



FÍSICA
NIVEL SUPERIOR
PRUEBA 3

Número del alumno

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

Miércoles 12 de noviembre de 2003 (mañana)

1 hora 15 minutos

INSTRUCCIONES PARA LOS ALUMNOS

- Escriba su número de alumno en la casilla de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas de dos de las opciones en los espacios provistos. Puede continuar con sus respuestas en hojas de respuestas. Escriba su número de alumno en cada una de las hojas de respuestas, y adjúntelas a este cuestionario de examen y a su portada empleando los cordeles provistos.
- Cuando termine el examen, indique en las casillas correspondientes de la portada de su examen las letras de las opciones que ha contestado y la cantidad de hojas de respuestas que ha utilizado.

OPCIÓN D – FÍSICA BIOMÉDICA

D1. Esta pregunta trata sobre el escalamiento.

(a) Hay una gran variación en el tamaño de los diferentes mamíferos terrestres. Sus longitudes oscilan entre 2 cm y 4 m.

(i) Estime el valor del cociente

$$\frac{\text{ritmo de pérdida de energía, por unidad de masa, para el mamífero terrestre más pequeño}}{\text{ritmo de pérdida de energía, por unidad de masa, para el mamífero terrestre más grande}} . \quad [4]$$

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Indique **una** suposición que haya hecho en su estimación. [1]

.....

.....

(b) Indique y explique **una** razón por la que en la naturaleza no se encuentran mamíferos terrestres

(i) con longitud inferior a 2 cm. [2]

.....

.....

(ii) con longitud superior a 4 m. [2]

.....

.....

D2. Esta pregunta trata de las capacidades auditivas de dos personas diferentes, una de mayor edad que la otra.

Carmen puede llegar a oír un sonido de frecuencia 1000 Hz e intensidad $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$. Su abuelo, Jorge, no es capaz de escuchar esta frecuencia sonora, salvo que su intensidad se aumente hasta 10^{-6} W m^{-2} .

(a) Determine el cociente

$$\frac{\text{amplitud de la onda sonora que llega a oír Carmen}}{\text{amplitud de la onda sonora que llega a oír Jorge}}$$

[2]

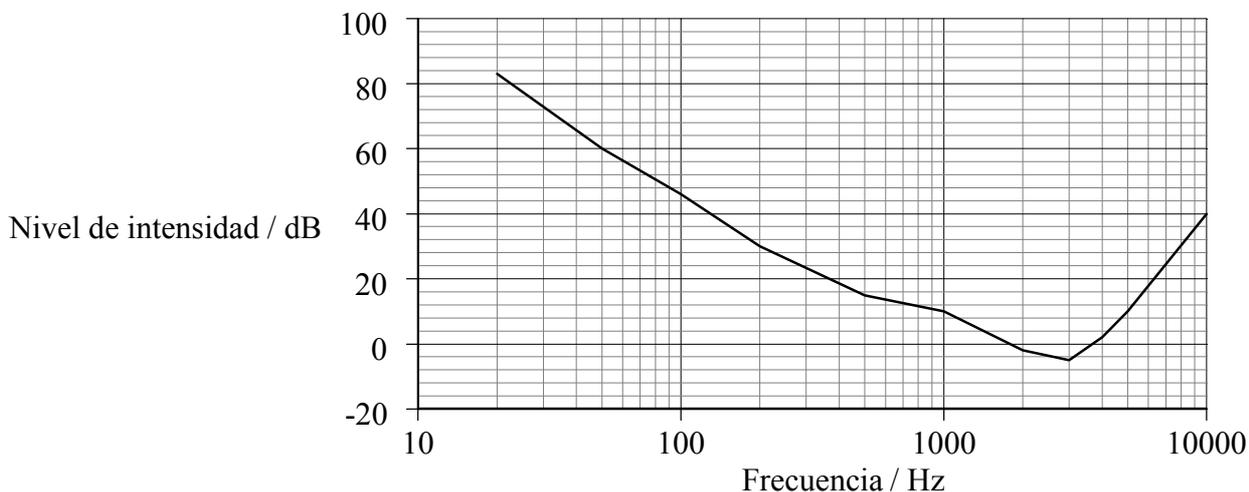
.....
.....
.....

(b) Determine, en dB, la pérdida auditiva de Jorge a dicha frecuencia, en comparación con Carmen.

[2]

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

El gráfico siguiente muestra el umbral de audición de Carmen, en función de la frecuencia.



(c) Utilizando los datos de la gráfica, indique a qué frecuencia es más sensible el oído de Carmen, y explíquelo.

[2]

.....
.....

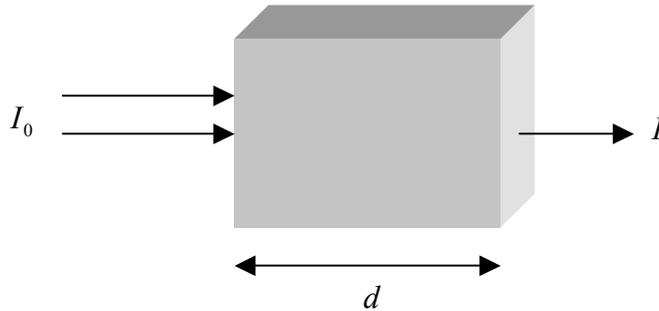
(d) Utilizando su respuesta a (b), marque sobre la gráfica el umbral auditivo de Jorge para la frecuencia de 1000 Hz.

[1]

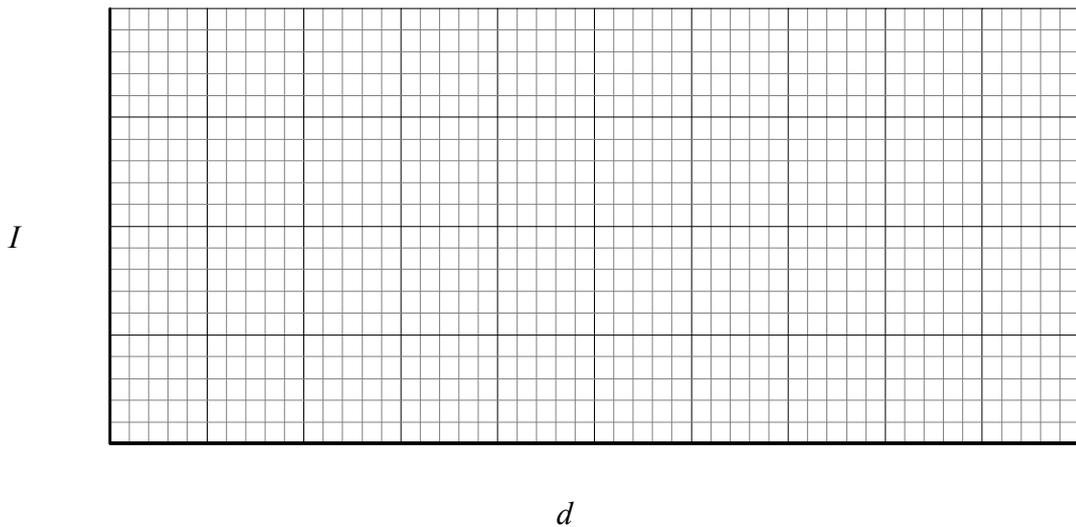
D3. Esta pregunta trata sobre los rayos X.

Cuando un haz de rayos X atraviesa la materia, se atenúa.

El diagrama siguiente muestra un haz de rayos X paralelos, de intensidad I_0 incidiendo sobre una muestra de material de espesor d . La intensidad del haz emergente es I .



(a) Utilizando la cuadrícula de más abajo, esquematice un gráfico que muestre la variación de la intensidad I en función del espesor d . [2]



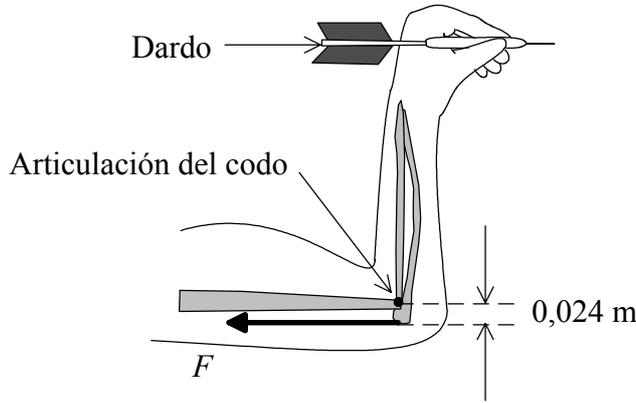
La atenuación de los rayos X depende no sólo de la naturaleza del material a través del cuál se propagan, sino de la energía de los fotones. Para fotones de energía cercana a 30 keV, el *espesor hemirreductor* de un músculo es de alrededor de 50 mm, y para fotones de 5 keV, de 10 mm.

(b) Explique qué energía de los fotones resulta más conveniente, al objeto de obtener una imagen nítida de un pierna rota. [2]

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

D4. Esta pregunta trata de las fuerzas que actúan sobre el antebrazo, mientras se lanza un dardo.

El diagrama siguiente muestra un brazo humano con el antebrazo levantado y a punto de lanzar un dardo. El antebrazo se comporta como una palanca, que puede girar alrededor de un eje que pasa por la articulación del codo.



(a) La línea de acción de la fuerza F ejercida por los músculos, es horizontal y actúa a 0,024 m de la articulación del codo. Al iniciarse el lanzamiento, el brazo está vertical. El momento ejercido alrededor de la articulación del codo es de 12 N m. Calcule el valor de la fuerza F . [2]

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

(b) Esta disposición del antebrazo actúa en desventaja mecánica, ya que la fuerza F es mucho mayor que el peso del brazo y el dardo juntos. Describa y explique qué **ventajas** se obtienen de esta disposición del antebrazo. [3]

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

Página en blanco

OPCIÓN E – HISTORIA Y DESARROLLO DE LA FÍSICA

E1. Esta pregunta trata sobre la contribución de Newton a la comprensión del movimiento de los cuerpos celestes.

Newton creía que la naturaleza de la fuerza que originaba la aceleración de los objetos cercanos a la superficie de la Tierra, era la misma que la de la fuerza que mantenía a la Luna en órbita alrededor de la Tierra. Para mantener este argumento, suponía que la fuerza F ejercida por la Tierra sobre un objeto distante R de su centro podía expresarse como

$$F = \frac{K}{R^2}$$

donde K es una constante.

- (a) La distancia del centro de la Luna al centro de la Tierra es de aproximadamente $60R_E$, donde R_E es el radio de la Tierra.
 - (i) Utilice la expresión anterior para estimar la aceleración de la Luna en su órbita alrededor de la Tierra. (La aceleración debida a la gravedad en la superficie de la Tierra es $g = 10 \text{ ms}^{-2}$.)

[4]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta E1: continuación)

La aceleración de la Luna en su órbita puede determinarse, también, a partir de los siguientes datos.

periodo orbital de la Luna = $2,4 \times 10^6$ s
radio de la Tierra = $6,4 \times 10^6$ m

(ii) Utilice estos datos para calcular la aceleración de la Luna. [4]

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

(iii) En vista de sus respuestas a (i) y (ii), explique si Newton estaba acertado en su suposición de que la naturaleza de la fuerza que origina la aceleración de los objetos cercanos a la superficie de la Tierra, sería la misma que la de la fuerza que mantiene a la Luna en su órbita alrededor de la Tierra. [1]

.....
.....

(b) Newton propuso que la ley de fuerzas $F = \frac{K}{R^2}$ es una ley universal. Explique qué se entiende por *universal* en este contexto. [2]

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

(Pregunta E2: continuación)

- (e) Describa brevemente, y con la ayuda de un diagrama, cómo Coulomb fue capaz de medir la fuerza electrostática entre dos pequeñas esferas metálicas cargadas.

[4]

.....

.....

.....

.....

E3. Esta pregunta trata sobre el modelo de Bohr del átomo de hidrógeno y el principio de incertidumbre de Heisenberg.

(a) Uno de los postulados del modelo de Bohr del átomo de hidrógeno dice que el electrón gira alrededor del protón en órbitas circulares estables. Indique otros **dos** postulados del modelo de Bohr.

[2]

1.
.....
2.
.....
.....

En el *n-ésimo* estado de energía, el átomo de hidrógeno tiene una energía E_n y el electrón orbita con velocidad v_n , siguiendo una órbita de radio r_n . E_n , r_n y v_n están dados por las siguientes expresiones.

$$E_n = -\frac{13,606}{n^2} \text{ eV}$$

$$r_n = 0,0529n^2 \text{ nm}$$

$$v_n = \frac{2,19 \times 10^6}{n} \text{ m s}^{-1}$$

(b) Aplique las expresiones anteriores al estado fundamental del hidrógeno, para determinar la energía, el radio de la órbita del electrón y la velocidad del electrón en dicho estado.

[2]

-

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta E3: continuación)

(c) De acuerdo con el modelo de Schrödinger, la posición y la velocidad de un electrón no están bien definidas. Se puede aceptar que la incertidumbre en la posición del electrón de un átomo de hidrógeno es igual al radio de la órbita del electrón en el estado $n = 1$.

(i) Aplique el principio de incertidumbre de Heisenberg al hidrógeno en ese estado para demostrar que la **incertidumbre** en la velocidad del electrón es aproximadamente igual a la velocidad del electrón tal y como se ha calculado en (b). [3]

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

(ii) Explique por qué el resultado obtenido en (i) sugiere que la idea de órbitas electrónicas, tal y como se emplea en el modelo de Bohr, es una idea inadecuada. [3]

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

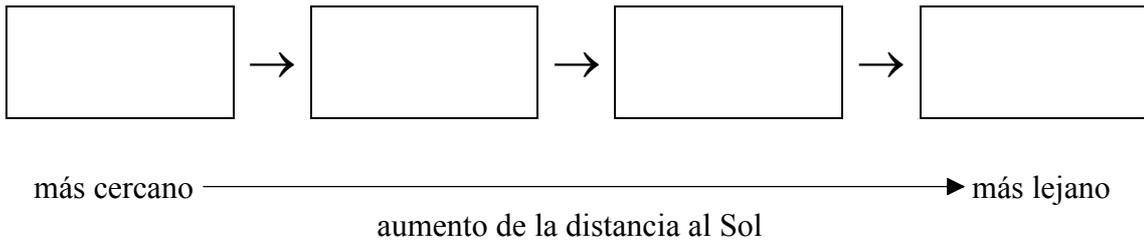
Página en blanco

OPCIÓN F – ASTROFÍSICA

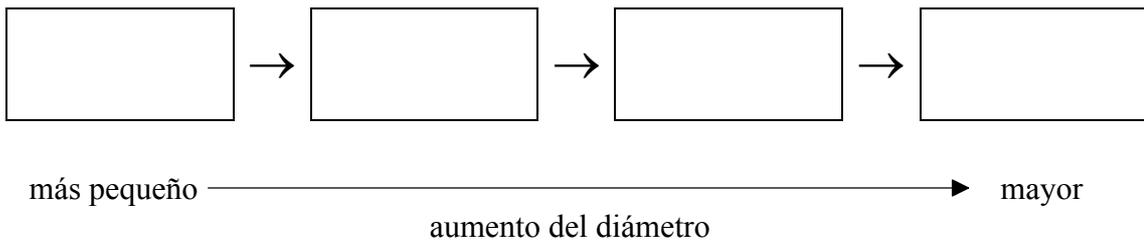
F1. Esta pregunta trata sobre algunos hechos relacionados con algunos de los planetas del Sistema Solar.

Cuatro de los planetas del Sistema Solar son: Júpiter, La Tierra, Marte y Plutón.

(a) Enumere estos cuatro planetas en orden creciente de su distancia al Sol. [2]



(b) Enumere estos cuatro planetas en orden creciente de diámetros. [2]



F2. Esta pregunta trata sobre algunas propiedades de la estrella de Barnard.

La estrella de Barnard, en la constelación de Ofiuco, tiene un *ángulo de paralaje* de 0,549 segundos de arco, medido desde la Tierra.

(a) Explique con la ayuda de un diagrama apropiado, qué se entiende por *ángulo de paralaje* y resuma cómo se mide. [6]

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

(b) Deduzca que la distancia de la estrella de Barnard al Sol es de 5,94 años luz. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta F2: continuación)

(c) El cociente $\frac{\text{brillo aparente de la estrella de Barnard}}{\text{brillo aparente del Sol}}$ es $2,6 \times 10^{-14}$.

(i) Defina el término *brillo aparente*. [2]

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

(ii) Determine el valor de la razón $\frac{\text{luminosidad de la estrella de Barnard}}{\text{luminosidad del Sol}}$ [4]

(1 año luz = $6,3 \times 10^4$ UA).

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

(d) La temperatura superficial de la estrella de Barnard es de alrededor de 3 500 K. Utilizando este dato y la información sobre su luminosidad, explique por qué la estrella de Barnard no puede ser

(i) una enana blanca. [1]

.....
.....

(ii) una gigante roja. [1]

.....
.....

F3. Esta pregunta trata sobre evolución estelar.

- (a) Resuma el proceso que proporciona la fuente de energía de una estrella, mientras se encuentra en la secuencia principal. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Indique las condiciones necesarias para que tenga lugar dicho proceso. [1]

.....

.....

.....

- (c) Indique la razón por la cuál las estrellas abandonan la secuencia principal. [1]

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta F3: continuación)

(d) Las estrellas de la secuencia principal evolucionan, eventualmente, hacia gigantes rojas. Teniendo presente el límite de Chandrasekhar, describa y distinga entre las trayectorias evolutivas **subsiguientes** de las estrellas **gigantes rojas** que han evolucionado desde estrellas de la secuencia principal de masa.

(i) alrededor de dos veces la masa del Sol.

[3]

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

(ii) alrededor de diez veces la masa del Sol.

[3]

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

OPCIÓN G – RELATIVIDAD

G1. Esta pregunta trata sobre las pruebas que sostienen a la Teoría Especial de la Relatividad y sobre el aumento relativista de masa.

Lo que sigue es un extracto tomado de un artículo sobre Relatividad.

*“...La **longitud propia** de un objeto y el intervalo de **tiempo propio** entre dos sucesos nunca pueden ser medidos directamente por el mismo **observador inercial**.”*

(a) Defina los términos siguientes.

(i) *Longitud propia* [1]

.....
.....

(ii) *Tiempo propio* [1]

.....
.....

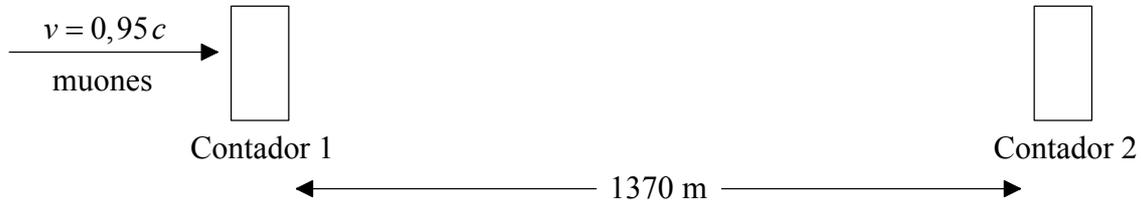
(iii) *Observador inercial* [1]

.....
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta G1: continuación)

Se prepara un experimento en el que se aceleran muones hasta una velocidad de $0,95 c$, medida por un observador del laboratorio. Se cuentan los muones con un contador de partículas, 1, y, a una distancia de 1370 m de éste, los muones que no se han desintegrado se vuelven a contar con otro contador, 2.



N muones atraviesan el contador 1 en un tiempo dado y $\frac{N}{2}$ atraviesan el contador 2 en el mismo tiempo.

(b) Determine

(i) la semivida de los muones, tal y como la mide un observador del laboratorio. [2]

.....
.....

(ii) la semivida de los muones, medida en un sistema de referencia en el que los muones están en reposo. [2]

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

(iii) la separación entre los contadores, tal y como se determina en el sistema de referencia en el que los muones están en reposo. [1]

.....

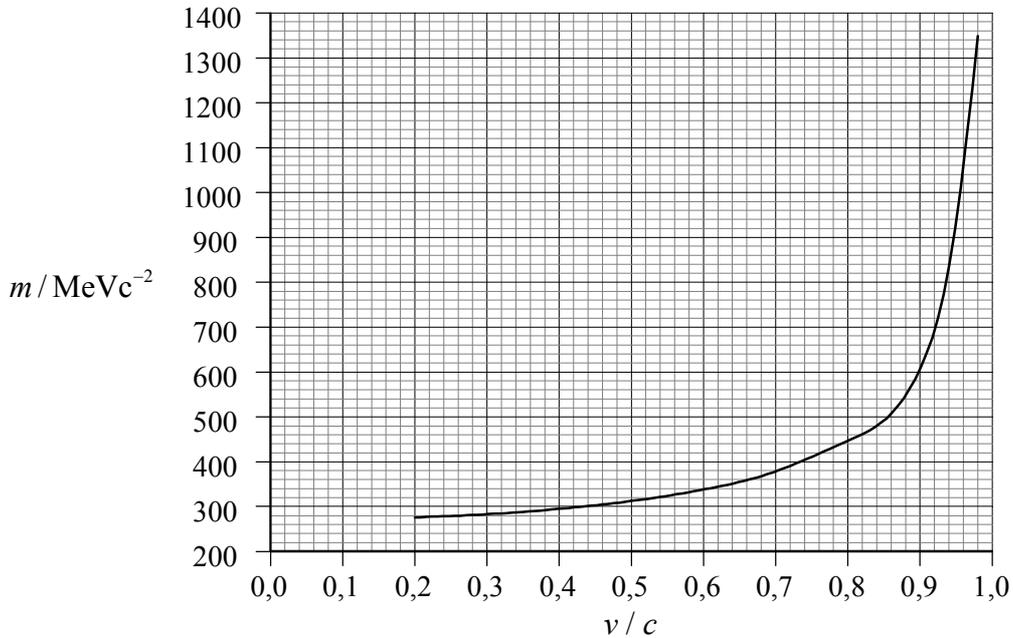
(c) Utilice sus respuestas al apartado (b) para explicar el significado de los términos *dilatación del tiempo* y *contracción de longitud*. [4]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta G1: continuación)

Medido en el sistema de referencia del laboratorio, un muón tiene masa m cuando su velocidad es v . La gráfica siguiente muestra la variación de la masa m con la razón $\frac{v}{c}$. La masa en reposo del muón es m_0 .



(d) (i) Escriba a continuación una ecuación para la curva anterior. [1]

.....
.....

(ii) Utilice esa ecuación para explicar por qué un muón no puede alcanzar jamás la velocidad de la luz. [2]

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

(e) Utilice el diagrama anterior para determinar

(i) la masa en reposo del muón. [1]

.....

(ii) la masa de un muón cuando se mueve con una velocidad de $0,95 c$. [1]

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta G1: continuación)

- (f) Indique la energía total, en MeV, de un muón cuando tiene una velocidad de $0,95 c$. [1]

.....

- (g) La carga de un muón es $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Calcule la diferencia de potencial a través de la cuál debe ser acelerado para poder alcanzar una velocidad de $0,95 c$. [2]

.....

.....

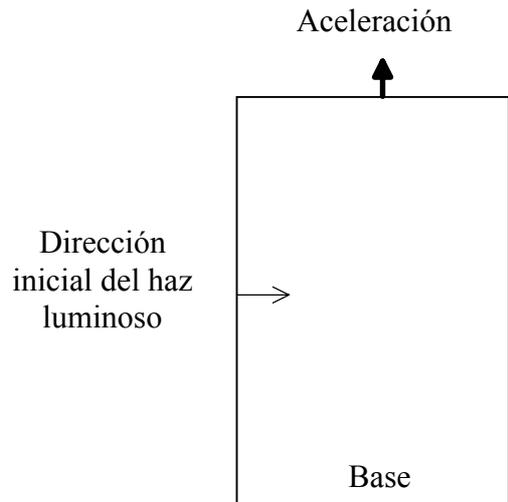
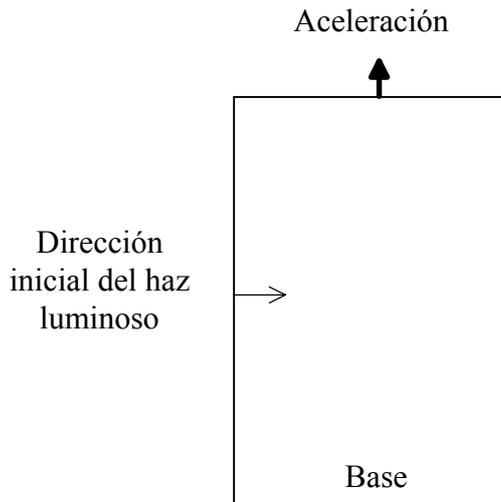
.....

G2. Esta pregunta trata sobre el principio de equivalencia.

- (a) En un famoso “experimento mental” relacionado con la relatividad general, Einstein consideraba una “nave espacial” situada en una región del espacio libre de gravedad, acelerando uniformemente con respecto a un observador inercial, en dirección perpendicular a su “base”. Un estrecho haz de luz está dirigido, inicialmente, en paralelo a la base. El diagrama siguiente presenta esa situación.

Diagrama 1: Perspectiva del observador inercial

Diagrama 2: Perspectiva del observador en la nave



- (i) Dibuje sobre el **Diagrama 1** la trayectoria seguida por el haz luminoso, tal y como la observa el observador inercial. [1]
- (ii) Dibuje sobre el **Diagrama 2** la trayectoria seguida por el haz luminoso, tal y como la observa el observador en la nave. [1]
- (iii) Explique la forma de las trayectorias que ha dibujado. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Explique cómo se relaciona este “experimento mental” con el principio de equivalencia. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

G3. La energía total de una partícula viene dada siempre por la ecuación $E = mc^2$. Calcule la velocidad a la que viaja una partícula, si su energía total es igual a tres veces su energía en reposo. [3]

.....

.....

.....

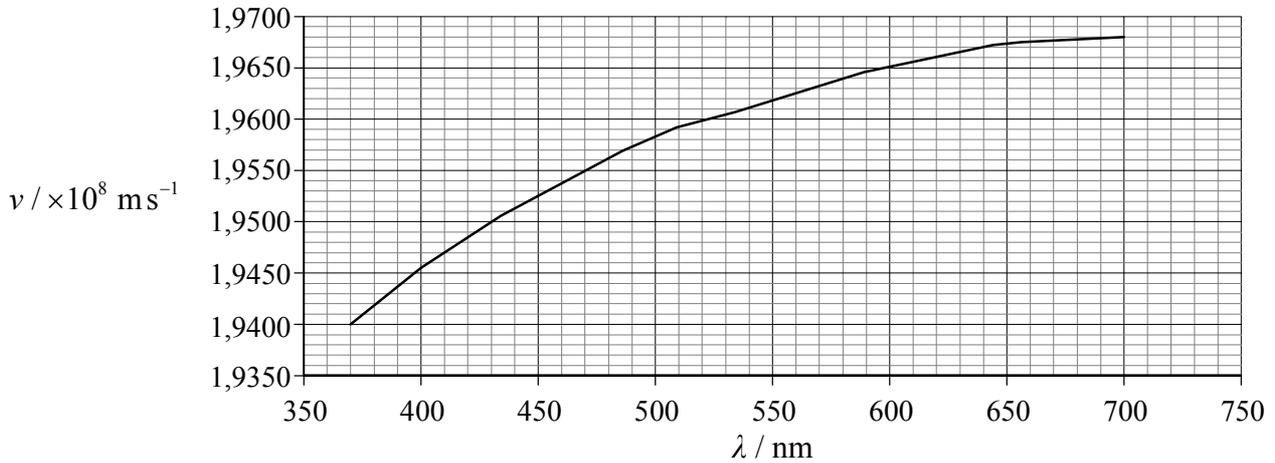
.....

.....

OPCIÓN H – ÓPTICA

H1. Esta pregunta trata sobre la dispersión óptica.

El gráfico siguiente muestra cómo varía la velocidad de la luz v con la longitud de onda λ , en cierto tipo de vidrio.



(a) Utilice los datos del gráfico para determinar, con el número correcto de dígitos, el índice de refracción de la luz azul con longitud de onda 400 nm en este tipo de vidrio. (La velocidad de la luz en el espacio vacío es $c = 2,9979 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$).

[2]

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

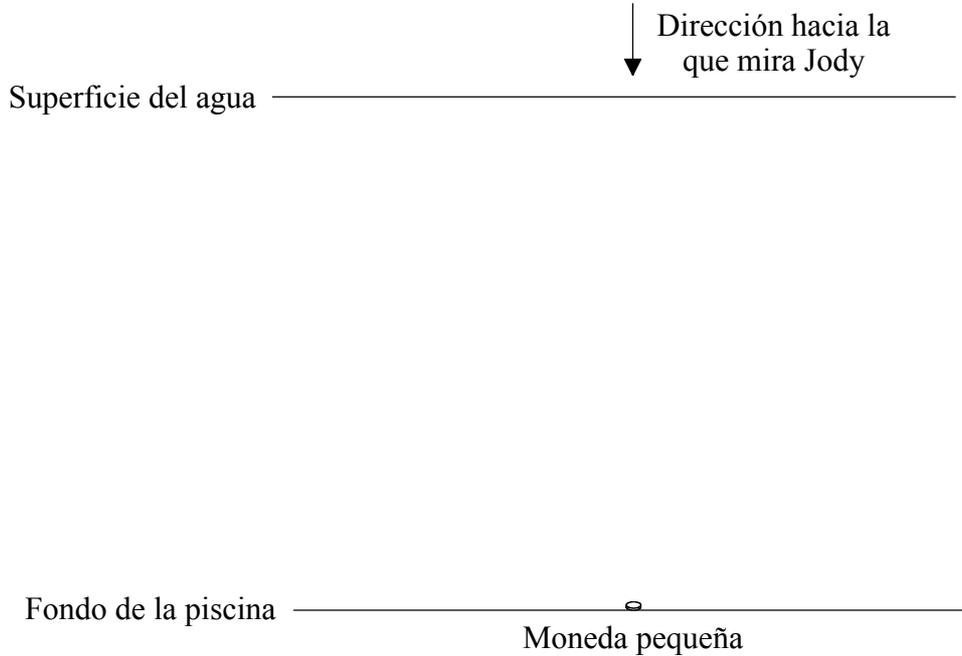
(b) El índice de refracción de la luz roja, de longitud de onda 650 nm, en este tipo de vidrio es aproximadamente 1,52. Utilice este hecho, y su respuesta al apartado (a), para explicar la dispersión óptica.

[2]

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

H2. Esta pregunta trata sobre profundidad real y profundidad aparente.

Jody mira hacia la superficie del agua de una piscina, situada por debajo de ella. En el fondo de la piscina hay una pequeña moneda. La situación se presenta en el diagrama siguiente.



(a) Dibuje sobre el diagrama anterior los rayos apropiados para mostrar la posición de la imagen de la moneda, tal y como la ve Jody. [2]

(b) Explique si la imagen que ve Jody es real o virtual. [1]

.....
.....

Las profundidades real, d , y aparente, a , están relacionadas por la ecuación $\frac{d}{a} = n$ donde n es el índice de refracción del agua.

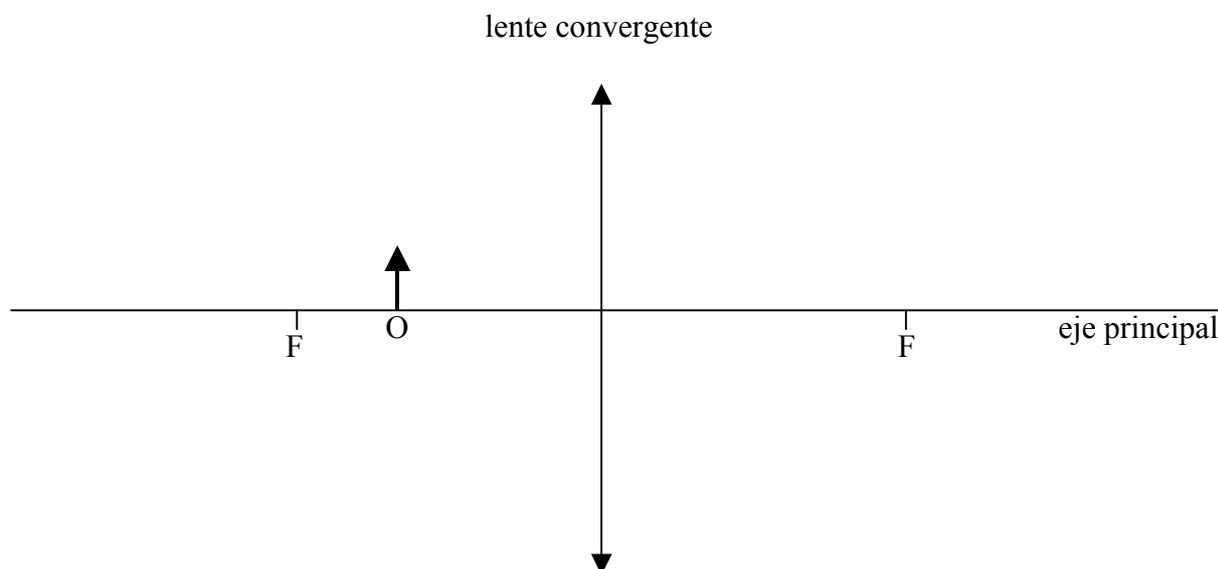
El índice de refracción del agua de la piscina es 1,3 y la moneda se encuentra a 3,0 m de profundidad.

(c) Determine la posición de la imagen respecto del fondo de la piscina, tal y como la ve Jody. [3]

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

H3. Esta pregunta trata sobre una lupa simple.

Se sitúa un objeto O delante de una lente convergente, en la posición mostrada en el diagrama siguiente. El foco principal de la lente se ha denotado F.



- (a) Sobre el diagrama,
 - (i) trace los rayos que permitan localizar la posición de la imagen. [1]
 - (ii) dibuje la imagen y etiquétela como I. [1]
 - (iii) muestre sobre el diagrama dónde debe colocarse el ojo para ver esa imagen. [1]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta H3: continuación)

Para una lente concreta, la distancia focal es 10,0 cm y la distancia entre O y la lente es tal que la imagen se forma en el *punto próximo* del ojo. La distancia de la lente al ojo es de 3,0 cm.

(b) (i) Explique el significado del término *punto próximo*. [1]

.....
.....

(ii) Calcule la distancia del objeto a la lente, si el punto próximo esta a 25,0 cm del ojo. [4]

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

(iii) Indique y explique dónde debería situarse el objeto, si la imagen debe formarse en el *punto lejano*. [2]

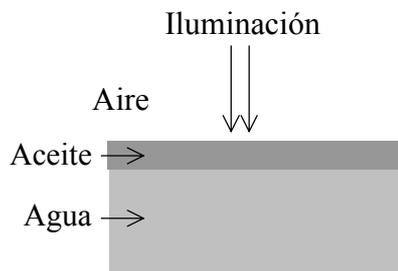
.....
.....

H4. Esta pregunta trata sobre la formación de franjas coloreadas cuando la luz se refleja en películas delgadas.

- (a) Nombre el fenómeno ondulatorio responsable de la formación de regiones de colores diferentes, cuando la luz blanca se refleja en películas delgadas de aceite flotando en agua. [1]

.....
.....

- (b) Una película de aceite de índice de refracción 1,45 flota sobre una capa de agua, de índice de refracción 1,33 y se ilumina con luz blanca en incidencia normal.



Al observar una región concreta de la película, según una dirección próxima a la normal, aparecía roja con una longitud de onda promedio de 650 nm. Una ecuación que relaciona esta longitud de onda dominante λ , con el espesor mínimo de esa región de la película, t es $\lambda = 4nt$.

- (i) Indique qué propiedad mide n y explique por qué aparece en la ecuación. [2]

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

- (ii) Calcule el espesor mínimo de la película. [1]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta H4: continuación)

- (iii) Describa el cambio resultante en las condiciones de reflexión, si la película de aceite estuviera extendida sobre una lámina plana de vidrio, de índice de refracción 1,76, en vez de flotando en agua.

[2]

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

H5. Esta pregunta trata sobre la resolución.

- (a) Indique el nombre del fenómeno ondulatorio que limita la resolución de cualquier instrumento óptico.

[1]

.....
.....

- (b) Explique el criterio de Rayleigh con la ayuda de un diagrama .

[3]

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