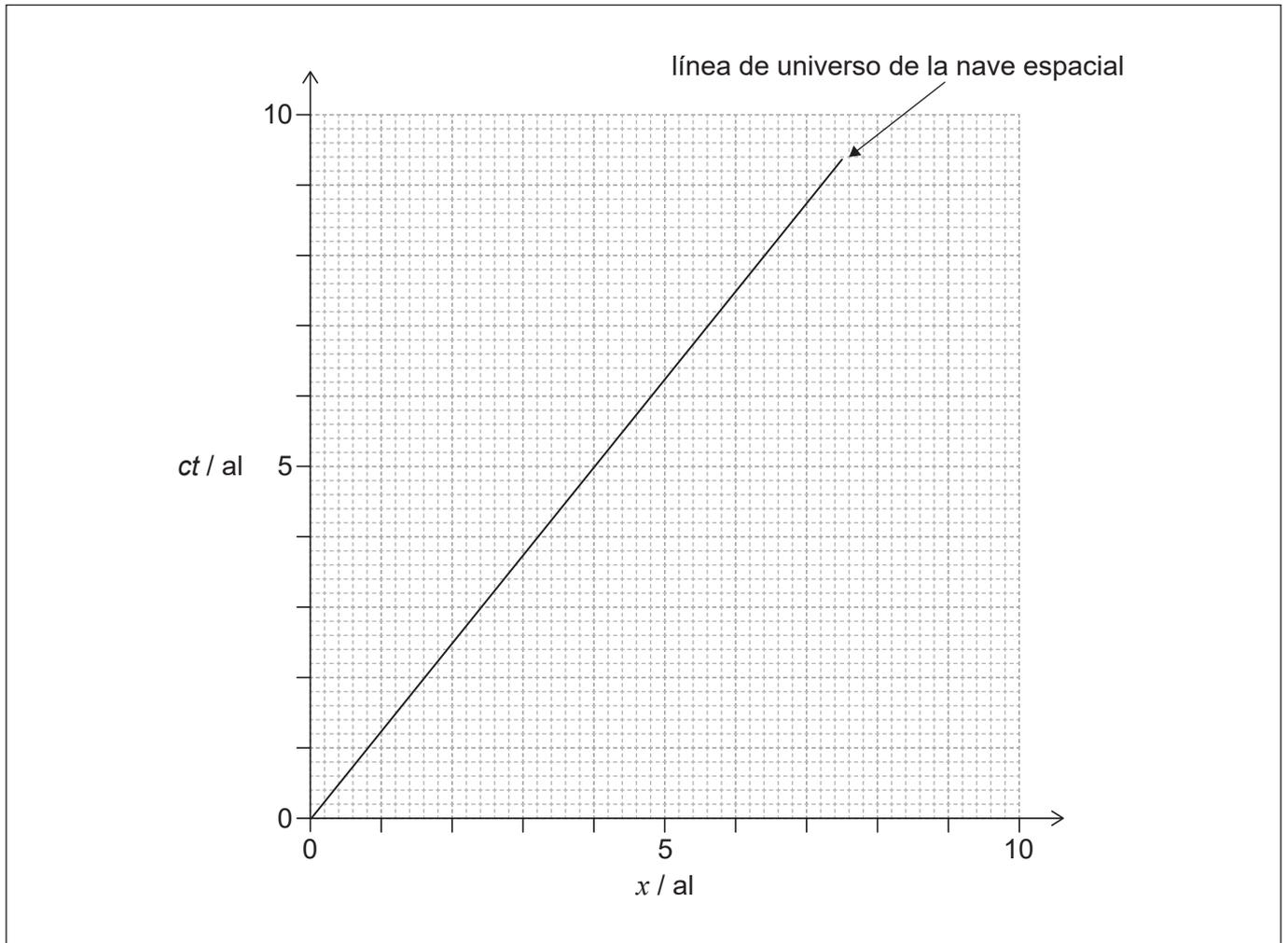
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(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) Rotúlela, 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]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción A

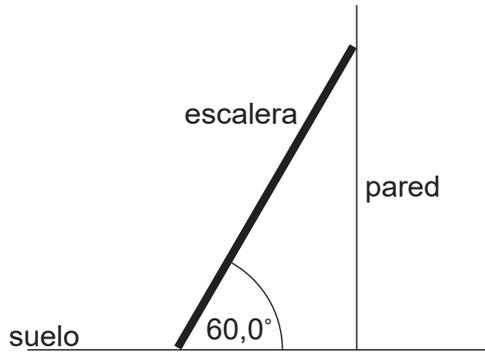


28EP13

Véase al dorso

Opción B — Física en ingeniería

8. 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° 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)



(Opción B: continuación)

9. 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

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

.....

.....

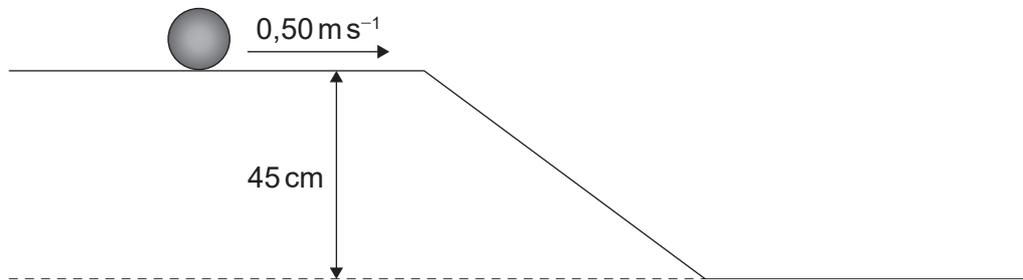
.....

.....

.....

.....

(b) Una esfera sólida de masa 1,5 kg está rodando, sin deslizarse, sobre una superficie horizontal con una velocidad de $0,50 \text{ m s}^{-1}$. 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]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

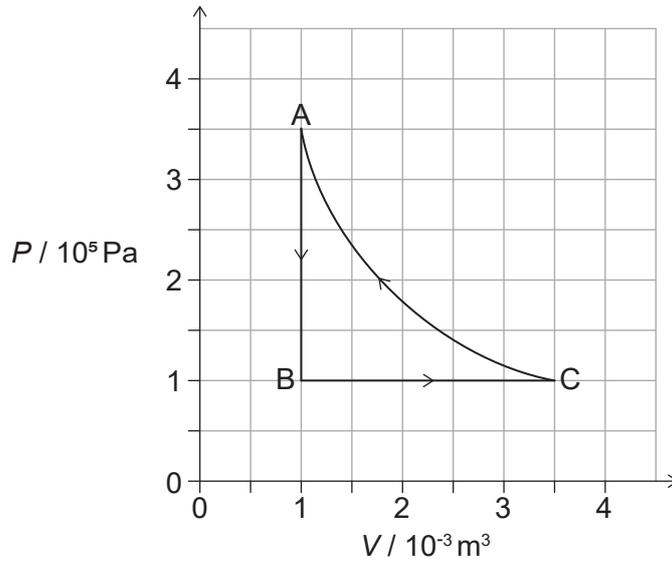
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Opción B: continuación)

10. Se modela una bomba de calor mediante el ciclo $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$.



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

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

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Calcule:

(i) el cambio en la energía interna del gas para el proceso $A \rightarrow B$.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 10)

(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 $C \rightarrow A$ and $A \rightarrow B$.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

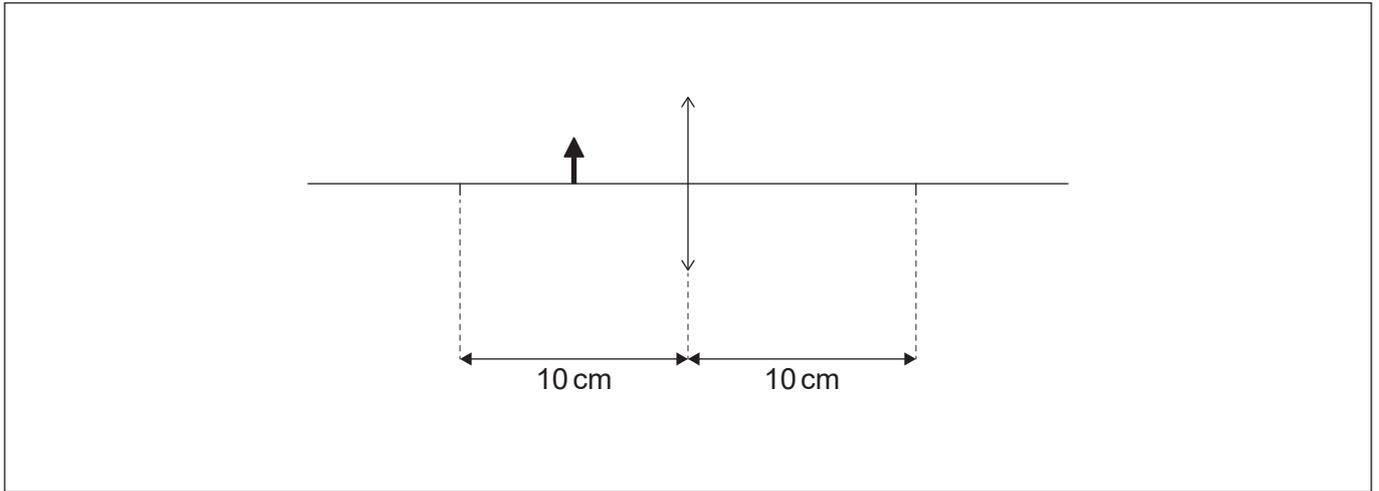
.....

Fin de la opción B



Opción C — Toma de imágenes

11. (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]

.....

.....

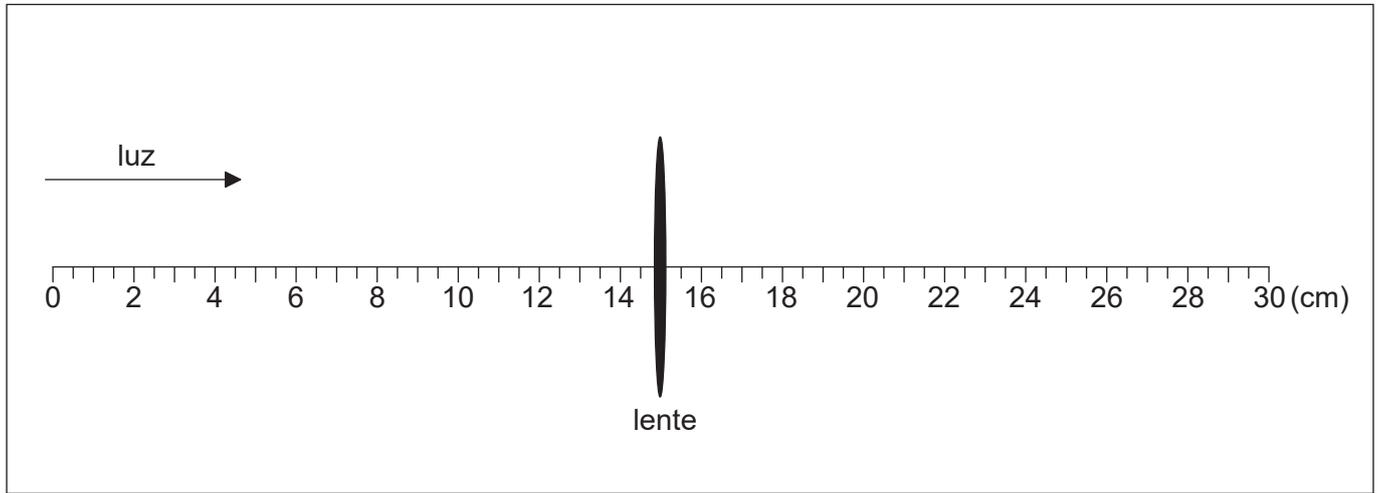
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 11)

- (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)



28EP19

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

12. (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 $2,99792 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$. 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)



(Continuación: opción C, pregunta 12)

- (ii) Una señal de entrada para la fibra consta de longitudes de onda que abarcan desde los 1299nm 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]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción C



Opción D — Astrofísica

13. (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)



(Continuación: opción D, pregunta 13)

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

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

(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 25)



No escriba en esta página.

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



(Opción D: continuación)

14. 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 $3,5 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$.

[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]

.....

.....

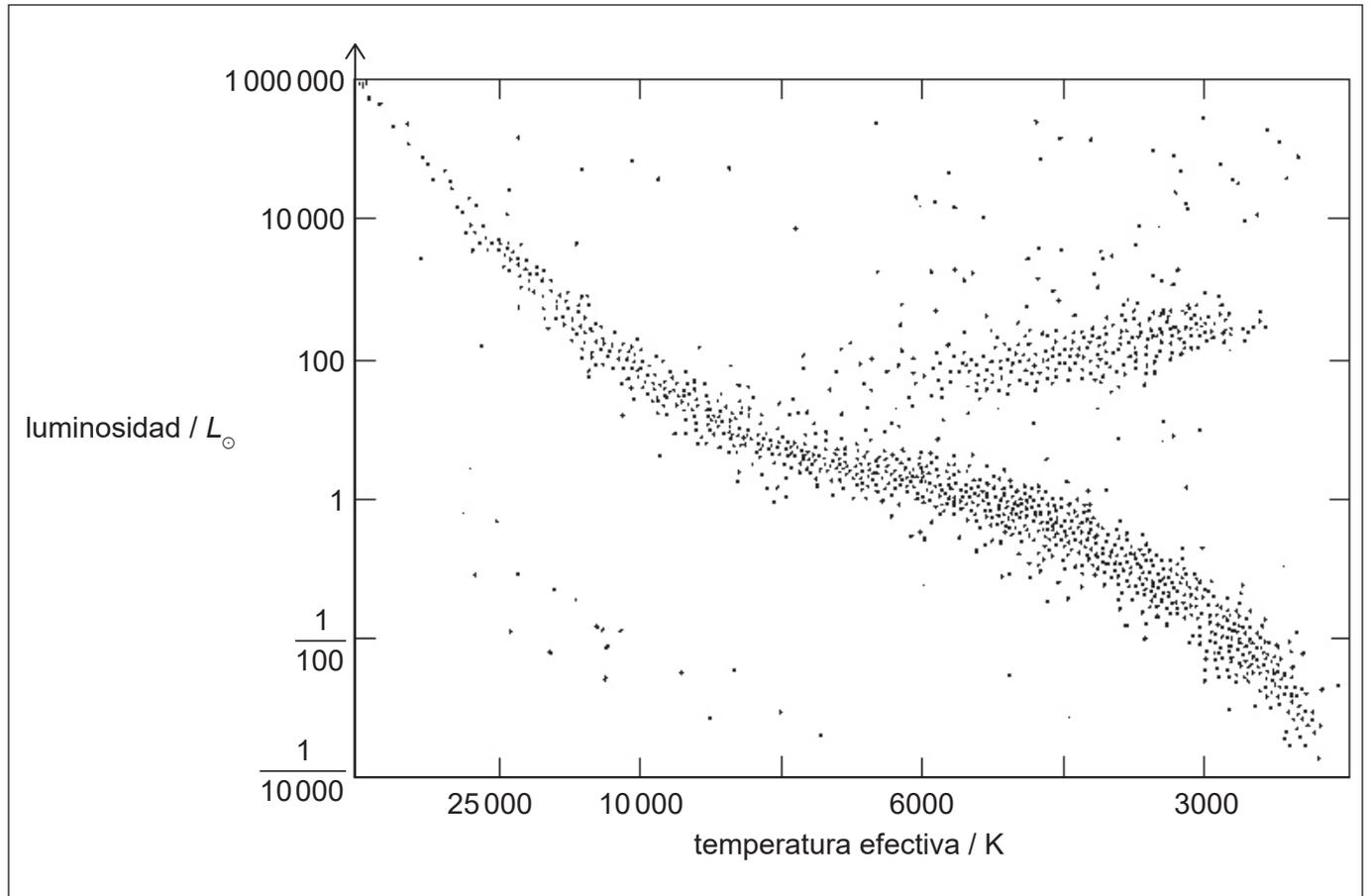
.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

15. 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 15)

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

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción D



No escriba en esta página.

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



28EP28

Markscheme

May 2019

Physics

Standard level

Paper 3

24 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 SL Paper 3 Markscheme

Candidates are required to answer **all** questions in Section A and **all** questions from **one** option in Section B. Maximum total = **35 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	ΔI is too small to be shown/seen OR Error bar of negligible size compared to error bar in V ✓		1
1.	b	evidence that ε can be determined from the y-intercept of the line of best-fit or lines of min and max gradient ✓ states $\varepsilon = 1.59$ OR 1.60 OR 1.61 «V» ✓ states uncertainty in ε is 0.02 «V» OR 0.03«V» ✓		3
1.	c	determine the gradient «of the line of best-fit» ✓ r is the negative of this gradient ✓		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:</p> <p>measure the combined width for several fringes</p> <p>OR</p> <p>repeat measurements ✓</p> <p>take the average</p> <p>OR</p> <p>so the «percentage» uncertainties are reduced ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2:</p> <p>increase D «hence s»</p> <p>OR</p> <p>Decrease d ✓</p> <p>so the «percentage» uncertainties are reduced ✓</p>	<p><i>Do not accept answers which suggest using different apparatus.</i></p>	2

Section B

Option A — Relativity

Question			Answers	Notes	Total
4.	a	i	a coordinate system which is not accelerating/has constant velocity/Newtons 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	moving charges give rise to magnetic fields OR magnetic attraction between parallel currents ✓		1
5.	b	protons at rest produce no magnetic field OR mention of $F = Bev$ where B and/or $v = 0$ ✓		1
5.	c	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 ✓		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	$\Delta t = \left\langle \frac{85}{0.5 \times 3 \times 10^8} \Rightarrow 5.7 \times 10^{-7} \text{ «s»} \right\rangle \checkmark$		1
6.	b	ii	<p>ALTERNATIVE 1: «for $v = 0.6c$ » $\gamma = 1.25 \checkmark$ «uses LT with $\Delta t'$ from 6(b)(i)» $\Delta t = 1.25 \left(5.7 \times 10^{-7} + \frac{0.6 \times 85}{3 \times 10^8} \right) \checkmark$ $9.2 \times 10^{-7} \text{ «s» OR } 9.3 \times 10^{-7} \text{ «s»} \checkmark$</p> <p>ALTERNATIVE 2: v of ball is $0.846c$ for platform ✓ length of train is 68m for platform ✓ $\text{time} = \left\langle \frac{68}{0.846c - 0.6c} \Rightarrow 9.2 \times 10^{-7} \text{ «s» OR } 9.3 \times 10^{-7} \text{ «s»} \right\rangle \checkmark$</p> <p>ALTERNATIVE 3: « $\gamma = 1.154$ for ball in train, so proper time for ball » $\Delta t_0 = \left\langle \frac{5.7 \times 10^{-7}}{1.154} \Rightarrow 4.9 \times 10^{-7} \text{ «s»} \right\rangle \checkmark$ v of ball is $0.846c$ for platform OR $\gamma = 1.876 \checkmark$ $\Delta t = \left\langle \gamma \Delta t_0 = 1.876 \times 4.9 \times 10^{-7} \Rightarrow 9.2 \times 10^{-7} \text{ «s» OR } 9.3 \times 10^{-7} \text{ «s»} \right\rangle \checkmark$</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>	<p>Answer 0.8c given, so check coordinate values carefully.</p>	1
7.	b		<p>E labelled at $x = 4$, $ct = 5$ ✓</p>	<p>Check that E is placed on the worldline of S.</p>	1
7.	c	i	<p>$\gamma = \frac{5}{3} = 1.67$ ✓</p> <p>$t' = \frac{5}{\gamma} = 3$ years</p> <p>OR</p> <p>$ct' = 3\text{ly}$ ✓</p>	<p>Allow solutions involving the use of Lorentz equations.</p>	2
7.	c	ii	<p>$t = 5$ years OR $ct = 5\text{ly}$ ✓</p>		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

Option B — Engineering physics

Question		Answers	Notes	Total
8.	a	<p>«translational equilibrium demands that the» resultant force in the <u>horizontal</u> direction must be zero ✓ «hence $N_W = F$ »</p>	<p><i>Equality of forces is given, look for reason why.</i></p>	1
8.	b	<p>«clockwise moments = anticlockwise moments» $50 \times 2 \cos 60 = N_W \times 4 \sin 60$ ✓ «$N_W = F = \frac{50 \times 2 \cos 60}{4 \sin 60}$» $F = 14.4$ «N» ✓</p>	<p><i>Moments can be equated at any of the three points (ground, wall or centre of mass) giving $F=25\cot 60$</i></p> <p><i>Award [0] (no ECF) if an incorrect equation for moments is used.</i></p> <p><i>Award [2] for a bald correct answer</i></p>	2
8.	c	<p>maximum friction force = «$0.4 \times 50\text{N}$» = 20 «N» ✓ $14.4 < 20$ AND so will not slip ✓</p>	<p><i>For MP2 allow ECF if answer to part 8(b) is greater than 20 N ie “will slip”</i></p> <p><i>For MP2 the stated reason is required somewhere, so award [0] for a bald “will not slip”</i></p>	2

Question		Answers	Notes	Total
9.	a	$E_k = E_k \text{ linear} + E_k \text{ rotational}$ OR $E_k = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \checkmark$ $= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \times \frac{2}{5}mr^2 \times \left(\frac{v}{r}\right)^2 \checkmark$ $\ll = \frac{7}{10}mv^2 \gg$	<p>Answer is given in the question so check working is correct at each stage.</p>	2
9.	b	<p>Initial $E_k = \frac{7}{10} \times 1.50 \times 0.5^2 \ll = 0.26 \text{ J} \gg \checkmark$</p> <p>Final $E_k = 0.26 + 1.5 \times 9.81 \times 0.45 \ll = 6.88 \text{ J} \gg \checkmark$</p> <p>$v = \ll \sqrt{\frac{10}{7} \times \frac{6.88}{1.5}} \gg \Rightarrow 2.56 \ll \text{m s}^{-1} \gg \checkmark$</p>	<p>MP2 is for adding E_p, this may be implied by a correct final answer.</p> <p>Other solution methods are possible</p> <p>MP2: Allow $g = 10$ (gives 7.01J)</p> <p>Allow ECF in MP2 & MP3 for incorrect E_k or E_p in earlier MP. eg Award [2] for 2.5 m s^{-1} if original KE is not used.</p> <p>Award [3] for a bald correct answer</p>	3

Question			Answers	Notes	Total
10.	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 ✓	<p><i>Answer 440 J is given, check for valid working.</i></p> <p><i>Examples of acceptable methods for MP2:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p><i>Accurate integration value is 438 J - if method seen award [2].</i></p>	2
10.	b	i	<p>«use of $U = \frac{3}{2}nRT$ and $pV = nRT$ to give»</p> <p>$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta pV$ ✓</p> <p>«$= \frac{3}{2} \times -2.5 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3}$»</p> <p>= «-»375«J» ✓</p>	<p><i>Another method is possible: eg realisation that ΔU for BC has same magnitude, so $\Delta U = 3/2 P\Delta V$.</i></p> <p><i>POT must be correct for MP2.</i></p> <p><i>Allow positive answer.</i></p> <p><i>Award [2] for a bald correct answer.</i></p>	2
10.	b	ii	$T_A = 816$ «K» OR 543 «°C» ✓		1

(continued...)

(Question 10 continued)

Question		Answers	Notes	Total
10.	c	for CA $\Delta U = 0$ so $Q = W = -440$ «J» ✓ for AB $W = 0$ so $Q = \Delta U = -375$ «J» ✓ 815 «J» transferred to the building ✓	Must use the first law of thermodynamics for MP1 and MP2. Accept both positive or both negative values for both Q. Allow use of answer to 10a in MP1 and MP3 giving a range of 800 to 825 J. Allow ECF from bi in MP2 and MP3 Award [2] for answer of «-»65 J (or ECF value) if MP1 and MP2 have opposite signs. Do not award MP3 for simply adding two completely incorrect values. Award [3] for a bald correct answer.	3
10.	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

Option C — Imaging

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

(continued...)

(Question 151 continued)

Question			Answers	Notes	Total
11.	b	i	I labelled at 25 cm mark ✓		1
11.	b	ii	the second lens has $f \llcorner = \frac{10}{5} \llcorner = 2 \llcorner \text{cm} \llcorner$ ✓ «so for telescope image to be at infinity» the second lens is placed at 27 «cm» OR separation becomes 12 «cm» ✓		2
11.	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 ✓	<i>Award [1 max] for bald "separation increases".</i>	2

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

(continued...)

(Question 12 continued)

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

Option D — Astrophysics

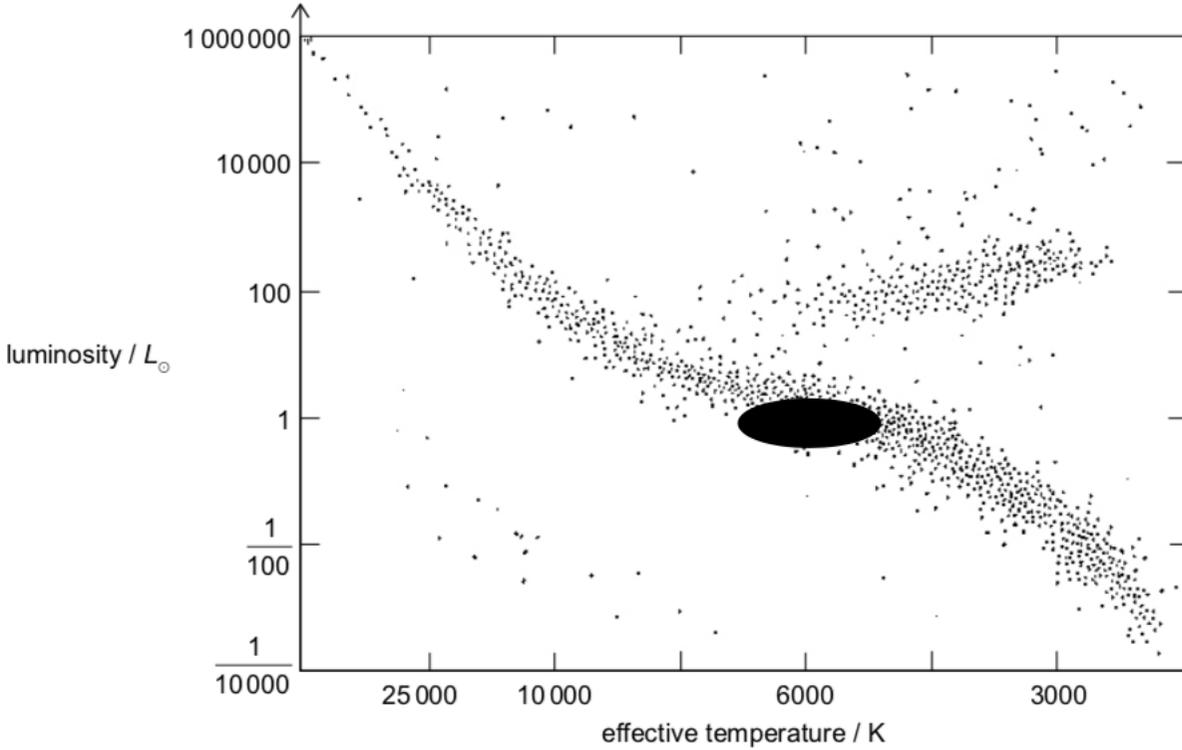
Question			Answers	Notes	Total
13.	a	i	<p>Cepheid variables expand and contract</p> <p>OR</p> <p>Radius increases and decreases</p> <p>OR</p> <p>Surface area increases and decreases ✓</p> <p>Surface temperature decreases then increases ✓</p> <p>Surface becomes transparent then opaque ✓</p>	<p>OWTTE</p>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

(continued...)

(Question 13 continued)

Question			Answers	Notes	Total
13.	b	i	$d = \llcorner 273 \times 3.26 \times 9.46 \times 10^{15} \Rightarrow 8.42 \times 10^{18} \llcorner \text{m} \llcorner \checkmark$ $b = \llcorner \frac{L}{4\pi d^2} = \frac{7.70 \times 10^{29}}{4\pi (8.42 \times 10^{18})^2} \Rightarrow 8.6 \times 10^{-10} \llcorner \text{Wm}^{-2} \llcorner \checkmark$	<i>MP1 may be implicit in the calculation</i> <i>Allow ECF in MP2 (eg answer $b = 8.2 \times 10^{23}$ if pc not converted to m)</i> <i>Award [2] for a bald correct answer</i>	2
13.	b	ii	$\llcorner T = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{4.29 \times 10^{-7}} \llcorner$ $= 6800 \llcorner \text{K} \llcorner \checkmark$		1
13.	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
14.	a	i	$d = \llcorner 1.6 \times 10^8 \times 9.46 \times 10^{15} \Rightarrow 1.51 \times 10^{24} \llcorner \text{m} \llcorner \checkmark$ $v = \llcorner H_0 d = 2.3 \times 10^{-18} \times 1.51 \times 10^{24} \Rightarrow 3.48 \times 10^6 \llcorner \text{m} \llcorner \checkmark$		2
14.	a	ii	$\Delta\lambda = \llcorner \frac{\lambda_0 v}{c} = \frac{4.86 \times 10^{-7} \times 3.48 \times 10^6}{3 \times 10^8} \Rightarrow 5.64 \llcorner \text{nm} \llcorner \checkmark$ observed $\lambda = \llcorner 486 + 5.64 \Rightarrow 492 \llcorner \text{nm} \llcorner \checkmark$	Accept 5.67nm for MP1 when 3.5×10^6 used. Allow ECF from MP1 only if $\Delta\lambda$ is correctly added to λ_0 . Award [0] for not using correct value of λ_0 . Award [2] for a bald correct answer.	2
14.	b		all distant galaxies exhibit red-shift \checkmark	OWTTE	1

Question	Answers	Notes	Total
15. a	<p>the letter S should be in the region of the shaded area ✓</p>  <p>The figure is a Hertzsprung-Russell (H-R) diagram. The vertical axis is labeled 'luminosity / L_☉' and is on a logarithmic scale with major ticks at 1, 100, 10000, and 1000000. The horizontal axis is labeled 'effective temperature / K' and is on a logarithmic scale with major ticks at 10000, 25000, 10000, 6000, and 3000. The diagram shows a dense field of stars, with a prominent main sequence that curves downwards from the top-left towards the bottom-right. A black shaded oval is located in the lower-middle part of the diagram, centered around an effective temperature of approximately 6000 K and a luminosity of approximately 1 L_☉.</p>		1

(continued...)

(Question 15 continued)

Question		Answers	Notes	Total
15.	b	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 ✓	Ignore any mention of the evolution past the red giant stage	3max
15.	c	electron degeneracy <<prevents further compression>> ✓	Ignore mention of the Chandrasekhar limit. Award [0] for answer mentioning radiation pressure or fusion reactions.	1
15.	d	«use of $L = \sigma AT^4$ » $\frac{10^{-4}}{10^4} = \left(\frac{R_D}{R_G}\right)^2 \times \left(\frac{10000}{3000}\right)^4 \quad \checkmark$ $\frac{R_D}{R_G} = 9 \times 10^{-6} \quad \checkmark$		2