FÍSICA (examen resuelto y criterios de corrección)

- Responda en el pliego del examen a un máximo de **cinco preguntas cualesquiera** de entre las diez que se proponen. Todas las preguntas se calificarán con un máximo de **2 puntos.**
- Indique en el pliego del examen la **agrupación de preguntas que responderá**: agrupaciones de preguntas que sumen más de 10 puntos conllevarán la **anulación** de la(s) última(s) pregunta(s) seleccionada(s) y/o respondida(s).

DATOS y CONSTANTES FÍSICAS			
R_T = 6,37x10^6 m	k = 9,0x10^9 N·m^2·C^{-2}	m_{p+} = 1,67x10^{-27} kg	c = 3,0x10^8 m·s^{-1}
G = 6,67x10^{-11} N.m^2·kg^{-2}	$\lvert q_{e-}\rvert = \lvert q_{p+}\rvert$ = 1,6x10^{-19} C	m_{e-} = 9,11x10^{-31} kg	h = 6,63x10^{-34} J·s
μ_0 = 4πx10^{-7} T·m·A^{-1}	n_{aire} = 1	I_0 = 10^{-12} W·m^{-2}	M_{Tierra} = 5,97×10^{24} kg

Pregunta 1.

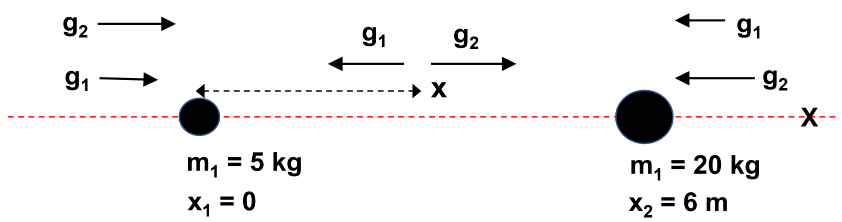
Dos partículas puntuales con masas m_1 = 5 kg y m_2 = 20 kg se hallan situadas a lo largo del eje X. La partícula de masa m_1 se encuentra en el origen de coordenadas, x_1 = 0, mientras que la masa m_2 está en el punto x_2 = 6 m.

a) Determine el punto del eje X en el que se anula el campo gravitatorio. **(1 punto)**

b) Potencial gravitatorio debido al sistema de masas en los puntos del eje X situados en las coordenadas x_A = -1 m y x_B = 7m. **(1 punto)**

SOLUCIÓN:

a) El campo gravitatorio total debido a las dos partículas únicamente puede anularse en la región comprendida entre ambas masas, dado que solo en dicha zona los campos gravitatorios de ambos cuerpos tienen sentidos opuestos, según se indica en el esquema adjunto.



Teniendo en cuenta que $m_2 = 4\ m_1$ y que en el punto del eje OX situado entre las dos partículas en el que se anula el campo gravitatorio producido por ambas partículas, los campos gravitatorios están dirigidos según la recta del eje X, se debe cumplir que:

$$\vec{g}_{m1} + \vec{g}_{m2} = 0 = -\frac{G\cdot m_1}{r_1^2}\vec{\imath} + \frac{G\cdot m_2}{r_2^2}\vec{\imath} \Longrightarrow -\frac{G\cdot m_1}{x^2} + \frac{G\cdot 4m_1}{(6-x)^2} = 0 \Longrightarrow -(6-x)^2 + 4x^2 = 0$$

Resolviendo la ecuación de segundo grado resultante:

$$(6-x)^2 - 4x^2 = 0 \Longrightarrow x^2 + 4x - 12 = 0 \Longrightarrow x = \frac{-4 \pm \sqrt{16+48}}{2}$$

Donde solo es posible la solución para x > 0, luego:

$$x = \frac{-4 + \sqrt{16+48}}{2} = 2\ \mathrm{m}$$

El campo gravitatorio debido a ambas partículas se anula en el punto del eje OX situado a una distancia x = 2 m de la masa m_1.

b) El potencial gravitatorio producido por ambas partículas en el punto x_A= -1 m, será:

$$V_A = -\frac{G\cdot m_1}{r_{1A}} - \frac{G\cdot m_2}{r_{2A}} = -\frac{G\cdot m_1}{r_{1A}} - \frac{4G\cdot m_1}{r_{2A}} = -G\cdot m_1\left(\frac{1}{r_{1A}} + \frac{4}{r_{2A}}\right) = -G\cdot m_1\left(\frac{1}{1} + \frac{4}{7}\right) = -\frac{11}{7}G\cdot m_1$$

$$= -\frac{11}{7}\times 6.67\cdot 10^{-11}\mathrm{N\cdot m^2\cdot kg^{-2}}\cdot 5\ \mathrm{kg\cdot m^{-1}} = -5.24\cdot 10^{-10}\ \mathrm{J\cdot kg^{-1}}$$

Y análogamente, el potencial gravitatorio en el punto x_B = 7 m:

$$V_B = -\frac{G\cdot m_1}{r_{1B}} - \frac{G\cdot m_2}{r_{2B}} = -\frac{G\cdot m_1}{r_{1B}} - \frac{4G\cdot m_1}{r_{2B}} = -G\cdot m_1\left(\frac{1}{r_{1B}} + \frac{4}{r_{2B}}\right) = -G\cdot m_1\left(\frac{1}{7} + \frac{4}{1}\right) = -\frac{29}{7}G\cdot m_1$$

$$= -\frac{29}{7}\times 6.67\cdot 10^{-11}\mathrm{N\cdot m^2\cdot kg^{-2}}\cdot 5\ \mathrm{kg\cdot m^{-1}} = -1.38\cdot 10^{-9}\ \mathrm{J\cdot kg^{-1}}$$

Pregunta 2.

Un satélite artificial de 1.500 kg de masa describe una órbita de trayectoria circular entorno a la Tierra con un radio de 3.5 ×10^4 m. Calcule:

a) ¿Cuál es el valor de la gravedad a dicha altura? **(1 punto)**

b) ¿Con que velocidad angular viaja el satélite? **(0,5 puntos)**

c) Calcule la relación del peso del satélite en un punto de la órbita respecto a su peso en la superficie de la Tierra. **(0,5 puntos)**

SOLUCIÓN:

a) El valor de la aceleración de la gravedad en un punto de la órbita del satélite a esa altura será:

$$F_G = m \cdot g_{órbita} = G\frac{m \cdot M_T}{(R_T+h)^2} \Rightarrow g_{órbita} = \frac{GM_T}{(R_T+h)^2} = \frac{6.67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times 5.97 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{(6.37 \cdot 10^6\ \mathrm{m} + 3.5 \cdot 10^4\ \mathrm{m})^2} \approx 9.71\ m/s^2$$

b) La fuerza centrípeta a la que está sometido el satélite en su órbita es debida a la fuerza de atracción gravitatoria que ejerce la Tierra sobre el satélite, luego la velocidad angular de rotación del satélite en la órbita alrededor de la Tierra será:

$$F_C = F_G \Rightarrow \frac{m \cdot v_{orb}^2}{(R_T+h)} = \frac{m \cdot \omega_{orb}^2 \cdot (R_T+h)^2}{(R_T+h)} = G\frac{m \cdot M_T}{(R_T+h)^2} \Rightarrow \omega_{orb} = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{(R_T+h_{max})^3}}$$

$$\text{Y sustituyendo datos: } \omega_{orb} = \sqrt{\frac{6.67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times 5.97 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{(6.37 \cdot 10^6\ \mathrm{m} + 3.5 \cdot 10^4\ \mathrm{m})^3}} = 1.23 \cdot 10^{-3}\ \frac{rad}{s}$$

c) Para obtener la relación del peso del satélite en un punto de la órbita respecto al peso en la superficie de la Tierra, calcularemos el peso del satélite en la superficie de la Tierra, que será:

$$F_{G0} = G\frac{m_{sat} \cdot M_T}{R_T^2} = m_{sat} \cdot g_0 = P_0 = \frac{1.5 \cdot 10^3\ \mathrm{kg} \times 6.67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times 5.97 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{(6.37 \cdot 10^6\ \mathrm{m})^2} =$$

$$= 1.47 \cdot 10^4\mathrm{N};\ (14720.16\ \mathrm{N})$$

Y análogamente, el peso del satélite en un punto de la órbita alrededor de la Tierra, a dicha altura:

$$P_{órbita} = m_{sat} \cdot g_{órbita} = G\frac{m_{sat} \cdot M_T}{R_T^2} \cdot \frac{R_T^2}{(R_T+h)^2} = m_{sat} \cdot g_0 \left(\frac{R_T}{R_T+h}\right)^2 = P_0 \cdot \left(\frac{R_T}{R_T+h}\right)^2 \Rightarrow \frac{P_{órbita}}{P_0} = \left(\frac{R_T}{R_T+h}\right)^2$$

$$\text{donde: } P_{órbita} = \frac{1.5 \cdot 10^3\ \mathrm{kg} \times 6.67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times 5.97 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{(6.37 \cdot 10^6\ \mathrm{m} + 3.5 \cdot 10^4\ \mathrm{m})^2} = 1.45 \cdot 10^4\ \mathrm{N};\ (14559.72\ \mathrm{N})$$

$$\Rightarrow \frac{P_{órbita}}{P_0} = \frac{1.45 \cdot 10^4\ \mathrm{N}}{1.47 \cdot 10^4\ \mathrm{N}} \approx 0.99 \cong \left(\frac{6.37 \cdot 10^6\ \mathrm{m}}{6.37 \cdot 10^6\ \mathrm{m} + 3.5 \cdot 10^4\ \mathrm{m}}\right)^2$$

Pregunta 3.

Dos cargas eléctricas positivas de igual valor +q = 3 μC se colocan en los puntos del eje vertical OY de coordenadas (0, 1) m y (0, -1) m, respectivamente.

a) Determine el valor del campo eléctrico en el punto de coordenadas (1, 0) m. **(1 punto)**

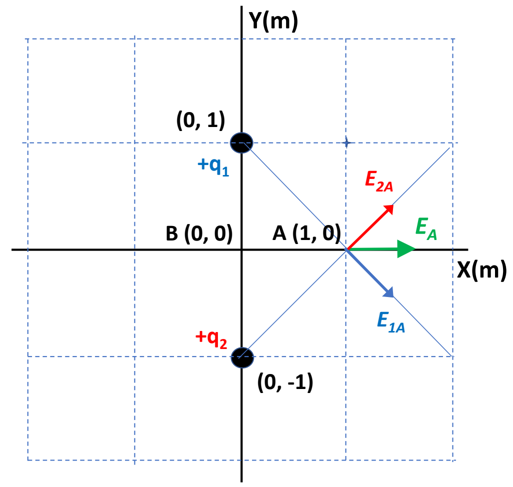
b) Calcule el trabajo que se debe realizar para llevar una partícula de carga positiva $+q_0 = 1.6 \times 10^{-19}$ C desde el punto (1, 0) m hasta el origen de coordenadas. ¿Dicho trabajo lo realizan las fuerzas del campo eléctrico, o fuerzas externas? Justifique la respuesta. **(1 punto)**

SOLUCIÓN:

a) El campo eléctrico en el punto A, de coordenadas (1, 0) m, debido al sistema de las dos cargas positivas será, aplicando el principio de superposición:

$$\overrightarrow{E_T^A} = \overrightarrow{E_1^A} + \overrightarrow{E_2^A}$$

Donde:



$$\overrightarrow{E_1^A} = K\frac{q_1}{d_{1A}^2}[\cos(45)\vec{\imath} + sen(45)\vec{\jmath}]\ \frac{N}{C} =$$
$$= K\frac{q}{d^2}[\cos(45)\vec{\imath} + sen(45)\vec{\jmath}]\ \frac{N}{C}$$

$$\overrightarrow{E_2^A} = K\frac{q_2}{d_{2A}^2}[\cos(45)\vec{\imath} - sen(45)\vec{\jmath}]\ \frac{N}{C} =$$
$$= K\frac{q}{d^2}[\cos(45)\vec{\imath} - sen(45)\vec{\jmath}]\ \frac{N}{C}$$

Luego el campo eléctrico resultante en el punto A, será:

$$\overrightarrow{E_T^A} = K\frac{q}{d^2}[\cos(45)\vec{\imath} + sen(45)\vec{\jmath}]\ \frac{N}{C} + K\frac{q}{d^2}[\cos(45)\vec{\imath} - sen(45)\vec{\jmath}]\ \frac{N}{C} = 2K\frac{q}{d^2}\cos(45)\vec{\imath}\ \frac{N}{C}$$

Y sustituyendo datos:

$$\overrightarrow{E_T^A} = 2K\frac{q}{d^2}\cos(45) \cdot \vec{\imath}\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}} = \frac{2 \times 9 \cdot 10^9\mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}} \times 3 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}}{2\ \mathrm{m^2}}\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \vec{\imath} = 1.91 \cdot 10^4 \cdot \vec{\imath}\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$$

b) Para obtener el trabajo para llevar a la carga $+q_0$ desde el punto A al punto B, se necesita calcular el potencial eléctrico en dichos puntos:

$$V_A = V_1^A + V_2^A = K\frac{q_1}{d_{1A}} + K\frac{q_2}{d_{2A}} = K\left(\frac{q}{d} + \frac{q}{d}\right) = 2K\frac{q}{d} = \frac{2 \times 9 \cdot 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}} \times 3 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}}{\sqrt{2}\ \mathrm{m}} = 3.82 \cdot 10^4\ \mathrm{V}$$

$$V_B = V_1^B + V_2^B = K\frac{q_1}{d_{1B}} + K\frac{q_2}{d_{2B}} = K\left(\frac{q}{d'} + \frac{q}{d'}\right) = 2K\frac{q}{d'} = \frac{2 \times 9 \cdot 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}} \times 3 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}}{1\ \mathrm{m}} = 5.4 \cdot 10^4\ \mathrm{V}$$

Y el trabajo a realizar será:

$$W_{A \to B} = -\Delta E_{P_A}^{\ B} = +q_0 \cdot (V_A - V_B) = 1.6 \cdot 10^{-19}\mathrm{C} \times (3.82 - 5.4) \cdot 10^4\mathrm{V} = -2.53 \cdot 10^{-15}\ \mathrm{J}$$

El trabajo necesario para trasladar la carga $+q_0$ desde el punto A al punto B es negativo, luego debe ser realizado por fuerzas externas al campo eléctrico.

Pregunta 4.

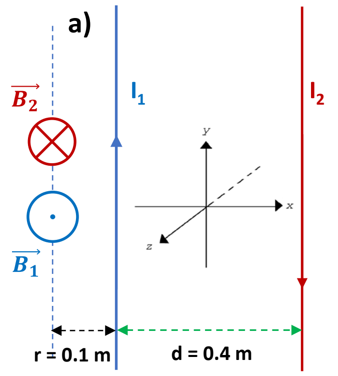
Dos hilos conductores rectilíneos y de longitud indefinida, se hallan paralelamente alineados entre sí en el plano XY. El primer conductor está dispuesto sobre eje OY y por el circula una intensidad de corriente eléctrica I_1 = 2 A en el sentido positivo del eje. El segundo conductor se encuentra alineado verticalmente con el primero y situado a su derecha, a una distancia horizontal d = 0,4 m.

a) Calcule el valor y sentido de la intensidad de corriente que debe circular por el segundo conductor, para que el campo magnético resultante se anule a una distancia horizontal de 0.1 m hacia la izquierda del primero. **(1 punto)**

b) Si la intensidad de corriente que circula por el segundo conductor tiene el mismo valor, pero sentido opuesto a la del primero, determine el vector campo magnético resultante en el punto medio situado entre ambos conductores. **(1 punto)**

SOLUCIÓN:

a) Aplicando el principio de superposición, el campo magnético resultante en un punto situado a una distancia r = 0.1 m a la izquierda del primer conductor debe anularse, luego debe cumplirse que:



$$\vec{B}_T(r) = \vec{B}_1(d_1) + \vec{B}_2(d_2) = 0 \Longrightarrow \vec{B}_1(d_1) = -\vec{B}_2(d_2)$$

Para anularse el campo magnético resultante, el campo magnético creado por cada conductor en dicho punto lleva la misma dirección, según el eje z, pero sentidos opuestos. Luego $\vec{B_1}$ y $\vec{B_2}$ tienen la misma dirección, pero sentidos contrarios, siendo el módulo del campo de cada conductor:

$$B_i = \frac{\mu_0 \cdot I_i}{2\pi \cdot d_i}, (i = 1, 2)$$

De donde:

$$B_2(d+r) = -B_1(r) \Longrightarrow \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(d+r)} = -\frac{\mu_0 I_1}{2\pi\, r} \Longrightarrow I_2 = -I_1 \frac{d+r}{r} = -2A \cdot \frac{(0.4+0.1)\text{ m}}{0.1\text{ m}} = -10\text{ A}$$

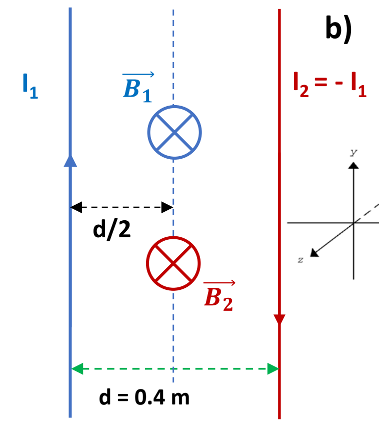
La intensidad de corriente que circula por el segundo conductor, I_2, debe tener signo opuesto a la del primero y un valor 5 veces mayor.

b) Si las intensidades de corriente que circulan por ambos conductores son iguales, pero de sentidos opuestos, I_1 = 2 A = - I_2, el campo magnético resultante en un punto situado a una distancia d/2 entre ambos conductores será:

$$\vec{B}_T\left(\frac{d}{2}\right) = -\frac{\mu_0 I_1}{2\pi\left(\frac{d}{2}\right)}(\vec{k}) + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi\left(\frac{d}{2}\right)}(\vec{k}) = -\frac{2\mu_0 I_1}{2\pi\left(\frac{d}{2}\right)}\vec{k} = -\frac{2\mu_0 I_1}{\pi d}\vec{k}$$

Y sustituyendo datos:

$$\vec{B}_T\left(\frac{d}{2}\right) = -\frac{2 \times 4\pi \cdot 10^{-7}\text{ T}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}\cdot 2\text{ A}}{\pi \times 0.4\text{ m}}\vec{k} = -4 \cdot 10^{-6}\,\vec{k}\text{ T}$$



Pregunta 5.

Una onda transversal se propaga en el sentido positivo del eje X con una velocidad de propagación de 3/4 m s^{-1}, según la ecuación y(x, t) = A sen(kx - ωt + φ). En el instante t = 1 s, el punto situado en x = 1 m tiene una aceleración de 27π^2 cm s^{-2} y una elongación de -3 cm. Además, en el instante t = 0 s el punto situado en x = 0 tiene la máxima elongación, y(0, 0) = 3 cm. Determine:

a) La frecuencia angular, el número de onda, la amplitud y la fase inicial de la onda. **(1 punto)**

b) La velocidad de vibración de un punto del medio en el que se propaga la onda, situado a 25 cm del foco emisor, en el instante t = 2 s. **(1 punto)**

SOLUCIÓN:

a) La posición, velocidad de vibración y aceleración de un punto cualquiera de la onda es:

$$y(x,t) = A \cdot \text{sen}(kx - \omega t + \varphi_0);$$
$$v_y(x,t) = \frac{dy(x,t)}{dt} = -A \cdot \omega \cdot \cos(kx - \omega t + \varphi_0);$$
$$a_y(x,t) = \frac{dv_y(x,t)}{dt} = -A \cdot \omega^2 \cdot \text{sen}(kx - \omega t + \varphi_0) = -\omega^2 \cdot y(x,t)$$

De las condiciones indicadas para la aceleración y la elongación de la onda se obtiene que:

$$a_y(x = 1\text{m}, t = 1\text{s}) = -\omega^2 \cdot y(1\text{ m}, 1\text{ s}) = -A \cdot \omega^2 \cdot \text{sen}(k - \omega + \varphi_0) \equiv 27\pi^2\text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$$
$$y(x = 1\text{ m}, t = 1\text{ s}) = A \cdot \text{sen}(k - \omega + \varphi_0) = -3\text{ cm} \Longrightarrow$$
$$y(x = 0, t = 0) = A \cdot \text{sen}(\varphi_0) = 3\text{ cm}$$

Dado que: $y(1\text{ m}, 1\text{ s}) = -3\text{ cm} \Longrightarrow a_y(1\text{ m}, 1\text{ s}) = -\omega^2 \cdot y(1\text{ m}, 1\text{ s}) = \omega^2 \cdot 3\text{ cm} = 27\pi^2\text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$

$\Longrightarrow \omega^2 = 9\pi^2\text{s}^{-2} \Longrightarrow \omega = 3\pi\text{ s}^{-1}$; además: $A \equiv y(0,0) = A \cdot \text{sen}(\varphi_0) \Longrightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2} \Longrightarrow A = 3 \cdot 10^{-2}\text{ m}$

Por otro lado, la velocidad de propagación de la onda es v = ¾ m s^{-1}, luego:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k} \Longrightarrow k = \frac{\omega}{v} = 4\pi\text{ m}^{-1} \Longrightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} = 0.5\text{ m}$$

Y la ecuación de onda resultante será:

$$y(x,t) = A \cdot \text{sen}(kx - \omega t + \varphi_0) = 0.03 \cdot sen\left(4\pi x - 3\pi t + \frac{\pi}{2}\right)\text{ m}$$

b) La velocidad de vibración de la onda en el punto x = 0.25 m e instante t = 2 s indicados será:

$$v_y(x = 0.25\text{ m}, t = 2\text{ s}) = -0.03 \cdot 3\pi \cdot \cos\left(4\pi \cdot 0.25 - 3\pi \cdot 2 + \frac{\pi}{2}\right) = -0.09\pi \cdot cos\left(-5\pi + \frac{\pi}{2}\right) = 0$$

Pregunta 6.

La sonoridad del timbre del patio de un colegio, medida a una distancia de 10 m desde el mismo, es de 80 dB. Suponiendo que el timbre emite el sonido como un foco puntual, determine:

a) La potencia de emisión del timbre. **(0,5 puntos)**

b) El nivel de intensidad sonora a una distancia de 100 m. **(0,5 puntos)**

c) La distancia desde el timbre a partir de la cual deja de ser perceptible su sonido, cuando su sonoridad disminuye por debajo del nivel de ruido de la contaminación acústica ambiental (70 dB). **(1 punto)**

SOLUCIÓN:

a) A partir de la sonoridad de 80 dB medida para el timbre a la distancia de 10 m:

$$S_{timbre}^{10} = 80\ dB = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{I_{10}}{I_0}\right) \Longrightarrow I_{10} = \frac{P_{timbre}}{4\pi r_{10}^2} = 10^8\ I_0 \Longrightarrow P_{timbre} = 4\pi \cdot\ 10^2\ \mathrm{m}^2 \cdot 10^8 \cdot 10^{-12}\ \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2} \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow P_{timbre} = 4\pi \cdot 10^{-2}\ \mathrm{W} = 1.26 \cdot 10^{-1}\ \mathrm{W}$$

b) Para calcular la sonoridad percibida a una distancia de 100 m del timbre, obtenemos la intensidad del sonido a dicha distancia, suponiendo que se propaga como una onda esférica:

$$I_{10} \cdot 4\pi \cdot r_{10}^2 = P_{timbre} = I_{100} \cdot 4\pi \cdot r_{100}^2 \Longrightarrow I_{100} = \frac{I_{10} \cdot r_{10}^2}{r_{100}^2} = 10^8 \cdot I_0 \frac{r_{10}^2}{r_{100}^2} = 10^6 \cdot I_0$$

Luego, la sonoridad percibida a 100 m del timbre será:

$$S_{timbre}^{100} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{I_{100}}{I_0}\right) = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10^6 \cdot I_0}{I_0}\right) = 60\ \mathrm{dB}$$

c) La distancia mínima a la que la sonoridad del timbre disminuye por debajo del nivel de ruido ambiental (70 dB), será:

$$S_{timbre}^{d} = 70\ \mathrm{dB} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{I_d}{I_0}\right) \Longrightarrow I_d = 10^7 \cdot I_0 = \frac{P_{timbre}}{4\pi \cdot d_{min}^2};$$

$$\Longrightarrow d_{min} = \sqrt{\frac{P_{timbre}}{4\pi \cdot 10^7 \cdot I_0}} = \sqrt{\frac{4\pi \cdot\ 10^2\ \mathrm{m}^2 \cdot 10^8 \cdot I_0\ \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}}{4\pi \cdot 10^7 \cdot I_0\ \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}}} \Longrightarrow d_{min} = 10\sqrt{10}\ \mathrm{m} = 31.62\ \mathrm{m}$$

Pregunta 7.

Determine las características (real/virtual, derecha/invertida, mayor/menor), tamaño y posición de la imagen formada por una lente divergente de 0,10 m de distancia focal, si se sitúa un objeto de 1 cm de tamaño a una distancia de:

a) 15 cm de la lente. **(1 punto)**

b) 5 cm de la lente. **(1 punto)**

Realice en ambos casos el diagrama de rayos correspondiente.

SOLUCIÓN:

a) Para una lente divergente cuya la focal es negativa f' = - 0.1 m, en el caso en que el objeto de tamaño y = 0.01 m se sitúa a una distancia s = -0.15 m, mayor que la focal, por la ecuación fundamental de lentes delgadas, se tiene que cumplir que:

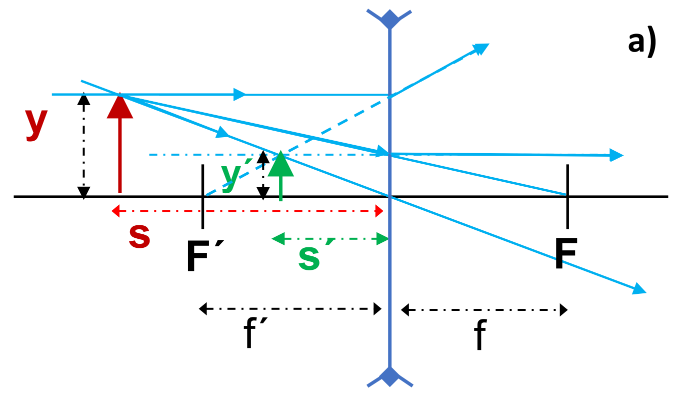
$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Longrightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-0.15} = \frac{1}{-0.1} \Longrightarrow s' = -0.06\ \mathrm{m} < 0$$

Y a partir de la relación del aumento lateral:

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \Longrightarrow \frac{y'}{y} = \frac{-0.06}{-0.15} = 0.4 \Longrightarrow y' = 0.4 \cdot y = 0.4 \times 0.01\ \mathrm{m} = 0.004\ \mathrm{m}$$

La imagen formada es virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.

El diagrama de rayos correspondiente:



b) Para el caso en que el objeto se sitúa a una distancia s = -0.05 m, la mitad de la distancia focal de la lente divergente:

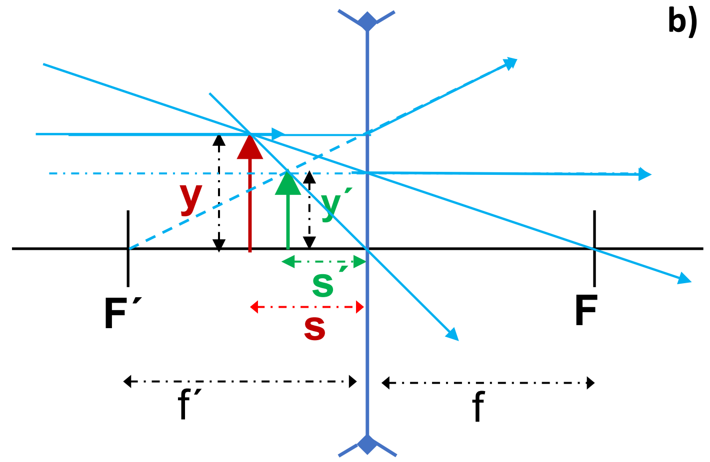
$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Longrightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-0.05} = \frac{1}{-0.1} \Longrightarrow s' \approx -0.033\ \mathrm{m} < 0$$

Empleando la relación del aumento lateral:

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \Longrightarrow \frac{y'}{y} = \frac{-0.033}{-0.05} = 0.66 \Longrightarrow y' = 0.66 \cdot y = 0.66 \times 0.01\ \mathrm{m} = 0.0066\ \mathrm{m}$$

Luego la imagen formada es virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.

El diagrama de rayos correspondiente:



Por lo tanto, en ambos casos la situación es la misma independientemente de la distancia a la que se encuentre el objeto de la lente divergente, pues en ambos casos se formará una imagen virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.

Pregunta 8.

Una lámina delgada de ámbar de espesor homogéneo *d* y con índice de refracción $n_{ámbar}$ = 1,55, flota sobre una capa de agua de mayor espesor y con índice de refracción n_{agua} = 1,33, mientras que por encima de la lámina de ámbar se encuentra el aire. Un rayo de luz monocromática de frecuencia f = 7·×10^{14} Hz incide desde el agua hacia la lámina de ámbar.

a) Determine las longitudes de onda y frecuencias del rayo incidente en el agua y en el ámbar. **(1 punto)**

b) Calcule el ángulo de incidencia del rayo incidente sobre la superficie de interfase agua-ámbar para el que se produce reflexión total interna en la superficie de separación ámbar-aire. **(1 punto)**

SOLUCIÓN:

a) La longitud de onda del rayo, cuando se propaga por el medio de índice de refracción n_{aire} = 1:

$$n_{aire} = 1 \Longrightarrow c = \lambda_{\text{aire}} \cdot f_{\text{aire}} \Longrightarrow \lambda_{\text{aire}} = \frac{c}{f_{\text{aire}}} = \frac{3 \cdot 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{7 \cdot 10^{14}\ \text{Hz}} = 4.3 \cdot 10^{-7}\ \text{m}$$

Al cambiar de medio, la frecuencia del rayo no se modifica, luego:

$$f_{\text{aire}} = f_{\text{ámbar}} = f_{\text{agua}} = 7 \cdot 10^{14}\text{Hz}$$

La longitud de onda del rayo se modifica al cambiar de medio. La velocidad de propagación del rayo en el agua será:

$$v_{\text{agua}} = \frac{c}{n_{\text{agua}}} = \lambda_{\text{agua}} \cdot f_{agua} = \lambda_{\text{agua}} \cdot f_{\text{aire}} \Longrightarrow \lambda_{\text{agua}} = \frac{c}{n_{\text{agua}} \cdot f_{\text{aire}}} = \frac{\lambda_{\text{aire}}}{n_{\text{agua}}} = \frac{4.3 \cdot 10^{-7}\ \text{m}}{1.33} = 3.22 \cdot 10^{-7}\ \text{m}$$

Ya para el caso en que el rayo viaja por el ámbar:

$$v_{\text{ámbar}} = \frac{c}{n_{\text{ámbar}}} = \lambda_{\text{ámbar}} \cdot f_{ámbar} = \lambda_{\text{ámbar}} \cdot f_{\text{aire}} \Longrightarrow \lambda_{\text{ámbar}} = \frac{c}{n_{\text{ámbar}} \cdot f_{\text{aire}}} = \frac{\lambda_{\text{aire}}}{n_{\text{ámbar}}} = \frac{4.3 \cdot 10^{-7}\text{m}}{1.55} = 2.76 \cdot 10^{-7}\text{m}$$

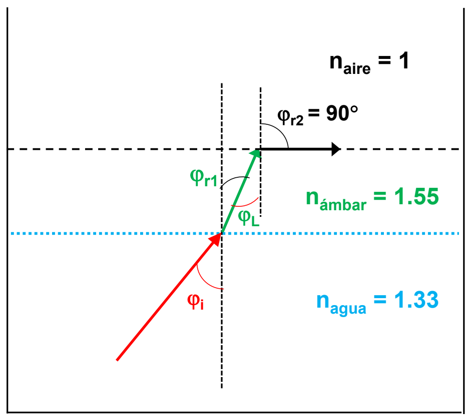
---

b) Aplicando la ley de Snell en condición de ángulo límite para el rayo en la interfase ámbar-aire:

$$n_{\text{ámbar}} \cdot \text{sen}(\varphi_L) = n_{\text{aire}} \cdot \text{sen}(90^{\text{o}}) = 1 \Longrightarrow$$
$$\Longrightarrow \text{sen}(\varphi_L) = \frac{1}{1.55} \Longrightarrow \varphi_L = 40^{\text{o}}\ 10'$$

Y el ángulo de incidencia en la interfase agua-ámbar para dicho ángulo límite de refracción, será entonces:

$$n_{\text{aire}} \cdot \text{sen}(\varphi_i) = n_{\text{ámbar}} \cdot \text{sen}(\varphi_{r1}) = n_{\text{ámbar}} \cdot \text{sen}(\varphi_L) = 1 \Longrightarrow$$
$$\Longrightarrow \text{sen}(\varphi_i) = \frac{1}{1.33} \Longrightarrow \varphi_i = 48^{\text{o}}\ 45'$$



Pregunta 9.

El tenista australiano Samuel Groth ostenta el récord histórico conseguido en 2012 al impulsar una pelota de tenis durante el saque con una velocidad de 263 km/h. Si la masa de una pelota de tenis es de 58 g, determine:

a) La longitud de onda de De Broglie asociada a la pelota durante dicho saque. **(1 punto)**

b) Uno de los primeros sincrotrones, que aceleraba protones, fue el Bevatrón construido en el Laboratorio Nacional Brookhaven (Nueva York), que comenzó a operar en 1952, alcanzando una energía relativista de 3 GeV. ¿Cuál es la velocidad máxima que alcanzan dichos protones acelerados en el Bevatrón? **(1 punto)**

SOLUCIÓN:

a) Para determinar la longitud de onda de De Broglie asociada a la pelota, calculamos en primer lugar su velocidad en unidades del S.I.:

$$v_{pelota} = 263\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}} \times \frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}} = 73.06\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Por lo que el módulo de la cantidad de momento lineal será:

$$|\vec{p}_{pelota}| = p_{pelota} = m_{pelota} \cdot v_{pelota} = 58 \cdot 10^{-3}\ \text{kg} \times 73.06\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 4.24\ \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Y la longitud de onda asociada:

$$\lambda_{De\ Broglie} = \frac{h}{p_{pelota}} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s}}{4.24\ \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = 1.56 \cdot 10^{-34}\ \text{m}$$

---

b) La máxima velocidad alcanzada por los protones acelerados en el Bevatrón con energías de hasta 3 GeV, se obtiene a partir de la energía relativista respecto de su valor en reposo:

$$E = m_p \cdot c^2 = m_{p0} \cdot c^2 + E_{\text{C}} \Longrightarrow E_{\text{C}} = \left(m_p - m_{p0}\right) \cdot c^2 = m_{p0} \cdot (\gamma - 1) \cdot c^2;\ \text{siendo}\ \gamma = \frac{m_p}{m_{p0}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Y la energía cinética relativista que alcanzan los protones:

$$E_{\text{C}} = 3\ \text{GeV} = 3 \times 1.6 \cdot 10^{-19}\text{C} \times 10^{9}\text{V} = 4.8 \cdot 10^{-10}\ \text{J}$$

De donde la máxima velocidad alcanzada por los protones será:

$$\Longrightarrow \gamma = 1 + \frac{E_{\text{C}}}{m_{p0} \cdot c^2} \Longrightarrow v_{p\ max} = c \cdot \sqrt{1 - \frac{\left(m_{p0} \cdot c^2\right)^2}{\left(m_{p0} \cdot c^2 + E_{\text{C}}\right)^2}} =$$

$$= 3 \cdot 10^{8} m \cdot s^{-1} \times \sqrt{1 - \frac{(1.67 \cdot 10^{-27}\text{kg} \times 9 \cdot 10^{16} m^2 \cdot s^{-2})^2}{(1.67 \cdot 10^{-27}\text{kg} \times 9 \cdot 10^{16} m^2 \cdot s^{-2} + 4.8 \cdot 10^{-10}\ \text{J})^2}} =$$

$$= 0.87\ c = 2.62 \cdot 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pregunta 10.

La longitud de onda umbral para el efecto fotoeléctrico de un metal es 565 nm.

a) Calcule el trabajo de extracción de los electrones del metal y la energía cinética máxima de los electrones emitidos cuando dicho metal se ilumina con una radiación de 340 nm de longitud de onda. **(1 punto)**

Si se irradia otro metal distinto con la misma radiación del apartado anterior, se observa que el potencial de frenado de los electrones emitidos es de 1,36 V.

b) Calcule el trabajo de extracción para este nuevo metal. **(1 punto)**

SOLUCIÓN:

a) El trabajo de extracción del metal a partir de la longitud de onda umbral para el efecto fotoeléctrico será:

$$W = h \cdot \nu_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda_0} = 6.63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s} \times \frac{3 \cdot 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}}{565 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}} = 3.52 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

Y la energía cinética máxima de los fotoelectrones arrancados del metal al irradiarlo con λ = 340 nm será:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} = W + E_\mathrm{C} \Longrightarrow E_\mathrm{C} = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W = h \cdot c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$$

De donde:

$$E_\mathrm{C} = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W = h \cdot c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) = 6.63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s} \times 3 \cdot 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}\left(\frac{1}{340 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}} - \frac{1}{565 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}}\right) = 2.33 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

---

b) Para obtener el trabajo de extracción del nuevo metal al irradiarlo con λ = 340 nm, se necesita calcular la energía cinética de los fotoelectrones arrancados, que viene determinada por el potencial de frenado de este nuevo metal, de donde:

$$E_\mathrm{C} = q_e \cdot \Delta V_{frenado} = 1.6 \cdot 10^{-19}\mathrm{C} \times 1.36\ \mathrm{V} = 2.17 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

Y a partir de la ecuación para el efecto fotoeléctrico:

$$E = W + E_\mathrm{C} \Longrightarrow W = E - E_\mathrm{C} = E - q_e \cdot \Delta V_{frenado} = h \cdot \frac{c}{\lambda} - q_e \cdot \Delta V_{frenado}$$

Sustituyendo datos:

$$W = E - q_e \cdot \Delta V_{frenado} = h \cdot \frac{c}{\lambda} - q_e \cdot \Delta V_{frenado} = \left(\frac{6.63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s} \times 3 \cdot 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}}{340 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}}\right) - 1.6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J} \times 1.36\ \mathrm{V} = 3.67 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

Como curiosidad, se podría obtener la longitud de onda umbral para este nuevo metal, a partir del trabajo de extracción:

$$W = h \cdot \nu_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda_0} \Longrightarrow \lambda_0 = h \cdot \frac{c}{W} = 6.63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s} \times \frac{3 \cdot 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}}{3.67 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}} = 5.41 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{m};\ (541\ \mathrm{nm})$$

Criterios específicos de corrección

Criterios de corrección comunes:

En todos los apartados de los ejercicios que soliciten cálculos de magnitudes físicas <u>se penaliza con 0.25 puntos no expresar la unidad correcta de la magnitud calculada</u>; no se exige (se aconseja) la expresión explícita de unidades en los cálculos previos, tal y como aparecen en el examen resuelto, pero sí que las magnitudes se expresen en la unidad adecuada conforme a las constantes utilizadas; una errónea expresión de las magnitudes utilizadas conduce a un error del resultado final, que no será imputable a un error de cálculo (menor penalización).

PREGUNTA 1	Bloque 1. Actividad científica. Interacción gravitatoria **Puntuación máxima 2 puntos**
Dos partículas puntuales con masas m_1 = 5 kg y m_2 = 20 kg se hallan situadas a lo largo del eje X. La partícula de masa m_1 se encuentra en el origen de coordenadas, x_1 = 0, mientras que la masa m_2 está en el punto x_2 = 6 m. a) Determine el punto del eje X en el que se anula el campo gravitatorio. **(1 punto)** b) Potencial gravitatorio debido al sistema de masas en los puntos del eje X situados en las coordenadas x_A = -1 m y x_B = 7m. **(1 punto)**	Estándares de aprendizaje evaluables. Orden PCM/58/2022, de 2 de febrero, -Indicadores de los criterios de evaluación, asociados a los estándares, que figuran en el Decreto 42/2015 **Cuestiones a y b** 3. Representa el campo gravitatorio mediante las líneas de campo y las superficies de energía equipotencial. - Caracterizar el campo gravitatorio por las magnitudes intensidad de campo y potencial, representándolo e identificándolo por medio de líneas de campo, superficies equipotenciales. - Determinar el campo y potencial gravitatorio creado por masas puntuales en un punto del plano que las contiene.

PREGUNTA 2	Bloque 1. Actividad científica. Interacción gravitatoria **Puntuación máxima 2 puntos**
Un satélite artificial de 1.500 kg de masa describe una órbita de trayectoria circular entorno a la Tierra con un radio de 3,5 $\times 10^4$ m. Calcule: a) ¿Cuál es el valor de la gravedad a dicha altura? **(1 punto)** b) ¿Con que velocidad angular viaja el satélite? **(0,5 puntos)** c) Calcule la relación del peso del satélite en un punto de la órbita respecto a su peso en la superficie de la Tierra. **(0,5 puntos)**	**Estándares de aprendizaje evaluables.** Orden PCM/58/2022, de 2 de febrero, -Indicadores de los criterios de evaluación, asociados a los estándares, que figuran en el Decreto 42/2015 **Cuestiones a y c** 2. Diferencia entre los conceptos de fuerza y campo, estableciendo una relación entre intensidad del campo gravitatorio y la aceleración de la gravedad. - Calcular la intensidad del campo gravitatorio creado por la Tierra u otros planetas en un punto, evaluar su variación con la distancia desde la superficie que lo origina hasta el punto que se considere y relacionarlo con la aceleración de la gravedad. **Cuestión b** 7. Deduce a partir de la ley fundamental de la dinámica la velocidad orbital de un cuerpo, y la relaciona con el radio de la órbita y la masa del cuerpo. - Relacionar la fuerza de atracción gravitatoria con la aceleración normal de las trayectorias orbitales y deducir las expresiones que relacionan radio, velocidad orbital, periodo de rotación y masa del cuerpo central aplicándolas a la resolución de problemas numéricos.

PREGUNTA 3	Bloque 2. Actividad científica. Interacción electromagnética **Puntuación máxima 2 puntos**
Dos cargas eléctricas positivas de igual valor +q = 3 μC se colocan en los puntos del eje vertical OY de coordenadas (0, 1) m y (0, -1) m, respectivamente. a) Determine el valor del campo eléctrico en el punto de coordenadas (1, 0) m. **(1 punto)** b) Calcule el trabajo que se debe realizar para llevar una partícula de carga positiva $+q_0$ = 1,6 $\times 10^{-19}$ C desde el punto (1, 0) m hasta el origen de coordenadas. ¿Dicho trabajo lo realizan las fuerzas del campo eléctrico, o fuerzas externas? Justifique la respuesta. **(1 punto)**	**Estándares de aprendizaje evaluables.** Orden PCM/58/2022, de 2 de febrero, -Indicadores de los criterios de evaluación, asociados a los estándares, que figuran en el Decreto 42/2015 **Cuestión a** 10. Utiliza el principio de superposición para el cálculo de campos y potenciales eléctricos creados por una distribución de cargas puntuales. - Identificar el campo eléctrico como un campo conservativo, asociándole una energía potencial eléctrica y un potencial eléctrico. - Calcular el campo y el potencial eléctrico creados por cargas puntuales en un punto del plano que las contiene. **Cuestión b**

	13. Calcula el trabajo necesario para transportar una carga entre dos puntos de un campo eléctrico creado por una o más cargas puntuales a partir de la diferencia de potencial. - Determinar el trabajo para trasladar una carga eléctrica de un punto a otro en el seno de un campo eléctrico en términos de variación de energía.

PREGUNTA 4	Bloque 2. Actividad científica. Interacción electromagnética **Puntuación máxima 2 puntos**
Dos hilos conductores rectilíneos y de longitud indefinida, se hallan paralelamente alineados entre sí en el plano XY. El primer conductor está dispuesto sobre eje OY y por el circula una intensidad de corriente eléctrica I_1 = 2 A en el sentido positivo del eje. El segundo conductor se encuentra alineado verticalmente con el primero y situado a su derecha, a una distancia horizontal d = 0,4 m. a) Calcule el valor y sentido de la intensidad de corriente que debe circular por el segundo conductor, para que el campo magnético resultante se anule a una distancia horizontal de 0.1 m hacia la izquierda del primero. **(1 punto)** b) Si la intensidad de corriente que circula por el segundo conductor tiene el mismo valor, pero sentido opuesto a la del primero, determine el vector campo magnético resultante en el punto medio situado entre ambos conductores. **(1 punto)**	**Estándares de aprendizaje evaluables.** Orden PCM/58/2022, de 2 de febrero, -Indicadores de los criterios de evaluación, asociados a los estándares, que figuran en el Decreto 42/2015 **Cuestiones a y b** 20. Establece, en un punto dado del espacio, el campo magnético resultante debido a dos o más conductores rectilíneos por los que circulan corrientes eléctricas. - Enunciar la ley de Biot y Savart y utilizarla para determinar el campo magnético producido por un conductor - Analizar la variación de la intensidad del campo magnético creado por un conductor rectilíneo con la intensidad y el sentido de la corriente eléctrica que circula por él y con la distancia al hilo conductor. - Determinar el campo magnético resultante creado por dos corrientes rectilíneas paralelas en un punto del plano que las contiene.

PREGUNTA 5	Bloque 3. Actividad científica. Ondas. **Puntuación máxima 2 puntos**
Una onda transversal se propaga en el sentido positivo del eje X con una velocidad de propagación de 3/4 m s^{-1}, según la ecuación y(x, t) = A sen(kx - ωt + φ). En el instante t = 1 s, el punto situado en x = 1 m tiene una aceleración de $27\pi^2$ cm s^{-2} y una elongación de -3 cm. Además, en el instante t = 0 s el punto situado en x = 0 tiene la máxima elongación, y(0, 0) = 3 cm. Determine: a) la frecuencia angular, el número de onda, la amplitud y la fase inicial de la onda. **(1 punto)** b) la velocidad de vibración de un punto del medio en el que se propaga la onda, situado a 25 cm del foco emisor, en el instante t = 2 s. **(1 punto)**	**Estándares de aprendizaje evaluables.** Orden PCM/58/2022, de 2 de febrero, -Indicadores de los criterios de evaluación, asociados a los estándares, que figuran en el Decreto 42/2015 **Cuestión a** 31. Escribe e interpreta la expresión matemática de una onda armónica transversal dadas sus magnitudes características. - Definir las magnitudes características de las ondas e identificarlas en situaciones reales para plantear y resolver problemas **Cuestión b** 28. Determina la velocidad de propagación de una onda y la de vibración de las partículas que la forman, interpretando ambos resultados. - Distinguir entre la velocidad de propagación de una onda y la velocidad de oscilación de una partícula perturbada por la propagación de un movimiento armónico simple.

PREGUNTA 6	Bloque 3. Actividad científica. Ondas. **Puntuación máxima 2 puntos**
La sonoridad del timbre del patio de un colegio, medida a una distancia de 10 m desde el mismo, es de 80 dB. Suponiendo que el timbre emite el sonido como un foco puntual, determine: a) la potencia de emisión del timbre. **(0,5 puntos)** b) el nivel de intensidad sonora a una distancia de 100 m. **(0,5 puntos)** c) la distancia desde el timbre a partir de la cual deja de ser perceptible su sonido, cuando su sonoridad disminuye por debajo del nivel	**Estándares de aprendizaje evaluables.** Orden PCM/58/2022, de 2 de febrero, -Indicadores de los criterios de evaluación, asociados a los estándares, que figuran en el Decreto 42/2015 **Cuestión a, b y c** 33. Relaciona la energía mecánica de una onda con su amplitud. - Reconocer que una de las características más sobresalientes y útiles del movimiento ondulatorio es que las ondas transportan energía de un punto a otro sin que exista transporte de masa. 34. Calcula la intensidad de una onda a cierta distancia del foco emisor, empleando la ecuación que relaciona ambas magnitudes.

de ruido de la contaminación acústica ambiental (70 dB). **(1 punto)**	- Deducir la dependencia de la intensidad de una onda en un punto con la distancia al foco emisor para el caso de ondas esféricas (como el sonido) realizando balances de energía en un medio isótropo y homogéneo y aplicar los resultados a la resolución de ejercicios. 37. Identifica la relación logarítmica entre el nivel de intensidad sonora en decibelios y la intensidad del sonido, aplicándola a casos sencillos. - Relacionar la intensidad de una o varias ondas sonoras con la sonoridad en decibelios y realizar cálculos sencillos.

PREGUNTA 7	Bloque 4. Actividad científica. Óptica **Puntuación máxima 2 puntos**
Determine las características (real/virtual, derecha/invertida, mayor/menor), tamaño y posición de la imagen formada por una lente divergente de 0,10 m de distancia focal, si se sitúa un objeto de 1 cm de tamaño a una distancia de: a) 15 cm de la lente. **(1 punto)** b) 5 cm de la lente. **(1 punto)** Realice en ambos casos el diagrama de rayos correspondiente.	**Estándares de aprendizaje evaluables.** Orden PCM/58/2022, de 2 de febrero, -Indicadores de los criterios de evaluación, asociados a los estándares, que figuran en el Decreto 42/2015 **Cuestiones a y b** 46. Obtiene el tamaño, posición y naturaleza de la imagen de un objeto producida por un espejo plano y una lente delgada realizando el trazado de rayos y aplicando las ecuaciones correspondientes. - Explicar la formación de imágenes en un espejo plano y una lente delgada trazando correctamente el esquema de rayos correspondiente e indicando las características de las imágenes obtenidas. - Obtener resultados cuantitativos utilizando las ecuaciones correspondientes o las relaciones geométricas de triángulos semejantes.

PREGUNTA 8	Bloque 4. Actividad científica. Óptica **Puntuación máxima 2 puntos**
Una lámina delgada de ámbar de espesor homogéneo *d* y con índice de refracción $n_{ámbar}$ = 1,55, flota sobre una capa de agua de mayor espesor y con índice de refracción n_{agua} = 1,33, mientras que por encima de la lámina de ámbar se encuentra el aire. Un rayo de luz monocromática de frecuencia f = $7{\cdot}\times10^{14}$ Hz incide desde el agua hacia la lámina de ámbar. a) Determine las longitudes de onda y frecuencias del rayo incidente en el agua y en el ámbar. **(1 punto)** b) Calcule el ángulo de incidencia del rayo incidente sobre la superficie de interfase agua-ámbar para el que se produce reflexión total interna en la superficie de separación ámbar-aire. **(1 punto)**	**Estándares de aprendizaje evaluables.** Orden PCM/58/2022, de 2 de febrero, -Indicadores de los criterios de evaluación, asociados a los estándares, que figuran en el Decreto 42/2015 **Cuestión a** 40. Experimenta y justifica, aplicando la ley de Snell, el comportamiento de la luz al cambiar de medio, conocidos los índices de refracción. 41.-Aplicar las leyes de la reflexión y de la refracción para resolver ejercicios numéricos sobre ambos fenómenos de forma simultánea o no. **Cuestión b** 44. Explica procesos cotidianos a través de las leyes de la óptica geométrica. - Describir los fenómenos luminosos aplicando el concepto de rayo. - Plantear gráficamente la formación de imágenes en el dioptrio plano - Justificar cualitativa y cuantitativamente la reflexión total interna.

PREGUNTA 9	Bloque 5. Actividad científica. Física del siglo XX **Puntuación máxima 2 puntos**
El tenista australiano Samuel Groth ostenta el récord histórico conseguido en 2012 al impulsar una pelota de tenis durante el saque con una velocidad de 263 km/h. Si la masa de una pelota de tenis es de 58 g, determine: a) la longitud de onda de De Broglie asociada a la pelota durante dicho saque. **(1 punto)** b) Uno de los primeros sincrotrones, que aceleraba protones, fue el Bevatrón	**Estándares de aprendizaje evaluables. Orden ECD/42/2018** -Indicadores de los criterios de evaluación, asociados a los estándares, que figuran en el Decreto 42/2015 **Cuestión a** 56. Determina las longitudes de onda asociadas a partículas en movimiento a diferentes escalas, extrayendo conclusiones acerca de los efectos cuánticos a escalas macroscópicas.

construido en el Laboratorio Nacional Brookhaven (Nueva York), que comenzó a operar en 1952, alcanzando una energía relativista de 3 GeV. ¿Cuál es la velocidad máxima que alcanzan dichos protones acelerados en el Bevatrón? **(1 punto)**	- Calcular la longitud de onda asociada a una partícula en movimiento y estimar lo que suponen los efectos cuánticos a escala macroscópica **Cuestión b** 52. Expresa la relación entre la masa en reposo de un cuerpo y su velocidad con la energía del mismo a partir de la masa relativista. -Asociar la dependencia del momento lineal de un cuerpo con la velocidad y justificar la imposibilidad de alcanzar la velocidad de la luz para un objeto con masa en reposo distinta de cero.

PREGUNTA 10	Bloque 5. La actividad científica. Física del siglo XX **Puntuación máxima 2 puntos**
La longitud de onda umbral para el efecto fotoeléctrico de un metal es 565 nm. a) Calcule el trabajo de extracción de los electrones del metal y la energía cinética máxima de los electrones emitidos cuando dicho metal se ilumina con una radiación de 340 nm de longitud de onda. **(1 punto)** Si se irradia otro metal distinto con la misma radiación del apartado anterior, se observa que el potencial de frenado de los electrones emitidos es de 1,36 V. b) Calcule el trabajo de extracción para este nuevo metal. **(1 punto)**	**Estándares de aprendizaje evaluables. Orden ECD/42/2018** -Indicadores de los criterios de evaluación, asociados a los estándares, que figuran en el Decreto 42/2015 **Cuestiones a y b.** 55. Compara la predicción clásica del efecto fotoeléctrico con la explicación cuántica postulada por Einstein y realiza cálculos relacionados con el trabajo de extracción y la energía cinética de los fotoelectrones. - Distinguir las características del efecto fotoeléctrico que están de acuerdo con las predicciones de la Física clásica y las que no lo están. - Explicar las características del efecto fotoeléctrico con el concepto de fotón. - Enunciar la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico y aplicarla a la resolución de ejercicios numéricos.