

© International Baccalaureate Organization 2024

All rights reserved. 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 the prior written permission from the IB. Additionally, the license tied with this product prohibits 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, whether fee-covered or not, is prohibited and is a criminal offense.

More information on how to request written permission in the form of a license can be obtained from <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organisation du Baccalauréat International 2024

Tous droits réservés. 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 préalable de l'IB. De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation 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, moyennant paiement ou non, est interdite et constitue une infraction pénale.

Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour obtenir une autorisation écrite sous la forme d'une licence, rendez-vous à l'adresse <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organización del Bachillerato Internacional, 2024

Todos los derechos reservados. 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 la previa autorización por escrito del IB. Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso 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—, ya sea incluido en tasas o no, está prohibido y constituye un delito.

En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una autorización por escrito en forma de licencia: <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

Física

Nivel Superior

Prueba 3

7 de noviembre de 2024

Zona A tarde | Zona B tarde | Zona C 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.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas a tal efecto.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de Física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[45 puntos]**.

Sección A	Preguntas
Conteste todas las preguntas.	1 – 2

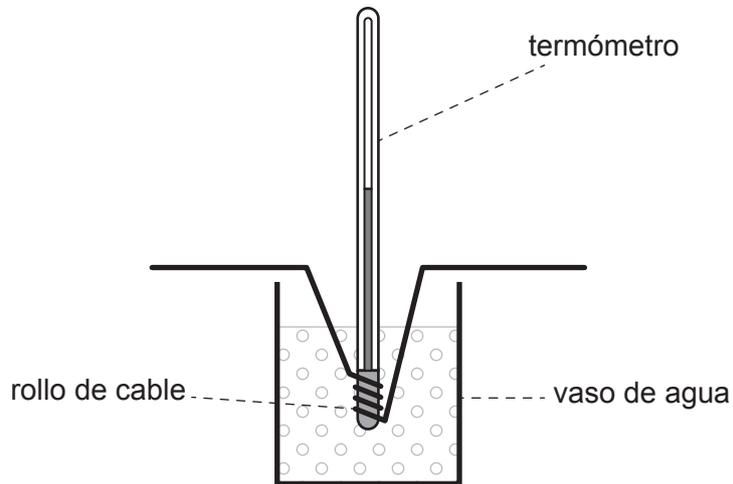
Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	3 – 7
Opción B — Física en ingeniería	8 – 11
Opción C — Toma de imágenes	12 – 16
Opción D — Astrofísica	17 – 21



Sección A

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

1. Dos alumnos investigan la variación con la temperatura θ de la resistencia R de un cable de cobre. El cable de cobre cubierto de plástico se enrolla en torno a un termómetro de mercurio en vidrio y se sumerge en un vaso de agua.



Los alumnos dejan que el agua se enfríe lentamente desde los 95°C .

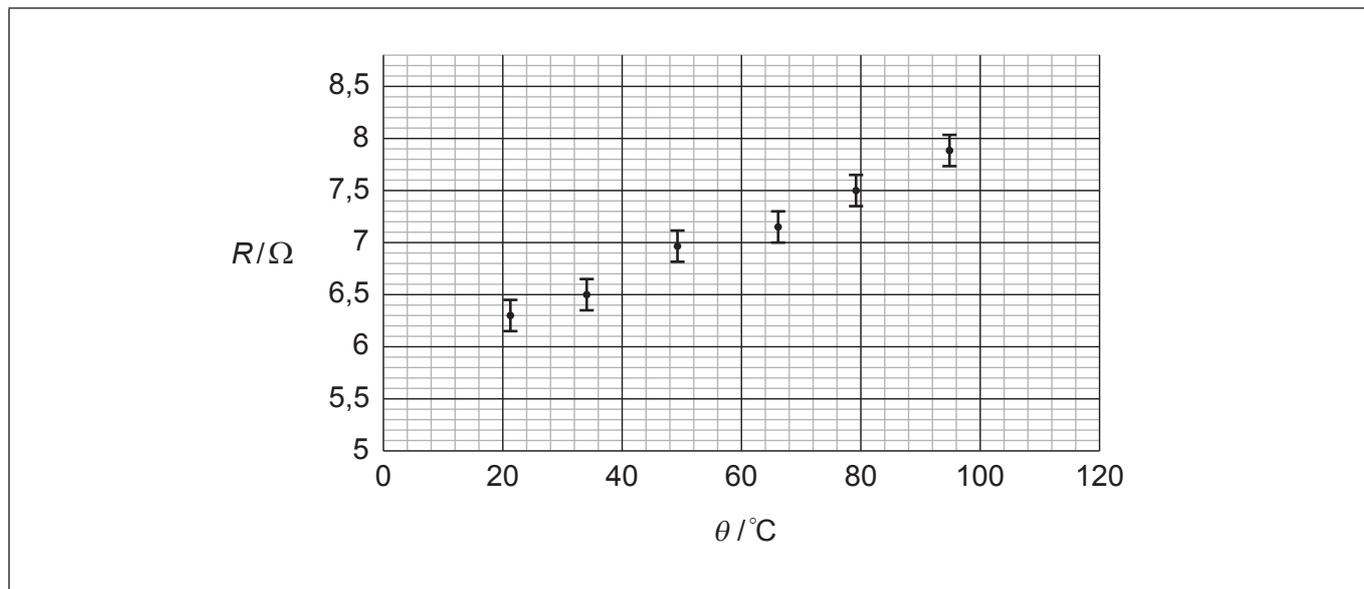
Los alumnos miden la resistencia del cable y la temperatura del agua en el mismo instante.

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

Se muestran sus resultados con barras de error para R . Pueden ignorarse los errores en θ .



(a) Los alumnos sugieren que R viene dado por $R = R_0 (1 + \alpha\theta)$.

(i) Dibuje una línea de ajuste óptimo para estos datos que sea coherente con esta ecuación. [1]

(ii) Calcule la pendiente de su línea de ajuste óptimo. [2]

.....

.....

.....

.....

(iii) Deduzca α . Indique una unidad apropiada para α . [4]

.....

.....

.....

.....

.....

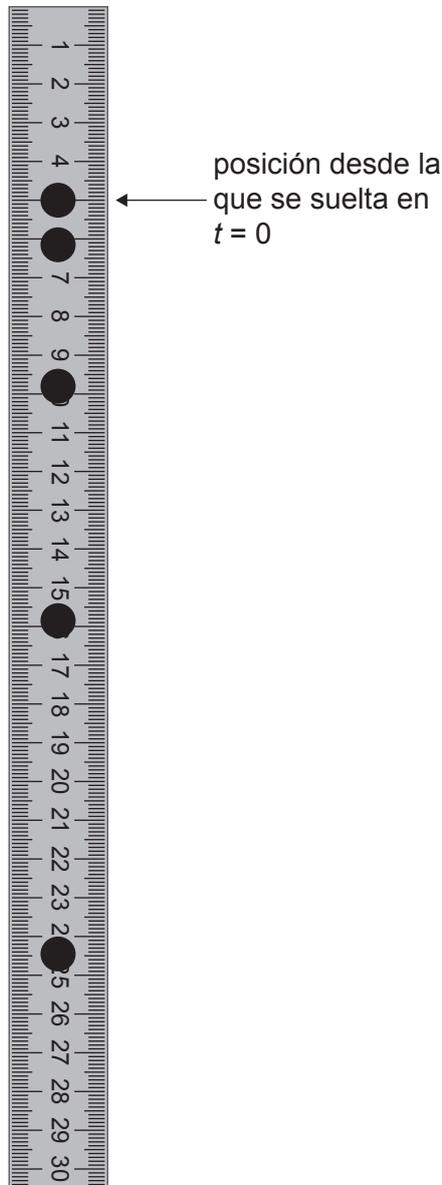
.....

.....

.....



2. Se suelta una pelota pequeña desde el reposo en el instante de tiempo $t = 0$ por delante de una regla vertical. Se toman fotografías de la pelota en modo *multiflash* en $t = 0$ y cada $0,050\text{s}$ a partir de ese instante.



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

La distancia s recorrida por la pelota está relacionada con la aceleración g de la pelota y con t mediante $s = \frac{1}{2}gt^2$.

(a) Determine g a partir de la fotografía. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) La incertidumbre en porcentaje para t es de $\pm 5\%$.
Estime la incertidumbre absoluta para su valor de g . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(c) Sugiera un valor apropiado para la duración máxima del *flash*. [2]

.....

.....

.....

.....



No escriba en esta página.

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

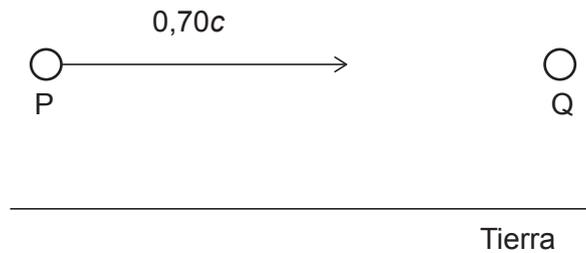


Sección B

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

Opción A — Relatividad

- 3. P transmite una señal de radio a Q. Con respecto a la superficie de la Tierra, Q permanece estacionario mientras que P se mueve con una rapidez de $0,70c$, tal como se muestra.



- (a) Indique, utilizando la relatividad galileana, la rapidez de la señal de radio con respecto a Q. [1]

.....

.....

- (b) Determine, utilizando la suma relativista de velocidades, la rapidez de la señal de radio con respecto a Q. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Un cambio de paradigma en la ciencia sustituyó la relatividad galileana por la teoría de la relatividad especial.

Explique cómo este cambio de paradigma estuvo vinculado al descubrimiento por parte de Maxwell de un conjunto de ecuaciones para el electromagnetismo. [1]

.....

.....

.....

.....

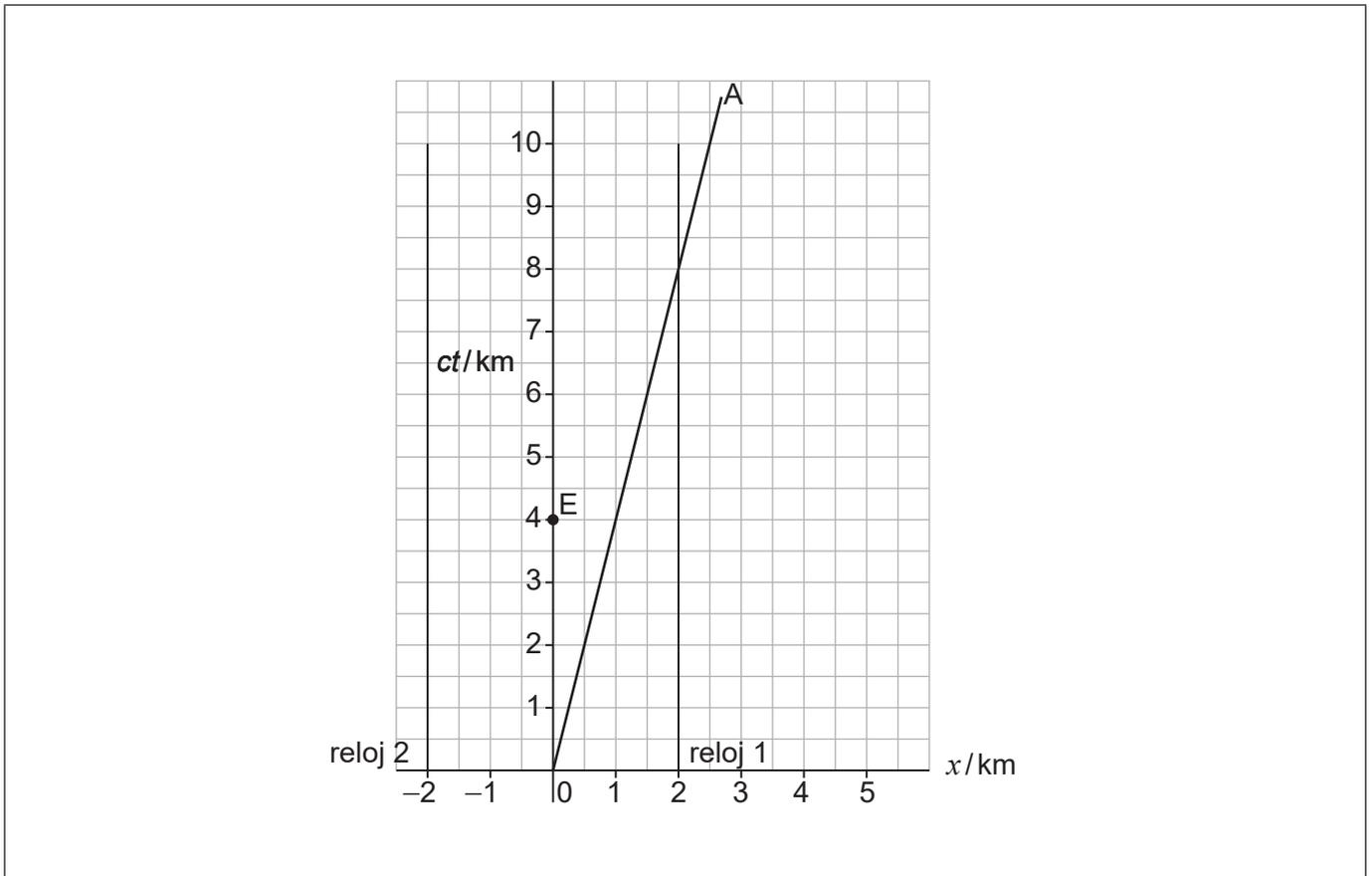
(La opción A continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Opción A: continuación)

4. El diagrama de espacio-tiempo (x, ct) para una estación espacial S muestra las líneas de universo de dos relojes (reloj 1 y reloj 2). Cada reloj se encuentra a 2,0 km de S. El diagrama de espacio-tiempo muestra también la línea de universo de una nave espacial A.



(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 4)

- (a) (i) Resuma cómo pueden sincronizarse el reloj 1 y el reloj 2 con un reloj en S. [2]

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

- (ii) Determine, en función de c , la rapidez de A en el sistema de referencia de S. [2]

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

- (iii) El reloj 1 y el reloj 2 emiten señales de luz diferentes cuando A se encuentra en $(0, 0)$.

Identifique, sobre el diagrama, el tiempo propio transcurrido entre la llegada de las señales de luz a A. [2]

- (b) En el suceso E, una nave espacial P abandona S para encontrarse con la nave espacial A. La rapidez de P es $0,50c$ en el sistema de referencia de S.

- (i) Identifique, con la letra X sobre el diagrama, el suceso del encuentro de P con A. [1]

- (ii) Indique, en segundos, el tiempo del suceso X para el reloj 2. [1]

.....
.....

(La opción A continúa en la página 11)



No escriba en esta página.

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

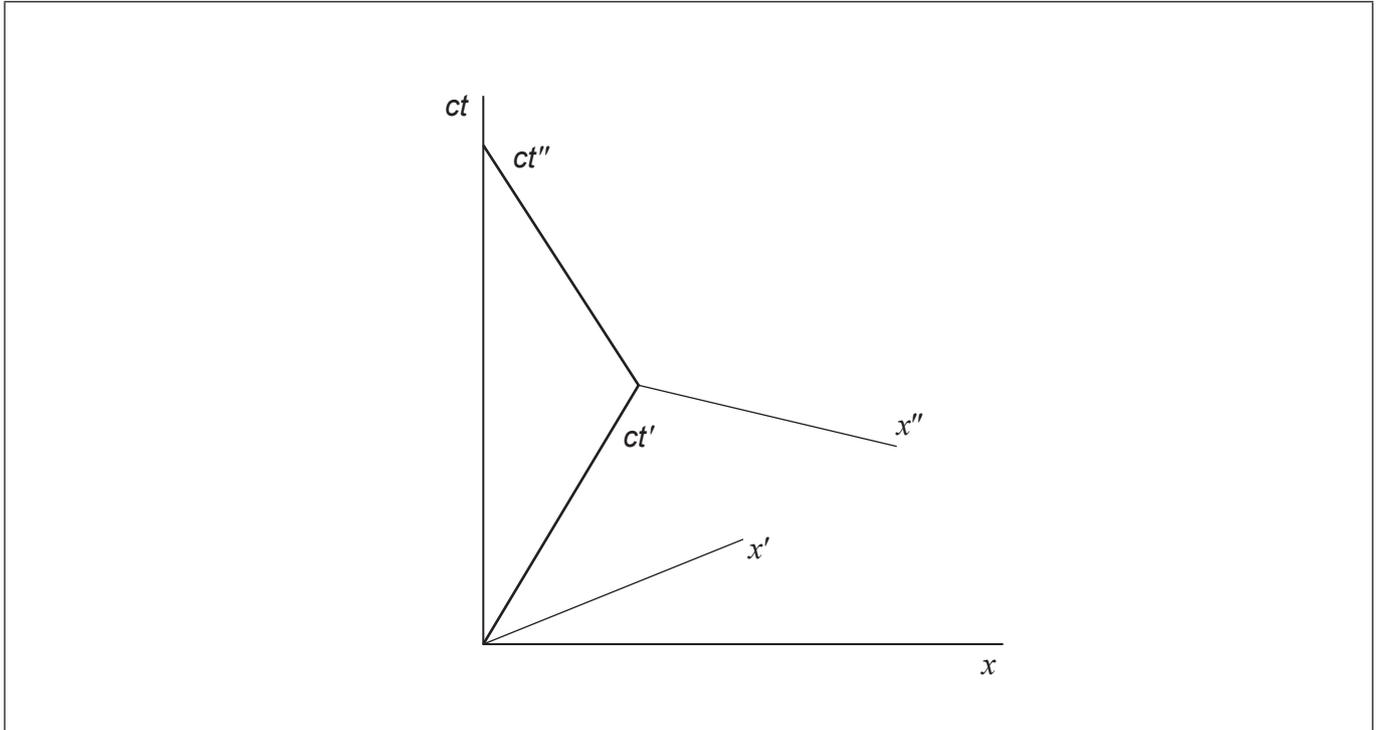


40EP10

(Continuación: opción A, pregunta 4)

(c) A continuación, la nave espacial A regresa a S.

El diagrama de espacio-tiempo muestra el sistema en reposo para A en su viaje de ida (x', ct') y en su viaje de regreso (x'', ct'').



Un observador en A determina, para el **sistema de referencia de S**, el tiempo t_1 inmediatamente anterior al cambio de velocidad de A y el tiempo t_2 inmediatamente posterior al cambio de velocidad de A.

- (i) Identifique, con líneas y rótulos sobre el diagrama de espacio-tiempo, la diferencia entre t_1 y t_2 . [2]
- (ii) Explique cómo surge la diferencia entre t_1 y t_2 . [1]

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

5. En la atmósfera de la Tierra, a 2,5 km por encima de la superficie, se forman muones que se desplazan en vertical hacia abajo con una rapidez de $0,975c$. La vida media de un muon es de $2,2\mu s$ cuando se mide en un sistema en el que el muon está en reposo.

(a) Calcule la vida media del muon para el sistema de referencia de la Tierra. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) Se detectan muones en la superficie de la Tierra.

Explique, con el respaldo de cálculos, por qué esto supone una evidencia de la dilatación temporal. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

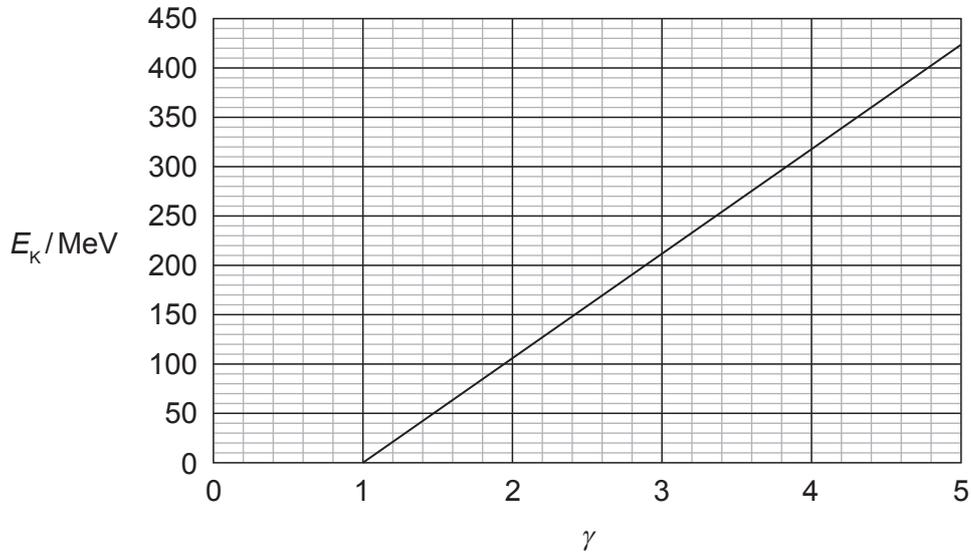
.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

6. El gráfico muestra la variación de la energía cinética E_k frente a γ (factor gamma) para un muon.



(a) Calcule la energía en reposo del muon. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) El muon tiene la misma carga que un electrón. Deduzca la diferencia de potencial requerida para acelerar a un muon desde el reposo hasta una rapidez de $0,96c$. [2]

.....

.....

.....

.....

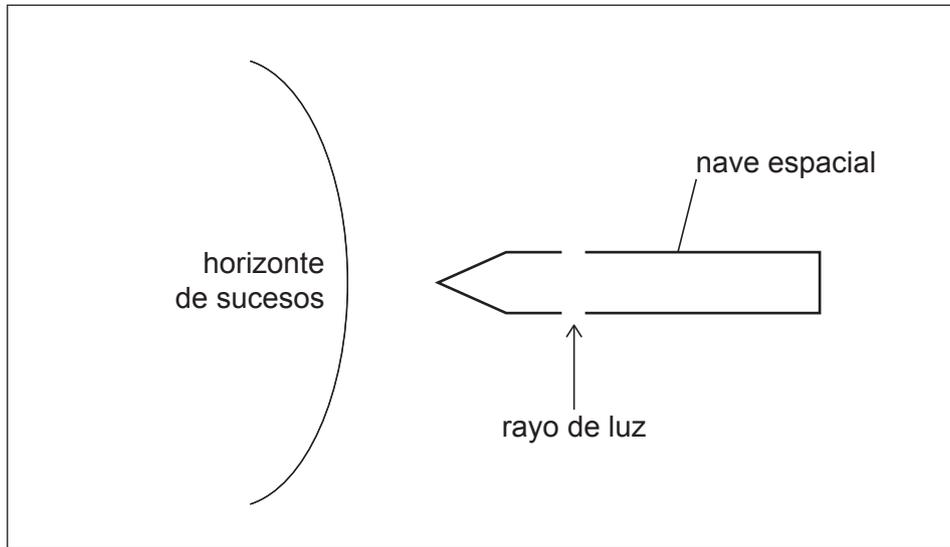
(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

7. Un observador lejano observa a una nave espacial que está en caída libre hacia un agujero negro.

Según un observador dentro de la nave espacial, un rayo de luz entra por una ventanilla de observación de la nave espacial y sale por una segunda ventanilla directamente en frente de la primera.



(a) Explique la diferencia entre la trayectoria del rayo de luz como la describe el observador lejano y la trayectoria del rayo de luz como la describe el observador dentro de la nave espacial.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 7)

- (b) El horizonte de sucesos está a 300 km del centro del agujero negro.

Cuando la nave espacial se encuentra a 100 km del horizonte de sucesos del agujero negro, transmite una señal de radio al observador lejano. La duración del mensaje de radio de acuerdo con el observador de la nave espacial es de $7,5 \mu\text{s}$.

- (i) Calcule la duración del mensaje de radio como lo recibe el observador lejano. [2]

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

- (ii) Calcule la masa del agujero negro. [1]

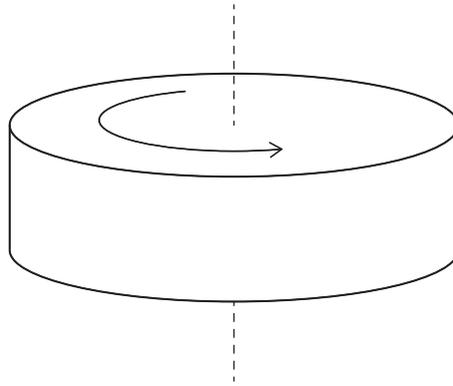
.....
.....

Fin de la opción A



Opción B — Física en ingeniería

8. Un volante de inercia es un cilindro giratorio que se utiliza para almacenar energía cinética rotacional. La energía puede transferirse desde el volante de inercia cuando este va reduciendo la velocidad.



Un volante de inercia utilizado para almacenar energía tiene un momento de inercia de $0,072 \text{ kg m}^2$ y una velocidad angular máxima de 8400 rad s^{-1} .

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 8)

(a) La velocidad rotacional del volante de inercia se reduce uniformemente desde la velocidad máxima hasta 3600 rad s^{-1} en un tiempo de 9,6 s.

(i) Muestre que se transfiere una potencia media de alrededor de 200 kW desde el volante de inercia al reducirse su velocidad. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Calcule el momento de fuerza (*torque*) que actúa sobre el volante de inercia al decelerar. [2]

.....

.....

.....

.....

(iii) Calcule el número de revoluciones que efectúa el volante de inercia al reducir la velocidad. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) Un ingeniero modifica el diseño del volante de inercia para incrementar la energía máxima que este puede almacenar.

Identifique **dos** factores que el ingeniero puede cambiar para lograr esto. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página 19)



No escriba en esta página.

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



(Opción B: continuación)

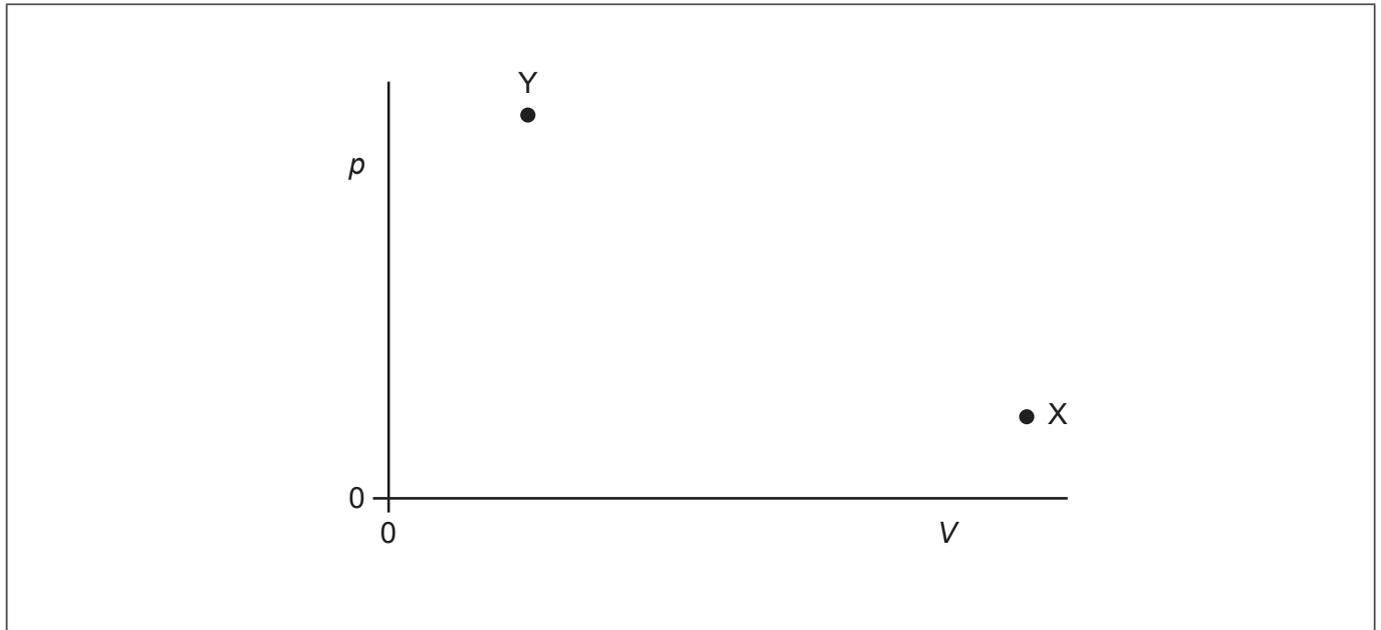
9. Se somete a una masa fija de un gas ideal a un ciclo que consta de tres procesos:

X → Y Compresión isotérmica desde una presión de 0,10 MPa y un volumen de $1,20 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ hasta una presión de 0,48 MPa

Y → Z Expansión isobárica

Z → X Expansión adiabática hasta el estado inicial

(a) Dibuje, sobre los ejes, el diagrama pV para este ciclo. X e Y se le dan ya representadas. No se requieren números sobre los ejes. [2]



(b) Muestre que el volumen del gas en Y es de $0,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. [1]

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



40EP19

Véase al dorso

(Continuación: opción B, pregunta 9)

(c) Una expresión algebraica de la primera ley de la termodinámica es $Q = \Delta U + W$.

En la tabla, se proporcionan datos para el ciclo.

Proceso	Q / J	ΔU / J	W / J
X → Y			-188
Y → Z	+262		+105
Z → X			+157
ciclo completo			+74

(i) Complete la tabla. Utilice la casilla de respuesta siguiente para sus cálculos. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Determine el volumen del gas en Z. [2]

.....

.....

.....

.....

(iii) Determine el rendimiento de este ciclo. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 9)

- (d) Resuma por qué este ciclo teórico no es adecuado para su uso en un motor térmico práctico.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



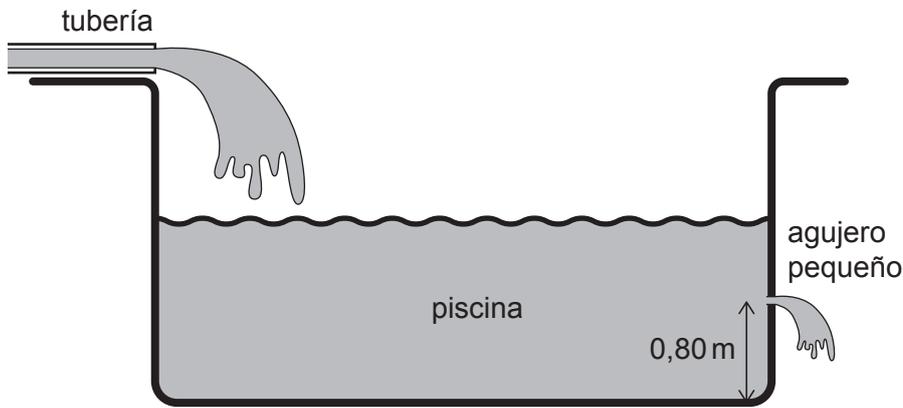
40EP21

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

- 10. Una piscina consta de un tanque grande sobre el suelo que se está llenando de agua. El agua fluye al tanque, a través de una tubería con radio de 0,13 m, con una velocidad de flujo de 66 mm s^{-1} .

la figura no está dibujada a escala



Densidad del agua = 1000 kg m^{-3}
 Viscosidad del agua = $1,1 \times 10^{-3} \text{ Pa s}$

- (a) Identifique si es probable que el flujo del agua en la tubería sea turbulento. [1]

.....

.....

- (b) Hay un agujero pequeño en un lateral del tanque a través del cual se pierde agua.

El agujero pequeño está 0,80 m por encima del fondo del tanque y su radio es de 19 mm. La profundidad del agua d no varía una vez que el ritmo de flujo **hacia adentro** del tanque se iguala al ritmo del flujo **hacia afuera** del tanque.

- Determine este valor constante de d . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 10)

(c) Sobre la superficie del agua flota un bloque de madera.

Resume, aludiendo a la presión, el origen de la fuerza de flotación sobre el bloque. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



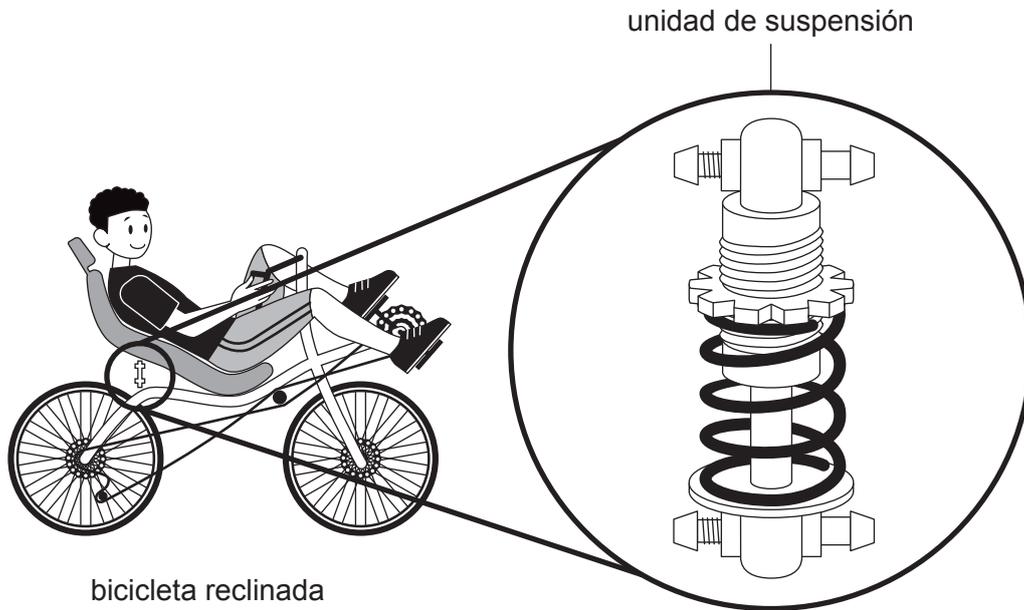
40EP23

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

11. Una persona monta una bicicleta reclinada que tiene una unidad de suspensión instalada entre el sillín y el cuadro de la bicicleta. La unidad de suspensión soporta la masa de la persona y consta de un resorte (muelle) con un mecanismo de amortiguación.

La frecuencia natural de vibración de la unidad de suspensión es de 2,6 Hz.



Se daña la unidad de suspensión de tal modo que el resorte pierde la amortiguación.

La bicicleta se desplaza sobre suelo irregular con baches separados por distancias iguales de 1,2 m.

- (a) Explique por qué el viaje es incómodo cuando la rapidez de la bicicleta es de $3,0 \text{ m s}^{-1}$. [2]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 11)

- (b) Se repara la unidad de suspensión de modo que el resorte recupera la amortiguación.

Describa todos los cambios que percibirá la persona al desplazarse sobre el mismo suelo irregular.

[2]

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción B



40EP25

Véase al dorso

No escriba en esta página.

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



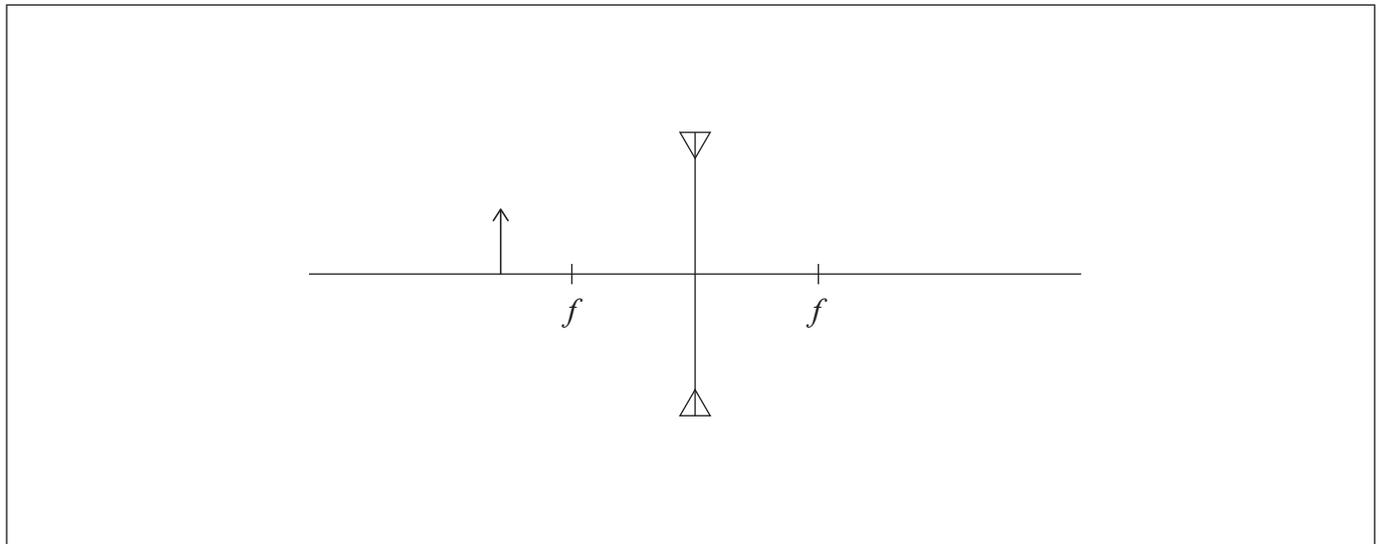
Opción C — Toma de imágenes

12. Se forma una imagen real, cuatro veces mayor que el objeto, a 0,40 m de una lente convergente.

(a) Calcule la longitud focal de la lente. [3]

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

(b) Se sustituye la lente convergente por una lente divergente de longitud focal f . Se muestra la posición del objeto.



Determine, mediante un diagrama de rayos, la naturaleza de la imagen que se forma. [2]

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Opción C: continuación)

13. (a) (i) Identifique los componentes ópticos de un telescopio reflector astronómico con montaje newtoniano. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Explique **una** ventaja que tiene el telescopio reflector astronómico con montaje de Cassegrain sobre otro con montaje newtoniano. [1]

.....

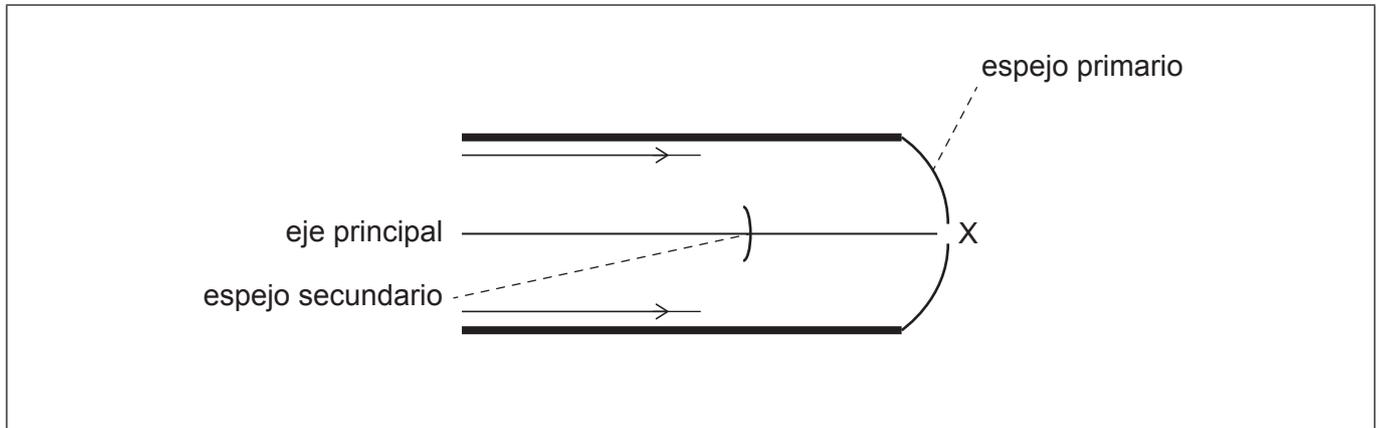
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 13)

- (b) En un telescopio reflector, con montaje de Cassegrain, el espejo primario tiene una longitud focal de 8,0 m. Se utiliza este telescopio para visualizar un accidente de la Luna que subtiende un ángulo de 2,5 mrad en el eje del espejo primario.



- (i) Calcule la altura de la imagen formada por el espejo primario. [1]

.....
.....

- (ii) En el diagrama, se muestran las trayectorias iniciales de dos rayos paralelos al eje principal. Muestre, completando las trayectorias de estos rayos, la formación de la imagen final en X. [2]

- (iii) El espejo secundario se encuentra a 4,5 m de X. Calcule la longitud focal del espejo secundario. [2]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Opción C: continuación)

14. Se propaga luz a lo largo de una fibra óptica que tiene un núcleo con índice de refracción de 1,59 y un revestimiento con índice de refracción de 1,48.

(a) Muestre que el ángulo crítico en la frontera (interfase) núcleo-revestimiento es de aproximadamente 70° .

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Un rayo entra en la fibra óptica desde el aire a través de una superficie del núcleo que forma 90° con el eje de la fibra.



(i) Determine el máximo ángulo de incidencia I que puede formar este rayo en el aire para que se produzca una reflexión total interna en la frontera núcleo-revestimiento.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Describa qué les ocurre a los rayos de luz con ángulos de incidencia mayores que I .

[1]

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 14)

(c) La atenuación por unidad de longitud en el material del núcleo es de $5,5 \text{ dB km}^{-1}$.

Estime la longitud de la fibra óptica que reduciría el brillo de la luz en un factor de 10^6 . [2]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



40EP31

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

15. (a) Distinga entre coeficiente másico de atenuación y coeficiente lineal de atenuación tal como se utilizan en la toma de imágenes por rayos X.

[2]

.....

.....

.....

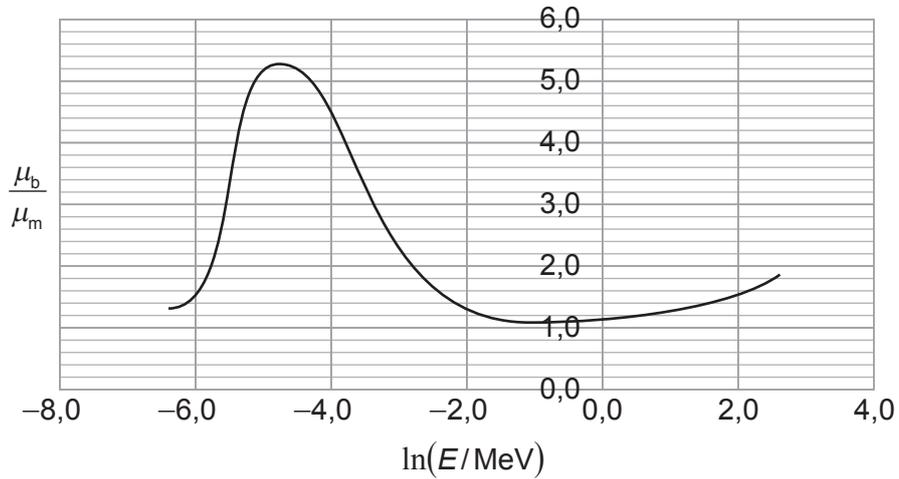
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 15)

- (b) Se utiliza radiación X monocromática con energía por fotón E para tomar imágenes de una fractura de hueso en una pierna humana. El coeficiente másico de atenuación para el hueso es μ_b y el coeficiente másico de atenuación para el músculo alrededor del hueso es μ_m . El gráfico muestra la variación de $\frac{\mu_b}{\mu_m}$ con $\ln(E/\text{MeV})$.



Justifique, en eV, la energía por fotón que es más adecuada para tomar imágenes de la fractura del hueso.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



40EP33

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

16. En un escáner de resonancia magnética nuclear se sitúa a un paciente en un campo magnético formado por la combinación de un campo de gradiente y otro uniforme.

(a) Resuma por qué se utilizan campos magnéticos.

[1]

.....
.....

(b) Resuma cómo el campo magnético de gradiente permite determinar la localización de una señal procedente del paciente.

[3]

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

Fin de la opción C



Opción D — Astrofísica

17. (a) Resuma las diferencias entre cúmulos estelares abiertos y cúmulos estelares globulares. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) Discuta cómo se utilizan las estrellas variables cefeidas para determinar distancias en la astronomía. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(c) El polvo galáctico absorbe luz.

Prediga el efecto que tiene el polvo galáctico en la estimación de la distancia a una estrella variable cefeida. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

18. Se proporcionan datos para la estrella de la secuencia principal 10 Lacertae. T_{\odot} y L_{\odot} se refieren a la temperatura del Sol y la luminosidad del Sol.

$$\text{temperatura superficial de 10 Lacertae} = 6,3 T_{\odot}$$

$$\text{luminosidad de 10 Lacertae} = 100\,000 L_{\odot}$$

(a) Calcule $\frac{\text{radio de 10 Lacertae}}{\text{radio del Sol}}$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Muestre que la masa de 10 Lacertae es alrededor de 30 veces la masa del Sol. [2]

.....

.....

.....

.....

(c) Resuma, aludiendo a su masa, el estado final más probable para 10 Lacertae. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

19. La galaxia NGC 6251 se encuentra a 350 mega-años-luz de la Tierra y tiene un desplazamiento hacia el rojo de 0,025.

(a) Muestre que los datos para NGC 6251 conducen a una estimación para la constante de Hubble de alrededor de $70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) (i) Estime, a partir de su respuesta a (a), la edad del universo en segundos.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Indique la suposición que ha hecho en su estimación de (b)(i).

[1]

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Opción D: continuación)

20. La masa de Jeans M_j de una nube de gas interestelar es igual a $\frac{CRT}{m}$, donde:

R es el radio de la nube de gas.

T es la temperatura de la nube de gas.

m es la masa de la partículas de la nube de gas.

C es una constante que tiene el valor $6,2 \times 10^{-13} \text{ kg}^2 \text{ m}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

(a) Resuma el significado de M_j . [2]

.....

.....

.....

.....

(b) Una nube esférica de gas con radio de $7 \times 10^{15} \text{ m}$ contiene partículas de masa $3,3 \times 10^{-27} \text{ kg}$ a una densidad de $5,0 \times 10^{-19} \text{ kg m}^{-3}$. La temperatura media de la nube es de 10K.

Determine la estabilidad de esta nube. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Opción D: continuación)

21. (a) Explique por qué el principio cosmológico sugiere que no puede haber una frontera del universo. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) El Observatorio Espacial Planck reveló fluctuaciones de temperatura en la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB). Resuma **una** consecuencia de estas fluctuaciones. [2]

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción D



No escriba en esta página.

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



40EP40