Propuestas de pruebas finales

En las páginas siguientes se ofrecen ocho modelos de pruebas finales. Con ellos pretendemos dar al profesor/a un material útil para repasar la materia de Física y preparar a los alumnos y alumnas para una prueba global de la materia.

Al final de estos ocho modelos ofrecemos la solución detallada de todos ellos.

Para favorecer la autoevaluación, el profesor/a puede fotocopiar las páginas correspondientes del solucionario y proporcionarlas a los alumnos y alumnas.

Modelos de pruebas finales e índice de contenidos

Modelo de prueba final	*Dinámica*	*Interacción gravitatoria*	*Vibraciones y ondas*	*Óptica*	*Interacción electromagnética*	*Mecánica moderna*
1	Cuestión 1: Momento angular	Ejercicio 1: Satélite artificial alrededor de la Tierra	Cuestión 2: Ondas sonoras			Ejercicio 2: Efecto fotoeléctrico
2	Ejercicio 1: Explosión	Cuestión 1: Velocidad de escape		Cuestión 2: Ojo humano y defectos	Ejercicio 2: Protón en campos eléctrico y magnético	
3		Cuestión 2: Leyes de Kepler	Ejercicio 2: Onda transversal		Ejercicio 1: Campo y potencial eléctricos de tres cargas	Cuestión 1: Efecto fotoeléctrico
4		Ejercicio 1: Variación de la gravedad en Marte	Ejercicio 2: Onda estacionaria		Cuestión 1: Generador de corriente alterna	Cuestión 2: Defecto de masa. Fusión y fisión
5		Cuestión 2: Variación de la gravedad en la Tierra y validez de la expresión Ep = m g h		Ejercicio 2: Lente de un proyector de diapositivas	Cuestión 1: Creación del campo eléctrico y del campo magnético	Ejercicio 1: Masa y energía relativistas
6			Ejercicio 1: MAS de un muelle	Ejercicio 2: Longitud de onda e índice de refracción. Cuestión 1: Radiaciones electromagnéticas. Frecuencia y color		Cuestión 2: Hipótesis de De Broglie
7		Ejercicio 1: Gravedad en la Luna por comparación con la gravedad en la Tierra	Cuestión 2: Energía mecánica de un MAS y su variación	Cuestión 1: Reflexión, refracción y sus leyes	Ejercicio 2: Fuerza entre corrientes paralelas y campo magnético creado por ellas	
8		Cuestión 1: Comparación de los campos gravitatorio, eléctrico y magnético	Cuestión 2: Ondas estacionarias		Ejercicio 1: Generador de corriente alterna Cuestión 1: Comparación de los campos gravitatorio, eléctrico y magnético	Ejercicio 2: Energía media de enlace por nucleón

MODELO NÚMERO 1

EJERCICIO 1

Un satélite artificial de 500 kg de masa gira alrededor de la Tierra en una órbita circular de 8 000 km de radio. Determina: *a)* ¿qué velocidad posee?; *b)* ¿cuánto vale la aceleración de la gravedad en los puntos por los que pasa?; *c)* ¿cuánto tarda en dar una vuelta completa?; *d)* ¿cuánto vale su energía mecánica?; *e)* ¿qué velocidad deberíamos comunicarle para que escapara de la atracción terrestre a partir de la posición en que está?

Datos: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²·kg⁻²; $M_T = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg

EJERCICIO 2

Sobre una lámina de cobre incide una onda electromagnética de 250 nm de longitud de onda. Sabiendo que la longitud de onda umbral del cobre es de 320 nm, calcula: *a)* la energía de los fotones incidentes, en julios y en electronvoltios; *b)* el trabajo de extracción del cobre, en julios y en electronvoltios; *c)* la velocidad máxima de los electrones que se emiten.

Datos: masa del electrón = $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg

CUESTIÓN 1

Define *momento angular de un sólido rígido* y enuncia el principio de conservación de éste. ¿Qué condiciones deben darse para que se cumpla?

CUESTIÓN 2

Explica si en las ondas sonoras se producen los fenómenos de interferencias, difracción y polarización.

MODELO NÚMERO 2

EJERCICIO 1

Una bomba en reposo explota en tres fragmentos de masas 1 kg, 2 kg y 3 kg. Los dos primeros trozos salen despedidos perpendicularmente entre sí con velocidades de 3 m/s y 5 m/s. Calcula: *a)* la cantidad de movimiento total del sistema antes y después de la explosión; *b)* el vector velocidad del tercer fragmento; *c)* la energía generada a consecuencia de la explosión. ¿De qué tipo es?

EJERCICIO 2

Un protón atraviesa un campo eléctrico en el que se ve sometido a una tensión de $5 \cdot 10^4$ V. A continuación penetra en un campo magnético perpendicular al campo eléctrico anterior, y se observa que el protón describe una trayectoria circular de 20 cm de radio. Calcula: *a)* el valor de la energía cinética adquirida por el protón dentro del campo eléctrico; *b)* la velocidad que adquiere; *c)* la fuerza que experimenta el protón dentro del campo magnético; *d)* el valor de dicho campo magnético.

Datos: masa del protón = $1{,}6 \cdot 10^{-27}$ kg; carga del protón = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

CUESTIÓN 1

Explica qué es y cómo se calcula la velocidad de escape.

CUESTIÓN 2

Explica el funcionamiento del ojo humano. ¿Qué son la miopía y la hipermetropía?, ¿cómo se corrigen?

MODELO NÚMERO 3

EJERCICIO 1

En tres de los cuatro vértices de un cuadrado de 1 m de lado se encuentran tres cargas iguales de 5 mC cada una. Calcula: *a)* el vector campo eléctrico que crean en el cuarto vértice; *b)* el potencial que crean en ese mismo punto.

Datos: $K = 9 \cdot 10^9$ N·m²/C²

EJERCICIO 2

En una cuerda se establece la siguiente onda transversal y unidimensional:

$$y\,(x, t) = 20 \text{ sen } (0{,}1\pi t - 2\pi x), \text{ en unidades SI}$$

Calcula: *a)* su amplitud, período, frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación; *b)* la diferencia de fase entre dos puntos situados en $x_1 = 0{,}5$ m y $x_2 = 2$ m; *c)* la velocidad del punto que se encuentra a 0,5 m del origen en el instante t = 10 s; *d)* la aceleración máxima.

CUESTIÓN 1

Un metal emite electrones si lo iluminamos con luz de color azul, pero no los emite si la luz es de color amarillo. ¿Los emitirá con luz violeta? ¿Y con luz roja? Explica por qué.

CUESTIÓN 2

Enuncia las leyes de Kepler y demuestra la tercera de ellas.

MODELO NÚMERO 4

EJERCICIO 1

¿Hasta qué altura sobre la superficie de Marte debemos elevar un objeto para que la aceleración de la gravedad disminuya en un 20 %? Calcula, a dicha altura, la masa y el peso de ese objeto, sabiendo que su peso sobre la superficie terrestre es de 50 N y que la aceleración en la superficie de Marte es de 3,8 m/s².

Datos: radio de Marte: 3 380 km

EJERCICIO 2

Una cuerda oscila de acuerdo con la ecuación:

$$y(x, t) = 5 \text{ sen} \left(\frac{\pi x}{3}\right) \cos 40\pi t \text{ (SI)}$$

Calcula: *a)* la amplitud, el período, la frecuencia, la longitud de onda y la velocidad de las ondas cuya superposición da lugar a esta vibración; *b)* la distancia entre los nodos; *c)* el número de nodos y de vientres que hay en esta cuerda si tiene 12 m de longitud y está atada por los dos extremos; *d)* la frecuencia fundamental y los armónicos en dicha cuerda.

CUESTIÓN 1

Explica en qué consiste un generador de corriente alterna. Describe los cambios energéticos que tienen lugar en una central hidroeléctrica.

CUESTIÓN 2

Explica qué es el *defecto de masa* y su relación con las reacciones de fusión y fisión.

MODELO NÚMERO 5

EJERCICIO 1

Un electrón es acelerado hasta llegar a una velocidad de $2{,}5 \cdot 10^8$ m/s. Calcula: *a)* la masa que tendrá a esta velocidad; *b)* su energía cinética relativista; *c)* la energía relativista total que posee el electrón.

Datos: masa en reposo del electrón: $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg

EJERCICIO 2

Se desea proyectar una diapositiva de 1,5 cm de altura sobre una pantalla situada a 3 m de distancia, de forma que la imagen tenga 1 m de altura. Determina: *a)* el tipo de lente que ha de tener el proyector; *b)* la distancia a la que debe estar esta lente respecto a la diapositiva; *c)* la potencia de la lente.

CUESTIÓN 1

Explica si son ciertas o no las afirmaciones siguientes acerca de una carga eléctrica en reposo:

a) Crea un campo eléctrico.

b) Crea un campo magnético.

c) Crea un campo magnético y uno eléctrico.

Haz lo mismo para una carga eléctrica en movimiento.

CUESTIÓN 2

Explica la variación de la aceleración de la gravedad con la altura y en qué condiciones es válida la expresión de la energía potencial gravitatoria terrestre: Ep = m g h.

MODELO NÚMERO 6

EJERCICIO 1

Dado un muelle de constante recuperadora K = 2 N/cm, situado en vertical y del que cuelga una masa de 500 g, calcula: *a)* la fuerza necesaria para producir un alargamiento de 5 cm; *b)* el período y la frecuencia del movimiento armónico simple que efectuará como consecuencia de dicha deformación; *c)* la ecuación del MAS que seguirá si en el instante de tiempo inicial $x = +5$ cm.

EJERCICIO 2

Una onda luminosa de frecuencia $5 \cdot 10^{14}$ Hz tiene una longitud de onda de $2 \cdot 10^{-7}$ m dentro de cierto líquido. Calcula: *a)* la velocidad de la luz en ese líquido; *b)* la longitud de onda en el vacío; *c)* el índice de refracción del líquido.

CUESTIÓN 1

Clasifica en orden creciente de energías las radiaciones electromagnéticas siguientes: rayos X, microondas, ondas de radio, rayos infrarrojos, rayos ultravioleta, luz visible y rayos gamma.

Explica, razonándolo, qué característica (amplitud, intensidad o frecuencia) hace que una radiación del espectro visible sea azul y que otra sea roja.

CUESTIÓN 2

¿Qué establece la hipótesis de De Broglie y qué motivos le llevaron a plantearla? ¿Tiene comprobación experimental?

MODELO NÚMERO 7

EJERCICIO 1

Sabiendo que el radio de la Luna es 0,273 veces el de la Tierra y su masa es 0,0123 veces la masa terrestre, calcula: *a)* la aceleración de la gravedad en la superficie de la Luna; *b)* el peso y la masa en la superficie lunar de un objeto que pesa 250 N sobre la superficie terrestre; *c)* la velocidad con que este objeto llegará a la superficie lunar si se deja caer desde una altura de 300 m.

EJERCICIO 2

Dos hilos conductores muy largos, rectilíneos y paralelos, por los que circulan corrientes de 3 A y 5 A en el mismo sentido, están separados una distancia de 5 cm. Determina: *a)* la fuerza que se ejercen mutuamente por unidad de longitud; *b)* si la fuerza es atractiva o repulsiva; *c)* el campo magnético en un punto situado entre los dos hilos, en el plano definido por ambos y a 2 cm del primero.

CUESTIÓN 1

Describe los fenómenos de la reflexión y la refracción de las ondas, y enuncia las leyes que cumplen.

CUESTIÓN 2

Determina cuánto vale la energía mecánica que posee un objeto de masa *m* que describe un MAS. Razona cómo varía dicha energía si: *a)* la amplitud se reduce a la mitad; *b)* la frecuencia se reduce a la mitad; *c)* la amplitud se duplica y la frecuencia se reduce a la mitad.

MODELO NÚMERO 8

EJERCICIO 1

Calcula la fem máxima que genera un bobinado de 1 000 espiras al girar con un MCU de 50 Hz de frecuencia dentro de un campo magnético de 5 T, si las espiras son rectangulares de 10 cm de largo por 5 cm de ancho. Calcula, asimismo, la fem eficaz generada.

EJERCICIO 2

Calcula la energía media de enlace por nucleón para el sodio ${}^{23}_{11}\mathrm{Na}$, sabiendo que la masa real de su núcleo es de 22,9898 u y que la masa de un protón es de 1,00714 u y la de un neutrón es de 1,00853 u.

CUESTIÓN 1

Analiza las semejanzas y las diferencias entre el campo gravitatorio, el campo eléctrico y el campo magnético. Compara: las fuentes de éstos, la forma de las líneas de campo, si son conservativos o no...

CUESTIÓN 2

Responde acerca de las ondas estacionarias: cómo se forman, ecuación, características...

SOLUCIÓN MODELO NÚMERO 1

EJERCICIO 1

Datos: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg²; $M_T = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg;
m = 500 kg; $r = 8 \cdot 10^6$ m

a) Determinamos la velocidad orbital:

$$v = \sqrt{\frac{G\,M_T}{r}} = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}98 \cdot 10^{24}}{8 \cdot 10^6 \text{ m}}} = 7{,}1 \cdot 10^3 \ \frac{m}{s}$$

b) El valor de la aceleración de la gravedad es:

$$g = \frac{G\,M_T}{r^2}; \quad g = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}98 \cdot 10^{24}}{(8 \cdot 10^6)^2} = 6{,}2 \ \frac{m}{s^2}$$

c) El tiempo que tarda en dar una vuelta completa es el período de revolución:

$$T = \frac{2\pi r}{v}; \quad T = \frac{2\pi \cdot 8 \cdot 10^6}{7{,}1 \cdot 10^3} = 7{,}1 \cdot 10^3 \text{ s}$$

d) La energía mecánica es la suma de la cinética más la potencial:

$$Em = Ec + Ep$$

$$Em = \frac{1}{2} m\, v^2 - G\,\frac{M_T\, m}{r}$$

$$Em = -\frac{1}{2} G\,\frac{M_T\, m}{r}$$

$$Em = -\frac{1}{2}\, 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5{,}98 \cdot 10^{24} \cdot 500}{8 \cdot 10^6} = -1{,}25 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

e) La velocidad de escape es:

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2G\,M_T}{r}}$$

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}98 \cdot 10^{24}}{8 \cdot 10^6}} = 10^4 \ \frac{m}{s}$$

EJERCICIO 2

Datos: $\lambda = 250$ nm $= 2{,}5 \cdot 10^{-7}$ m; $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ J·s;
$\lambda_u = 320$ nm $= 3{,}2 \cdot 10^{-7}$ m

a) Calculamos la energía de los fotones incidentes:

$$E = h\,f; \quad E = h\,\frac{c}{\lambda}$$

$$E = 6{,}62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{2{,}5 \cdot 10^{-7}} = 7{,}9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = 7{,}9 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 4{,}94 \text{ eV}$$

b) Calculamos el trabajo de extracción:

$$W_0 = h\,f_u; \quad W_0 = h\,\frac{c}{\lambda_u}$$

$$W_0 = 6{,}62 \cdot 10^{-34} \text{ J·s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3{,}2 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 6{,}2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$W_0 = 3{,}87 \text{ eV}$$

c) Calculamos la energía cinética máxima de los electrones emitidos:

$$Ec_{max} = E - W_0 = 7{,}9 \cdot 10^{-19} - 6{,}2 \cdot 10^{-19} = 1{,}7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$Ec_{max} = 4{,}94 - 3{,}87 = 1{,}07 \text{ eV}$$

Como $Ec = \frac{1}{2}$ m v², la velocidad máxima de esos electrones será:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2Ec_{max}}{m}}; \quad v_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-19}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}} = 6{,}1 \cdot 10^5 \ \frac{m}{s}$$

CUESTIÓN 1

El momento angular de una partícula respecto a un punto O es igual al momento de su cantidad de movimiento: $\vec{L} = \vec{r}$ x m $\vec{v}$. El momento angular de un sólido rígido o sistema de partículas respecto de un eje es igual a la suma de los momentos angulares de todas sus partículas: $\vec{L} = \sum_{i=1}^{n} \vec{r}_i \text{ x } m_i\, \vec{v}_i = I\,\vec{\omega}$, donde I es el momento de inercia del sólido, y $\vec{\omega}$ es un vector cuyo módulo es la velocidad angular del sólido respecto del eje de giro, cuya dirección es la de dicho eje y cuyo sentido lo da la regla del sacacorchos.

El principio de conservación del momento angular establece que, si la suma de los momentos de las fuerzas exteriores que actúan sobre el sólido es igual a cero, el momento angular se mantiene constante.

La condición de que la suma de los momentos sea cero se da en los siguientes casos:

— Si no actúan fuerzas exteriores. Por ejemplo: una patinadora que gira y, acercando los brazos al cuerpo, aumenta su velocidad de giro.

— Si actúan fuerzas, pero sus momentos son nulos; esto ocurre cuando las fuerzas son radiales, es decir, perpendiculares al eje de giro, o cuando son paralelas a dicho eje. Por ejemplo: en el caso del movimiento de los planetas alrededor del Sol, la fuerza es radial, por eso las órbitas de los planetas son planas, o en el caso de un disco que sin girar cae coaxialmente sobre otro que gira haciéndole disminuir su velocidad. En este caso, la fuerza es el peso, paralela al eje.

CUESTIÓN 2

Las interferencias y la difracción son fenómenos que se dan en cualquier tipo de ondas, sean longitudinales o transversales, por lo tanto, se producen también en las ondas sonoras, que son ondas longitudinales.

La polarización, sin embargo, como es propia de ondas transversales, no se da en el sonido.

— Además, para completar la respuesta, convendría efectuar una breve explicación de los tres fenómenos.

SOLUCIÓN MODELO NÚMERO 2

EJERCICIO 1

Datos: $m_1 = 1$ kg; $m_2 = 2$ kg, $m_3 = 3$ kg; $\vec{v}_1 = 3\,\vec{i}$ m/s;

$\vec{v}_2 = 5\,\vec{j}$ m/s

a) La cantidad de movimiento total es cero antes y después de la explosión. Antes de la explosión es cero porque la bomba está en reposo y después de ésta continúa siendo cero, puesto que la cantidad de movimiento total se conserva en la explosión.

b) Aplicamos el teorema de conservación de la cantidad de movimiento por componentes:

$$\vec{p}_0 = \vec{p}$$

$$\left.\begin{aligned} 0 &= m_1\,v_{1x} + m_2\,v_{2x} + m_3\,v_{3x} = 1 \cdot 3 + 0 + 3v_{3x} \\ 0 &= m_1\,v_{1y} + m_2\,v_{2y} + m_3\,v_{3y} = 0 + 2 \cdot 5 + 3v_{3y} \end{aligned}\right\}$$

$$v_{3x} = -1\,\frac{m}{s}; \quad v_{3y} = -\frac{10}{3}\,\frac{m}{s}$$

$$v_3 = \left(-\vec{i} - \frac{10}{3}\,\vec{j}\right)\frac{m}{s}; \quad v_3 = \sqrt{1^2 + \left(\frac{10}{3}\right)^2} = 3{,}5\,\frac{m}{s}$$

El ángulo que forma esta velocidad con el eje de las x negativas es:

$$\alpha = \text{arctg}\,\frac{10}{3} = 73{,}3°$$

c) La energía que ha sido generada es la energía cinética adquirida por los tres fragmentos:

$$Ec_f = \frac{1}{2}\,m_1\,v_1^2 + \frac{1}{2}\,m_2\,v_2^2 + \frac{1}{2}\,m_3\,v_3^2$$

$$E_{cf} = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 3^2 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 5^2 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 3{,}5^2 = 47{,}9\text{ J}$$

EJERCICIO 2

Datos: $V = 5 \cdot 10^4$ V; R = 20 cm = 0,2 m; $m_p = 1{,}6 \cdot 10^{-27}$ kg; $q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

a) La energía adquirida por el protón al atravesar el campo eléctrico es igual al trabajo efectuado sobre él por el campo:

$$Ec = W = q\,V; \quad Ec = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^4 = 8 \cdot 10^{-15}\text{ J}$$

b) Calculamos la velocidad adquirida por el protón:

$$v = \sqrt{\frac{2Ec}{m_p}}; \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-15}}{1{,}6 \cdot 10^{-27}}} = 3{,}2 \cdot 10^6\,\frac{m}{s}$$

c) La fuerza magnética que experimenta el protón es igual a la fuerza centrípeta que le hace describir la circunferencia:

$$F_c = \frac{m_p\,v^2}{R} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-27} \cdot (3{,}2 \cdot 10^6)^2}{0{,}2} = 8{,}2 \cdot 10^{-14}\text{ N}$$

d) Calculamos el campo magnético a partir de la igualdad entre la fuerza centrípeta y la fuerza magnética, fuerza de Lorentz, en el supuesto de que la velocidad del protón y el campo magnético son perpendiculares:

$$F_c = F_m = q\,v\,B; \quad B = \frac{F_c}{q\,v} = \frac{8{,}2 \cdot 10^{-14}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 3{,}2 \cdot 10^6} = 0{,}16\text{ T}$$

CUESTIÓN 1

La velocidad de escape en la Tierra es la velocidad mínima que debe tener un objeto para escapar de la atracción gravitatoria terrestre. Análogamente se define la velocidad de escape en la Luna o en otros planetas.

Para calcularla hemos de aplicar la condición de que la energía mínima que debe alcanzar dicho objeto tiene que ser cero, ya que con energías mecánicas iguales o superiores a cero las órbitas son abiertas (parábolas o hipérbolas), lo cual hace que éste se pueda alejar infinitamente de la Tierra.

Sabiendo que la energía mecánica de un objeto situado dentro del campo gravitatorio terrestre es:

$$E = Ec + Ep; \quad E = \frac{1}{2}m\,v^2 - G\,\frac{M_T\,m}{r}$$

Esta diferencia se hará cero cuando Ec = Ep:

$$\frac{1}{2}m\,v_{min}^2 = G\,\frac{M_T\,m}{r}$$

Por tanto, la velocidad de escape es:

$$v_{esc} = v_{min} = \sqrt{\frac{2G\,M_T}{r}}$$

CUESTIÓN 2

En el ojo humano las partes más importantes son el iris, la pupila, el cristalino y la retina. La luz entra en el ojo por la pupila a través de la córnea. El iris regula la cantidad de luz que entra. El cristalino es una lente convergente que focaliza los rayos de luz que proceden de los objetos y forma la imagen de éstos sobre la retina, donde están las terminaciones nerviosas que transmiten la señal al cerebro.

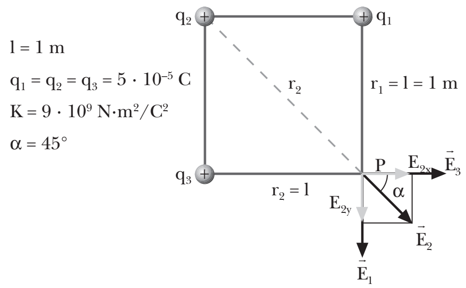
La lente del cristalino debe modificar su potencia y, por tanto, su forma, para enfocar tanto los objetos lejanos, como los intermedios y los cercanos, sobre una zona concreta y muy sensible de la retina, la mancha amarilla. El cambio de forma del cristalino se consigue mediante unos músculos que lo rodean, los músculos ciliares, y se denomina acomodación.

La miopía es un defecto del ojo que no permite enfocar correctamente los objetos lejanos. Esto es debido a que el globo del ojo es más alargado de lo normal o a que la córnea tiene más curvatura de lo debido, por lo que la imagen de objetos lejanos se forma detrás de la retina. Se corrige con lentes o lentillas divergentes, que compensan estos defectos aproximando la imagen hasta llevarla al punto correcto.

La hipermetropía es un defecto opuesto al anterior; no permite enfocar correctamente los objetos cercanos. Las imágenes de éstos se forman por delante de la retina. La corrección se efectúa mediante lentes convergentes, que atrasan la imagen hasta el punto correcto.

SOLUCIÓN MODELO NÚMERO 3

EJERCICIO 1



a) Determinamos los módulos de los vectores intensidad de campo:

$$E_1 = E_3 = K\frac{q_1}{r_1^{\;2}} = K\frac{q_3}{r_3^{\;2}} = K\frac{q}{l^2}$$

$$E_1 = E_3 = 9\cdot 10^9\cdot\frac{5\cdot 10^{-3}}{1^2} = 4{,}5\cdot 10^7\ \frac{N}{C}$$

$$E_2 = K\frac{q_2}{r_2^{\;2}} = K\frac{q}{2l^2} = 9\cdot 10^9\cdot\frac{5\cdot 10^{-3}\,C}{2\cdot 1^2} = 2{,}25\cdot 10^7\ \frac{N}{C}$$

Sumamos los vectores por componentes:

$$E_x = E_{1x} + E_{2x} + E_{3x} = E_2\cos 45° + E_3$$

$$E_x = 2{,}25\cdot 10^7\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} + 4{,}5\cdot 10^7 = 6{,}1\cdot 10^7\ \frac{N}{C}$$

$$E_y = E_{1y} + E_{2y} + E_{3y} = -E_2\ \text{sen}\ 45° - E_1$$

$$E_y = -2{,}25\cdot 10^7\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} - 4{,}5\cdot 10^7 = -6{,}1\cdot 10^7\ \frac{N}{C}$$

$$\vec{E} = 6{,}1\cdot 10^7\ \vec{i} - 6{,}1\cdot 10^7\ \vec{j} = 6{,}1\cdot 10^7\ (\vec{i} - \vec{j})\ N/C$$

b) El potencial total es la suma de los tres potenciales:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = K\frac{q_1}{r_1} + K\frac{q_2}{r_2} + K\frac{q_3}{r_3}$$

$$V = K\frac{q}{l} + K\frac{q}{\sqrt{2l^2}} + K\frac{q}{l};\quad V = K\,q\left(\frac{1}{l} + \frac{1}{\sqrt{2l^2}} + \frac{1}{l}\right)$$

$$V = 9\cdot 10^9\cdot 5\cdot 10^{-3}\left(\frac{1}{1} + \frac{1}{\sqrt{2}m} + \frac{1}{1}\right) = 1{,}22\cdot 10^8\ V$$

EJERCICIO 2

Datos: $y(x, t) = 20\ \text{sen}\ (0{,}1\pi t - 2\pi x)$;
$x_1 = 0{,}5$ m; $x_2 = 2$ m
$x = 0{,}5$ m ($t = 10$ s)

a) De la ecuación del enunciado obtenemos:

$$A = 20\ m;\ \omega = 0{,}1\pi\ rad/s;\ k = 2\pi\ m^{-1}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{0{,}1\pi} = 20\ s$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{K} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1\ m\ ;\ v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1}{20} = 0{,}05\ \frac{m}{s}$$

b) Calculamos la diferencia de fase entre x_1 y x_2:

$$\Delta\varphi = (\omega t - kx_2) - (\omega t - kx_1) = k\ (x_1 - x_2)$$

$$\Delta\varphi = 2\pi\ (0{,}5 - 2) = -3\pi\ rad$$

c) Derivamos la ecuación de la onda para obtener la velocidad en el punto x = 0,5 m para t = 10 s:

$$v = \frac{dy}{dt} = 20\cdot 0{,}1\pi\cos(0{,}1\pi t - 2\pi x) = 2\pi\cos(0{,}1\pi t - 2\pi x)$$

$$v(0{,}5,\ 10) = 2\pi\cos 0 = 2\pi\ m/s$$

d) Hallamos la expresión de la aceleración y su valor máximo: $a = \frac{dv}{dt}$

$$a = -2\pi\cdot 0{,}1\pi\ \text{sen}\ (0{,}1\pi t - 2\pi x)$$

$$a = = -0{,}2\pi^2\ \text{sen}\ (0{,}1\pi t - 3\pi x)\quad (SI)$$

$$a_{max} = \left|-0{,}2\pi^2\ \text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right)\right| = 0{,}2\pi^2 = 1{,}97\ \frac{m}{s^2}$$

CUESTIÓN 1

Se trata del efecto fotoeléctrico, en el cual una radiación electromagnética extrae electrones de un metal si sus fotones tienen una energía igual o superior al trabajo de extracción del metal.

El orden creciente de energías de los colores del espectro visible va del rojo al violeta, pasando por el anaranjado, el amarillo, el verde, el azul y el añil. Si la luz azul arranca electrones del metal, también lo hará la luz violeta, por tener una energía mayor. En cambio, si la luz amarilla no arranca electrones, tampoco lo hará la luz roja, por tener una energía menor.

CUESTIÓN 2

Primera ley: Todos los planetas se mueven en órbitas elípticas con el Sol situado en uno de sus focos.

Segunda ley: La recta que une un planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.

Tercera ley: El cuadrado del período del movimiento de un planeta es directamente proporcional al cubo de la distancia media del planeta al Sol.

Suponiendo órbitas circulares, tenemos las siguientes relaciones para el período, T:

$$T = \frac{2\pi R}{v};\quad T = \frac{2\pi R}{\sqrt{G\frac{M_S}{R}}}$$

v: velocidad orbital del planeta
M_s: masa del Sol
R: radio de la órbita

Elevando al cuadrado la expresión anterior, resulta:

$$T^2 = \frac{2\pi R^3}{G\,M_S}$$

Esta relación es igualmente aplicable a los satélites en el movimiento alrededor de sus planetas, y de esta relación puede deducirse la masa de un planeta conociendo el período y el radio de la órbita de uno de sus satélites.

SOLUCIÓN MODELO NÚMERO 4

EJERCICIO 1

Datos: p = 50 N; $g_0 = 3{,}8$ m/s^2; $R_M = 3\ 380$ km

La gravedad a la altura h en función de la gravedad en la superficie de Marte es: $g = g_0 - 0{,}2g_0 = 0{,}8g_0$

La relación entre la gravedad y la distancia al centro del planeta es:

$$\frac{g}{g_0} = \frac{0{,}8\,g_0}{g_0};\quad \frac{g}{g_0} = \frac{R_0^{\ 2}}{(R_0 + h)^2}$$

Calculamos la altura: $R_M + h = \sqrt{\frac{1}{0{,}8}} \cdot R_M$

$$R_M + h = \sqrt{\frac{1}{0{,}8}} \cdot 3{,}4 \cdot 10^6 = 3{,}8 \cdot 10^6\ \text{m}$$

$$h = (3{,}8 - 3{,}4) \cdot 10^6 = 4 \cdot 10^5\ \text{m}$$

Calculamos la masa a partir del peso en la Tierra:

$$p_T = m\ g_T;\ \ 50 = m \cdot 9{,}8;\ m = 5{,}1\ \text{kg}$$

Calculamos el peso a esa altura en Marte:

$$p = m\ g;\ p = 5{,}1 \cdot 0{,}8 \cdot 3{,}8 = 15{,}1\ \text{N}$$

EJERCICIO 2

Datos: $y(x, t) = 5\ \text{sen}\left(\frac{\pi x}{3}\right) \cos 40\pi t$ (SI); l = 12 m

a) Se trata de una onda estacionaria; comparando esta expresión con la ecuación de las ondas estacionarias deducimos las características de las ondas cuya superposición da lugar a esta vibración.

$$A = \frac{5}{2} = 2{,}5\ \text{m};\ \ \omega = 40\pi\ \text{rad/s};\ \ k = \frac{\pi}{3}\ \text{m}^{-1}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega};\ T = \frac{2\pi}{40\pi} = 0{,}05\ \text{s}\ ;\ f = \frac{1}{T};\ \ f = \frac{1}{0{,}05} = 20\ \text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k};\ \lambda = \frac{2\pi}{\pi/3} = 6\ \text{m}$$

La velocidad de las onda es:

$$u = \frac{\lambda}{T};\ u = \frac{6}{0{,}05} = 120\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) La distancia entre los nodos es $\frac{\lambda}{2}$, esto es, 3 m.

c) Ya que la cuerda está atada por ambos extremos, cada uno es un nodo. Como la cuerda mide 12 m y cada 3 m hay un nodo, habrá 5 nodos y 4 vientres.

d) Las longitudes de onda de las ondas estacionarias que pueden establecerse en una cuerda de longitud l cumplen la condición: $\lambda = \frac{2l}{n}$.

La frecuencia fundamental y los armónicos son:

$$f = \frac{u}{\lambda} = n\ \frac{u}{2l}\ ;\ f = \frac{120\ n}{2 \cdot 12} = \frac{60\ n}{12} = 5\ n\ v\ \ (n = 1, 2, 3...)$$

La frecuencia fundamental es: $f_1 = 5$ Hz, y los armónicos: $f_2 = 10$ Hz; $f_3 = 15$ Hz; $f_4 = 20$ Hz...

CUESTIÓN 1

El generador de corriente alterna es una aplicación de la inducción electromagnética.

La inducción es el efecto por el cual se genera corriente eléctrica en un circuito debido a la variación del flujo magnético que lo atraviesa. El flujo puede variar porque varíe el campo magnético B, porque varíe la superficie del circuito S, o porque varíe la dirección de B respecto de S. En el generador de corriente alterna ocurre esto último.

Un generador de corriente alterna consiste en una espira o un bobinado de N espiras que gira con MCU en un campo magnético fijo, creado por un imán o un electroimán, que atraviesa las espiras. El flujo que atraviesa las espiras es $\phi(t) = N\ B\ S \cos \omega t$, donde N es el número de espiras, S el área de cada una, y ω la velocidad angular.

La ley de Faraday establece que la fem inducida es:

$$\varepsilon_{ind} = N\ B\ S\ \omega\ \text{sen}\ \omega t = \varepsilon_0\ \text{sen}\ \omega t$$

donde se aprecia que esta fem es variable según una función sinusoidal. Esta corriente inducida toma el nombre de corriente alterna, siendo su frecuencia la misma que la del giro de las espiras.

En las centrales hidroeléctricas los cambios energéticos que tienen lugar son: la energía potencial del agua embalsada se transforma en energía cinética de traslación cuando esta agua se deja caer sobre la turbina, pasando a ser energía cinética de rotación de ésta; el giro de la turbina se transmite al sistema de espiras produciéndose energía eléctrica.

CUESTIÓN 2

El defecto de masa es la pérdida de masa, con su consiguiente transformación en energía, que tiene lugar al formarse un núcleo a partir de sus nucleones y en las reacciones nucleares, como las de fusión y fisión.

Se ha comprobado experimentalmente que la masa de los núcleos es inferior a la suma de las masas de los nucleones que lo constituyen. Esta pérdida de masa de los núcleos se llama *defecto de masa.* Según la mecánica relativista, un cambio de masa Δm está asociado a un cambio de energía ΔE. Esto significa que el núcleo es más estable (menos energético) que el conjunto de sus nucleones aislados, ya que al formarse se libera energía. La energía liberada cuando varios nucleones aislados se unen para formar el núcleo se denomina energía de enlace. Dividiendo la energía de enlace de cada núcleo entre en número de nucleones que lo forman se obtiene la *energía media de enlace por nucleón*, que es directamente proporcional a la estabilidad del núcleo.

Los núcleos ligeros tienen tendencia a fusionarse para formar núcleos más pesados y conseguir una mayor estabilidad; por el contrario, los núcleos pesados tienen tendencia a fisionarse para formar núcleos más ligeros y conseguir también una mayor estabilidad. Esto hace que los procesos de fusión y fisión sean exotérmicos, desprendiendo al exterior grandes cantidades de energía que pueden aprovecharse con fines prácticos.

SOLUCIÓN MODELO NÚMERO 5

EJERCICIO 1

Datos: $v = 2{,}5 \cdot 10^8$ m/s; $m_0 = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg

a) Calculamos la masa del electrón a una velocidad de $2{,}5 \cdot 10^8$ m/s:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}; \quad m = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31}}{\sqrt{1-\frac{(2{,}5 \cdot 10^8)^2}{(3 \cdot 10^8)^2}}} = 16{,}5 \cdot 10^{-31}\ \text{kg}$$

b) Calculamos la energía cinética relativista: $Ec = \Delta m\, c^2$

$$Ec = (16{,}5 \cdot 10^{-31} - 9{,}1 \cdot 10^{-31}) \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 6{,}7 \cdot 10^{-14}\ \text{J}$$

c) Calculamos la energía relativista total que posee el electrón:

$$E = m\, c^2 = 16{,}5 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1{,}5 \cdot 10^{-13}\ \text{J}$$

EJERCICIO 2

Datos: $y_1 = 1{,}5$ cm; $d = 3$ m $= 300$ cm; $y_2 = -1$ m $= -100$ cm

a) Para poder obtener una imagen real de la diapositiva sobre la pantalla, la lente ha de ser una lente convergente. Además, para que la imagen sea mayor que el objeto, éste debe situarse a una distancia mayor que la distancia focal y menor que el doble de ésta. En ese caso la imagen resulta invertida, $y_2 < 0$.

b) Calculamos la distancia entre la lente y la diapositiva, que coincide con la distancia objeto s_1, a partir del aumento lateral:

$$A_L = \frac{y_2}{y_1} = \frac{s_2}{s_1}; \quad s_1 = s_2 \frac{y_1}{y_2}$$

Como $s_1 < 0$, $s_2 = d + s_1$. Por tanto:

$$s_1 = (d + s_1)\frac{y_1}{y_2}; \quad s_1\left(1 - \frac{y_1}{y_2}\right) = d\,\frac{y_1}{y_2}$$

$$s_1 = d\,\frac{y_1}{y_2\left(1-\frac{y_1}{y_2}\right)} = d\,\frac{y_1}{y_2 - y_1}$$

$$s_1 = 300 \cdot \frac{1{,}5}{-100-1{,}5} = -4{,}4\ \text{cm}$$

c) Calculamos la potencia como la inversa de la distancia focal en metros:

$$P = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{s_2} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{(d+s_1)} - \frac{1}{s_1}$$

$$P = \frac{1}{(3-0{,}044)} - \frac{1}{(-0{,}044)} = 23{,}1\ \text{dioptrías}$$

CUESTIÓN 1

Carga eléctrica en reposo.

a) **Cierto.** Una carga eléctrica en reposo crea un campo eléctrico, que se llama electrostático. Su expresión, en función de la carga que lo crea es $E = K\,\frac{q}{r^2}$.

b) **Falso.** Las cargas eléctricas en reposo no crean campo magnético.

c) **Falso.** Una carga eléctrica en reposo sólo crea un campo eléctrico.

Carga eléctrica en movimiento.

a) **Cierto.** Una carga eléctrica en movimiento crea un campo eléctrico, puesto que es una carga.

b) **Cierto.** Las cargas eléctricas en movimiento crean un campo magnético precisamente por estar en movimiento.

c) **Cierto.** Como hemos visto, una carga eléctrica en movimiento crea tanto un campo eléctrico como uno magnético.

CUESTIÓN 2

La aceleración de la gravedad en la Tierra es la aceleración que hace caer los objetos sobre la superficie terrestre; es consecuencia de la fuerza con que la Tierra los atrae. Esta fuerza se conoce también como peso de los objetos y su módulo tiene la siguiente expresión:

$$F = p = G\,\frac{m\,M_T}{d^2} = G\,\frac{m\,M_T}{(R_T + h)^2}$$

donde m es la masa del objeto correspondiente, d es la distancia desde el punto en que se encuentra la masa m hasta el centro de la Tierra y h es la altura a la que se encuentra el objeto desde la superficie de la Tierra.

La relación entre el peso de los objetos y la aceleración de la gravedad es: $p = m\,g$, por lo que la expresión de la aceleración de la gravedad en la Tierra es:

$$g = G\,\frac{M_T}{d^2} = G\,\frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

que coincide con la de la intensidad del campo gravitatorio terrestre.

Para puntos sobre la superficie terrestre ($h = 0$):

$$g = G\,\frac{M_T}{R_T^{\,2}} = 9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Se puede utilizar este valor de g siempre que el objeto estudiado esté sobre la superficie terrestre o a alturas pequeñas comparadas con el radio de la Tierra.

La energía potencial gravitatoria terrestre tiene la siguiente expresión: $Ep = -G\,\frac{M_T}{d} = -G\,\frac{M_T}{R_T + h}$

Ep es negativa por corresponder a un campo de atracción.

La expresión $Ep = m\,g\,h$ no corresponde en realidad a la energía potencial gravitatoria terrestre, pero se comprueba que puede usarse para cuerpos situados cerca de la superficie de la Tierra, de manera que g no varíe apreciablemente. Sin embargo, en los casos en los que la distancia a la superficie de la Tierra aumente de manera considerable (unos cuantos kilómetros), debemos utilizar la expresión: $Ep = -G\,\frac{M_T}{R_T + h}$

SOLUCIÓN MODELO NÚMERO 6

EJERCICIO 1

Datos: K = 2 N/cm = 200 N/m; m = 500 g = 0,5 kg;
x = +5 cm = +0,05 m (t = 0 s)

a) Calculamos la fuerza a partir de la ley de Hooke:

$$F = K\,x$$

$$F = 200 \cdot 0{,}05 = 10\ \text{N}$$

b) Hallamos el período y la frecuencia del MAS que efectuará como consecuencia de la deformación:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}};\quad T = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}5}{200}} = 0{,}1\pi\ \text{s}$$

$$f = \frac{1}{T};\quad f = \frac{1}{0{,}1\pi} = \frac{10}{\pi}\ \text{Hz}$$

c) El MAS que seguirá tiene por amplitud 0,05 m y como pulsación $\omega = 2\pi f = 20$ rad/s. Por tanto, si para t = 0 s, x = 0,05 m = A, la ecuación de este MAS será:

$$x(t) = A\ \text{sen}\ (\omega t + \varphi_0)$$

$$x(t = 0) = A\ \text{sen}\ \varphi_0 = A \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$$

$$x(t) = 0{,}05\ \text{sen}\left(20t + \frac{\pi}{2}\right) = 0{,}05\ \cos 20t \quad (\text{SI})$$

EJERCICIO 2

Datos: $f = 5 \cdot 10^{14}$ Hz; $\lambda = 2 \cdot 10^{-7}$ m

a) Calculamos la velocidad de la luz en el líquido:

$$v = \lambda f = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{14} = 10^8\ \text{m/s}$$

b) Calculamos la longitud de onda en el vacío:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f};\quad \lambda_0 = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{14}} = 6 \cdot 10^{-7}\ \text{m}$$

c) Hallamos el índice de refracción del líquido:

$$n = \frac{c}{v};\quad n = \frac{3 \cdot 10^8}{10^8} = 3$$

CUESTIÓN 1

Estas radiaciones electromagnéticas se sitúan en orden creciente de energías de esta manera:

Ondas de radio, microondas, rayos infrarrojos, luz visible, rayos ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

La característica que hace que una radiación del espectro visible sea azul y otra sea roja es la frecuencia.

La visión del color es una respuesta fisiológica y psicológica al estímulo de la radiación que incide en nuestros ojos. El color de un objeto depende de la luz que incide sobre él y de la naturaleza del propio objeto. El color observado es el resultado de la absorción selectiva de algunas de las frecuencias que pertenecen al espectro visible. Las demás frecuencias llegan a nuestros ojos después de haber sido reflejadas o transmitidas por el objeto. Así, por ejemplo, un cuerpo de color negro es aquél que absorbe toda la radiación incidente. Por el contrario, un objeto que refleja toda la luz que incide sobre él se ve del color de la luz con la que ha sido iluminado (blanco si utilizamos luz blanca).

CUESTIÓN 2

La hipótesis de De Broglie establece que las partículas en movimiento llevan una onda asociada, cuya longitud de onda tiene la siguiente expresión: $\lambda = \dfrac{h}{m\,v}$, siendo h la constante de Planck y p = m v la cantidad de movimiento de la partícula. Los motivos que le llevaron a establecerla fueron los éxitos de la teoría corpuscular de la radiación de Einstein, que explicaba el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton.

Según dicha teoría, las ondas electromagnéticas llevan asociados los fotones a modo de partículas que tienen una energía dada por la siguiente expresión:

$$E = h\,f,\ \text{siendo f la frecuencia de la radiación}$$

y una cantidad de movimiento que se puede expresar de las formas siguientes:

$$p = \frac{E}{c};\quad p = h\frac{f}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

De Broglie se planteó si no podría ser también cierto que las partículas en movimiento llevaran asociada una onda. Las ecuaciones anteriores tendrían que adaptarse a una velocidad v:

$$p = mv = \frac{h}{\lambda}$$

de donde resulta la expresión del principio: $\lambda = \dfrac{h}{m\,v}$

El experimento de Davisson y Germer confirmó dicha hipótesis mediante la difracción de electrones a grandes velocidades. Actualmente estas ondas asociadas a los electrones se emplean en el microscopio electrónico, ya que la longitud de onda de De Broglie que tienen es muy pequeña, con lo cual la apreciación de este microscopio es muy grande.

SOLUCIÓN MODELO NÚMERO 7

EJERCICIO 1

Datos: $R_L = 0{,}273\ R_T$; $M_L = 0{,}0123\ M_T$; $p_T = 250$ N;
$h_1 = 300$ m; $h_2 = 1\,000$ km $= 10^6$ m

a) Calculamos la aceleración de la gravedad en la superficie de la Luna por comparación con su valor en la superficie de la Tierra:

$$g_{L0} = G\frac{M_L}{{R_L}^2};\ g_{T0} = G\frac{M_T}{{R_T}^2}$$

$$\frac{g_{L0}}{g_{T0}} = \frac{G\dfrac{M_L}{{R_L}^2}}{G\dfrac{M_T}{{R_T}^2}};\quad \frac{g_{L0}}{g_{T0}} = \frac{\dfrac{0{,}0123\ M_T}{0{,}273^2\ {R_T}^2}}{\dfrac{M_T}{{R_T}^2}} = \frac{0{,}0123}{0{,}273^2} = 0{,}165$$

$$g_{L0} = 0{,}165 g_{T0} = 0{,}165 \cdot 9{,}8 = 1{,}6\ \frac{m}{s^2}$$

b) Calculamos la masa del objeto a partir de su peso en la superficie terrestre:

$$p_T = m\ g_{T0};\quad m = \frac{p_T}{g_{T0}};\quad m = \frac{250}{9{,}8} = 25{,}5\ kg$$

Calculamos el peso en la superficie de la Luna:

$$p_L = m\ g_{L0};\quad p_L = 25{,}5 \cdot 1{,}6 = 40{,}8\ N$$

c) Aplicamos el principio de conservación de la energía mecánica para hallar la velocidad con que el objeto llega a la superficie lunar. Suponemos que la aceleración de la gravedad es constante y su valor 1,6 $m{\cdot}s^{-2}$:

$$Em_1 = Em_2;\ 0 + Ep_1 = Ec_2 + 0;\ m\ g_{L0}\ h = \frac{1}{2}\ m\ v^2$$

$$v = \sqrt{2 g_{L_0}\ h}\ ;\ v = \sqrt{2 \cdot 1{,}6 \cdot 300} = 30{,}99\ m/s$$

EJERCICIO 2

Datos: $I_1 = 3$ A; $I_2 = 5$ A; $d = 5$ cm $= 0{,}05$ m;
$x_1 = 2$ cm $= 0{,}02$ m; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ $T{\cdot}m{\cdot}A^{-1}$

a) Calculamos la fuerza que se ejercen mutuamente por unidad de longitud:

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0\ I_1\ I_2}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 5}{2\pi \cdot 0{,}05} = 6 \cdot 10^{-5}\ \frac{N}{m}$$

b) La fuerza es atractiva porque las corrientes circulan en el mismo sentido.

c) Determinamos el campo magnético que crea cada corriente en un punto situado a 2 cm de la primera:

$$B_1 = \frac{\mu_0\ I_1}{2\pi\ x_1};\quad B_1 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3}{2\pi \cdot 0{,}02} = 6 \cdot 10^{-5}\ T$$

$$B_2 = \frac{\mu_0\ I_2}{2\pi\ x_2};\quad B_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2\pi \cdot 0{,}03} = 3{,}3 \cdot 10^{-5}\ T$$

El campo magnético resultante es la suma vectorial de $\vec{B}_1$ y $\vec{B}_2$. Su módulo se calcula restando ambos campos magnéticos por tener sentidos contrarios:

$$B = B_1 - B_2;\ B = 6 \cdot 10^{-5} - 3{,}3 \cdot 10^{-5} = 2{,}7 \cdot 10^{-5}\ T$$

CUESTIÓN 1

Reflexión: fenómeno por el cual, al llegar una onda a la superficie de separación de dos medios, es devuelta al primero de ellos junto con una parte de la energía del movimiento ondulatorio, cambiando su dirección de propagación. Las leyes de la reflexión son:

— El rayo incidente, la normal a la superficie de separación en el punto de incidencia y el rayo reflejado están situados en el mismo plano.

— Los ángulos de incidencia y de reflexión son iguales.

Refracción: fenómeno por el cual, al llegar una onda a la superficie de separación de dos medios, penetra y se transmite en el segundo de ellos junto con una parte de la energía del movimiento ondulatorio, cambiando su dirección de propagación. Las leyes de la refracción son:

— El rayo incidente, la normal y el rayo refractado están en el mismo plano.

— La razón entre el seno del ángulo de incidencia y el del ángulo de refracción es una constante igual a la razón entre las respectivas velocidades de propagación del movimiento ondulatorio. Esta cantidad constante n_{21} se denomina índice de refracción relativo del segundo medio respecto al primero.

CUESTIÓN 2

La energía mecánica es la suma de la energía cinética y la energía potencial. La energía mecánica que posee un objeto de masa m que describe un MAS es la suma de la energía cinética que tiene a causa de la velocidad que lleva, $\frac{1}{2}m\ v^2$, y la energía potencial elástica, $\frac{1}{2}K\ x^2$; donde m es la masa del objeto que realiza el MAS y K es la constante de elasticidad del muelle.

La ecuación general del MAS es: $x(t) = A\ sen\ (\omega t + \varphi_0)$.

La expresión de su velocidad es: $v(t) = A\ \omega\ cos\ (\omega t + \varphi_0)$ siendo $\omega = \sqrt{\dfrac{K}{m}}$.

Por tanto, la energía mecánica es: $Em = \frac{1}{2}m\ v^2 + \frac{1}{2}K\ x^2$

$$Em = \frac{1}{2}\ m\ A^2\ \omega^2\ cos^2\ (\omega t + \varphi_0) + \frac{1}{2}\ K\ A^2\ sen^2\ (\omega t + \varphi_0)$$

$$Em = \frac{1}{2}\ m\ \omega^2\ A^2\ [cos^2\ (\omega t + \varphi_0) + sen^2\ (\omega t + \varphi_0)]$$

$$Em = \frac{1}{2}\ m\ \omega^2\ A^2$$

a) Si la amplitud se reduce a la mitad, la energía mecánica se reduce a la cuarta parte.

b) Si la frecuencia se reduce a la mitad, la energía mecánica también se reduce a la cuarta parte.

c) Si la amplitud se duplica y la frecuencia se reduce a la mitad, la energía mecánica no varía.

SOLUCIÓN MODELO NÚMERO 8

EJERCICIO 1

Datos: N = 1 000; f = 50 Hz; B = 5 T; l = 10 cm = 0,1 m;
a = 5 cm = 0,05 m; S = 0,1 · 0,05 = 5 · 10^{-3} m^2

Deducimos la fem inducida a partir de la ley de Faraday:

$$\phi(t) = N\,B\,S \cos \omega t$$

$$\varepsilon(t) = -\frac{d\phi(t)}{dt} = -\frac{d(N\,B\,S \cos \omega t)}{dt}$$

$$\varepsilon(t) = N\,B\,S\,\omega \text{ sen } \omega t$$

El valor máximo de la fem es:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_{max} = N\,B\,S\,\omega = N\,B\,S\,2\pi f$$

$$\varepsilon_0 = 1\,000 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 2\pi \cdot 50; \quad \varepsilon_0 = 7\,854 \text{ V}$$

Calculamos su valor eficaz:

$$\varepsilon_{ef} = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}}; \quad \varepsilon_{ef} = \frac{7\,854}{\sqrt{2}} = 5\,554 \text{ V}$$

EJERCICIO 2

Datos: M_N = 22,9898 u; m_p = 1,00714 u;
m_n = 1,00853 u

La masa de las partículas que forman el núcleo es:

$$Z\,m_p + (A - Z)\,m_n = 11 \cdot 1{,}00714 + 12 \cdot 1{,}00853$$

$$Z\,m_p + (A - Z)\,m_n = 23{,}1809 \text{ u}$$

El defecto de masa es:

$$\Delta m = [Z\,m_p + (A - Z)\,m_n] - M_N$$

$$\Delta m = 23{,}1809 - 22{,}9898 = 0{,}1911 \text{ u}$$

La energía de enlace es:

$$\Delta E = \Delta m\, c^2$$

$$\Delta E = 0{,}1911 \text{ u} \cdot \frac{931 \text{ MeV}}{1 \text{ u}} = 178 \text{ MeV}$$

Finalmente, la energía media de enlace por nucleón es:

$$\frac{\Delta E}{A} = \frac{178 \text{ MeV}}{23 \text{ nucl.}} = 7{,}74 \frac{\text{MeV}}{\text{nucl.}}$$

CUESTIÓN 1

— El campo gravitatorio creado por una masa puntual y el campo eléctrico creado por una carga puntual son campos centrales. Sus líneas de campo son abiertas y tienen simetría radial.

Las líneas de inducción magnética, en cambio, son líneas cerradas. Así, en un imán, las líneas de inducción salen del polo norte del imán, recorren el espacio exterior, entran por el polo sur y continúan por el interior del imán hasta su polo norte.

— El campo gravitatorio y el campo eléctrico son conservativos, por lo que tienen una energía potencial y un potencial asociados. El trabajo realizado contra el campo se almacena en forma de energía potencial, de modo que puede recuperarse íntegramente. El campo magnético, en cambio, no es conservativo. No existen una energía potencial ni un potencial magnéticos.

— La intensidad del campo es directamente proporcional a la magnitud física que es fuente del campo: a la masa en el caso del campo gravitatorio, a la carga en el caso del campo eléctrico y a la carga o a la intensidad de la corriente en el caso del campo magnético. Además, la intensidad del campo es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente del campo y el punto donde lo calculamos. Si bien, en el caso del campo magnético depende además de la dirección del movimiento de la carga eléctrica o de la corriente.

— El campo eléctrico y el campo magnético dependen del medio en el que actúan, pues la constante de Coloumb, K, y la permeabilidad, m, varían de un medio a otro. El campo gravitatorio, en cambio, no depende del medio en el que actúa, pues la constante G es universal.

CUESTIÓN 2

Las ondas estacionarias son el resultado de la superposición de una onda armónica con otra de las mismas características que se propague en la misma dirección y sentido contrario.

$$y_r = y_1 + y_2 = A \cos(\omega t - kx) + A \cos(\omega t + kx)$$

$$y_r = 2\,A \cos kx \cos \omega t = A_r(x) \cos \omega t; \quad A_r(x) = 2\,A \cos kx$$

La amplitud varía con la abscisa x. Todos los puntos de la onda oscilan armónica y verticalmente respecto al eje OX y alcanzan a la vez la posición de equilibrio, excepto los puntos de amplitud nula. Estos puntos de amplitud nula, los nodos, se encuentran siempre en reposo y la onda estacionaria permanece fija sobre la dirección de propagación, no viaja y no transporta energía. Por tanto, las ondas estacionarias no son ondas en sentido estricto, sino que se trata de un MAS con amplitudes variables. Los puntos de amplitud máxima se llaman vientres y los de amplitud mínima, nodos. La distancia entre nodos o vientres es de $\frac{\lambda}{2}$.

Las demás características de la onda estacionaria, frecuencia y longitud de onda, son iguales a las de las ondas que interfieren para formarla.

— Además, para completar la respuesta, convendría tratar las ondas estacionarias en cuerdas y tubos, es decir, en instrumentos musicales, y las series armónicas.