

88146527



FÍSICA
NIVEL SUPERIOR
PRUEBA 3

Número de convocatoria del alumno

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

Viernes 7 de noviembre de 2014 (tarde)

Código del examen

1 hora 15 minutos

8	8	1	4	–	6	5	2	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---

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 de dos de las opciones.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del *Cuadernillo de datos de Física* para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es [60 puntos].

Opción	Preguntas
Opción E — Astrofísica	1–5
Opción F — Comunicaciones	6–10
Opción G — Ondas electromagnéticas	11–15
Opción H — Relatividad	16–20
Opción I — Física médica	21–23
Opción J — Física de partículas	24–27



48EP01

Opción E — Astrofísica

1. Esta pregunta trata del cielo nocturno.

(a) Distinga entre un cúmulo estelar y una constelación.

[2]

.....

.....

.....

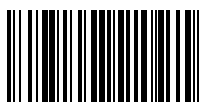
.....

(b) Describa el movimiento aparente de las estrellas sobre el cielo en un período de 24 horas. [1]

.....

.....

(La opción E continúa en la página siguiente)



(Opción E: continuación)

2. Esta pregunta trata de la radiación estelar y de los tipos estelares.

Alnilam y Bellatrix son dos estrellas de la constelación de Orión. La tabla siguiente ofrece información sobre cada una de estas estrellas. L_{\odot} es la luminosidad del Sol y R_{\odot} es el radio del Sol.

	Magnitud aparente	Magnitud absoluta	Temperatura superficial	Luminosidad	Radio
Alnilam	+1,68	−6,37	27 000 K	$275\,000L_{\odot}$	$24R_{\odot}$
Bellatrix	+1,62	−2,37	T_B	$6400L_{\odot}$	$6R_{\odot}$

- (a) (i) Explique cómo Alnilam tiene una magnitud aparente similar a la de Bellatrix pero menor magnitud absoluta. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calcule la temperatura superficial T_B de la estrella Bellatrix. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción E continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción E, pregunta 2)

- (b) Utilizando un telescopio basado en la Tierra, un observador estima la distancia a Alnilam mediante el método de la paralaje estelar.

- (i) Describa el método de la paralaje estelar.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Determine si se puede utilizar el método de la paralaje estelar para estimar la distancia de Alnilam a la Tierra.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción E continúa en la página siguiente)



(Opción E: continuación)

3. Esta pregunta trata de la cosmología.

Newton supuso que el universo era infinito, uniforme y estático. El modelo del Big Bang sugiere que el espacio y el tiempo se originaron en un punto hace alrededor de 14 mil millones de años. En aquel tiempo la temperatura era muy alta.

- (a) Olbers sugirió que si Newton tenía razón, entonces el cielo nunca podría ser oscuro. Explique cuantitativamente la paradoja de Olbers. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) En 1965, Penzias y Wilson descubrieron radiación cósmica con una longitud de onda que correspondía a una temperatura de alrededor de 3 K. Resuma cómo la radiación cósmica en la región de microondas es compatible con el modelo del Big Bang. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Sugiera cómo resuelve el modelo del Big Bang la paradoja de Olbers. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción E continúa en la página siguiente)



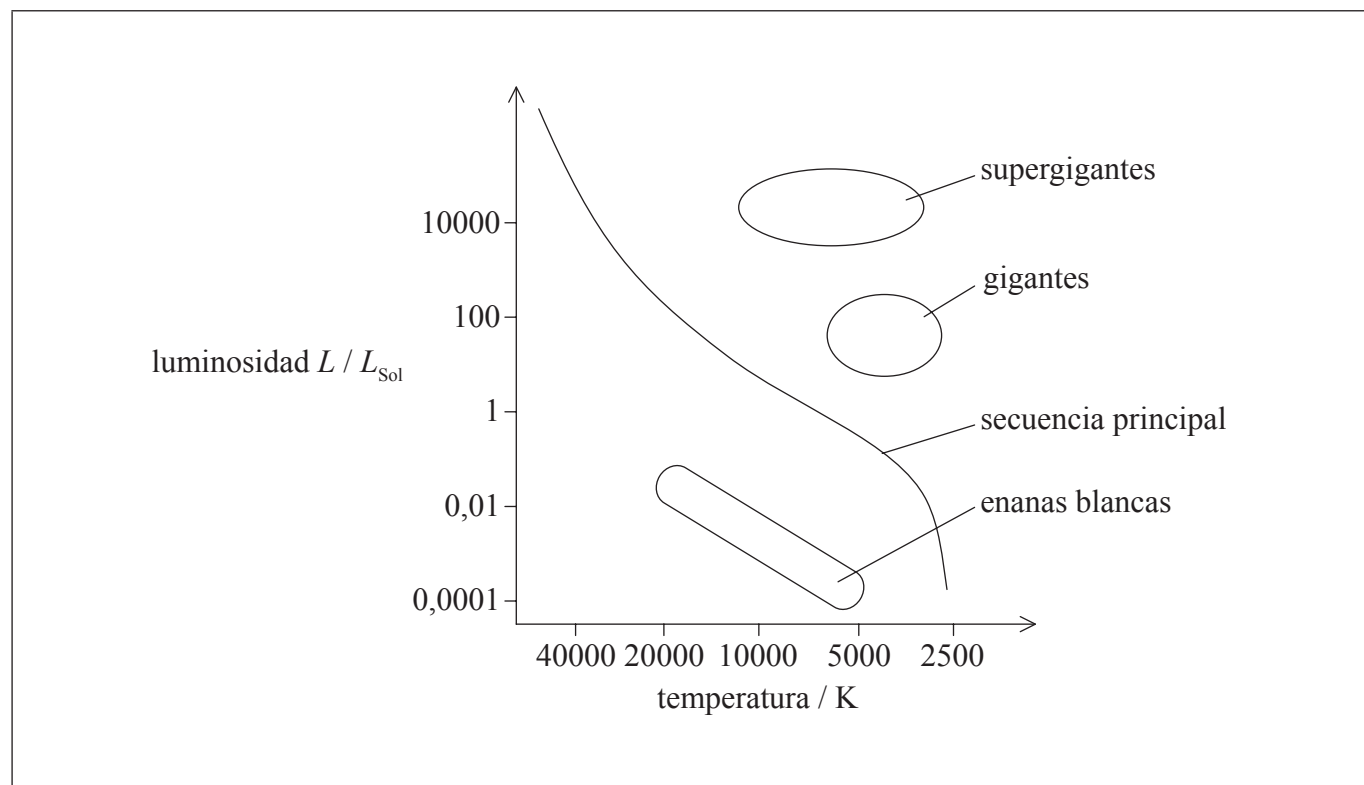
48EP05

Véase al dorso

(Opción E: continuación)

4. Esta pregunta trata del diagrama Hertzsprung–Russell (HR) y de la evolución estelar.

La estrella Phi-1 Orionis es una estrella grande de la secuencia principal cuya masa es de aproximadamente 18 masas solares.



- (a) Calcule la luminosidad de Phi-1 Orionis en función de la luminosidad del Sol. Suponga $n=3,5$ en la relación masa–luminosidad. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción E continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción E, pregunta 4)

- (b) Se espera que el Sol tenga una vida de alrededor de 10^{10} años. Aludiendo al equilibrio entre la presión de radiación y la presión gravitatoria, discuta por qué Phi-1 Orionis agotará su hidrógeno a un ritmo más rápido que el Sol.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) (i) Utilizando el diagrama HR de la página 6, dibuje la trayectoria evolutiva de Phi-1 Orionis tras abandonar la secuencia principal.

[1]

- (ii) Resuma, aludiendo al límite de Oppenheimer–Volkoff, el estado final de Phi-1 Orionis.

[1]

.....

.....

.....

.....

(La opción E continúa en la página siguiente)



(Opción E: continuación)

5. Esta pregunta trata de la constante de Hubble.

Una estimación reciente para el valor de la constante de Hubble es de $70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

- (a) Estime, en segundos, la edad del universo.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (b) La longitud de onda de las líneas del espectro de absorción del hidrógeno es de $656,3 \text{ nm}$ cuando se mide en la Tierra. El análisis de la luz procedente de una galaxia distante muestra que la misma línea tiene una longitud de onda de $725,6 \text{ nm}$. Determine la velocidad de recesión de la galaxia distante.

[2]

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción E



No escriba en esta página.

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



48EP09

Véase al dorso

Opción F — Comunicaciones

6. Esta pregunta trata de la comunicación por radio.

Una onda de señal puede modular una onda portadora utilizando o bien modulación de amplitud (AM) o bien modulación de frecuencia (FM).

- (a) (i) Distinga entre la modulación de amplitud y la modulación de frecuencia. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Indique por qué se modulan las ondas portadoras. [1]

.....

.....

- (iii) Esquematice la forma de onda que resulta cuando una onda de señal modula a una onda portadora de mayor frecuencia. Incluya al menos **un** ciclo de la modulación de amplitud. [2]

(La opción F continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción F, pregunta 6)

- (b) Identifique **una** ventaja y **una** desventaja de la comunicación por radio mediante AM frente a la comunicación por radio mediante FM.

[2]

Ventaja:

.....
.....

Desventaja:

.....
.....

(La opción F continúa en la página siguiente)



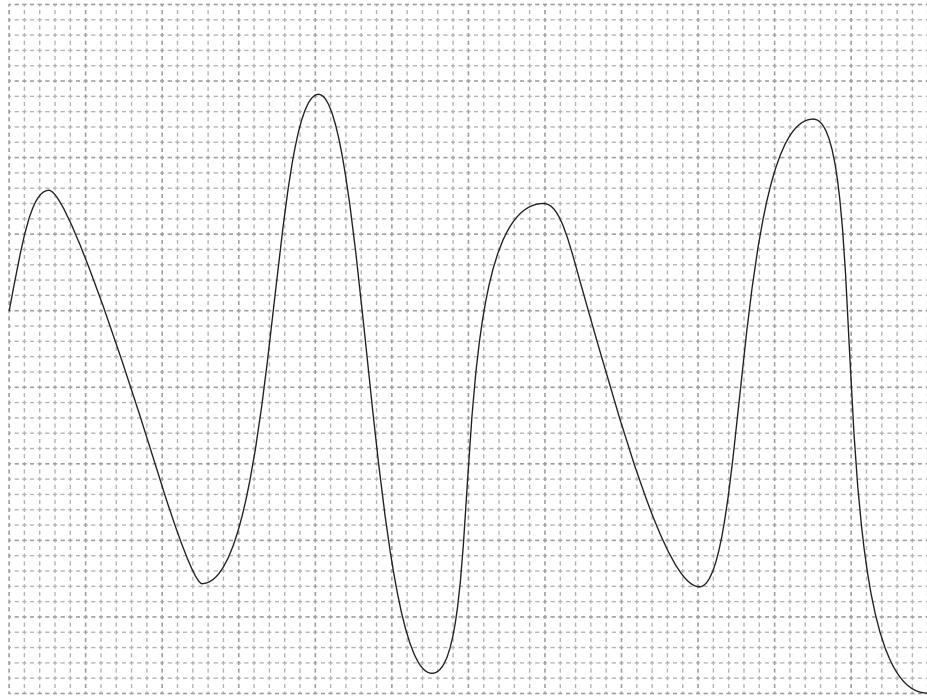
48EP11

Véase al dorso

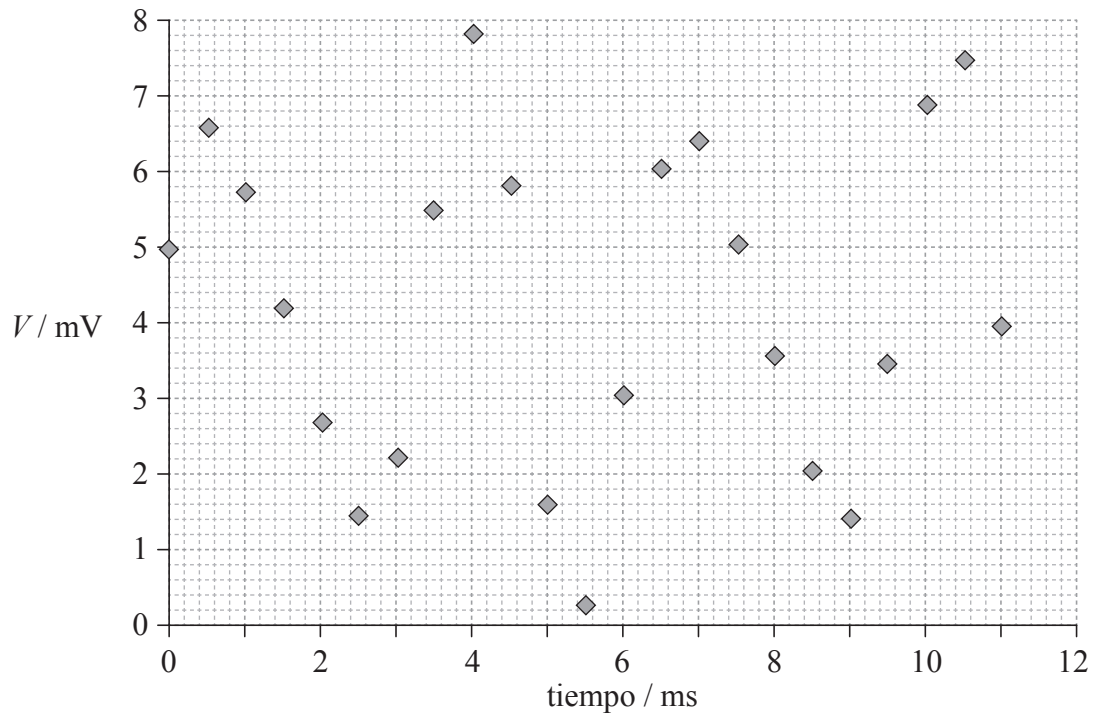
(Opción F: continuación)

7. Esta pregunta trata de las señales digitales.

La gráfica 1 muestra la forma de onda original de una onda sonora.



La gráfica 2 muestra el voltaje de esta onda en los puntos de muestreo.



(La opción F continúa en la página siguiente)



48EP12

(Continuación: opción F, pregunta 7)

La señal de entrada se convierte en una señal binaria de 4-bits, de acuerdo con la regla siguiente.

Señal de entrada / mV	Conversión binaria en 4-bits
$0 \leq V < 0,5$	0000
$0,5 \leq V < 1,0$	0001
$1,0 \leq V < 1,5$	0010
$1,5 \leq V < 2,0$	0011
\vdots	\vdots
$7,5 \leq V < 8,0$	1111

(a) Calcule la frecuencia de muestreo.

[1]

.....

.....

(b) Determine la señal binaria de 4-bits cuando $t=4,5$ ms.

[1]

.....

.....

(c) Indique y explique **un** cambio en este sistema que permitiría que la señal de salida que se reconstruyó a partir de la señal binaria se ajuste mejor a la señal analógica original.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción F continúa en la página siguiente)



(Opción F: continuación)

8. Esta pregunta trata de las fibras ópticas.

Una fibra óptica consta de una fibra de vidrio delgada rodeada por un material de revestimiento. El índice de refracción del vidrio es de 1,62.

(a) (i) Calcule el ángulo crítico para esta fibra óptica.

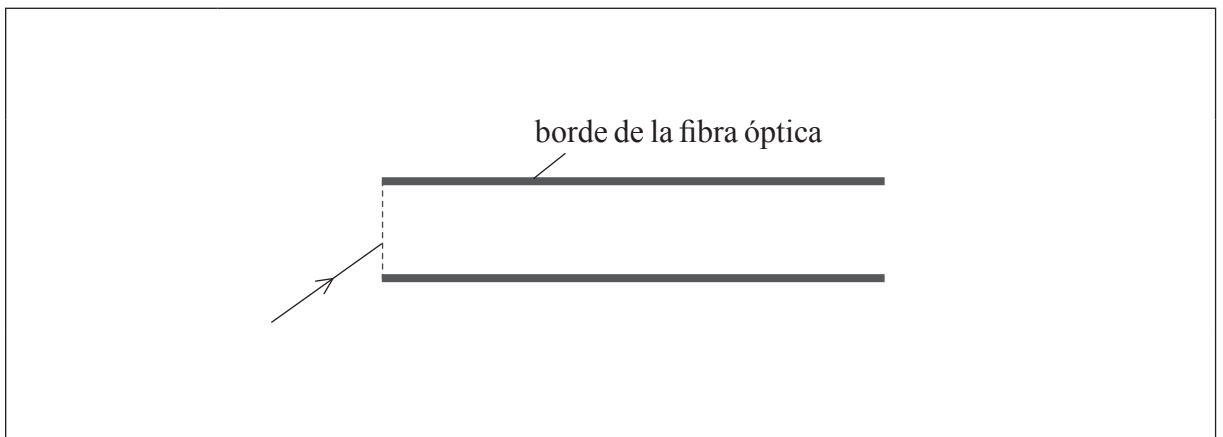
[1]

.....

.....

(ii) El siguiente diagrama muestra una fibra óptica recta. Esquematice el paso de un rayo de luz a través de la fibra.

[2]



(b) La potencia de entrada en la fibra es de 150 mW. La atenuación por unidad de longitud de la fibra de vidrio es de $12,0 \text{ dB km}^{-1}$. Cuando la luz ha recorrido una distancia l su potencia desciende hasta 3,00 mW, instante en el que se requiere amplificación de la señal. Determine l .

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción F continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción F, pregunta 8)

- (c) En el diagrama 1 se muestra la variación con el tiempo t de la potencia de entrada en una fibra óptica de longitud l . En el diagrama 2 se muestra la variación con el tiempo t de la potencia de salida de la fibra óptica. La potencia de salida en el diagrama 2 no está a la misma escala que la potencia de entrada en el diagrama 1.

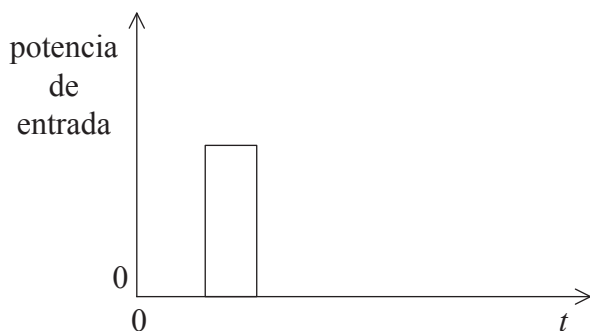


Diagrama 1

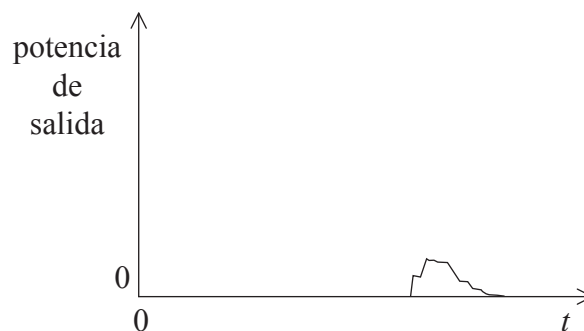


Diagrama 2

La potencia de salida es mucho menor que la potencia de entrada porque se absorbe energía cuando la luz pasa por la fibra óptica.

- (i) Una diferencia entre las formas de las señales de entrada y salida consiste en que la de salida tiene más ruido que la de entrada. Indique y explique **otra** diferencia entre las formas de las señales de entrada y salida. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Describa cómo puede restaurarse a su forma original la señal de salida. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción F continúa en la página siguiente)



(Opción F: continuación)

9. Esta pregunta trata de la comunicación vía satélite.

(a) Indique qué se entiende por satélite geoestacionario.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Discuta **una** ventaja y **una** desventaja de un satélite orbital polar frente a un satélite geoestacionario cuando se utilizan para cartografiar la superficie de la Tierra.

[2]

Ventaja:

.....

.....

.....

Desventaja:

.....

.....

.....

(c) Una estación sobre el terreno en la Tierra transmite a un satélite en una frecuencia de subida. El satélite devuelve la transmisión a la Tierra en una frecuencia de bajada. Explique **una** razón por la cual estas dos frecuencias **no** deberían ser iguales.

[1]

.....

.....

.....

.....

.....

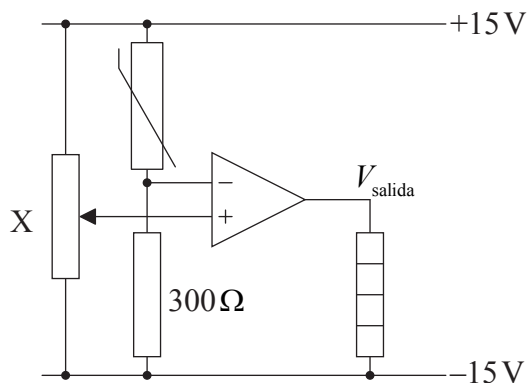
(La opción F continúa en la página siguiente)



(Opción F: continuación)

10. Esta pregunta trata de un amplificador operacional (AO).

Se utiliza un AO como comparador en un circuito, tal como se muestra a continuación.



El circuito se utiliza para controlar la temperatura en un invernadero. La resistencia de un termistor decrece al aumentar su temperatura.

(a) Explique cómo varía el potencial en la entrada inversora al reducirse la temperatura. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) Describa la finalidad del componente X en el circuito. [1]

.....

.....

(La opción F continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción F, pregunta 10)

Cuando se fija el potencial de la entrada no inversora en 0 V, el calentador se enciende a una temperatura de alrededor de 10 °C. La temperatura ideal para cultivar plantas en el invernadero es 18 °C o mayor. A 18 °C la resistencia del termistor es de 193 Ω .

- (c) Demuestre que el potencial en la entrada no inversora debería fijarse en torno a 3 V para garantizar que el elemento calefactor se encienda cuando la temperatura sea menor de 18 °C.

[2]

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

Fin de la opción F



Opción G — Ondas electromagnéticas

11. Esta pregunta trata de las lentes convexas.

- (a) Se utiliza una lente convexa (convergente) para proyectar una imagen sobre una pantalla. La longitud focal de la lente es de 10 cm. Se coloca el objeto a una distancia de 15 cm desde el centro de la lente sobre el eje principal.

(i) Defina *eje principal*.

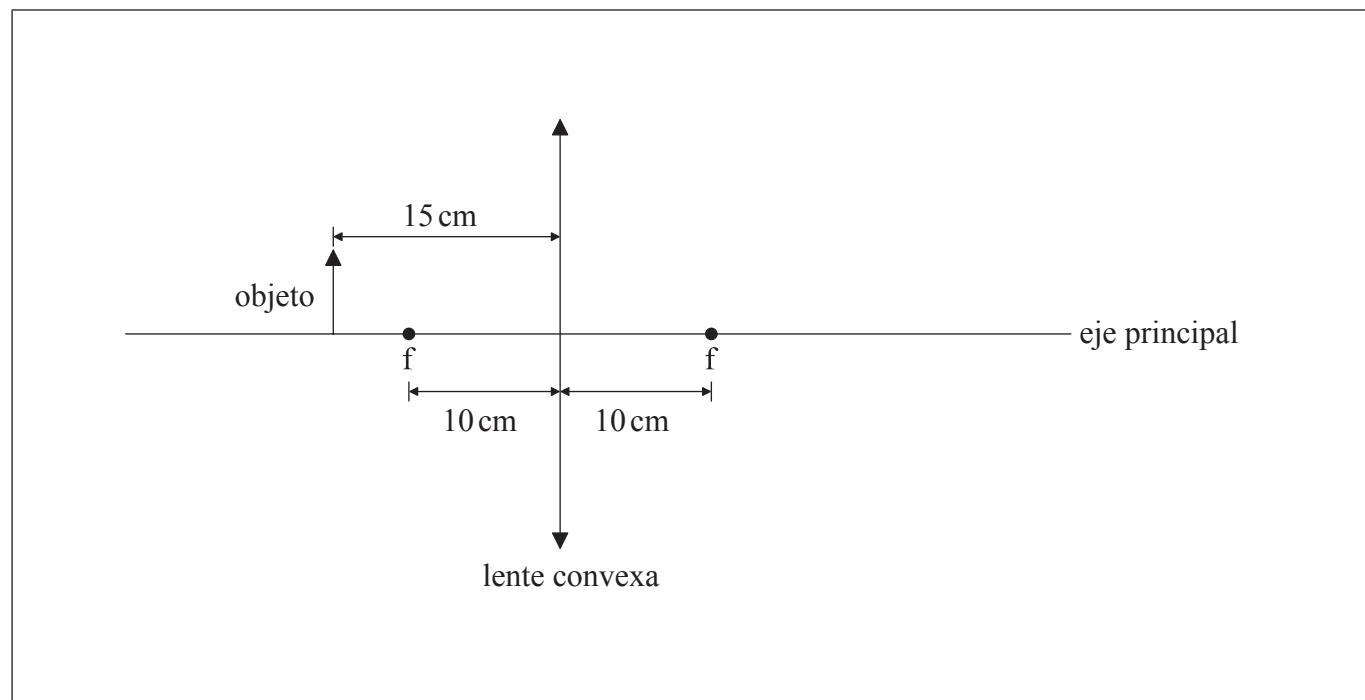
[1]

.....

.....

(ii) Construya rayos para ubicar la posición de la imagen.

[3]



(iii) Identifique la naturaleza de la imagen.

[1]

.....

.....

(La opción G continúa en la página siguiente)

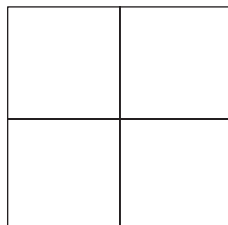


48EP19

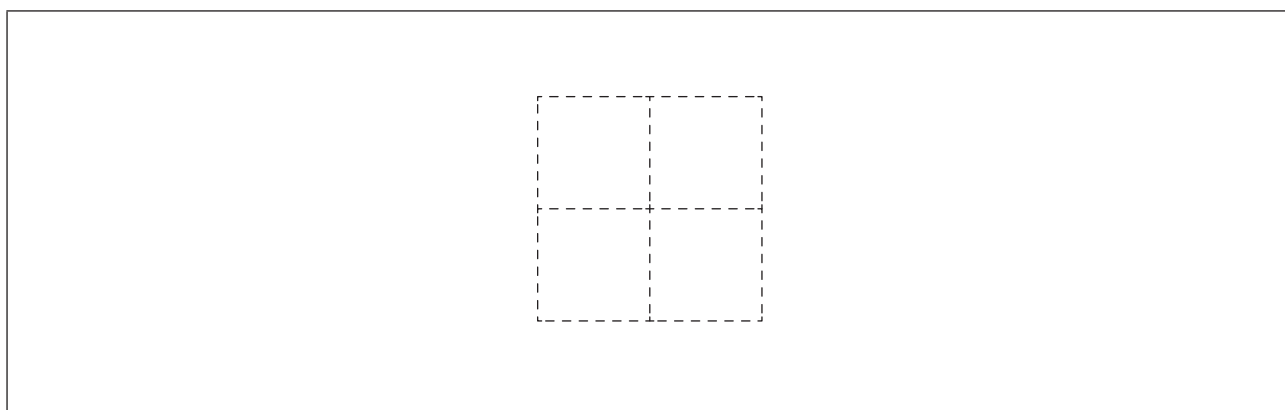
Véase al dorso

(Continuación: opción G, pregunta 11)

- (b) Se sitúa otro objeto, como se muestra a continuación, de tal modo que el centro del objeto está sobre el eje principal de la lente. El objeto está en perpendicular al eje principal. La lente no ha sido corregida para la aberración esférica.



El diagrama siguiente muestra lo que se vería sobre la pantalla si la lente no produjera aberraciones en la imagen.



- (i) La lente está cubierta por una apertura amplia. Utilizando el diagrama anterior, esquematice el aspecto probable de la imagen si la lente **produce** aberraciones esféricas. [2]
- (ii) Resuma por qué reducir el tamaño de la apertura reduce los efectos de la aberración esférica. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción G continúa en la página siguiente)



(Opción G: continuación)

12. Esta pregunta trata de los láseres.

(a) Resume, en relación con la producción de luz láser, qué se entiende por

(i) monocromática.

[1]

.....
.....

(ii) inversión de población.

[1]

.....
.....

(b) Los láseres son ampliamente empleados en la medicina. Resume **un** uso de los láseres en este campo.

[2]

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

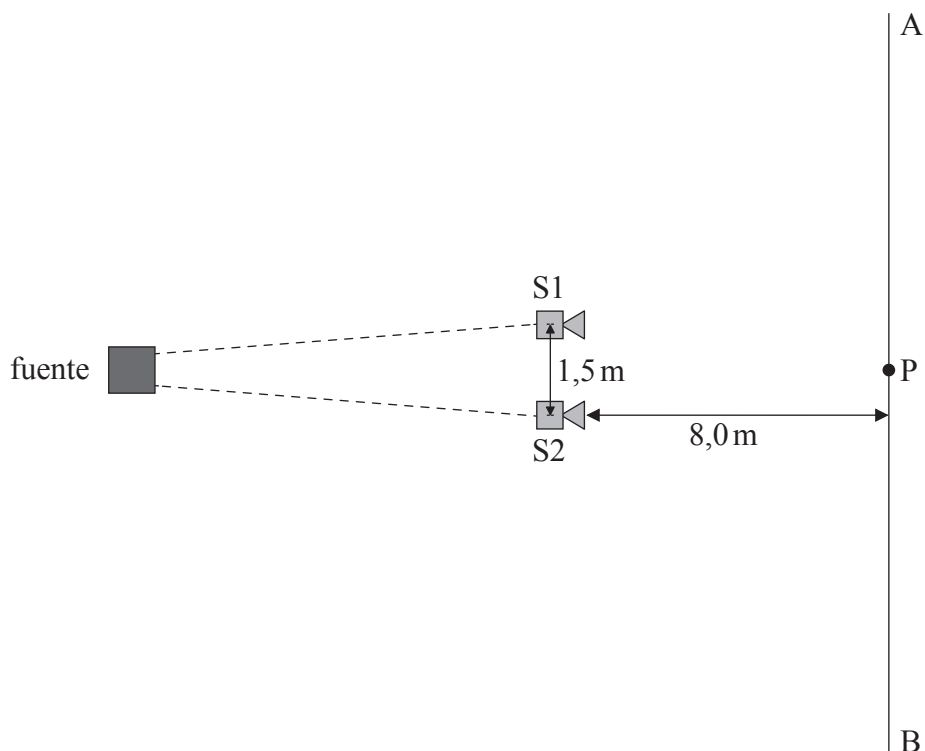
(La opción G continúa en la página siguiente)



(Opción G: continuación)

13. Esta pregunta trata de la interferencia de ondas sonoras.

Dos altavoces, S1 y S2, emiten una nota musical con frecuencia de 2,5 kHz y amplitud de señal idéntica. El punto P se encuentra en la línea AB y es equidistante de S1 y S2. Se colocan los altavoces con una separación de 1,5 m entre sí y a 8,0 m de la línea AB. La velocidad del sonido es de 330 ms^{-1} .



Una persona que camina en línea recta de A a B percibe que la intensidad del sonido alterna entre alta y baja.

(a) Aludiendo a la interferencia, explique por qué va alternando la intensidad del sonido sobre la línea AB. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción G continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción G, pregunta 13)

- (b) El sonido tiene intensidad máxima en P. Calcule la distancia sobre la línea AB hasta el siguiente máximo de intensidad cuando S1 y S2 emiten una nota musical con frecuencia de 2,5 kHz.

[2]

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

- (c) Se separan S1 y S2 de modo que ahora están distanciados 3,0 m entre sí. Se mantienen a la misma distancia de la línea AB. Discuta los cambios, si los hay, en el ritmo al cual alterna la intensidad del sonido cuando una persona camina sobre la línea AB a la mitad de la velocidad.

[2]

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

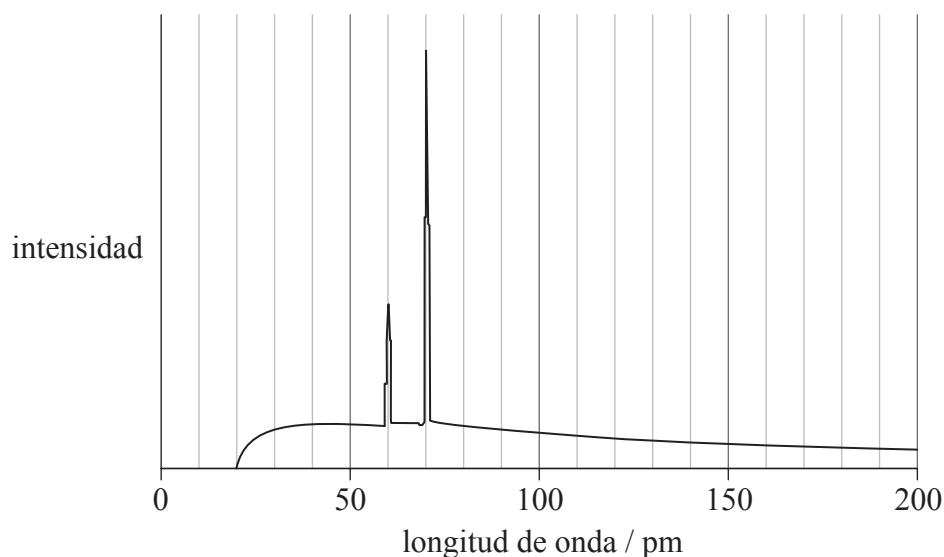
(La opción G continúa en la página siguiente)



(Opción G: continuación)

14. Esta pregunta trata de la difracción de rayos X.

- (a) Tras acelerarse a través de una diferencia de potencial, un grupo de electrones colisiona contra rodio. A continuación se muestra el espectro de rayos X emitido.



- (i) Calcule la diferencia de potencial a través de la cual se aceleró a los electrones. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Explique la presencia de picos característicos del espectro. [2]

.....

.....

.....

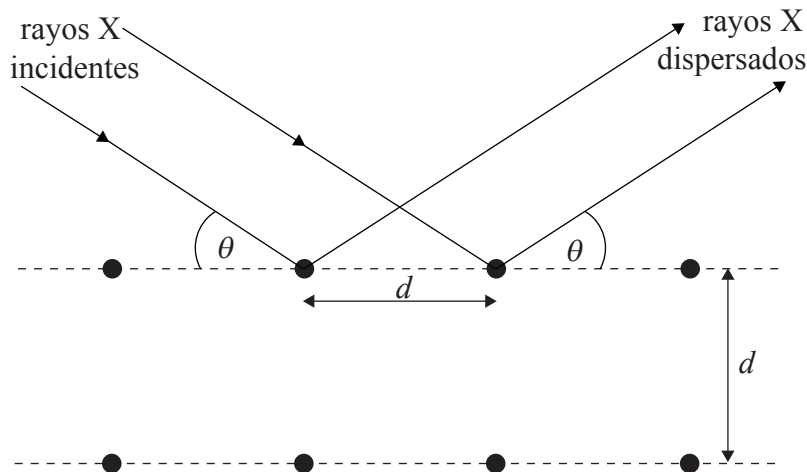
.....

(La opción G continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción G, pregunta 14)

- (b) Los rayos X pueden emplearse para determinar una estructura cristalina. Sobre la superficie de un cristal incide un haz de rayos X con longitud de onda de 200 pm. La separación d de los átomos es de $3,6 \times 10^{-10}$ m.



Calcule el ángulo θ para el cual aparece el máximo de segundo orden del patrón de difracción.

[2]

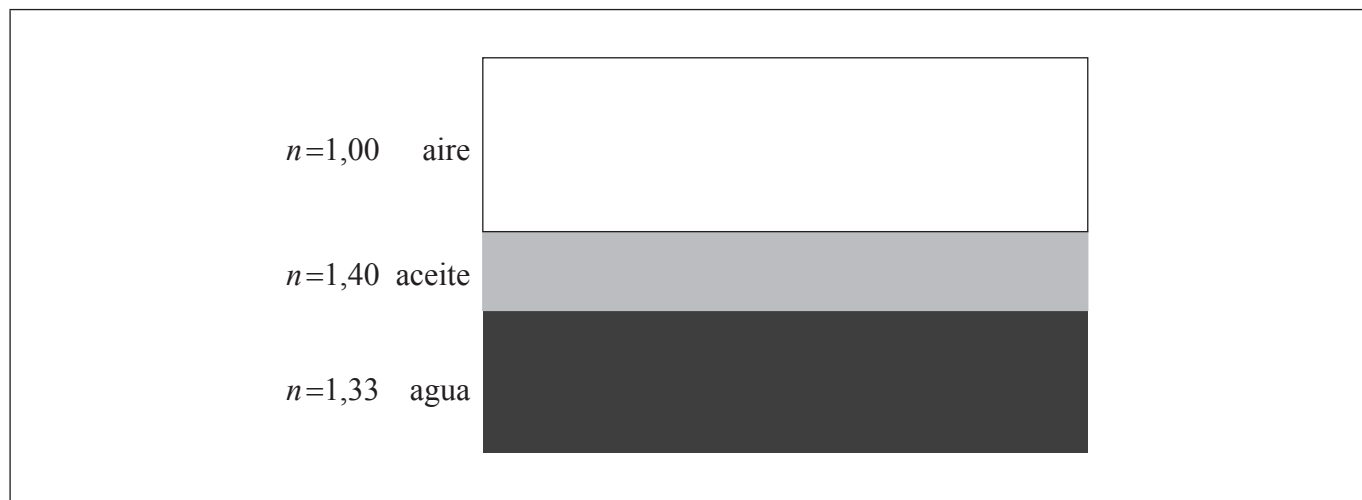
(La opción G continúa en la página siguiente)



(Opción G: continuación)

15. Esta pregunta trata de la interferencia de películas delgadas.

Una película delgada de aceite de grosor constante flota sobre la superficie del agua. En el siguiente diagrama se muestran los índices de refracción n de cada material.



(a) Explique por qué la película de aceite parece mostrar franjas de colores.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Cuando la luz blanca incide en perpendicular sobre la superficie del aceite, la película parece verde a un observador. La longitud de onda de la luz verde en el aire es de 520 nm. Calcule el grosor de la película de aceite.

[2]

.....

.....

.....

.....

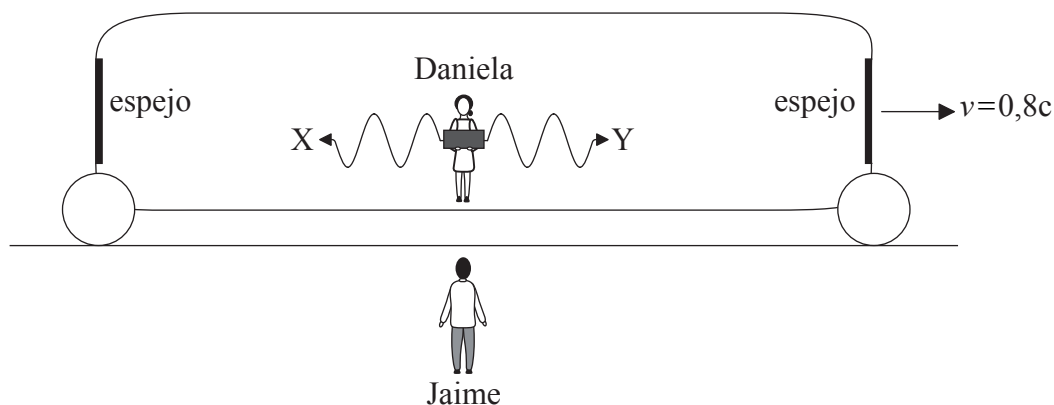
Fin de la opción G



Opción H — Relatividad

16. Esta pregunta trata de la simultaneidad.

Daniela se encuentra en el centro de un tren que se desplaza a una velocidad constante respecto a Jaime, que se encuentra sobre el andén. En el momento en que el tren pasa ante Jaime, se emiten simultáneamente dos haces de luz, X e Y, desde un dispositivo sostenido por Daniela. Ambos haces son reflejados por espejos en los extremos del tren y vuelven hacia Daniela.



(a) Indique y explique el orden de llegada de X e Y a los espejos tal como los observa Jaime. [3]

(b) Resuma si los retornos de X e Y a la posición de Daniela son simultáneos para Jaime. [2]

(La opción H continúa en la página siguiente)



48EP27

Véase al dorso

(Opción H: continuación)

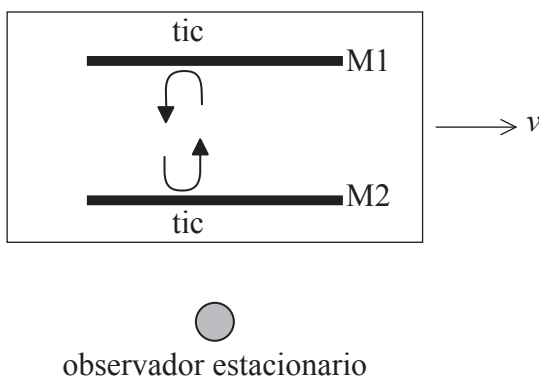
17. Esta pregunta trata de un reloj de luz.

- (a) Uno de los postulados de la relatividad especial afecta a la velocidad de la luz. Indique el otro postulado de la relatividad especial. [1]

.....

.....

- (b) En un reloj de luz, se refleja un haz de luz entre dos espejos paralelos M1 y M2.



El intervalo temporal entre reflexiones sucesivas en M2 para un observador **en reposo respecto al reloj de luz** es t . Este reloj de luz se desplaza a una velocidad v respecto al observador estacionario.

- (i) Demuestre que el tiempo t' entre reflexiones sucesivas en M2 para este reloj de luz tal como lo mide el observador estacionario es $t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} t$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

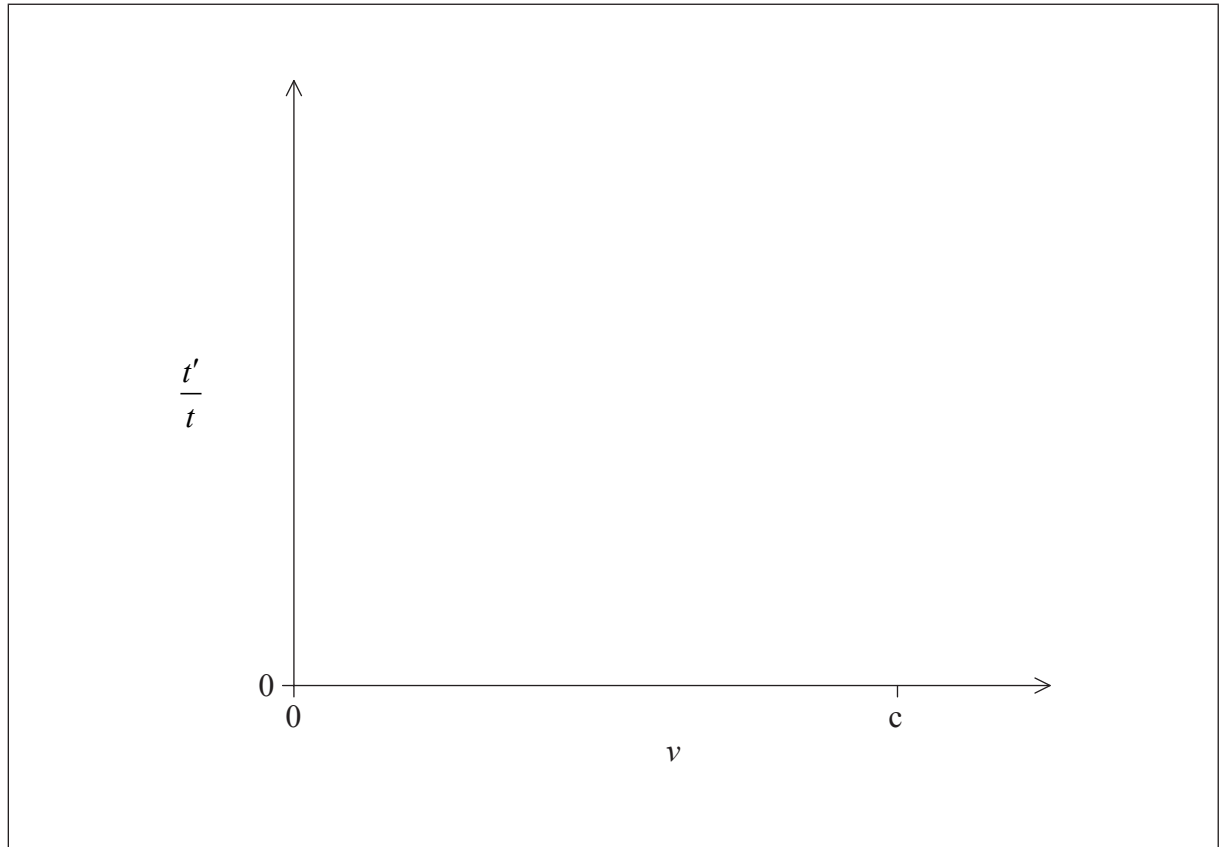
.....

(La opción H continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción H, pregunta 17)

- (ii) Utilizando el eje, esquematice una gráfica que muestre cómo varía el cociente $\frac{t'}{t}$ frente a v . Debe añadir a la gráfica los valores importantes. [2]



(La opción H continúa en la página siguiente)



(Opción H: continuación)

18. Esta pregunta trata de la desintegración de muones.

Los muones se producen en la atmósfera de la Tierra a una altura en torno a 10 km sobre la superficie. Se desplazan a una velocidad de alrededor de $0,98c$ hacia la Tierra. El tiempo medio para que se desintegre un muón es de aproximadamente $2,2\mu s$, para los observadores en reposo respecto al muón.

- (a) Deduzca que se esperaría que llegasen pocos muones a la superficie de la Tierra si se asume mecánica no relativista. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Se observa que son muchos los muones que alcanzan la superficie de la Tierra.

- (i) Calcule el tiempo de desintegración medio de un muón tal como lo observa un observador sobre la superficie de la Tierra. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Explique, con un cálculo, por qué muchos muones alcanzan la superficie de la Tierra antes de haberse desintegrado. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción H continúa en la página siguiente)



(Opción H: continuación)

19. Esta pregunta trata del momento relativista y de la energía.

Un electrón y un positrón se desplazan uno hacia el otro en línea recta en el vacío. Un positrón es un electrón que tiene carga positiva.



La velocidad de cada partícula, tal como la mide un observador en el laboratorio, es de $0,85c$. El valor del factor de Lorentz a esta velocidad es aproximadamente 1,9.

(a) Calcule la velocidad del positrón tal como se mide en el sistema de referencia del electrón. [2]

(La opción H continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción H, pregunta 19)

- (b) El electrón y el positrón se aniquilan mutuamente, creando dos fotones en el proceso. Cada uno de los fotones transfiere la misma cantidad de energía.

- (i) Calcule la energía total de la reacción.

[1]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Resuma por qué se deben liberar dos fotones en esta colisión.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Determine la frecuencia de uno de los fotones.

[2]

.....

.....

.....

.....

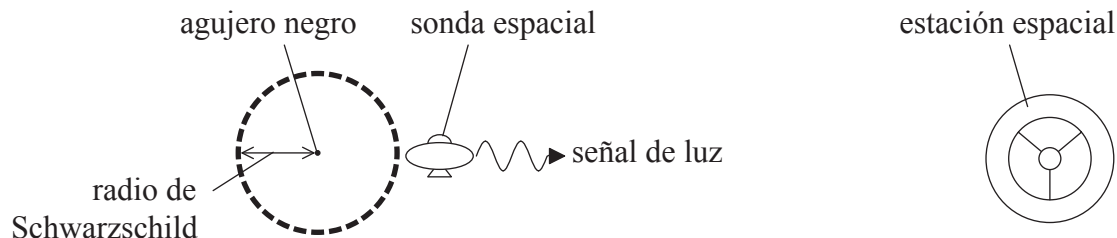
(La opción H continúa en la página siguiente)



(Opción H: continuación)

20. Esta pregunta trata de los agujeros negros.

Una sonda espacial permanece estacionaria en el campo gravitatorio de un agujero negro.



La masa del agujero negro es de $4,5 \times 10^{31}$ kg. La sonda espacial emite un pulso de luz azul con un intervalo temporal de 1,0 segundos tal como se mide en la sonda espacial. La luz es recibida por un observador en una estación espacial lejana que permanece estacionaria respecto a la sonda espacial.

- (a) Explique por qué la luz que alcanza la estación espacial sufrirá desplazamiento hacia el rojo.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) El tiempo transcurrido entre pulsos tal como lo mide el observador en la estación espacial lejana resulta ser de 1,5 s. Calcule la distancia entre la sonda espacial y el agujero negro.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción H



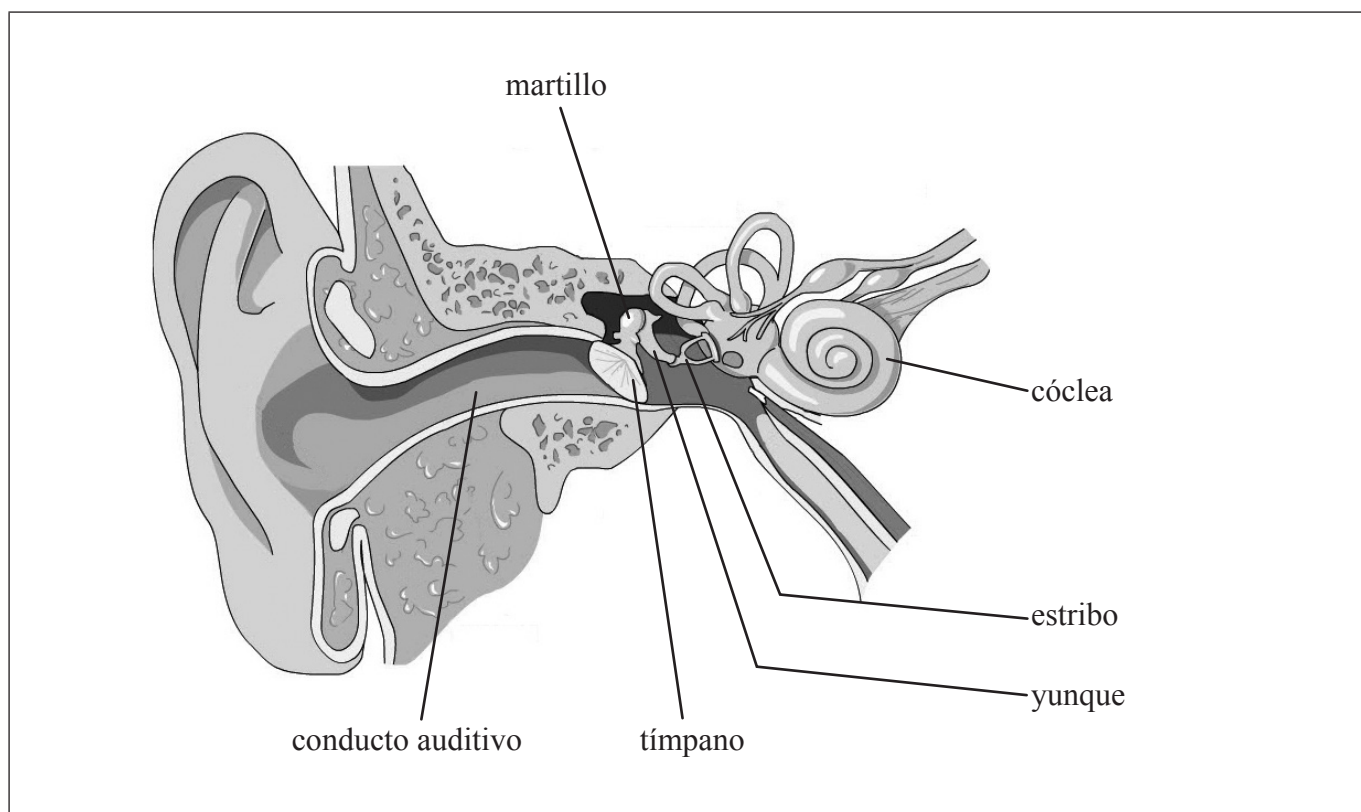
48EP33

Véase al dorso

Opción I — Física médica

21. Esta pregunta trata del oído y de la audición.

El siguiente diagrama muestra partes del oído humano.



(a) Las ondas sonoras que atraviesan el conducto auditivo pueden ser transmitidas a la cóclea en vez de verse reflejadas en el límite.

(i) Utilizando el diagrama, rotule la posición de la ventana oval. [1]

(ii) Explique cómo permite la estructura del oído medio que las ondas sonoras sean transmitidas al fluido coclear. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción I continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción I, pregunta 21)

- (b) Un trabajador de la construcción está expuesto a niveles de ruido de 105 dB de manera continua en un período de ocho horas.

- (i) Demuestre que la intensidad del sonido que corresponde al ruido de 105 dB es de alrededor de 30 mW m^{-2} . [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) La pérdida auditiva permanente debida al ruido puede ocurrir cuando una persona está expuesta a sonidos con un nivel de intensidad mayor que 90 dB durante períodos prolongados de tiempo. Calcule la fracción de potencia del ruido que ha de evitarse que alcance el oído del trabajador de la construcción para evitar pérdidas auditivas permanentes. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción I continúa en la página siguiente)



(Opción I: continuación)

22. Esta pregunta trata de la toma de imágenes médicas mediante rayos X.

- (a) La tabla siguiente muestra el coeficiente de atenuación μ (mu) para diferentes partes del cuerpo.

μ_{aire}	0 cm^{-1}
$\mu_{\text{músculo}}$	$0,180 \text{ cm}^{-1}$
μ_{sangre}	$0,178 \text{ cm}^{-1}$
μ_{hueso}	$0,48 \text{ cm}^{-1}$

- (i) Defina *coeficiente de atenuación*.

[1]

.....

.....

- (ii) Calcule el espesor hemirreductor para la sangre.

[2]

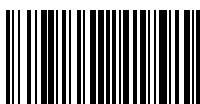
.....

.....

.....

.....

(La opción I continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción I, pregunta 22)

- (b) Se toma una imagen de rayos X de un paciente para examinar el flujo de sangre a través de su brazo. Sobre igual espesor de sangre y músculo inciden rayos X de intensidad I . Se miden las intensidades de los rayos X tras atravesar la sangre y el músculo.

- (i) Calcule el cociente $\frac{I_{\text{sangre}}}{I_{\text{músculo}}}$ para 1 cm de tejido. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Sugiera por qué una imagen de rayos X no permite la distinción entre músculo y sangre. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Se inyecta al paciente un medio de contraste que contiene yodo. Esto incrementa el coeficiente de atenuación de la sangre de modo que la diferencia entre las intensidades para la sangre y para el músculo es mayor del 2%. Ahora puede observarse la sangre en una imagen de rayos X. Determine el incremento mínimo en μ_{sangre} que permitirá que se observe un contraste mayor entre los mismos espesores de músculo y sangre. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción I continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción I, pregunta 22)

- (d) Los rayos X son una forma de radiación ionizante. Para reducir los peligros para el paciente, se mantiene bajo unos mínimos la intensidad de los rayos X. Describa cómo el realce o intensificación permite que se empleen rayos X de baja intensidad. [2]

.....

.....

.....

.....

23. Esta pregunta trata del uso de isótopos radiactivos.

- (a) Los radiólogos que trabajan con fuentes radiactivas llevan un dosímetro de película. Discuta la función de estos dosímetros. [3]

.....

.....

.....

.....

- (b) Los pacientes que padecen cáncer de próstata pueden sufrir metástasis de hueso. Como parte del tratamiento del cáncer, se inyecta a los pacientes un isótopo de estroncio que es rápidamente absorbido por los huesos.

En la tabla se muestra la información de semivida y emisión para el estroncio-89 (Sr-89) y estroncio-90 (Sr-90).

	Estroncio-89 (Sr-89)	Estroncio-90 (Sr-90)
Semivida física	50,5 días	29,1 años
Semivida biológica	50 días	alrededor de 30 años
Tipo de emisión	partículas beta (β) de baja energía con un rango de 8,0 mm	partículas beta (β) de alta energía

(La opción I continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción I, pregunta 23)

Las partículas beta tienen un factor de calidad de 1.

- (i) Indique el significado de la expresión factor de calidad. [1]

.....

.....

- (ii) Utilizando la información de la tabla, resume por qué se prefiere el Sr-89 al Sr-90 para el tratamiento de cánceres de hueso. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Calcule la semivida efectiva del Sr-89 en un paciente. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iv) Indique, en relación con el rango, **dos** razones por las cuales el Sr-89 es la elección más adecuada de isótopo para el tratamiento de los cánceres de hueso. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción I continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción I, pregunta 23)

- (c) Uno de los efectos secundarios del uso del Sr-89 es la reducción de glóbulos blancos en el cuerpo, lo que deja al paciente expuesto a infecciones. Resuma **una** implicación ética de la elección entre el uso de Sr-89 para tratar el cáncer de hueso y la renuncia al tratamiento. [1]

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

Fin de la opción I



Opción J — Física de partículas

24. Esta pregunta trata de las interacciones fundamentales y de las partículas elementales.

- (a) (i) Identifique el tipo de interacciones fundamentales asociadas con las partículas de intercambio de la tabla. [2]

Partícula de intercambio	Interacción fundamental
Fotón	
Mesón pi, π^+	

- (ii) Indique por qué a los mesones π^+ **no** se les considera partículas elementales. [1]

.....

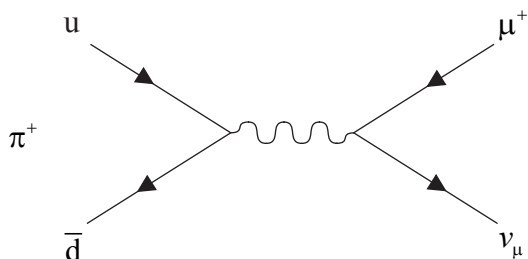
.....

(La opción J continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción J, pregunta 24)

- (b) El diagrama de Feynman representa la desintegración de un mesón π^+ , dando lugar a un antimuón y a un neutrino muónico.



- (i) Identifique la partícula de intercambio asociada a esta desintegración. [1]

.....

- (ii) Deduzca que esta desintegración conserva el número bariónico. [2]

.....

- (iii) Los mesones π^+ tienen una masa con un orden de magnitud de alrededor de 100 MeV c^{-2} . Demuestre que el rango de interacciones de los mesones π^+ está alrededor de 10^{-15} m . [2]

.....

(La opción J continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción J, pregunta 24)

- (iv) Describa por qué se cree que los mesones π^+ son responsables de la fuerza nuclear fuerte. [1]

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

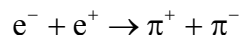
(La opción J continúa en la página siguiente)



(Opción J: continuación)

25. Esta pregunta trata de los aceleradores de partículas.

- (a) En un gran colisionador electrón–positrón, se aceleran los electrones hasta velocidades muy altas y se los hace colisionar con positrones estacionarios. Esto da lugar a la liberación de mesones π como se indica.



La masa en reposo de los mesones π es de $105 \text{ MeV } c^{-2}$.

Determine la energía mínima que se ha de suministrar a los electrones para que tenga lugar esta reacción. [2]

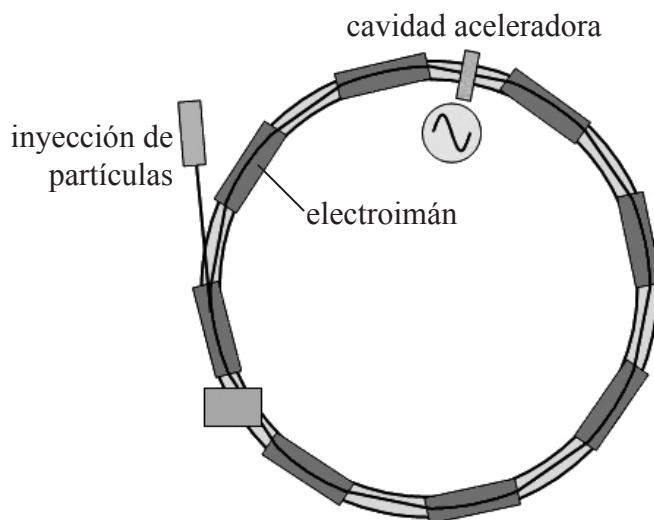
.....

.....

.....

.....

- (b) Para acelerar electrones y positrones de modo que colisionen juntos a altas velocidades puede utilizarse un sincrotrón. A continuación se muestra un diagrama esquemático de un sincrotrón.



(La opción J continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción J, pregunta 25)

- (i) Resuma la función del campo eléctrico en el punto de la inyección de partículas. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Describa por qué en un sincrotrón se usan electroimanes en vez de imanes permanentes. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) El Tevatron fue un gran sincrotrón cuyo perímetro de anillo era de 6,28 km. En relación con la radiación de *bremsstrahlung* (frenado), describa por qué el anillo del sincrotrón ha de tener un radio tan grande. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción J continúa en la página siguiente)



(Opción J: continuación)

26. Esta pregunta trata de la evidencia experimental de los quarks.

Se aceleran electrones hacia un núcleo fijo. Los electrones pueden ser dispersados por núcleos y nucleones de maneras diferentes dependiendo de la energía incidente del electrón.

(a) Resuma cómo se utiliza en la física de partículas la dispersión inelástica profunda. [2]

.....

.....

(b) (i) Calcule el potencial acelerador necesario para la dispersión inelástica profunda de un neutrón cuyo diámetro es de 10^{-15} m. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) El neutrón es una partícula sin carga y con espín de $\frac{1}{2}$. Utilizando esta información, demuestre que la composición en quarks del neutrón es udd. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción J continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción J, pregunta 26)

- (c) La energía de los electrones puede ser modificada. Explique, con relación a las energías incidentes de los electrones, otros **dos** tipos de dispersión que puedan observarse. [2]

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

(La opción J continúa en la página siguiente)



(Opción J: continuación)

27. Esta pregunta trata de la cosmología y del universo primitivo.

Tras su formación el universo se expandió rápidamente, enfriándose durante este proceso.

- (a) En una etapa de su desarrollo, el universo contuvo un número casi igual de partículas y antipartículas. La observación del universo reciente apunta a que las antipartículas han desaparecido en su mayor parte. Sugiera un mecanismo que explique esta observación. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) En una etapa posterior ocurre la nucleosíntesis. Se requieren energías de 0,1 MeV para que este proceso predomine en el universo. Determine la temperatura, en Kelvin, a la cual se produce la nucleosíntesis a gran escala. [2]

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción J

