

Física
Nivel medio
Prueba 3

Martes 10 de noviembre de 2015 (tarde)

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.
- 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 **[40 puntos]**.

Opción	Preguntas
Opción A — Visión y fenómenos ondulatorios	1 – 4
Opción B — Física cuántica y física nuclear	5 – 7
Opción C — Tecnología digital	8 – 11
Opción D — Relatividad y física de partículas	12 – 13
Opción E — Astrofísica	14 – 16
Opción F — Comunicaciones	17 – 18
Opción G — Ondas electromagnéticas	19 – 21



Opción A — Visión y fenómenos ondulatorios

1. Esta pregunta trata sobre el ojo humano.

(a) Explique, haciendo referencia a la respuesta espectral, por qué el ojo humano tiene una escasa sensibilidad al color bajo visión escotópica.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Resuma cómo la distribución de células de la retina en el ojo explica las diferencias en la percepción.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



40EP02

(Opción A: continuación)

2. Esta pregunta trata sobre ondas sonoras.

El silbato de un tren de vapor consta de un tubo abierto en un extremo y cerrado en el otro. La longitud sonante del silbato es de 0,27 m y la presión del vapor en el silbato es tan grande que suena el tercer armónico del tubo. La rapidez del sonido en el aire es de 340 m s^{-1} .

(a) (i) Demuestre que debe haber un nodo a una distancia de 0,18 m del extremo cerrado del tubo.

[1]

.....

.....

(ii) Calcule la frecuencia del sonido del silbato.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Mientras suena el silbato, el tren se está alejando directamente de un observador estacionario con una rapidez de 22 m s^{-1} . Calcule la frecuencia escuchada por el observador.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción A continúa en la página siguiente)



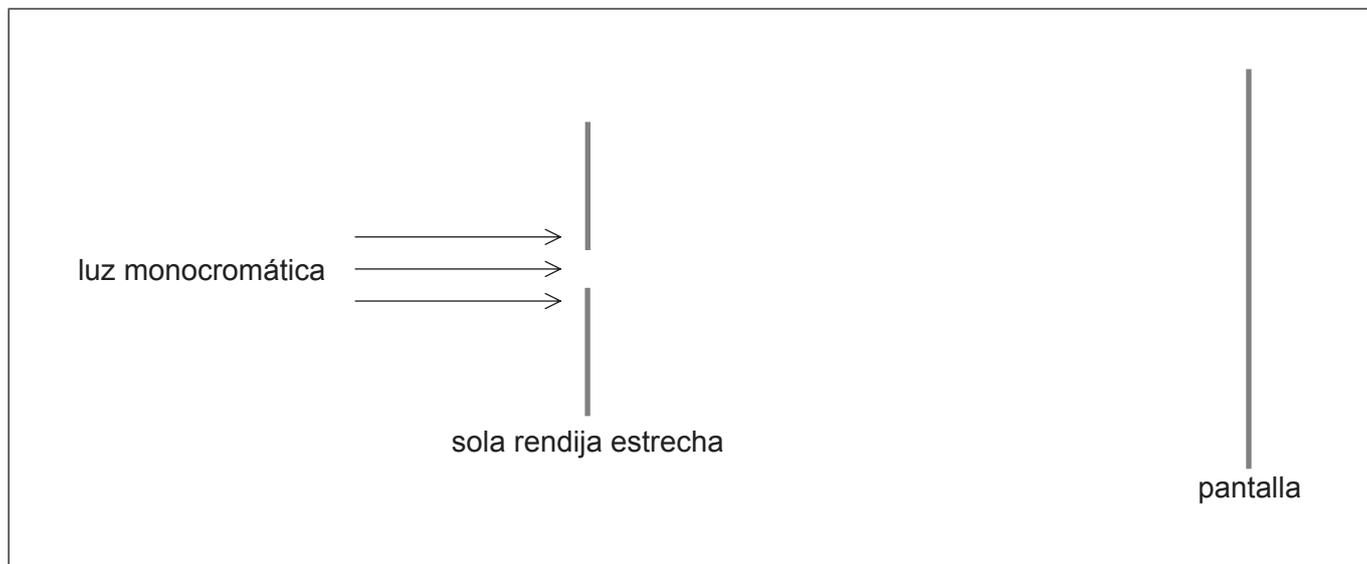
40EP03

Véase al dorso

(Opción A: continuación)

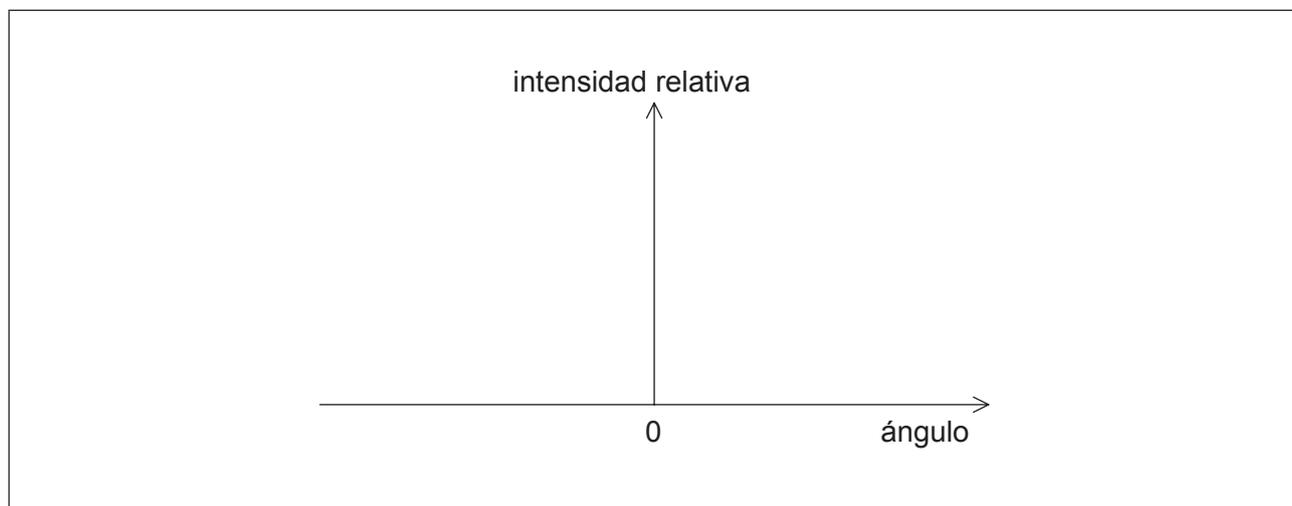
3. Esta pregunta trata sobre difracción y resolución.

Luz monocromática incide normalmente sobre una sola rendija estrecha y da lugar a un patrón de difracción en una pantalla.



(a) Para el patrón de difracción producido, esquematice una gráfica que muestre la variación de la intensidad relativa de la luz con el ángulo medido desde el centro de la rendija.

[2]



(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 3)

- (b) La sola rendija estrecha se sustituye por una doble rendija estrecha. Haciendo referencia a su respuesta en (a), explique cómo se aplica el criterio de Rayleigh a los patrones de difracción producidos por la luz emergente de la doble rendija. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Dos lámparas emiten luz de longitud de onda 620 nm. Las luces se observan a través de una abertura circular de diámetro 1,5 mm, desde una distancia de 850 m. Calcule la distancia mínima entre las dos lámparas para que estén apenas resueltas. [2]

.....

.....

.....

.....

4. Esta pregunta trata sobre polarización.

Las calculadoras matemáticas utilizan a menudo una pantalla de cristal líquido (LCD). Resuma cómo podría demostrarse que la pantalla emite luz polarizada plana. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción A



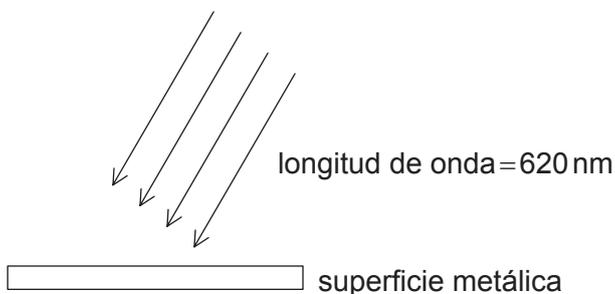
40EP05

Véase al dorso

Opción B — Física cuántica y física nuclear

5. Esta pregunta trata sobre el efecto fotoeléctrico.

Cuando la luz incide sobre una superficie metálica limpia, pueden emitirse electrones mediante el efecto fotoeléctrico.



(a) Resuma cómo se usa el modelo de Einstein para explicar el efecto fotoeléctrico. [2]

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

(b) Indique por qué varían las energías de los electrones emitidos, aunque la luz incidente es monocromática. [1]

.....
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 5)

- (c) Explique por qué no se emiten electrones si la frecuencia de la luz incidente es menor que un cierto valor, sin que importe lo intensa que sea la luz. [2]

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

- (d) Para luz monocromática de longitud de onda 620 nm se requiere un potencial de frenado de 1,75V. Determine la mínima energía requerida para emitir un electrón desde la superficie metálica. [2]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



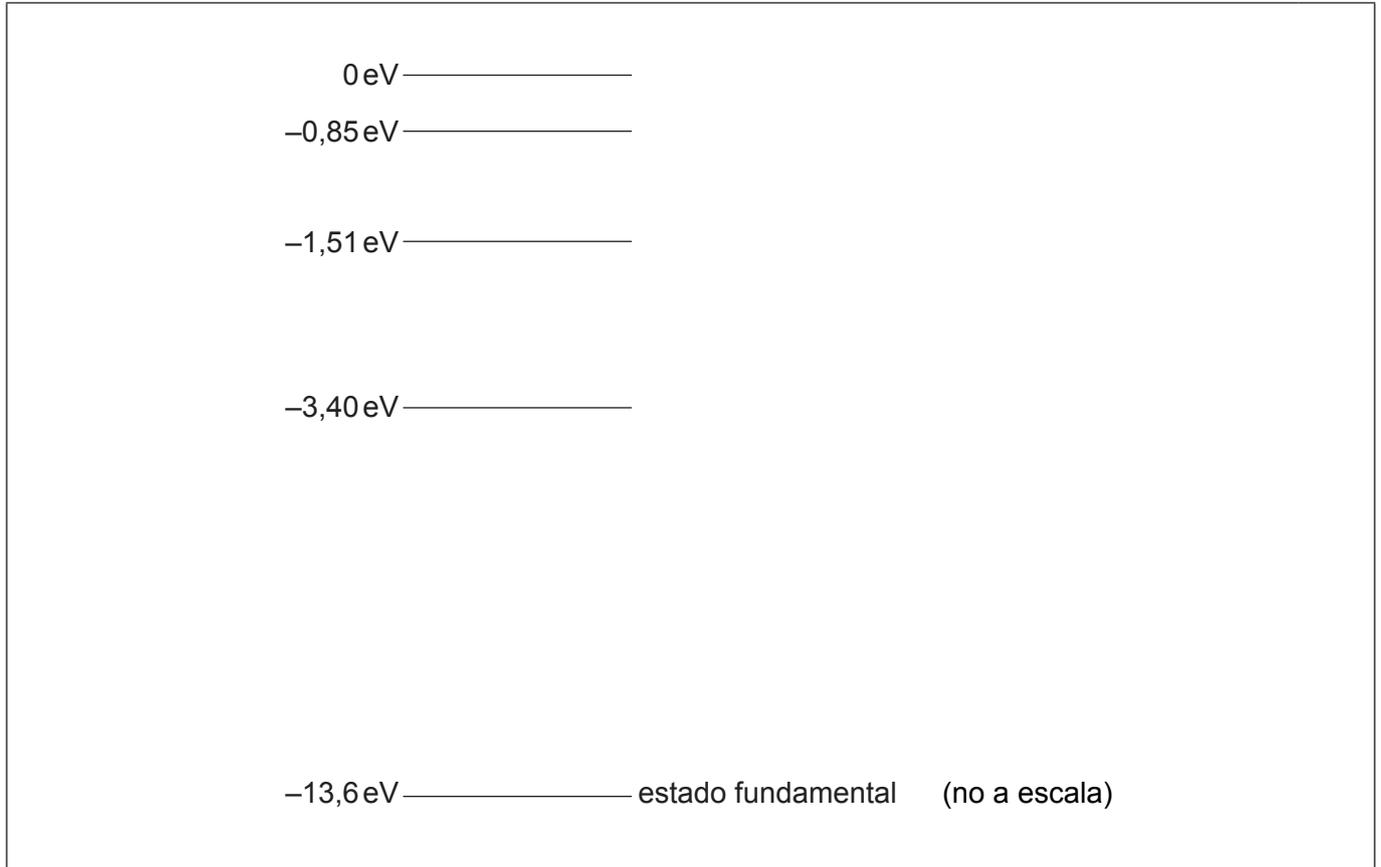
40EP07

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

6. Esta pregunta trata sobre transiciones de nivel de energía.

Se muestran algunos de los niveles de energía electrónicos para un átomo de hidrógeno.



(a) Se excita un átomo de hidrógeno hasta el nivel $-1,51$ eV.

(i) Sobre el diagrama, rotule, utilizando flechas, todas las posibles transiciones que pueden ocurrir cuando el átomo de hidrógeno vuelve al estado fundamental. [1]

(ii) Indique la energía, en eV, del fotón de longitud de onda máxima que se emite cuando el átomo de hidrógeno vuelve al estado fundamental. [1]

.....
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 6)

(b) Radiación monocromática incide sobre hidrógeno gaseoso. Todos los átomos de hidrógeno están en el estado fundamental. Describa qué podría suceder a la radiación y a los átomos de hidrógeno, si la energía del fotón incidente es igual a

(i) 10,2 eV.

[2]

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

(ii) 9,0 eV.

[1]

.....
.....

(La opción B continúa en la página siguiente)



40EP09

Véase al dorso

(Opción B: continuación)

7. Esta pregunta trata sobre desintegración radiactiva.

Los meteoritos contienen una pequeña proporción de aluminio-26 (${}^{26}_{13}\text{Al}$) radioactivo en la roca. La cantidad de ${}^{26}_{13}\text{Al}$ es constante mientras que el meteorito esté en el espacio, debido al bombardeo de los rayos cósmicos.

(a) El aluminio-26 se desintegra en un isótopo del magnesio (Mg) por desintegración β^+ .



Identifique X, Y y Z en esta reacción de desintegración nuclear.

[2]

X:
Y:
Z:

(b) Explique por qué las partículas beta emitidas por el aluminio-26 presentan un espectro continuo de energías.

[2]

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

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 7)

(c) Después de alcanzar la Tierra, el número de desintegraciones radiactivas por unidad de tiempo en una muestra de meteorito comienza a disminuir con el tiempo. La semivida del aluminio-26 es de $7,2 \times 10^5$ años.

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

.....
.....

(ii) Un meteorito recién caído a la Tierra tiene una actividad de 36,8 Bq. Un segundo meteorito de la misma masa, que llegó hace algún tiempo, tiene una actividad de 11,2 Bq. Determine, en años, el tiempo transcurrido desde que el segundo meteorito llegó a la Tierra. [3]

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

Fin de la opción B



40EP11

Véase al dorso

Por favor, **no** escriba en esta página.

Las respuestas escritas en esta
página no serán calificadas.



40EP12

Opción C — Tecnología digital

8. Esta pregunta trata sobre la capacidad de almacenamiento de datos.

- (a) Los textos impresos se están convirtiendo a formato digital para que mejore su portabilidad. Indique **otra** razón para la conversión de textos a formato digital. [1]

.....
.....

- (b) Un editor está convirtiendo todos sus libros a formato digital. Estime cuántas páginas de texto puede almacenar un CD que tenga una capacidad de almacenamiento de 700 Mbyte. Cada letra o símbolo de la página se representa por 16 bits. En promedio, una página contiene 500 palabras. [3]

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

(La opción C continúa en la página siguiente)



40EP13

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

9. Esta pregunta trata sobre dispositivos acoplados por carga (CCDs).

(a) Defina *capacitancia*.

[1]

.....
.....

(b) Fotones de cierta frecuencia inciden sobre un CCD.

Se dispone de los siguientes datos.

Intensidad de los fotones incidentes sobre el CCD	$= 1,6 \text{ mW m}^{-2}$
Área del píxel	$= 2,1 \times 10^{-12} \text{ m}^2$
Energía transportada por un fotón	$= 4,8 \times 10^{-19} \text{ J}$
Rendimiento cuántico del CCD	$= 60 \%$
Capacitancia de un píxel	$= 170 \text{ pF}$

Demuestre que la diferencia de potencial a través del píxel será de $0,6 \mu\text{V}$ después de haber sido expuesto a la luz durante $0,15 \text{ s}$.

[4]

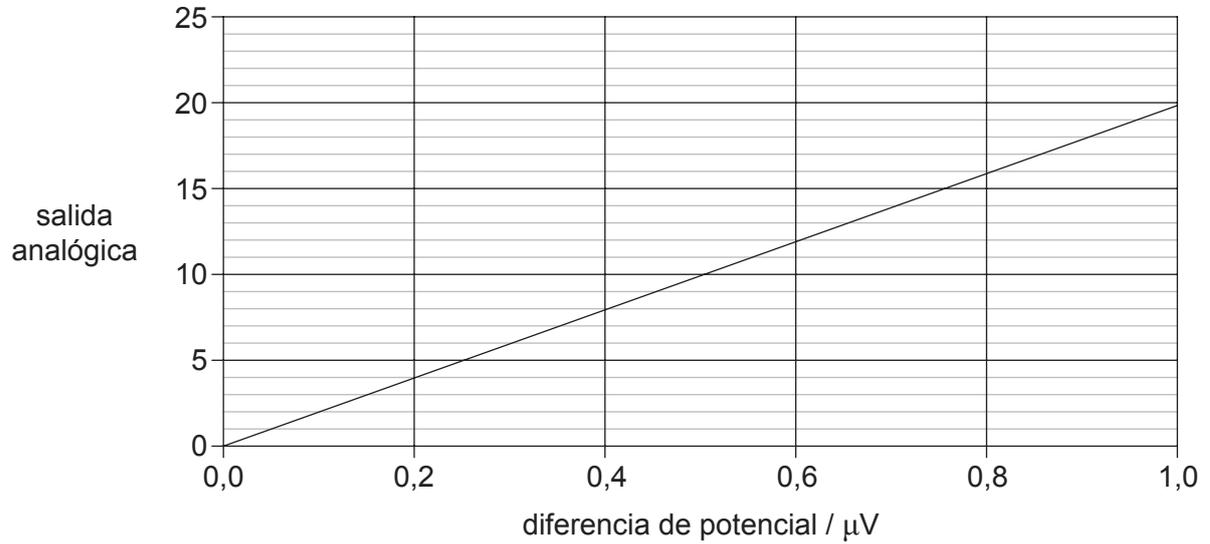
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 9)

- (c) La gráfica muestra cómo la señal analógica saliente del píxel varía con la diferencia de potencial que se ha desarrollado a través del píxel. Esta señal analógica se convierte, entonces, en una señal digital equivalente de 4 bit.



Utilizando su respuesta a (b) y la gráfica, indique la salida digital de 4 bit de este píxel. [1]

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)



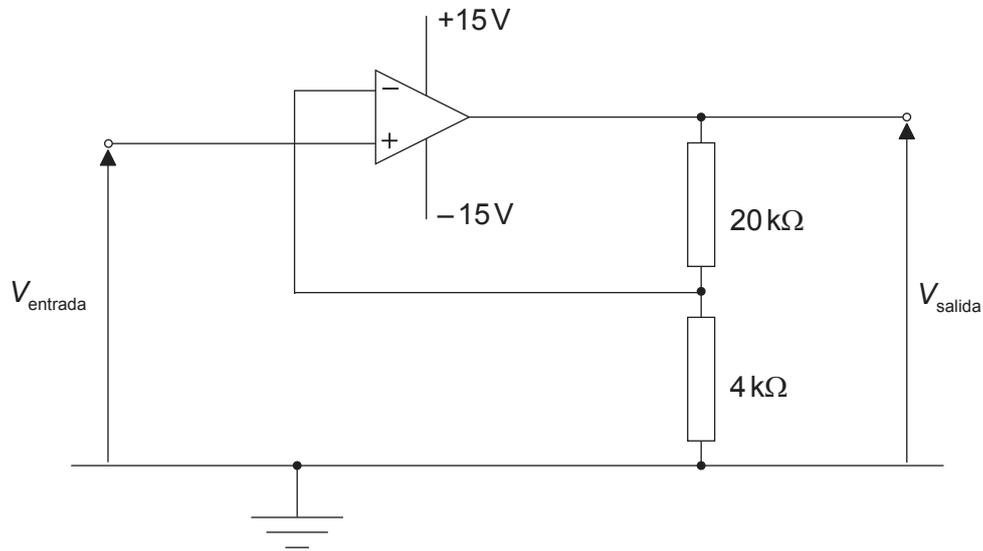
40EP15

Véase al dorso

(Opción C: continuación)

10. Esta pregunta trata sobre un circuito amplificador.

El diagrama muestra un circuito amplificador que incluye un amplificador operacional (AO) ideal.



(a) (i) Calcule la ganancia del circuito.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción C continúa en la página siguiente)

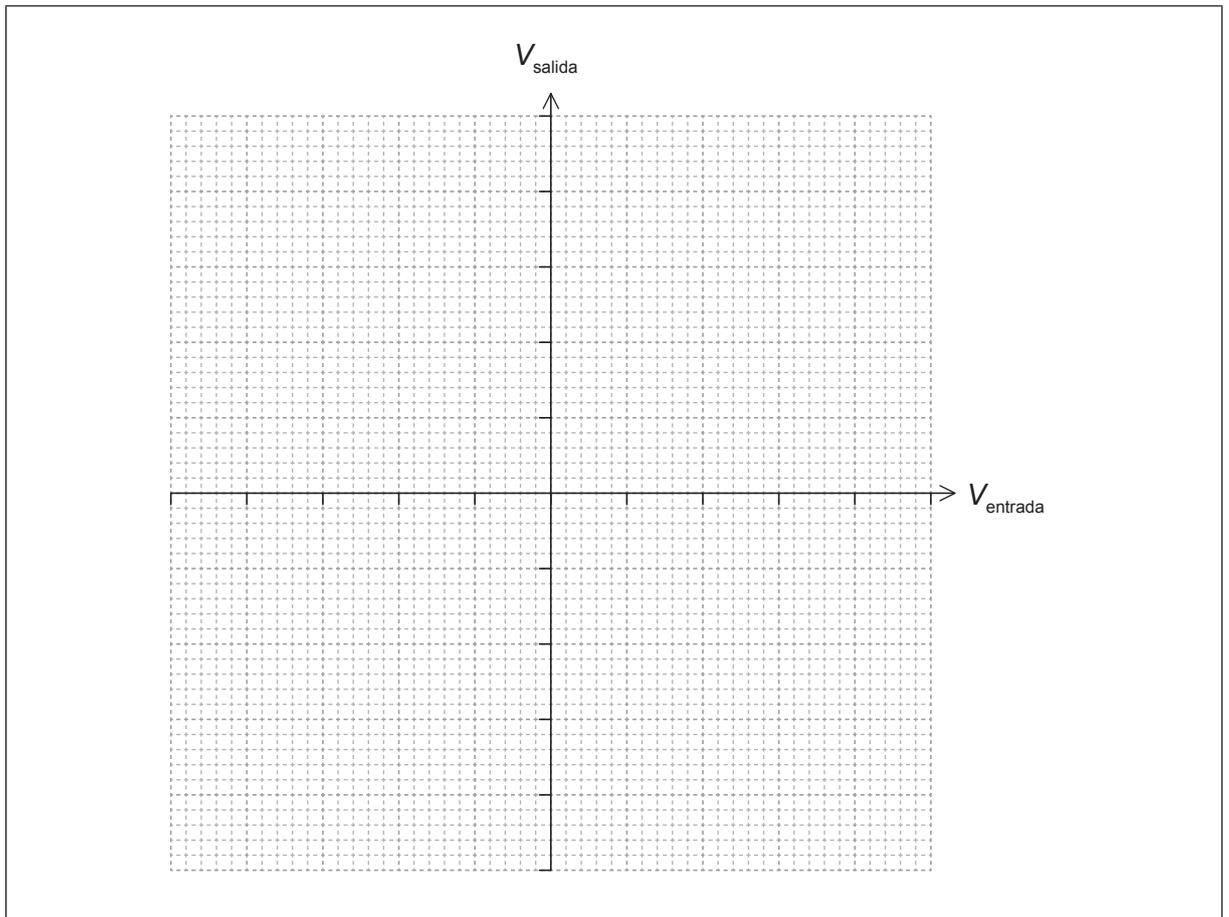


40EP16

(Continuación: opción C, pregunta 10)

- (ii) Utilizando los ejes, esquematice la variación del voltaje de salida V_{salida} con el voltaje de entrada V_{entrada} .

[3]



(La opción C continúa en la página siguiente)

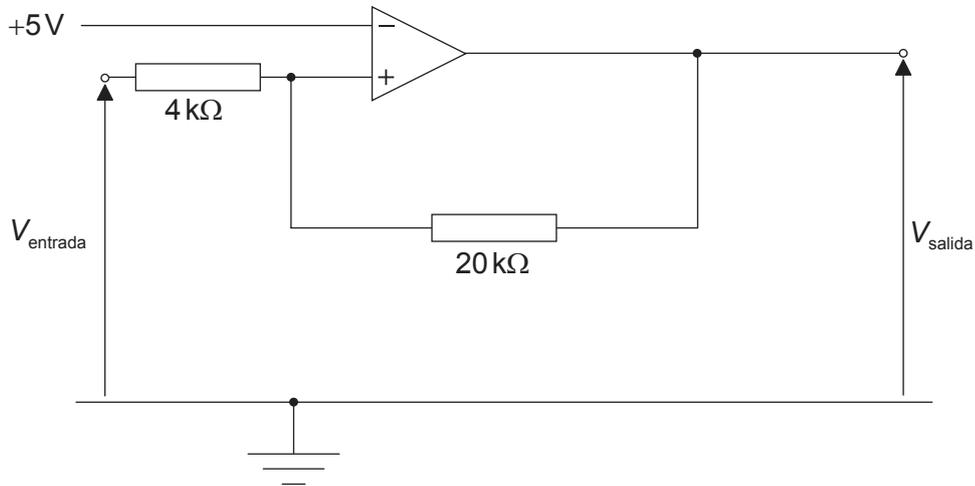


40EP17

Véase al dorso

(Continuación: opción C, pregunta 10)

- (b) A continuación, se reorganiza el circuito para que funcione como un disparador de Schmitt.



La salida del disparador de Schmitt es de saturación positiva (+15V) o de saturación negativa (-15V). Calcule el valor de entrada que hará que el valor de salida cambie de -15V a +15V.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. Esta pregunta trata sobre teléfonos móviles.

El número de teléfonos móviles ha crecido rápidamente en los últimos años. Discuta aspectos medioambientales asociados con este rápido crecimiento.

[2]

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción C



40EP18

Por favor, **no** escriba en esta página.

Las respuestas escritas en esta
página no serán calificadas.



40EP19

Véase al dorso

Opción D — Relatividad y física de partículas

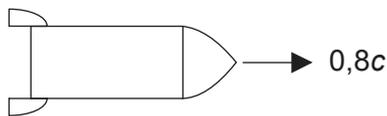
12. Esta pregunta trata sobre cinemática relativista.

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

[2]

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

(b) Una nave espacial está volando en línea recta sobre una estación base con una rapidez de $0,8c$.



Suzanne está en la nave espacial y Juan está en la estación base.

(i) En la estación base, una luz parpadea con regularidad. Según Suzanne, la luz parpadea cada 3 segundos. Calcule con qué frecuencia parpadea según Juan.

[2]

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

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 12)

- (ii) Mientras se aleja de la estación base, Suzanne observa otra nave espacial viajando hacia ella con una rapidez de $0,8c$. Usando las transformaciones de Galileo, calcule la rapidez relativa de las dos naves espaciales. [1]

.....

.....

- (iii) Utilizando los postulados de la relatividad especial, indique y explique por qué las transformaciones de Galileo no pueden usarse en este caso para calcular la rapidez relativa de las dos naves espaciales. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iv) Usando la cinemática relativista, la rapidez relativa de las dos naves espaciales es de $0,976c$. Suzanne mide una longitud de $8,00\text{m}$ para la otra nave espacial. Calcule la longitud propia de la otra nave espacial. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) La nave espacial de Suzanne está viajando hacia una estrella. De acuerdo con Juan, la distancia desde la estación base hasta la estrella es de $11,4$ años-luz. Demuestre que Suzanne mide aproximadamente 9 años para el tiempo que le lleva viajar desde la estación base hasta la estrella. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción D continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Opción D: continuación)

13. Esta pregunta trata sobre interacciones y sobre quarks.

- (a) Un barión lambda Λ^0 está compuesto por los tres quarks uds. Demuestre que la carga es 0 y la extrañeza es -1 .

[2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Un estudiante propone para el barión lambda Λ^0 la siguiente posible desintegración.

$$\Lambda^0 \rightarrow p + K^-$$

El contenido en quarks del mesón K^- es $\bar{u}s$.

- (i) Haciendo referencia a la extrañeza y al número bariónico, discuta por qué esta propuesta es factible.

[4]

Extrañeza:

.....

.....

.....

.....

Número bariónico:

.....

.....

.....

.....

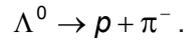
(La opción D continúa en la página siguiente)



40EP22

(Continuación: opción D, pregunta 13)

(ii) Otra interacción es



En esta interacción se encuentra que la extrañeza **no** se conserva. Deduzca la naturaleza de esta interacción.

[1]

.....
.....

(iii) La partícula de intercambio involucrada en la interacción tiene una masa en reposo de $80,4 \text{ GeV } c^{-2}$. Calcule el rango de la interacción débil.

[2]

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

Fin de la opción D



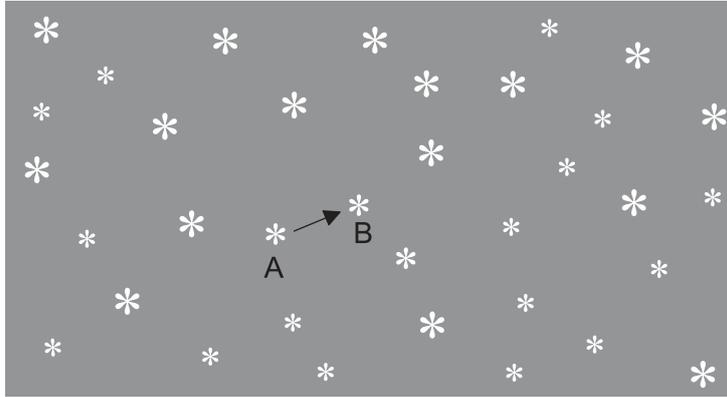
40EP23

Véase al dorso

Opción E — Astrofísica

14. Esta pregunta trata sobre la determinación de la distancia a una estrella cercana.

Se toman dos fotografías del cielo nocturno, una seis meses después de la otra. Cuando se comparan las fotografías, una estrella parece haberse desplazado desde la posición A hasta la posición B, respecto a las restantes estrellas.



(a) Resuma por qué la estrella parece haberse desplazado desde la posición A hasta la posición B.

[1]

.....

.....

(La opción E continúa en la página siguiente)

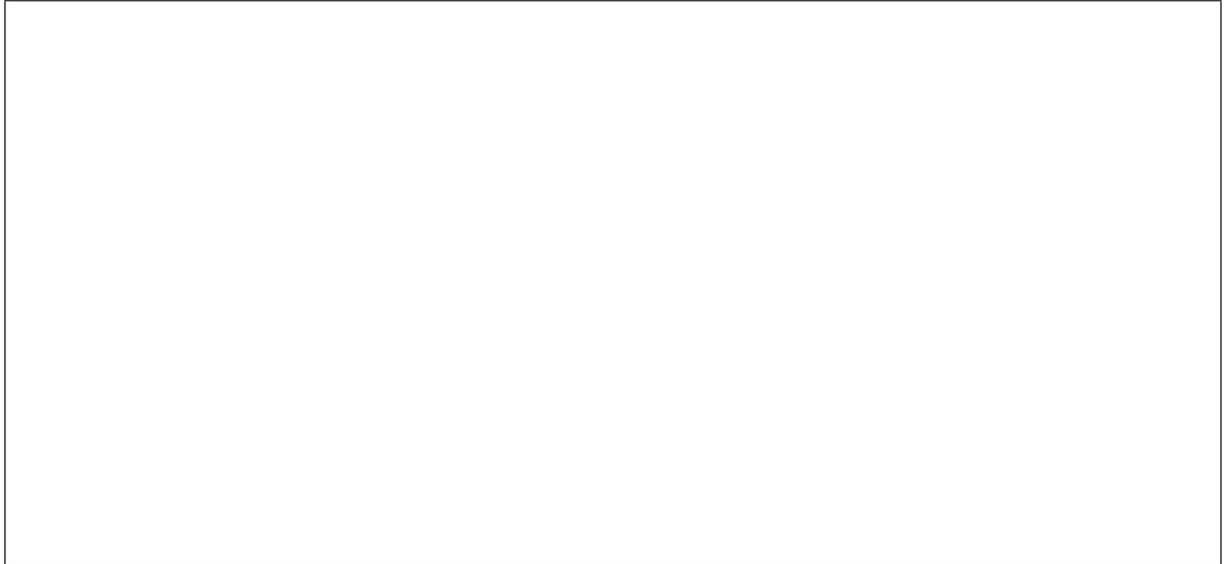


40EP24

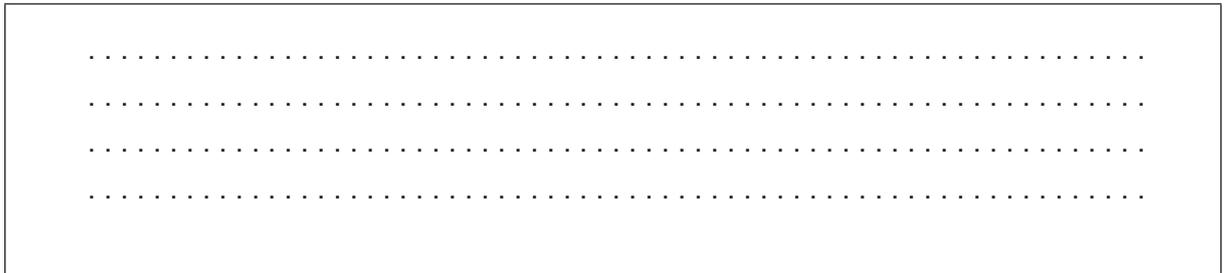
(Continuación: opción E, pregunta 14)

(b) El desplazamiento angular observado de la estrella es θ y el diámetro de la órbita de la Tierra es d . La distancia de la Tierra a la estrella es D .

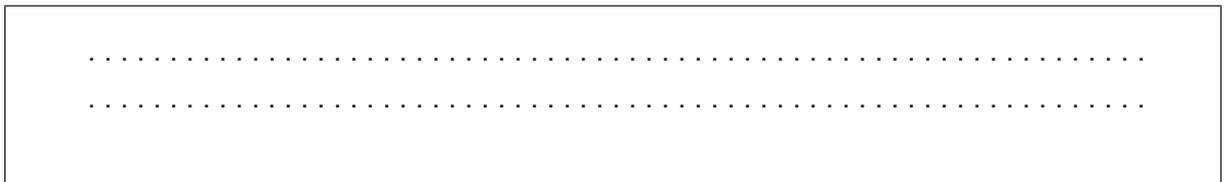
(i) Dibuje un diagrama que muestre d , D y θ . [1]



(ii) Explique la relación entre d , D y θ . [2]



(iii) Un conjunto consistente de unidades para D y θ es el formado por el parsec y el segundo de arco. Indique **otro** conjunto consistente de unidades para esta pareja de magnitudes. [1]



(La opción E continúa en la página siguiente)



40EP25

Véase al dorso

(Continuación: opción E, pregunta 14)

- (c) Sugiera si la distancia desde la Tierra a esta estrella puede determinarse utilizando la paralaje espectroscópica.

[1]

.....
.....

(La opción E continúa en la página siguiente)

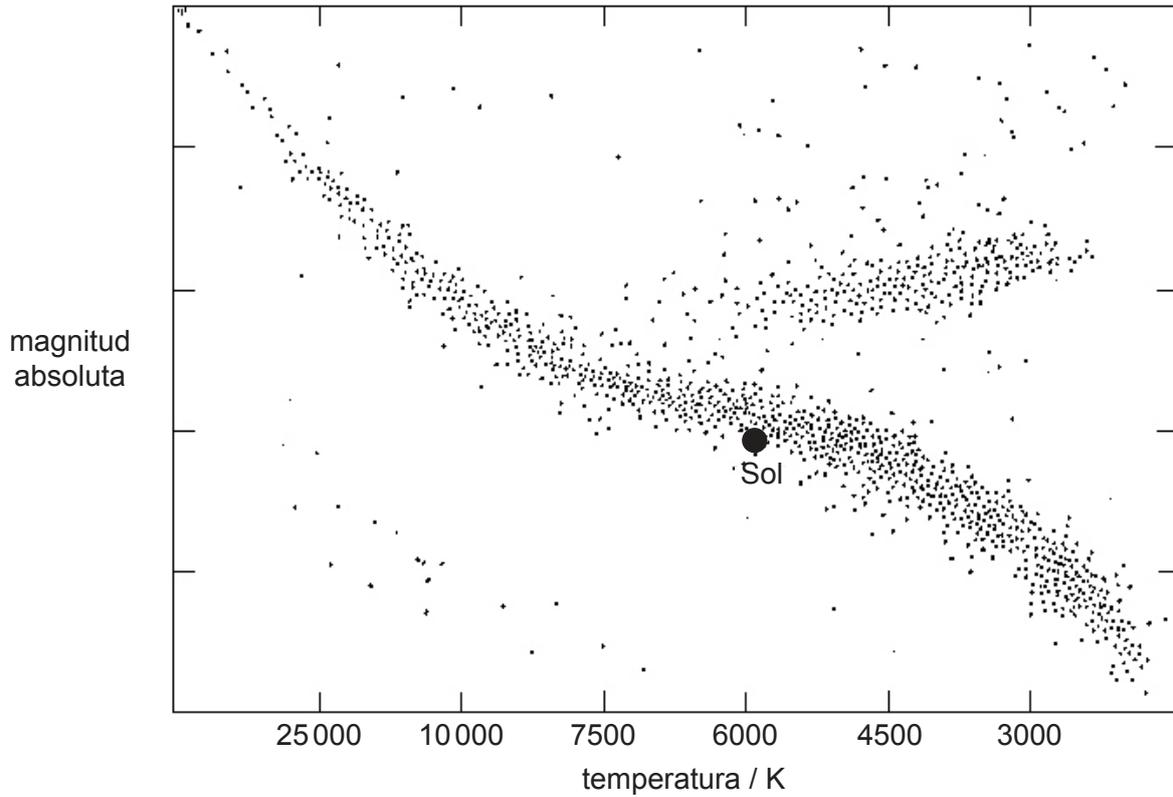


40EP26

(Opción E: continuación)

15. Esta pregunta trata sobre el diagrama de Hertzsprung–Russell (HR) y sobre el Sol.

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



(a) Explique por qué se utiliza la magnitud absoluta en vez de la magnitud aparente para el eje vertical de un diagrama HR.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción E continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Continuación: opción E, pregunta 15)

(b) Resuma por qué la escala elegida para la temperatura en el diagrama HR **no** es lineal. [2]

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

(c) Se dan los siguientes datos para el Sol y para la estrella Vega.

Luminosidad del Sol = $3,85 \times 10^{26} \text{ W}$
Luminosidad de Vega = $1,54 \times 10^{28} \text{ W}$
Temperatura superficial del Sol = 5800 K
Temperatura superficial del Vega = 9600 K

Utilizando estos datos, determine el radio de Vega en términos de radios solares. [3]

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

(d) Resuma cómo observadores en la Tierra pueden determinar experimentalmente la temperatura de una estrella distante. [3]

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

(La opción E continúa en la página siguiente)



(Opción E: continuación)

16. Esta pregunta trata sobre la radiación de fondo cósmico de microondas (CMB)

Una de las suposiciones de Newton fue que el universo era estático. El pico de intensidad de la radiación de fondo cósmico de microondas (CMB) tiene una longitud de onda de 1,06 mm.

(a) Demuestre que esto corresponde a una temperatura de aproximadamente 3K. [2]

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

(b) Sugiera cómo el descubrimiento de la radiación CMB en la región de las microondas contradice la suposición de Newton de un universo estático. [2]

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

Fin de la opción E



40EP29

Véase al dorso

Opción F — Comunicaciones

17. Esta pregunta trata sobre modulación y sobre un satélite de comunicaciones.

(a) Indique qué se entiende por modulación.

[1]

.....
.....

(b) Una llamada telefónica se transmite como una señal de radiofrecuencia desde Europa hasta un explorador en Sudamérica.

(i) Resuma por qué para esta transmisión es preferible una modulación de amplitud (AM).

[2]

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

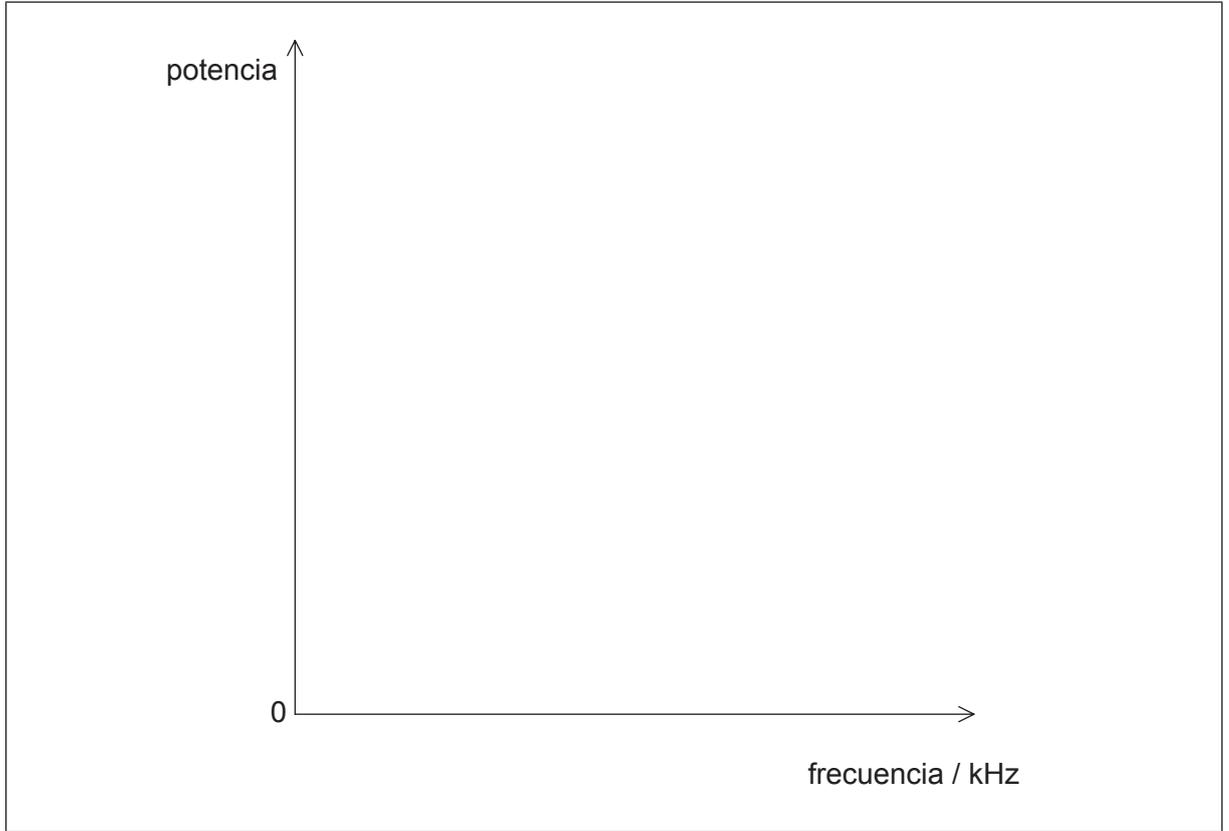
(La opción F continúa en la página siguiente)



40EP30

(Continuación: opción F, pregunta 17)

- (ii) Una onda portadora de frecuencia 2,5 MHz se utiliza para transmitir una onda de señal de frecuencia 40 kHz. Esquematice el espectro de potencia de la onda portadora AM. [2]



- (iii) La señal de radio debe emitirse dentro de la banda de frecuencias comprendida entre 2,4 MHz y 2,8 MHz. La emisora trasmite una frecuencia máxima de señal de 40 kHz. Calcule el número de señales de radio que pueden trasmitirse dentro de la banda. [1]

.....
.....

(La opción F continúa en la página siguiente)



40EP31

Véase al dorso

(Continuación: opción F, pregunta 17)

- (c) Las señales pueden transmitirse utilizando satélites geoestacionarios o satélites de órbita polar. Discuta **una** ventaja da cada tipo de satélite.

[4]

<p>Geoestacionario:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Órbita polar:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--

(La opción F continúa en la página siguiente)



40EP32

(Opción F: continuación)

18. Esta pregunta trata sobre muestreo y sobre fibras ópticas.

La multiplexación por división de tiempo se utiliza para transmitir múltiples señales a lo largo de una fibra óptica.

(a) (i) Describa cómo se consigue la multiplexación por división de tiempo. [2]

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

(ii) El coste es una ventaja de la multiplexación por división de tiempo. Indique **otra** ventaja de la multiplexación por división de tiempo. [1]

.....
.....

(La opción F continúa en la página siguiente)



40EP33

Véase al dorso

(Continuación: opción F, pregunta 18)

- (b) Se muestrea una señal de audio con una frecuencia de muestreo de 4,0 kHz. Cada muestra se convierte en un número binario de 8 bits. Introducir en la fibra cada bit de la muestra lleva 8,0 μ s. Determine el número máximo de señales que pueden transmitirse a lo largo de la fibra utilizando la multiplexación por división de tiempo. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Una fibra óptica tiene una longitud de $3,0 \times 10^4$ m y una atenuación por unidad de longitud de $0,080 \text{ dB km}^{-1}$. Calcule la potencia de entrada mínima de la señal, si la potencia de salida no debe caer por debajo de 2,0 mW. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de la opción F



Opción G — Ondas electromagnéticas

19. Esta pregunta trata sobre algunas propiedades de la luz.

- (a) Una turista espacial comienza su viaje desde la superficie de la Tierra. Al abandonar la Tierra, a las 12:00 del mediodía, el cielo se ve azul. Cuando una hora después llega al límite de la atmósfera, observa que el cielo es negro. Describa la razón del cambio de color del cielo durante el viaje. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) El dióxido de carbono es un gas que se encuentra de forma natural en la atmósfera. Una de las frecuencias naturales de vibración del dióxido de carbono tiene un periodo de 5×10^{-14} s.

Frecuencia de la radiación infrarroja procedente del Sol = aproximadamente 300 THz
Frecuencia de la radiación infrarroja emitida desde la Tierra = aproximadamente 30 THz

La energía radiada por el Sol es atrapada dentro del sistema formado por la Tierra y su atmósfera. Haciendo los cálculos oportunos, resume los mecanismos que conducen a este proceso. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción G continúa en la página siguiente)



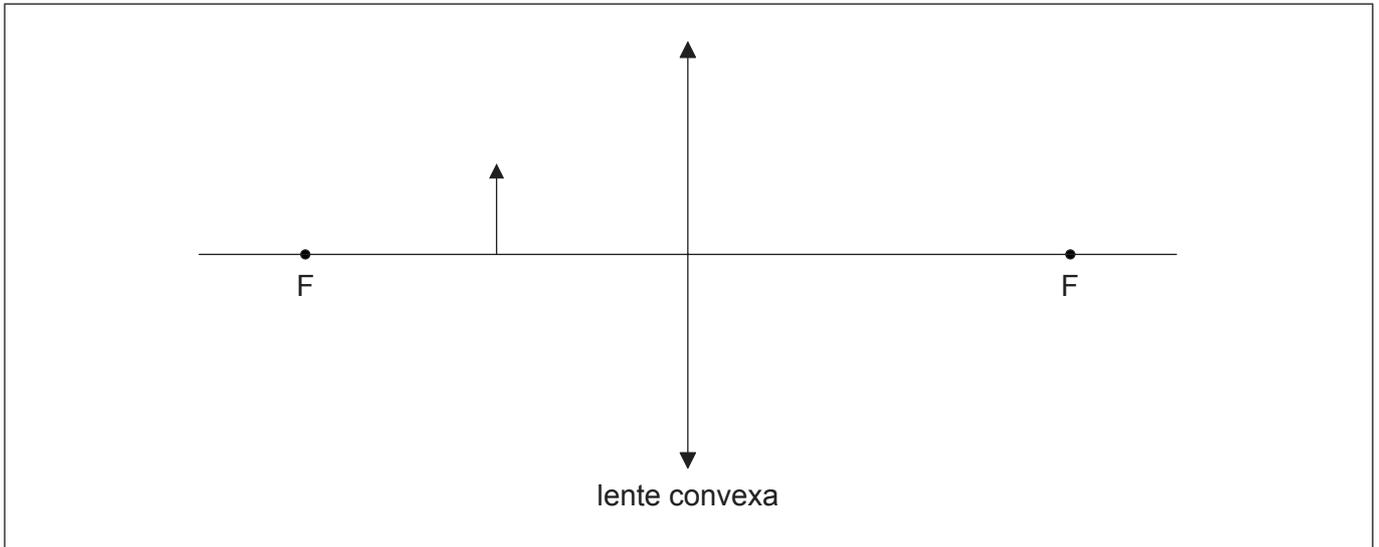
40EP35

Véase al dorso

(Opción G: continuación)

20. Esta pregunta trata sobre una lente convergente (convexa).

Anna es incapaz de leer la letra pequeña de un periódico. Para leer el texto más fácilmente, utiliza una lente convexa. Anna mira a través de la lente a una flecha situada sobre la página.



- (a) (i) Sobre el diagrama, construya los rayos para localizar la imagen de la flecha. Los puntos focales de la lente se han rotulado como F. [3]
- (ii) Anna sitúa una pantalla en la posición de la imagen. Resuma por qué no verá ninguna imagen en la pantalla. [2]

.....

.....

.....

.....

(La opción G continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción G, pregunta 20)

- (b) Anna utiliza la misma lente con un objeto luminoso. Ella encuentra que se forma una imagen clara del objeto cuando la lente se sitúa a una distancia de 20 cm de la pantalla. La distancia focal de la lente es de 5 cm. Determine la amplificación de la imagen. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(La opción G continúa en la página siguiente)



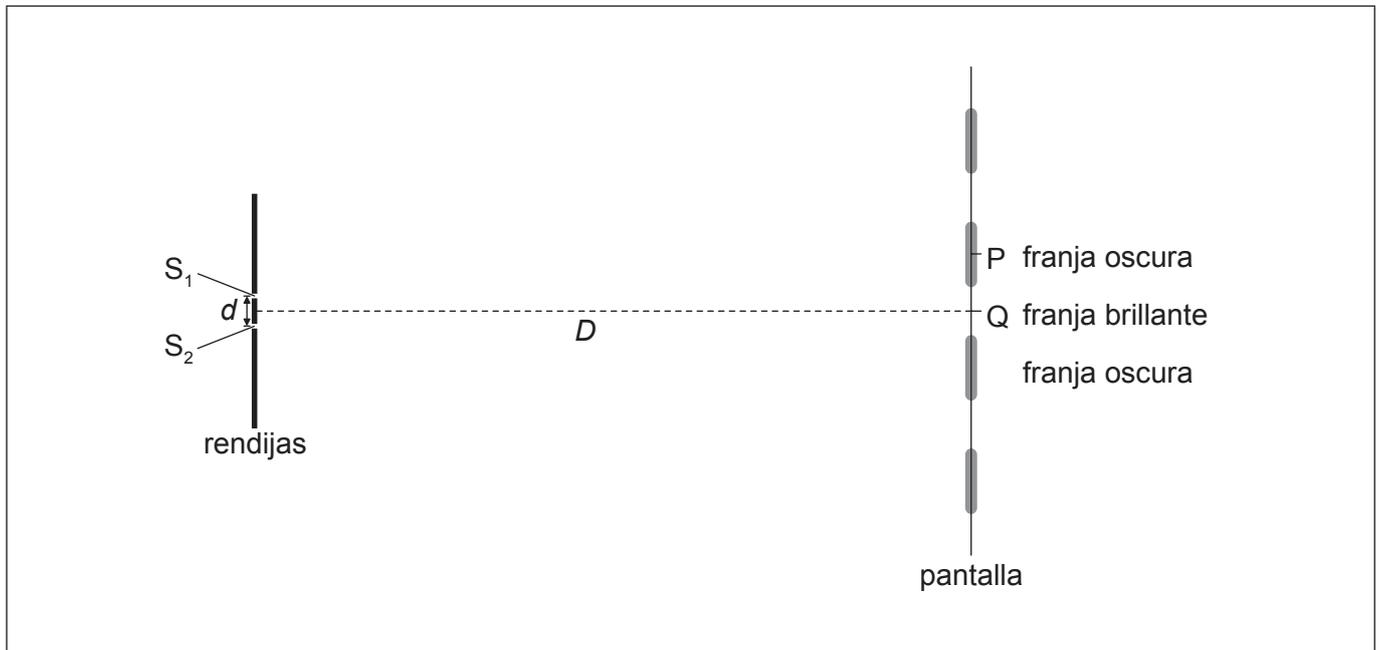
40EP37

Véase al dorso

(Opción G: continuación)

21. Esta pregunta trata sobre la interferencia de la luz.

Luz monocromática y coherente incide sobre dos estrechas rendijas S_1 y S_2 separadas una distancia d . A una distancia D de las rendijas se coloca una pantalla. Sobre la pantalla aparece un patrón de interferencia con franjas brillantes y franjas oscuras. El máximo central está en Q.



(a) Indique **una** manera de asegurarse de que la luz que incide sobre las rendijas sea coherente.

[1]

.....
.....

(b) La luz que emerge de S_1 y S_2 llega a la pantalla. Explique por qué la pantalla aparece oscura en el punto P.

[2]

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

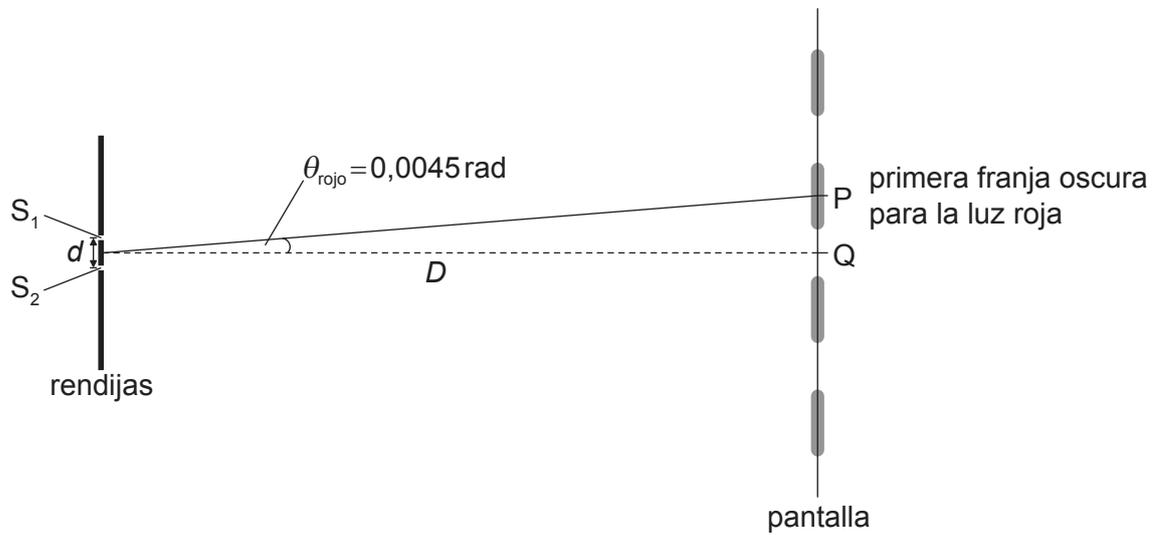
(La opción G continúa en la página siguiente)



40EP38

(Continuación: opción G, pregunta 21)

- (c) Cuando se utiliza luz roja de longitud de onda 660 nm, la primera franja en P subtiende un ángulo de 0,0045 rad desde el punto medio entre S_1 y S_2 .



- (i) Determine el cambio en el ángulo cuando se utilice luz azul de longitud de onda 440 nm.

[2]

.....

.....

.....

.....

(La opción G continúa en la página siguiente)



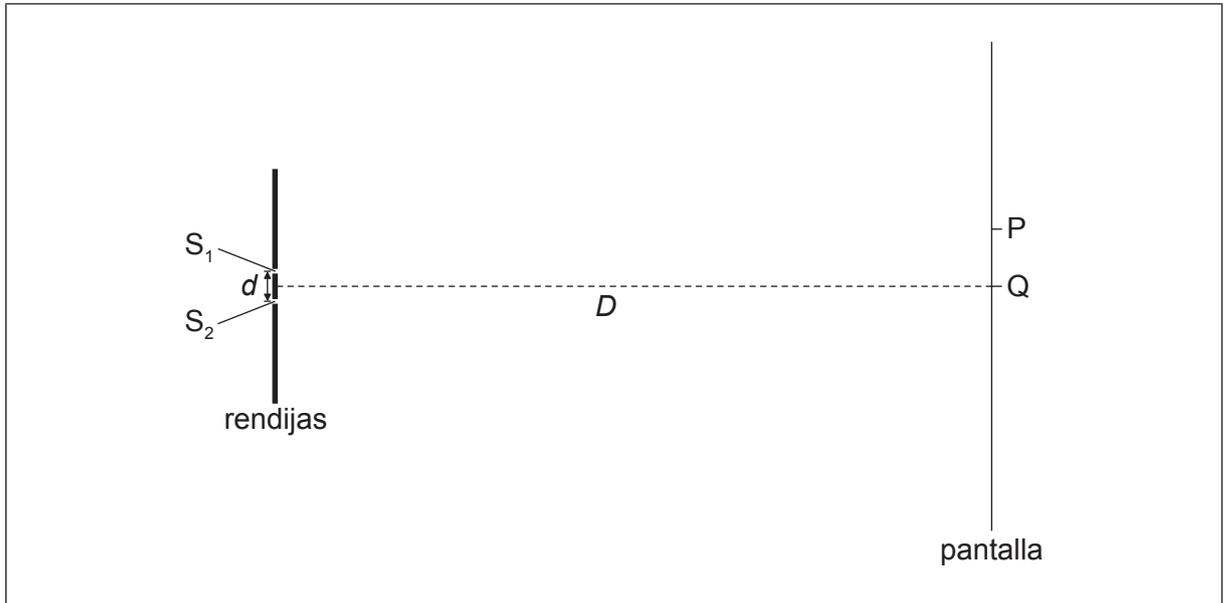
40EP39

Véase al dorso

(Continuación: opción G, pregunta 21)

- (ii) Utilizando el diagrama abajo, dibuje la posición aproximada de la primera franja brillante utilizando luz azul. La posición de la primera franja brillante utilizando luz roja se ha rotulado como P.

[1]



Fin de la opción G



40EP40