Universidad de Cantabria

EVALUACIÓN DE BACHILLERATO PARA EL ACCESO A LA UNIVERSIDAD

JUNIO 2024

FÍSICA

INDICACIONES

– El alumnado debe realizar un total de cuatro ejercicios, sin poder elegir dos ejercicios de un mismo bloque. En caso de realizar dos ejercicios de un mismo bloque se corregirá de esos dos el que aparezca resuelto en primer lugar, sin tener en cuenta el que aparezca a continuación.
– Cada ejercicio se valorará sobre 2.5 puntos.
– Los dispositivos que puedan conectarse a internet, o que puedan recibir o emitir información, deben estar apagados durante la celebración del examen.

CONSTANTES FÍSICAS

Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3 \times 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$	Masa del protón	$m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg
Constante de gravitación universal	$G = 6.67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$	Masa del electrón	$m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
Constante de Coulomb	$k = 9 \times 10^{9}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}}$	Carga del protón	$q_p = 1.6 \times 10^{-19}$ C
Constante de Planck	$h = 6.63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$	Carga del electrón	$q_e = -1.6 \times 10^{-19}$ C
Radio de la Tierra	$R_T = 6370$ km	Masa de la Tierra	$M_T = 6 \times 10^{24}$ kg
Permitividad del vacío	$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \mathrm{C^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}}$	Permeabilidad del vacío	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{N \cdot A^{-2}}$

Nota: estas constantes se facilitan a título informativo.

Bloque 1

Ejercicio 1. [2,5 PUNTOS] Dos masas $m_1 = 25$ kg y $m_2 = 50$ kg, están situadas en los puntos (1,1) m y (–1,0) m respectivamente.

a) [1 PUNTO] Calcular y representar gráficamente el vector fuerza gravitatoria debido a las masas m_1 y m_2, que experimenta una masa $m_3 = 500$ g situada en el punto (1,0) m.

b) [1 PUNTO] Calcular el trabajo realizado por el campo gravitatorio creado por m_1 y m_2, cuando m_3 se desplaza del punto (1,0) m a otra posición muy alejada de m_1 y m_2.

c) [0,5 PUNTOS] Razonar brevemente el significado físico del signo del trabajo obtenido en el apartado b).

Ejercicio 2. [2,5 PUNTOS] Una sonda espacial de 1500 kg describe una trayectoria circular orbitando alrededor de Saturno, realizando una revolución cada 32 horas. Calcular:

a) [1 PUNTO] La velocidad orbital de la sonda y el radio de la órbita de la sonda alrededor del planeta.

b) [1 PUNTO] La energía cinética, la energía potencial gravitatoria y la energía total de la sonda.

c) [0,5 PUNTOS] La energía mínima que habría que suministrar a la sonda para que abandone el campo gravitatorio de Saturno.

DATO: Masa de Saturno: $M_S = 5.68 \times 10^{26}$ kg.

Bloque 2

Ejercicio 3. [2,5 PUNTOS] Una carga situada en un punto del plano XY genera un potencial de –180 V y un campo eléctrico $\vec{E} = 360\,\vec{\imath}$ V/m en el origen de coordenadas.

a) [1 PUNTO] Calcular el valor de la carga y su posición.

b) [1 PUNTO] La citada carga ejerce una fuerza eléctrica sobre otra carga, tal que esta segunda se mueve desde el origen de coordenadas hasta el infinito. El trabajo realizado por la fuerza eléctrica es de 900 nJ. Calcular el valor de la segunda carga.

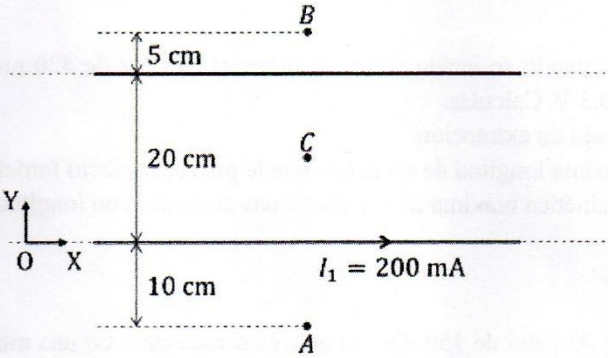
c) [0,5 PUNTOS] Razonar brevemente la relación entre el signo del trabajo y los signos de ambas cargas.

Ejercicio 4. [2,5 PUNTOS] Sean dos hilos conductores rectilíneos, paralelos y de longitud infinita, alineados entre sí en el plano XY (ver figura). Por uno de ellos, dispuesto sobre el eje OX, circula una intensidad de corriente eléctrica $I_1 = 200$ mA, en el sentido positivo del eje. El segundo conductor se encuentra a una distancia de 20 cm del primero.

a) [0,75 PUNTOS] Calcular el valor y sentido de la intensidad de corriente que debe circular por el segundo conductor, para que el campo magnético resultante se anule en el punto *A*.

b) [0,75 PUNTOS] Calcular el valor y sentido de la intensidad de corriente que debe circular por el segundo conductor, para que el campo magnético resultante se anule en el punto *B*.

c) [1 PUNTO] Si la intensidad de corriente que circula por el segundo conductor tiene el mismo valor, pero sentido opuesto a la del primero, determinar el vector campo magnético resultante en el punto *C*, equidistante de ambos conductores.



Bloque 3

Ejercicio 5. [2,5 PUNTOS] Una onda armónica transversal viaja por una cuerda hacia la parte negativa del eje *x*. Dos elementos de la cuerda *A* y *B*, ubicados en las posiciones $x_A = 0$ m y $x_B = 0.6$ m respectivamente, oscilan en fase y cortan al eje *x* cada 0.06 s. Ningún otro elemento entre *A* y *B* oscila en fase con ellos. Inicialmente, los puntos *A* y *B* tienen una elongación de + 0.005 m y velocidad nula.

a) [1 PUNTO] Escribir la expresión matemática de la onda.

b) [0,75 PUNTOS] Calcular la velocidad de propagación de la onda.

c) [0,75 PUNTOS] Determinar la velocidad transversal del punto de la onda situado en *x* = 0.3 metros, en función del tiempo.

Ejercicio 6. [2,5 PUNTOS] Un observador se encuentra a 10 m de distancia de un altavoz que tiene una potencia de 200 W.

a) [1 PUNTO] Calcular la intensidad sonora en ese punto.

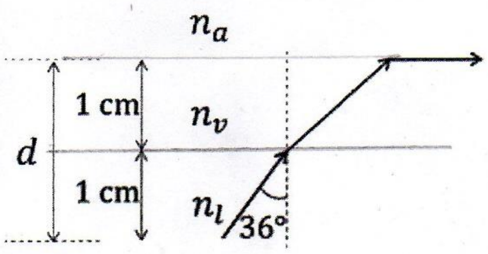
b) [0,75 PUNTOS] ¿A qué distancia del altavoz debe situarse el observador para que el nivel de intensidad sonora sea de 80 dB?

c) [0,75 PUNTOS] Calcular el factor por el que debe disminuirse la potencia del altavoz, para que a esos 10 m de distancia el sonido se perciba con un nivel de intensidad sonora de 80 dB.

DATO: La mínima intensidad que puede percibir el oído humano es $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2.

Bloque 4

Ejercicio 7. [2,5 PUNTOS] Una lámina de vidrio (índice de refracción n_v) se encuentra entre un líquido (índice de refracción n_l) y aire (índice de refracción n_a). La longitud de onda de la luz en el vidrio es dos tercios de la longitud de onda de la luz en el aire. Al emitir luz desde el líquido, los rayos con ángulos de incidencia superiores a 36 ° en la cara inferior de la lámina no se refractan al aire por su cara superior (ver figura).



a) [0,75 PUNTOS] Calcular el índice de refracción del vidrio n_v.

b) [0,75 PUNTOS] Calcular el índice de refracción del líquido n_l.

c) [1 PUNTO] Calcular el tiempo que emplea un rayo, incidiendo normalmente sobre el líquido (ángulo respecto a la normal de 0 °), en recorrer la distancia d indicada en la figura.

DATO: Índice de refracción del aire, $n_a = 1$.

Ejercicio 8. [2,5 PUNTOS] Con una lente convergente de distancia focal 15 cm se pretende obtener una imagen de tamaño el doble de un objeto.

a) [1 PUNTO] Calcular las posiciones de objeto e imagen si la imagen es derecha (realizar el trazado de rayos correspondiente).

b) [1 PUNTO] Calcular las posiciones de objeto e imagen si la imagen es invertida (realizar el trazado de rayos correspondiente).

c) [0,5 PUNTOS] Razonar, para los casos a) y b), la naturaleza de la imagen obtenida (real/virtual).

Bloque 5

Ejercicio 9. [2,5 PUNTOS] Cuando se incide sobre un material con luz de 520 nm se liberan electrones con un potencial de frenado de 0.5 V. Calcular:

a) [0,75 PUNTOS] El trabajo de extracción.

b) [0,75 PUNTOS] La máxima longitud de onda que puede provocar efecto fotoeléctrico.

c) [1 PUNTO] La energía cinética máxima de los electrones al incidir con longitud de onda de $\lambda = 280$ nm.

Ejercicio 10. [2,5 PUNTOS] Al cabo de 150 días, la actividad radiactiva de una muestra de 10^{20} átomos de cierto elemento ha descendido un 40 %.

a) [0,75 PUNTOS] ¿Cuál es la constante de desintegración?

b) [0,75 PUNTOS] ¿Cuál es el periodo de semidesintegración?

c) [1 PUNTO] ¿Cuál será la actividad de la muestra y cuántos átomos del elemento quedarán al cabo de los 150 días?

BLOQUE 1

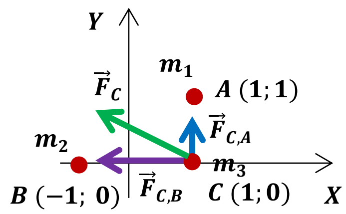
Ejercicio 1. Dos masas m_1 = 25 kg y m_2 = 50 kg, están situadas en los puntos (1; 1) m y (-1; 0) m respectivamente.

a) **(1 p)** Calcular y representar el vector fuerza gravitatoria debido a las masas m_1 y m_2, que experimenta una masa m_3 = 500 g situada en el punto (1; 0) m.

$$\vec{F}_{C,A} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_3}{(r_{C,A})^2}\ \vec{j} = -6,7.10^{-11}.\frac{25 \cdot 0,5}{(1)^2}\ \vec{j} = (8,375.10^{-10}\,\vec{j}\,)\ N$$

$$\vec{F}_{C,B} = -G \cdot \frac{m_2 \cdot m_3}{(r_{C,A})^2}\ \vec{i} = -6,7.10^{-11}.\frac{50 \cdot 0,5}{(2)^2}\ \vec{i} = (-4,188.10^{-10}\,\vec{i}\,)\ N$$

$$\vec{F}_C = \vec{F}_{C,A} + \vec{F}_{C,B} = (-4,188.10^{-10}\,\vec{i} + 8,375.10^{-10}\,\vec{j})\ N$$



b) **(1 p)** Calcular el trabajo realizado por el campo gravitatorio creado por m_1 y m_2 cuando m_3 se desplaza del punto (1; 0) a otra posición muy alejada de m_1 y m_2.

Calculamos el potencial gravitatorio que hacen las masas m_1 y m_2 en el punto C (1; 0)

$$V_C = V_{C,A} + V_{C,B} = -G \cdot \left(\frac{m_1}{r_{C,A}} + \frac{m_2}{r_{C,B}}\right) = -6,7.10^{-11} \cdot \left(\frac{25}{1} + \frac{50}{2}\right) = -3,35.10^{-9}\ \ J/kg$$

En una posición muy alejada de m_1 y m_2, que podemos considerar como el infinito, el potencial gravitatorio es nulo. De modo que el trabajo realizado por la fuerza gravitatoria es:

$$(W_{C\to\infty})_{F\ gravitatoria} = m_3 \cdot (V_C - V_\infty) = 0,5 \cdot \left[-3,35.10^{-9} - 0\right] = -1,675.10^{-9}\ \ J$$

c) **(0,5 p)** Razonar brevemente el significado físico del signo del trabajo obtenido en el apartado b).

El signo negativo del trabajo indica que la masa m_3 no es trasladada espontáneamente por la fuerza gravitatoria, es necesaria una fuerza externa. Esto tiene sentido, ya que la fuerza gravitatoria es atractiva y lo que estamos haciendo es alejar la masa m_3 de las otras dos en contra de la fuerza gravitatoria.

Ejercicio 2. Una sonda espacial de 1500 kg describe una trayectoria circular orbitando alrededor de Saturno, realizando una revolución cada 32 h. Calcular:

DATO: Masa de Saturno: $M_S = 5,68.10^{26}$ kg.

a) **(1 p)** La velocidad orbital de la sonda y el radio de la órbita de la sonda alrededor del planeta.

Calculamos en primer lugar el período orbital del satélite en segundos:

$$T = 32\ h \cdot 3600\frac{s}{h} = 1,152.10^5\ s$$

La fuerza gravitatoria del planeta actúa como fuerza centrípeta del movimiento del satélite:

$$F_G = m \cdot a_n \quad \Rightarrow \quad G \cdot \frac{M_S \cdot m}{r^2} = m \cdot \frac{(v_{orb})^2}{r} \ \Rightarrow\ v_{orb} = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{r}}$$

Como el satélite se mueve con movimiento circular uniforme:

$$T = \frac{2\pi r}{v_{orb}} \ \Rightarrow\ v_{orb} = \frac{2\pi r}{T}$$

Igualando ambas expresiones:

$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_S \cdot T^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6,7.10^{-11} \cdot 5,68.10^{26} \cdot (1,152.10^5)^2}{4\pi^2}} \cong 2,34.10^8\ m$$

Y, por lo tanto, su velocidad orbital es:

$$v_{orb} = \sqrt{\frac{6,7.10^{-11} \cdot 5,68.10^{26}}{2,34.10^8}} = 12752,7\ m/s$$

b) **(1 p)** La energía cinética, la energía potencial gravitatoria y la energía total de la sonda.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_{orb})^2 = \frac{1}{2} \cdot 1500 \cdot (12752,7)^2 \cong 1,22.10^{11}\ J$$

$$E_p = -G.\frac{M_S \cdot m}{r} = -6,7.10^{-11}.\frac{5,68.10^{26} \cdot 1500}{2,34.10^8} \cong -2,44 \cdot 10^{11}\ J$$

$$E_m = E_{enlace} = E_c + E_p = 1,22.10^{11} + (-2,44 \cdot 10^{11}) = -1,22.10^{11}\ J$$

c) **(0,5 p)** La energía mínima que habría que suministrar a la sonda para que abandone el campo gravitatorio de Saturno.

Cuando un objeto escapa de la atracción gravitatoria de Saturno su energía mecánica es cero o positiva.

$$E_{enlace} + W \geq 0$$

De modo que la mínima energía necesaria para llevar el satélite desde su órbita hasta un punto donde dejaría de estar bajo la influencia gravitatoria de Saturno sería igual a la energía de enlace del satélite cambiada de signo.

$$W = -E_{enlace} = 1,22.10^{11}\ J$$

BLOQUE 2

Ejercicio 3. Una carga situada en un punto del plano XY genera un potencial de -180 V y un campo $\vec{E} = 360\,\vec{\imath}\,V/m$ en el origen de coordenadas.

a) **(1 p)** Calcular el valor de la carga y su posición.

Por el valor negativo del potencial sabemos que la carga es negativa y como el campo solo tiene componente horizontal positiva deducimos que la carga está situada sobre el eje OX positivo.

Para calcular el valor de la carga y su posición planteamos:

$$\begin{cases} V = K \cdot \dfrac{q}{r} \quad \Rightarrow \quad -180 = 9.10^9 \cdot \dfrac{q}{r} \quad \Rightarrow -2.10^{-8} = \dfrac{q}{r} \quad \Rightarrow \quad q = -2.10^{-8} \cdot r \\ \left|\vec{E}\right| = K \cdot \dfrac{q}{r^2} \quad \Rightarrow \quad 360\,\vec{\imath} = 9.10^9 \cdot \dfrac{(-q)}{r^2}\,\vec{\imath} \quad \Rightarrow \quad q = -4.10^{-8} \cdot r^2 \end{cases}$$

Igualando:

$$\begin{cases} -2.10^{-8} \cdot r = -4.10^{-8} \cdot r^2 \quad \Rightarrow \quad r = 0,5\ m \\ q = -2.10^{-8} \cdot r = -2.10^{-8} \cdot 0,5 = -1.10^{-8}\ C \end{cases}$$

La carga tiene un valor $q = -1.10^{-8}\ C$ y sus coordenadas son (0,5; 0).

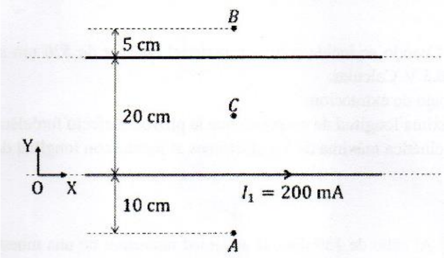
b) **(1 p)** La citada carga ejerce una fuerza eléctrica sobre otra carga, tal que esta segunda se mueve desde el origen de coordenadas hasta el infinito. El trabajo realizado por la fuerza eléctrica es de 900 nJ. Calcular el valor de la segunda carga.

$$(W_{O\to\infty})_{F\ eléc.} = q' \cdot (V_O - V_\infty) \Rightarrow 9.10^{-7} = q' \cdot (-180 - 0) \Rightarrow q' = \frac{9.10^{-7}}{(-180)} = -5.10^{-9}\ C = -5\ nC$$

c) **(0,5 p)** Razonar brevemente la relación entre el signo del trabajo y los signos de ambas cargas.

El resultado es coherente. Al ser las dos cargas negativas tienden a repelerse, por lo que no es necesaria ninguna fuerza externa para trasladar la carga q' desde el origen de coordenadas al infinito, de modo que tiene sentido que el trabajo realizado por la fuerza eléctrica sea positivo, es decir que se trata de un proceso espontáneo.

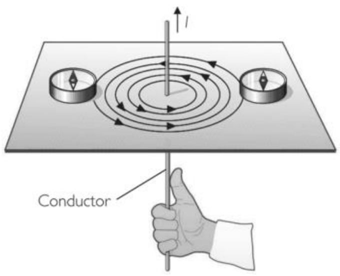
Ejercicio 4. Sean dos hilos conductores rectilíneos, paralelos y de longitud infinita, alineados entre sí en el plano XY (ver figura). Por uno de ellos. Dispuesto sobre el eje OX, circula una intensidad de corriente eléctrica I_1 = 200 mA, en el sentido positivo del eje. El segundo conductor se encuentra a una distancia de 20 cm del primero.



a) **(0,75 p)** Calcular el valor y el sentido de la intensidad de corriente que debe circular por el segundo conductor, para que el campo magnético resultante se anule en el punto A.

El campo magnético creado por una corriente rectilínea en los puntos de su entorno está dado por la ley de Biot-Savart:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot d}$$



Las líneas de campo son concéntricas y su sentido se determina mediante la regla de la mano derecha: se coge el conductor con la mano derecha de manera que el pulgar apunte en el sentido de la corriente, los demás dedos rodearán el conductor en el mismo sentido que las líneas de campo.

De acuerdo con esta ley el campo creado por I_1 en el punto A es entrante (sentido negativo del eje Z). Para que el campo magnético en este punto sea nulo se necesita que la corriente I_2 genere un campo igual en sentido contrario. Para ello es necesario que la corriente I_2 circule en sentido contrario a I_1.

$$|\overrightarrow{B_1}| = |\overrightarrow{B_2}| \quad \Rightarrow \quad \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi \cdot d_{1,A}} = \frac{\mu_0 \cdot I_2}{2\pi \cdot d_{2,A}} \quad \Rightarrow \quad I_2 = \frac{I_1 \cdot d_{2,A}}{d_{1,A}} = \frac{200 \cdot 30}{10} = 600\ mA$$

$$I_2 = 600\ mA\ (en\ sentido\ negativo\ del\ eje\ OX)$$

b) **(0,75 p)** Calcular el valor y el sentido de la intensidad de corriente que debe circular por el segundo conductor, para que el campo magnético resultante se anule en el punto B.

De acuerdo con la ley de Biot – Savart el campo creado por I_1 en el punto B es saliente (sentido positivo del eje Z). Para que el campo magnético en este punto sea nulo se necesita que la corriente I_2 genere un campo igual en sentido contrario. Para ello es necesario que la corriente I_2 circule en sentido contrario a I_1.

$$|\overrightarrow{B_1}| = |\overrightarrow{B_2}| \quad \Rightarrow \quad \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi \cdot d_{1,B}} = \frac{\mu_0 \cdot I_2}{2\pi \cdot d_{2,B}} \quad \Rightarrow \quad I_2 = \frac{I_1 \cdot d_{2,B}}{d_{1,B}} = \frac{200 \cdot 5}{25} = 40\ mA$$

$$I_2 = 40\ mA\ (en\ sentido\ negativo\ del\ eje\ OX)$$

c) **(1 p)** Si la intensidad de corriente que circula por el segundo conductor tiene el mismo valor, pero sentido opuesto al primero, determinar el vector campo magnético resultante en el punto C, equidistante de ambos conductores.

De acuerdo con la ley de Biot – Savart el campo creado por las corrientes I_1 e I_2 en el punto C son salientes (sentido positivo del eje Z). Además, sabemos que estas corrientes son iguales y están a la misma distancia del punto C, por lo que el campo creado por ambas corrientes es igual. De modo que:

$$\vec{B_C} = \left(\vec{B_C}\right)_1 + \left(\vec{B_C}\right)_2 = 2 \cdot \left(\vec{B_C}\right)_1 = \left(2 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi \cdot d_{1,C}}\right) \cdot \vec{k} = \left(\frac{\mu_0 \cdot I_1}{\pi \cdot d_{1,C}}\right) \cdot \vec{k} = \left(\frac{4\pi . 10^{-7} \cdot 0,2}{\pi \cdot 0,1}\right) \cdot \vec{k}$$

$$\vec{B_C} = \left(8.10^{-7} \cdot \vec{k}\right) T$$

BLOQUE 3

Ejercicio 5. Una onda armónica transversal viaja por una cuerda hacia la parte negativa del eje X. Dos elementos de la cuerda A y B, ubicados en las posiciones x_A = 0 m y x_B = 0,6 m respectivamente, oscilan en fase y cortan el eje X cada 0,06 s. Ningún otro elemento entre A y B oscila en fase con ellos. Inicialmente, los puntos A y B tienen una elongación de +0,005 m y velocidad nula.

a) **(1 p)** Escribir la expresión matemática de la onda.

La ecuación general de una onda que se propaga en el sentido positivo del eje X es:

$$y\ (x; t) = A \cdot sen\ \ (\omega \cdot t + k \cdot x + \varphi_0) = A \cdot sen\ \left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x + \varphi_0\right)$$

Del enunciado obtenemos que λ = 0,6 m (distancia entre los dos puntos más próximos en fase), que el T = 0,12 s (en una oscilación completa cortan dos veces el eje X) y que A = 0,005 m (ya que a la amplitud le corresponde una velocidad de vibración nula).

Sustituyendo:

$$y\ (x; t) = 0,005 \cdot sen\ \left(\frac{2\pi}{0,12} \cdot t + \frac{2\pi}{0,6} \cdot x + \varphi_0\right) = 0,005 \cdot sen\ \left(\frac{50\pi}{3} \cdot t + \frac{10\pi}{3} \cdot x + \varphi_0\right)$$

Para calcular la fase inicial:

$$y\ (x = 0, t = 0) = 0,005 \quad \Rightarrow \quad sen\ (\varphi_0) = 1 \quad \Rightarrow \quad \varphi_0 = (\pi/2)\ rad$$

Por lo tanto:

$$y\ (x; t) = 0,005 \cdot sen\ \left(\frac{50\pi}{3} \cdot t + \frac{10\pi}{3} \cdot x + \frac{\pi}{2}\right)\ (m; s)$$

b) **(0,75 p)** Calcular la velocidad de propagación de la onda.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,6}{0,12} = 5\ m/s\ \ (en\ sentido\ negativo\ del\ eje\ OX)$$

c) **(0,75 p)** Determinar la velocidad transversal del punto de la onda situado en x = 0,3 m, en función del tiempo.

$$v\ (x, t) = \frac{dy}{dt} = \frac{0,005 \cdot 50\pi}{3} \cdot cos\ \left(\frac{\pi}{0,06} \cdot t + \frac{\pi}{0,3} \cdot x + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{\pi}{12} \cdot cos\ \left(\frac{50\pi}{3} \cdot t + \frac{10\pi}{3} \cdot x + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$v\ (x = 0,3, t) = \frac{50\pi}{3} \cdot cos\ \left(\frac{50\pi}{3} \cdot t + \frac{10\pi}{3} \cdot 0,3 + \frac{\pi}{2}\right) = 0,083\pi \cdot cos\ \left(\frac{50\pi}{3} \cdot t + \frac{3\pi}{2}\right)\ (m/s)$$

Ejercicio 6. Un observador se encuentra a 10 m de distancia de un altavoz que tiene una potencia de 200 W.

DATO: La mínima intensidad que puede percibir el oído humano es $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2

a) **(1 p)** Calcular la intensidad sonora en ese punto.

Como el sonido se propaga en forma de ondas esféricas:

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{200}{4\pi(10)^2} \cong 0,16\ {}^{W}\!/_{m^2}$$

b) **(0,75 p)** ¿A qué distancia del altavoz debe situarse el observador para que el nivel de intensidad sonora sea de 80 dB?

De acuerdo con la Ley de Weber – Fechner, el nivel de intensidad sonora, S, es proporcional a los logaritmos de las intensidades de los estímulos que las provocan:

$$S = 10 \cdot log\left(\frac{I'}{I_0}\right) \Rightarrow 80 = 10 \cdot log\left(\frac{I'}{10^{-12}}\right) \Rightarrow 8 = log\left(\frac{I'}{10^{-12}}\right) \Rightarrow I' = 10^{-12} \cdot 10^{8} = 10^{-4}\ W/m^2$$

$$I' = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi (r')^2} \Rightarrow r' = \sqrt{\frac{P}{4\pi \cdot I'}} = \sqrt{\frac{200}{4\pi \cdot 10^{-4}}} \cong 399\ m$$

c) **(0,75 p)** Calcular el factor por el que debe disminuirse la potencia del altavoz, para que a esos 10 m el sonido se perciba con un nivel de intensidad sonora de 80 dB?

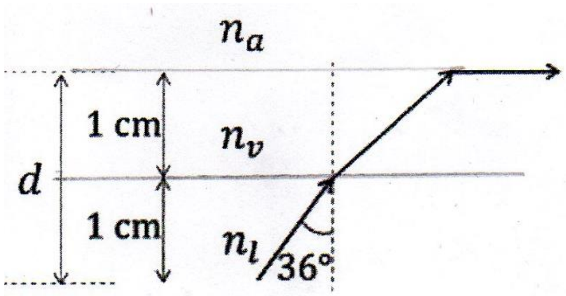
$$I' = \frac{P'}{S} = \frac{P'}{4\pi r^2} \Rightarrow P' = I' \cdot 4\pi r^2 = 10^{-4} \cdot 4\pi(10)^2 \cong 0,126\ W$$

$$P' = x \cdot P \Rightarrow x = \frac{P'}{P} = \frac{0,126}{200} = 6,3.10^{-4}$$

La potencia del altavoz tiene que ser casi 1600 veces menor.

<u>BLOQUE 4</u>

Ejercicio 7. Una lámina de vidrio (índice de refracción n_v) se encuentra entre un líquido (índice de refracción n_ℓ) y aire (índice de refracción n_a). La longitud de onda de la luz en el vidrio es dos tercios de la longitud de onda de la luz en el aire. Al emitir luz desde el líquido, los rayos con ángulos de incidencia superiores a 36° en la cara inferior de la lámina no se refractan al aire por su cara superior (ver figura).



DATO: Índice de refracción del aire, $n_a = 1$.

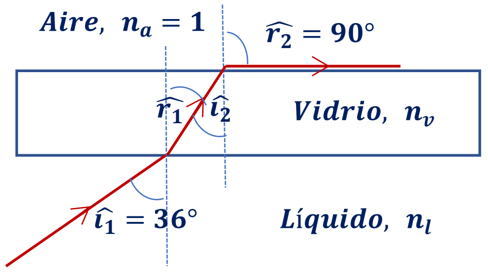
a) **(0,75 p)** Calcular el índice de refracción del vidrio, n_v.

La frecuencia del rayo luminoso no cambia al cambiar el medio de propagación, pero si se produce un cambio en la longitud de onda, ya que la velocidad de propagación es diferente.

$$f_a = f_v \Rightarrow \frac{v_a}{\lambda_a} = \frac{v_v}{\lambda_v} \Rightarrow \frac{c/n_a}{\lambda_a} = \frac{c/n_v}{\lambda_v} \Rightarrow n_v = \frac{n_a \cdot \lambda_a}{\lambda_v} = \frac{n_a \cdot \lambda_a}{2/3 \cdot \lambda_a} = \frac{3 \cdot n_a}{2} = \frac{3 \cdot 1}{2} = 1,5$$

b) **(0,75 p)** Calcular el índice de refracción del líquido, n_ℓ.

Se produce una doble refracción, y al no refractarse el rayo en el aire, en la superficie vidrio aire se produce reflexión total.



Vidrio – Aire (reflexión total). Si aplicamos la ley de Snell de la refracción:

$$n_v \cdot sen\ \widehat{\imath_2} = n_a \cdot sen\ 90° \Rightarrow 1,5 \cdot sen\,\widehat{\imath_2} = 1 \Rightarrow \widehat{\imath_2} = 41,8°$$

Líquido - Vidrio: $\widehat{r_1} = \widehat{\imath_2}$, ya que se trata de ángulos internos alternos

$$n_l \cdot sen\ \widehat{\imath_1} = n_v \cdot sen\ \widehat{r_2} \Rightarrow n_l \cdot sen\ 36° = 1,5 \cdot sen\,41,8°$$

$$n_l = 1,7$$

c) **(1 p)** Calcular el tiempo que tarda un rayo, incidiendo normalmente sobre el líquido (ángulo con respecto a la normal de 0º), en recorrer la distancia d indicada en la figura.

En el líquido el rayo recorre una distancia x = 1 cm, tardando un tiempo:

$$t_1 = \frac{x}{v_l} = \frac{x}{c/n_l} = \frac{x \cdot n_l}{c} = \frac{0,01 \cdot 1,7}{3.10^8} \cong 5,7.10^{-11}\ s$$

Al incidir normalmente el rayo a la superficie líquido – vidrio, no se refracta, siguiendo en dirección normal, por lo que dentro del vidrio recorre una distancia y = 1 cm. De modo que en atravesar la lámina de vidrio el rayo invierte un tiempo:

$$t_2 = \frac{y}{v_v} = \frac{y}{c/n_v} = \frac{y \cdot n_v}{c} = \frac{0,01 \cdot 1,5}{3.10^8} = 5,0.10^{-11}\ s$$

Por lo tanto, el tiempo total invertido por el rayo es:

$$t = t_1 + t_2 = 5,7.10^{-11} + 5,0.10^{-11} = 1,07.10^{-10}\ s$$

Ejercicio 8. Con una lente convergente de distancia focal 15 cm se pretende obtener una imagen de tamaño el doble de un objeto.

a) **(1 p)** Calcular las posiciones de objeto e imagen si la imagen es derecha (realizar el trazado de rayos correspondiente).

Para que la imagen sea derecha y mayor, el objeto tiene que estar situado entre el foco objeto y la lente, de modo que esta actúa como lupa.

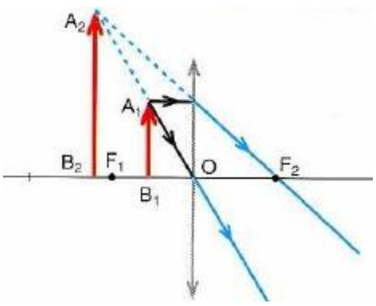
Para una lente delgada:

$$M_L = \frac{s'}{s} \Rightarrow 2 = \frac{s'}{s} \Rightarrow s' = 2s$$

Por tratarse de una lente convergente, de acuerdo con las normas DIN, la distancia focal imagen es positiva.

$$f' = 15\ cm$$

Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:



$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{2s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow -\frac{1}{2s} = \frac{1}{f'}$$

$$s = -\frac{f'}{2} = -\frac{15}{2} = -7,5\ cm$$

$$s' = 2s = 2 \cdot (-7,5) = -15\ cm$$

b) **(1 p)** Calcular las posiciones de objeto e imagen si la imagen es invertida (realizar el trazado de rayos correspondiente).

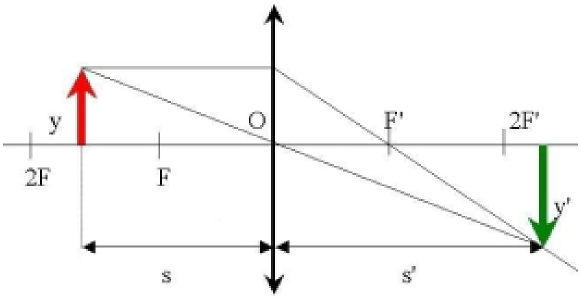
Para una lente delgada:

$$M_L = \frac{s'}{s} \Rightarrow -2 = \frac{s'}{s} \Rightarrow s' = -2s$$

Por tratarse de una lente convergente, de acuerdo con las normas DIN, la distancia focal imagen es positiva.

$$f' = 15\ cm$$

Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:



$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{(-2s)} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow -\frac{3}{2s} = \frac{1}{f'}$$

$$s = -\frac{3f'}{2} = -\frac{3 \cdot 15}{2} = -22,5\ cm$$

$$s' = -2s = -2 \cdot (-22,5) = 45\ cm$$

c) **(0,5 p)** Razonar para los casos a) y b), la naturaleza de la imagen (real / virtual).

En a) la imagen es virtual ya que s' < 0, lo que implica que la imagen se forma delante de la lente por la intersección de las prolongaciones de los rayos después de atravesar la lente.

En b) la imagen es real ya que s' > 0, lo que implica que la imagen se forma detrás de la lente por la intersección de los rayos después de atravesar la lente.

BLOQUE 5

Ejercicio 9.- Cuando se incide sobre un material con una luz de 520 nm se liberan electrones con un potencial de frenado de 0,5 V. Calcular:

a) **(0,75 p)** El trabajo de extracción.

A través del potencial de frenado podemos calcular la energía cinética de los electrones emitidos:

$$E_{c,máx} = |q| \cdot \Delta V = 1,6.10^{-19} \cdot 0,5 = 8.10^{-20}\ J$$

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + (E_{c,máx})_{e^-\ emitido} \Rightarrow W_0 = E_{fotón\ inc.} - E_{c,máx} = h \cdot \frac{c}{\lambda} - E_{c,máx}$$

$$W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda} - E_{c,máx} = 6,63.10^{-34} \cdot \frac{3.10^8}{5,2.10^{-7}} - (8.10^{-20}) = 3,025.10^{-19}\ J = 1,89\ eV$$

b) **(0,75 p)** La máxima longitud de onda que puede provocar efecto fotoeléctrico.

Para que se produzca efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} > W_0 \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} > W_0 \Rightarrow \lambda < \frac{h \cdot c}{W_0} < \frac{6,63.10^{-34} \cdot 3.10^8}{3,025.10^{-19}} < 6,58.10^{-7}\ m < 658\ nm$$

En este metal se produce efecto fotoeléctrico siempre que la radiación incidente tenga una longitud de onda inferior a 658 nm.

c) **(1 p)** La energía cinética máxima de los electrones al incidir con longitud de onda λ = 280 nm.

$$(E_{c,máx})_{e^-\ emitido} = E_{fotón\ inc.} - W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$(E_{c,máx})_{e^-\ emitido} = 6,63.10^{-34} \cdot \frac{3.10^8}{2,8.10^{-7}} - (3,025.10^{-19}) \cong 4,08.10^{-19}\ J = 2,55\ eV$$

Ejercicio 10. Al cabo de 150 días, la actividad radiactiva de una muestra de 10^{20} átomos de cierto elemento ha descendido un 40%.

a) **(0,75 p)** ¿Cuál es la constante de desintegración?

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda \cdot t \Rightarrow \ln\left(\frac{0,6 \cdot A_0}{A_0}\right) = -\lambda \cdot t \Rightarrow ln(0,6) = -\lambda \cdot t$$

$$\lambda = -\frac{ln(0,6)}{t} = -\frac{ln(0,6)}{150} = 3,4.10^{-3}\ día^{-1} = 3,9.10^{-8}\ s^{-1}$$

b) **(0,75 p)** ¿Cuál es el período de semidesintegración?

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} = \frac{ln\,2}{3,4.10^{-3}\ día^{-1}} \cong 203,9\ días \cong 1,8.10^{6}\ s$$

c) **(1 p)** ¿Cuál será la actividad de la muestra y cuántos átomos del elemento quedarán al cabo de los 150 días?

$$A_0 = \lambda \cdot N_0 = 3,9.10^{-8} \cdot 10^{20} = 3,9.10^{12}\ Bq$$

$$A = 0,6 \cdot A_0 = 0,6 \cdot 3,9.10^{12} = 2,34.10^{12}\ Bq$$

$$A = \lambda \cdot N \quad \Rightarrow \quad N = \frac{A}{\lambda} = \frac{2,34.10^{12}}{3,9.10^{-8}} = 6.10^{19}\ átomos$$