Nombre y apellidos: ____

El examen consta de **8 preguntas**, todas con la misma puntuación (**2 puntos cada una**), de las que se podrá responder un **MÁXIMO DE 5**, combinadas como se quiera. Sólo se corregirán **5** problemas.

PREGUNTA 1: Responda indicando y justificando la opción correcta:

1.1. Un satélite de observación de $2000\ kg$ de masa gira alrededor de la tierra en una órbita circular cuyo radio orbital es de $6600\ km$. Determina el período del satélite. Calcula la velocidad de escape desde esa órbita. Justifica las fórmulas que utilices. Datos: $R_T = 6370\ km$, $g_0 = 9{,}81\ m \cdot s^{-2}$ *(1,5 pt.)*

1.2. Teniendo en cuenta el efecto relativista, ¿cuál debe ser la velocidad de una varilla para que su longitud sea la tercera parte que en reposo vista desde un sistema de referencia externo?

a. $v = \sqrt{\frac{1}{9}} \cdot c$ b. $v = \sqrt{\frac{8}{9}} \cdot c$ c. $v = \frac{8}{9} \cdot c$ *(0,5 pt.)*

PREGUNTA 2:

2.1. Si tienes tres cargas de $1\mu C$, $-2\mu C$ y $1\mu C$ situadas respectivamente en los puntos $(0,1)$, $(0,0)$ y $(1,0)$, donde las distancias se miden en metros. Dato: $K = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$. Dibuja un esquema y calcula el campo eléctrico y el potencial en el punto $(1,1)$. *(1,5 pt.)*

2.2. Continuando con el apartado anterior, calcula el trabajo realizado al trasladar una carga de $2\mu C$ desde el centro del cuadrado que forman los puntos hasta el vértice $(1,1)$. Explica el significado del signo del trabajo. *(0,5 pt.)*

PREGUNTA 3:

3.1. Se acelera una partícula α con una diferencia de potencial de $1000\ V$, penetrando perpendicularmente a un campo magnético de $0{,}2\ T$. Calcula la velocidad y el radio de la trayectoria descrita por la partícula alfa. Justifica las fórmulas que utilices. Datos: $m_\alpha = 6{,}68 \cdot 10^{-27}\ kg$, $q_\alpha = 3{,}2 \cdot 10^{-19}\ C$ *(1,25 pt.)*

3.2. Dos conductores rectos, paralelos y largos están situados en el plano XY y paralelos al eje Y. Están separados entre sí una distancia de $10\ cm$. Una de las corrientes es el doble de intensa que la otra. Sabemos que se atraen con una fuerza por unidad de longitud de $4{,}8 \cdot 10^{-5} N \cdot m^{-1}$. Calcula las intensidades que circulan por los hilos. Dato: $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}\ T \cdot m \cdot A^{-1}$ *(0,75 pt.)*

PREGUNTA 4:

4.1. En una cuerda se genera una onda armónica transversal de $20\ cm$ de amplitud, una velocidad de fase (propagación) de $5\ m \cdot s^{-1}$ hacia la derecha y $30\ Hz$ de frecuencia. En el instante inicial la elongación es nula en la posición $x = 0$ y la velocidad de oscilación es positiva. Escribe la ecuación general de la onda y calcula la velocidad en el instante $t = 1\ s$ a una distancia de $3\ m$ del foco emisor. *(1,25 pt.)*

4.2. La potencia sonora del ladrido de un perro es $1\ mW$. Calcula la intensidad de la onda sonora esférica a $10\ m$ de distancia del perro y también la sensación sonora (en decibelios) a esa distancia, sabiendo que la intensidad umbral es $I_0 = 1 \cdot 10^{-12}\ W \cdot m^{-2}$ *(0,75 pt.)*

PREGUNTA 5:

5.1. Un instrumento óptico está formado por dos lentes convergentes. El objetivo (del lado del objeto) tiene $15\ cm$ de distancia focal y el ocular $9\ cm$ de distancia focal. Las lentes están separadas entre sí $60\ cm$. Se coloca un objeto de $2\ cm$ de altura a $40\ cm$ de la primera lente (objetivo). Calcula la posición y el tamaño de la imagen final. *(1,5 pt.)*

5.2. Justifica las características de la imagen final y calcula el aumento lateral total del sistema óptico. NO ES NECESARIO DIBUJAR EL DIAGRAMA DE RAYOS. *(0,5 pt.)*

PREGUNTA 6:

6.1. Se dispone de $20\ mg$ de una muestra radiactiva y pasados 2 días se han desintegrado $15\ mg$ de ésta. Calcula la constante de desintegración y calcula el tiempo que debe transcurrir para que se desintegre el $90\,\%$ de la muestra. *(1,5 pt.)*

6.2. Para el núcleo de Uranio ${}^{238}_{92}U$ calcula la energía de enlace nuclear. Datos: Masa ${}^{238}_{92}U = 238{,}051\ u$, $m_p = 1{,}007277\ u$, $m_n = 1{,}008665\ u$, $1\ u = 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ kg$, $c = 3 \cdot 10^8\ m/s$ *(0,5 pt.)*

PREGUNTA 7:

7.1. Al incidir luz monocromática de frecuencia $1{,}4 \cdot 10^{15}\ Hz$ sobre un metal se emiten electrones con una velocidad máxima de $10^6\ m/s$. Calcula el trabajo de extracción del material y la longitud de onda de la luz incidente.
Datos: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ kg$, $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s$, $c = 3 \cdot 10^8\ m/s$ *(1,5 pt.)*

7.2. Con los datos del apartado anterior, calcula la longitud de onda de *De Broglie* asociada a los electrones emitidos. *(0,5 pt.)*

PREGUNTA 8: PRÁCTICA. POTENCIA DE UNA LENTE CONVERGENTE

8.1. Se midieron en laboratorio los siguientes valores para las distancias objeto e imagen de una lente convergente (ver tabla). Determina el valor de la potencia de la lente y su incertidumbre. *(1,5 pt.)*

8.2. Dibuja el diagrama de rayos de una lente convergente para que se forme una imagen real e invertida. *(0,5 pt.)*

$s_i\ (cm)$	50	60	70	90
$s'_i\ (cm)$	200	125	95	70

1.1. Un satélite de observación de $2000\ kg$ de masa gira alrededor de la tierra en una órbita circular cuyo radio orbital es de $6600\ km$. Determina el período del satélite. Calcula la velocidad de escape desde esa órbita. Justifica las fórmulas que utilices. Datos: $R_T = 6370\ km$, $g_0 = 9{,}81\ m \cdot s^{-2}$ *(1,5 pt.)*

a) Condición de órbita: $\boxed{F_g = F_c} \Rightarrow G\frac{M\cdot \cancel{m}}{r^{\cancel{2}}} = \cancel{m}\frac{v^2}{\cancel{r}} \Rightarrow v^2 = G\frac{M}{r} \Rightarrow v = \sqrt{G\frac{M}{r}}$

No conozco ni G ni M, pero a partir de los datos: $g_0 = G\frac{M}{R_T^2} \Rightarrow G\cdot M = g_0 \cdot R_T^2$, luego: $v = \sqrt{\frac{g_0\cdot R_T^2}{r}}$

El radio orbital $r = 6{,}6\cdot 10^3\ km = 6{,}6\cdot 10^6\ m$, $R_T = 6{,}37\cdot 10^6\ m$

$$v = \sqrt{\frac{g_0\cdot R_T^2}{r}} = \sqrt{\frac{9{,}81\cdot(6{,}37\cdot 10^6)^2}{6{,}6\cdot 10^6}} \approx 7766.081936\ m/s \simeq 7766\ m/s \simeq 7{,}766\cdot 10^2\ m/s$$

$$v = \frac{2\pi\cdot r}{T} \Longrightarrow T = \frac{2\pi\cdot r}{v} = \frac{2\pi\cdot 6{,}6\cdot 10^6}{7{,}766\cdot 10^2} = 5340\ s \simeq 1{,}48\ h$$

Método II: Despejamos directamente el período: $G\cdot\frac{M}{r} = v^2 = \left(\frac{2\pi\cdot r}{T}\right)^2$

$$G\cdot\frac{M}{r} = v^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} \Longrightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{g_0 R_T^2}} = \sqrt{\frac{4\cdot\pi^2\cdot(6{,}6\cdot 10^6)^3}{9{,}81\cdot(6{,}37\cdot 10^6)^2}} \approx 5339.761204\ s \simeq 5340\ s$$

b) $E_c + E_p = E_{c\infty} + E_{p\infty}$ (no tenemos en cuenta la Ec)

$$\frac{1}{2}m v_e^2 - G\frac{Mm}{r} = \underbrace{\frac{1}{2}m\cdot 0^2}_{0} - \underbrace{G\frac{Mm}{\infty}}_{0}$$

$$\frac{1}{2}\cancel{m} v_e^2 = G\frac{M\cdot\cancel{m}}{r} \Rightarrow v_e^2 = \frac{2\cdot G\cdot M}{r}$$

$$g_0 = G\cdot\frac{M}{R_T^2} \Rightarrow G\cdot M = g_0\cdot R_T^2$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2\cdot G\cdot M}{r}} = \sqrt{\frac{2 g_0\cdot R_T^2}{r}}$$ Velocidad de escape

radio orbital

$$v_e = \sqrt{\frac{2\cdot 9{,}81\cdot(6{,}37\cdot 10^6)^2}{6{,}6\cdot 10^6}} \approx 10982.898400\ \frac{m}{s} \simeq 10983\ m/s = 1{,}1\cdot 10^4\ m/s$$

1.2. Teniendo en cuenta el efecto relativista, ¿cuál debe ser la velocidad de una varilla para que su longitud sea la tercera parte que en reposo vista desde un sistema de referencia externo?

a. $v = \sqrt{\frac{1}{9}}\cdot c$ b. $v = \sqrt{\frac{8}{9}}\cdot c$ c. $v = \frac{8}{9}\cdot c$ *(0,5 pt.)*

$\boxed{\Delta l' = \Delta l\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ Transformación del espacio $\boxed{\text{longitud propia } \Delta l}$ $\boxed{\Delta l' \leq \Delta l}$

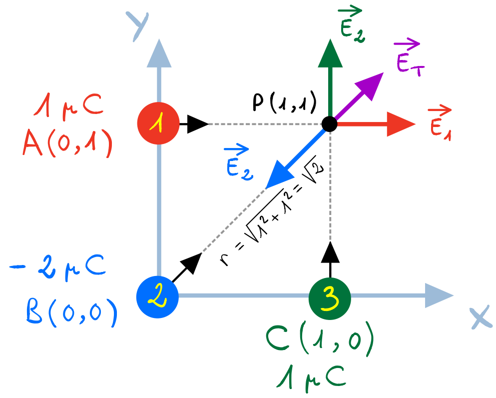
$$\Delta l' = \frac{1}{3}\cdot\Delta \cancel{l} = \Delta\cancel{l}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow \frac{1}{3} = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow \frac{1}{9} = 1-\frac{v^2}{c^2} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = 1-\frac{1}{9}$$

$$v = c\cdot\sqrt{1-\frac{1}{9}} = c\cdot\sqrt{\frac{8}{9}}$$ la única opción verdadera es la b

2.1. Si tienes tres cargas de $1\mu C$, $-2\mu C$ y $1\mu C$ situadas respectivamente en los puntos $(0,1)$, $(0,0)$ y $(1,0)$, donde las distancias se miden en metros. Dato: $K = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$. Dibuja un esquema y calcula el campo eléctrico y el potencial en el punto $(1,1)$. *(1,5 pt.)*

2.2. Continuando con el apartado anterior, calcula el trabajo realizado al trasladar una carga de $2\mu C$ desde el centro del cuadrado que forman los puntos hasta el vértice $(1,1)$. Explica el significado del signo del trabajo. *(0,5 pt.)*

Calculamos los vectores unitarios



$\vec{AP} \Rightarrow \vec{u}_1 = \vec{i}$, $r_1 = 1\ m$

$$\vec{BP} \Rightarrow \vec{u}_2 = \frac{(1,1)-(0,0)}{\sqrt{1^2+1^2}} = \frac{(1,1)}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}\vec{i} + \frac{1}{\sqrt{2}}\vec{j}$$

$$r_2 = \sqrt{1^2+1^2} = \sqrt{2}\ m$$

$\vec{CP} \Rightarrow \vec{u}_3 = \vec{j}$, $r_3 = 1\ m$

$$\vec{E}_1 = K\frac{Q_1}{r_1^2}\vec{u}_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1^2}\vec{i} = 9 \cdot 10^3\ \vec{i}\ \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_2 = K\frac{Q_2}{r_2^2}\vec{u}_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-\cancel{2} \cdot 10^{-6}}{\cancel{\sqrt{2}^2}}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\vec{i} + \frac{1}{\sqrt{2}}\vec{j}\right)\frac{N}{C} = 9 \cdot 10^3\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\vec{i} + \frac{1}{\sqrt{2}}\vec{j}\right)\frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_2 = -6364\ \vec{i} - 6364\ \vec{j}\ \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_3 = K\frac{Q}{r_3^2}\vec{u}_3 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1^2}\vec{j} = 9 \cdot 10^3\ \vec{j}\ \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

$\vec{E}_T = 2636\ \vec{i} + 2636\ \vec{j}\ \frac{N}{C}$, (hacia la derecha y hacia arriba)

Principio de superposición

$$\boxed{\vec{E}_T = K \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \vec{u}_{ri}}$$

$$\boxed{\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots}$$

Campo eléctrico

Ahora calculamos el potencial eléctrico (escalar).

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = K\frac{Q_1}{r_1} + K\frac{Q_2}{r_2} + K\frac{Q_3}{r_3}$$

$$V_T = 9 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{1 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{-2 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2}} + \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1}\right) V$$

$$V_T = 5272\ V$$

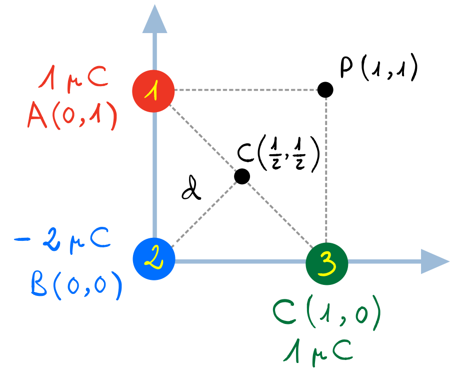
$$\boxed{V_T = K \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{r_i}}$$

$$\boxed{V_T = V_1 + V_2 + \ldots}$$

Potencial eléctrico

2.2. Continuando con el apartado anterior, calcula el trabajo realizado al trasladar una carga de $2\mu C$ desde el centro del cuadrado que forman los puntos hasta el vértice $(1,1)$. Explica el significado del signo del trabajo. *(0,5 pt.)*

$$\boxed{W_{C\to P} = -q\,(V_P - V_C)}$$ Trabajo eléctrico



Necesitamos calcular el potencial eléctrico en el centro del cuadrado: C

Las 3 cargas son equidistantes, siendo $d = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = \frac{K}{r}\left(Q_1 + Q_2 + Q_3\right)$$

$$V_T = \frac{9\cdot 10^9}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\cdot\left(1\cdot 10^{-6} - 2\cdot 10^{-6} + 1\cdot 10^{-6}\right)V = 0\,V \text{ en el centro}$$

Las cargas suman cero.

$$W_{C\to P} = -q\,(V_P - V_C) = -2\cdot 10^{-6}\,(5272 - 0) = -0{,}0105\ J = -1{,}05\cdot 10^{-2}\ J$$

El signo negativo del trabajo indica que lo realiza una fuerza externa en contra del campo.

3.1. Se acelera una partícula α con una diferencia de potencial de $1000\ V$, penetrando perpendicularmente a un campo magnético de $0{,}2\ T$. Calcula la velocidad y el radio de la trayectoria descrita por la partícula alfa. Justifica las fórmulas que utilices. Datos: $m_\alpha = 6{,}68\cdot 10^{-27}\ kg$, $q_\alpha = 3{,}2\cdot 10^{-19}\ C$ *(1,25 pt.)*

El trabajo eléctrico es igual al incremento de energía cinética.

$$W = \underbrace{-q\cdot\Delta V}_{\text{Positivo; aumenta la velocidad}} = \Delta E_C = \frac{1}{2}mv^2 - 0 \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{2\cdot q\cdot\Delta V}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 3{,}2\cdot 10^{-19}\,C\cdot 1000\ V}{6{,}68\cdot 10^{-27}\ kg}} \simeq 309529\ m/s \simeq 3{,}095\cdot 10^5\ m/s$$

$\vec{B}\perp\vec{v} \Rightarrow \text{sen}(\vec{v},\vec{B}) = \text{sen}\,90^\circ = 1 \Rightarrow$ se cumple la condición de órbita.

$$\boxed{F_m = F_c} \Rightarrow |q|\cdot\cancel{v}\cdot B = m\cdot\frac{v^{\cancel{2}}}{r} \Rightarrow \boxed{r = \frac{m\cdot v}{|q|\cdot B}}$$

$$r = \frac{6{,}68\cdot 10^{-27}\,kg\cdot 3{,}095\cdot 10^5\,m/s}{3{,}2\cdot 10^{-19}\,C\cdot 0{,}2\,T} \simeq 0{,}0323\ m = 3{,}23\cdot 10^{-2}\ m = 3{,}23\ cm$$

3.2. Dos conductores rectos, paralelos y largos están situados en el plano XY y paralelos al eje Y. Están separados entre sí una distancia de $10\ cm$. Una de las corrientes es el doble de intensa que la otra. Sabemos que se atraen con una fuerza por unidad de longitud de $4{,}8 \cdot 10^{-5} N \cdot m^{-1}$. Calcula las intensidades que circulan por los hilos. Dato: $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}\ T \cdot m \cdot A^{-1}$ *(0,75 pt.)*

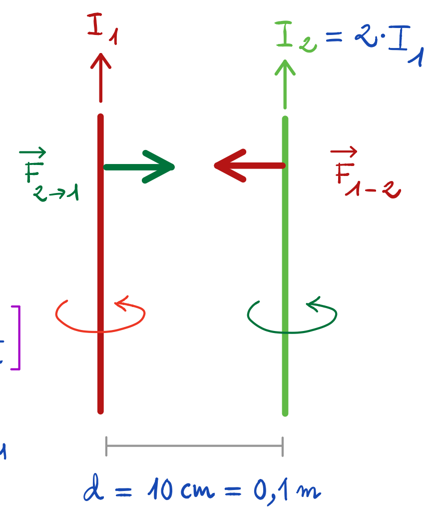
$\boxed{\vec{F}_m = I \cdot (\vec{l} \times \vec{B})}$ $[N]$ Ley de Laplace

Fuerza de un campo magnético uniforme sobre una corriente eléctrica

$\vec{l} \times \vec{B} = l \cdot B \cdot \text{sen}\, 90^\circ = l \cdot B$

$\boxed{B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi d}}$ Campo magnético conductor rectilíneo

Sabemos que $I_2 = 2 \cdot I_1$



$$F_{1\to2} = I_2 \cdot l_2 \cdot \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} = \frac{\mu_0}{2\pi d} \cdot I_1 I_2 l_2 \Rightarrow \boxed{\frac{F_{12}}{l_2} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}} \left[\frac{N}{m}\right]$$

$$\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} = \frac{\mu_0\, 2 \cdot I_1^2}{2\pi\ 0{,}1\ m} = 4{,}8 \cdot 10^{-5}\ N/m \quad \text{siendo } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ T \cdot m \cdot A^{-1}$$

$$I_1^2 = \frac{4{,}8 \cdot 10^{-5} \cdot \cancel{2\pi}\ 0{,}1}{4\cancel{\pi} \cdot 10^{-7} \cdot \cancel{2}} \Rightarrow I_1 = \sqrt{\frac{4{,}8 \cdot 10^{-5} \cdot 0{,}1}{4 \cdot 10^{-7}}} \Rightarrow I_1 = 3{,}46\ A \Rightarrow I_2 = 6{,}92\ A$$

4.1. En una cuerda se genera una onda armónica transversal de $20\ cm$ de amplitud, una velocidad de fase (propagación) de $5\ m \cdot s^{-1}$ hacia la derecha y $30\ Hz$ de frecuencia. En el instante inicial la elongación es nula en la posición $x = 0$ y la velocidad de oscilación es positiva. Escribe la ecuación general de la onda y calcula la velocidad en el instante $t = 1\ s$ a una distancia de $3\ m$ del foco emisor. *(1,25 pt.)*

$\boxed{y = A \cdot \text{sen}(\omega t - Kx + \varphi_0)}$ Ecuación general de la onda

Sentido del eje X (signo menos) $A = 20\ cm = 0{,}2\ m$, $f = 30\ Hz\ (s^{-1})$

La velocidad de propagación $V_p = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \dfrac{V_p}{f} = \dfrac{5\ m/s}{30\ s^{-1}} = \dfrac{1}{6}\ m$, $K = \dfrac{2\pi}{\lambda} = \dfrac{2\pi}{1/6} = 12\pi\ m^{-1}$

nº de onda

$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 30\ Hz = 60\pi\ rad/s$

Condiciones iniciales $y(0,0) = 0 = A \cdot \text{sen}\, \varphi_0 \Rightarrow \text{sen}\, \varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$ o bien π

Ecuación general de la onda $y(x,t) = 0{,}2 \cdot \text{sen}\left(60\pi \cdot t - 12\pi \cdot x\right)\ m$

La velocidad inicial es positiva cuando $\varphi_0 = 0$

Calculamos ahora la velocidad de vibración:

$$v(x,t) = \frac{dy(x,t)}{dt} = 0{,}2 \cdot 60\pi \cdot \cos\left(60\pi \cdot t - 12\pi \cdot x\right)\ m/s$$

radianes

$$v(x = 3\ m, t = 1\ s) = 0{,}2 \cdot 60\pi \cdot \cos\left(60\pi \cdot 1 - 12\pi \cdot 3\right)\ m/s = 37{,}7\ m/s$$

4.2. La potencia sonora del ladrido de un perro es $1\ mW$. Calcula la intensidad de la onda sonora esférica a $10\ m$ de distancia del perro y también la sensación sonora (en decibelios) a esa distancia, sabiendo que la intensidad umbral es $I_0 = 1 \cdot 10^{-12}\ W \cdot m^{-2}$ *(0,75 pt.)*

Datos: $P = 1\,mW = 10^{-3}\,W$, $r = 10\,m$

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{10^{-3}\,W}{4\pi \cdot (10\,m)^2} \simeq 7{,}96 \cdot 10^{-7}\ W \cdot m^{-2}$$

$$\boxed{\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}}$$ Escala decibélica $$\beta = 10 \cdot \log \frac{7{,}96 \cdot 10^{-7}}{1 \cdot 10^{-12}} \simeq 59{,}01\ dB$$

5.1. Un instrumento óptico está formado por dos lentes convergentes. El objetivo (del lado del objeto) tiene $15\ cm$ de distancia focal y el ocular $9\ cm$ de distancia focal. Las lentes están separadas entre sí $60\ cm$. Se coloca un objeto de $2\ cm$ de altura a $40\ cm$ de la primera lente (objetivo). Calcula la posición y el tamaño de la imagen final. *(1,5 pt.)*

5.2. Justifica las características de la imagen final y calcula el aumento lateral total del sistema óptico.
NO ES NECESARIO DIBUJAR EL DIAGRAMA DE RAYOS. *(0,5 pt.)*

Datos: $f_1' = 15$ cm , $f_2' = 9$ cm , Separación 60 cm , $s_1 = -40$ cm , $y = 2$ cm $\Rightarrow$

$$\boxed{\frac{1}{s_1'} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f_1'}} \Rightarrow \frac{1}{s_1'} - \frac{1}{-40} = \frac{1}{15} \Rightarrow \frac{1}{s_1'} = \frac{1}{15} - \frac{1}{40} = \frac{40-15}{600} = \frac{25}{600} \Rightarrow$$

$s_1' = \frac{600}{25} = 24$ cm a la derecha. Esta imagen es el objeto de la 2ª lente.

$s_2 = -(60 - 24) = -36$ cm ; calculemos la 2ª imagen (la final).

$$\boxed{\frac{1}{s_2'} - \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f_2'}} \Rightarrow \frac{1}{s_2'} - \frac{1}{-36} = \frac{1}{9} \Rightarrow \frac{1}{s_1'} = \frac{1}{9} - \frac{1}{36} = \frac{4-1}{36} = \frac{3}{36} = \frac{1}{12} \Rightarrow$$

$s_2' = 12$ cm a la derecha de la 2ª lente convergente. La imagen es real. ($s_2' > 0$)

El aumento lateral $A_1 = \frac{y'}{y} = \frac{s_1'}{s_1} \Rightarrow A_1 = \frac{24}{-40} = \frac{6}{-10} = -\frac{3}{5} \Rightarrow$

$y = 2$ cm $\qquad y' = A_1 \cdot y = -\frac{3}{5} \cdot 2\,\text{cm} = -\frac{6}{5}$ cm

$$A_2 = \frac{y''}{y'} = \frac{s_2'}{s_2} \Rightarrow A_2 = \frac{12}{-36} = -\frac{1}{3} \Rightarrow y'' = A_2 \cdot y' = \left(-\frac{1}{3}\right)\left(-\frac{6}{5}\right) = \frac{2}{5}\ \text{cm}$$

El aumento lateral total $A_T = \frac{y''}{y} = \frac{\frac{2}{5}}{2} = \frac{1}{5}$; La imagen final es real, reducida y derecha.

Del mismo modo $\boxed{A_T = A_1 \cdot A_2} = \left(-\frac{3}{5}\right)\left(-\frac{1}{3}\right) = \frac{1}{5}$, $y'' = A_T \cdot y = \frac{1}{5} \cdot 2\,\text{cm} = \frac{2}{5}$ cm

6.1. Se dispone de $20\ mg$ de una muestra radiactiva y pasados 2 días se han desintegrado $15\ mg$ de ésta. Calcula la constante de desintegración y calcula el tiempo que debe transcurrir para que se desintegre el $90\ \%$ de la muestra. *(1,5 pt.)*

$m_0 = 20$ mg ; Se desintegraron 15 mg luego $m = 20 - 15 = 5$ mg

$$\boxed{m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}} \Rightarrow 5\ \cancel{mg} = 20\ \cancel{mg} \cdot e^{-\lambda \cdot 2\ \text{días}} \Rightarrow \frac{5}{20} = \frac{1}{4} = e^{-\lambda \cdot 2}$$

$$\ln \frac{1}{4} = -\lambda \cdot 2 \Rightarrow \lambda = \frac{\ln \frac{1}{4}}{-2} \simeq 0{,}693\ \text{días}^{-1}$$

Si se desintegra el 90% de la muestra, queda un 10% luego:

$$\boxed{N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}}$$

Ec. de la desintegración radiactiva

$$\frac{\cancel{N_0}}{10} = \cancel{N_0} \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \ln \frac{1}{10} = -\lambda \cdot t$$

$$t = \frac{\ln \frac{1}{10}}{-\lambda} = \frac{\ln \frac{1}{10}}{-0{,}693\ \text{días}^{-1}} \simeq 3{,}32\ \text{días}$$

6.2. Para el núcleo de Uranio $^{238}_{92}U$ calcula la energía de enlace nuclear. Datos: Masa $^{238}_{92}U = 238{,}051\ u$, $m_p = 1{,}007277\ u$, $m_n = 1{,}008665\ u$, $1\ u = 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ kg$, $c = 3 \cdot 10^8\ m/s$ *(0,5 pt.)*

$$\boxed{\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n] - M}$$

Defecto de masa

$A = 238$, $Z = 92$ U , $Z = 92$, $N = A - Z = 146$

$$\Delta m = (92 \cdot 1{,}007277 + 146 \cdot 1{,}008665) - 238{,}051 = 1{,}883574\ u$$

$$1{,}883574\ u \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27} \frac{kg}{u} = 3{,}126733 \cdot 10^{-27}\ kg$$

La energía de enlace $\Delta m \cdot c^2 = 3{,}126733 \cdot 10^{-27}\ kg \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}\right)^2 = 2{,}814 \cdot 10^{-10}\ J$

7.1. Al incidir luz monocromática de frecuencia $1{,}4 \cdot 10^{15}\ Hz$ sobre un metal se emiten electrones con una velocidad máxima de $10^{6}\ m/s$. Calcula el trabajo de extracción del material y la longitud de onda de la luz incidente.

Datos: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ kg$, $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s$, $c = 3 \cdot 10^{8}\ m/s$ *(1,5 pt.)*

7.2. Con los datos del apartado anterior, calcula la longitud de onda de *De Broglie* asociada a los electrones emitidos. *(0,5 pt.)*

Datos : $\nu = 1{,}4 \cdot 10^{15}\ Hz$, $V_e = 10^{6}\ m/s$

$$\boxed{h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot V_e^2}$$ Ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico

El trabajo de extracción: $W_0 = h \cdot \nu_0 = h \cdot \nu - \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot V_e^2$

$$W_0 = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s \cdot 1{,}4 \cdot 10^{15}\ Hz - \frac{1}{2} \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ kg \cdot (10^{6}\ m/s)^2$$

$$W_0 = 9{,}276 \cdot 10^{-19} - 4{,}555 \cdot 10^{-19} = 4{,}721 \cdot 10^{-19}\ J$$

$$\lambda \cdot \nu = c \Rightarrow \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^{8}\ m/s}{1{,}4 \cdot 10^{15}\ Hz} \simeq 2{,}143 \cdot 10^{-7}\ m = 214{,}3\ nm$$

$$\boxed{\lambda = \frac{h}{m \cdot v}}$$ Longitud de onda asociada a una masa

$$\lambda = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\ kg \cdot 10^{6}\ m/s} \simeq 7{,}273 \cdot 10^{-10}\ m$$

(más grande que el protón)

PREGUNTA 8: PRÁCTICA. POTENCIA DE UNA LENTE CONVERGENTE

8.1. Se midieron en laboratorio los siguientes valores para las distancias objeto e imagen de una lente convergente (ver tabla). Determina el valor de la potencia de la lente y su incertidumbre. *(1,5 pt.)*

8.2. Dibuja el diagrama de rayos de una lente convergente para que se forme una imagen real e invertida. *(0,5 pt.)*

s_i (cm)	50	60	70	90	negativas
s_i' (cm)	200	125	95	70	positivas

Trabajamos en metros para calcular la potencia en dioptrías.

$$\boxed{\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} = P}$$

Redondeo a 2 decimales

Potencias

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{-0{,}5} = 2{,}5 \ m^{-1}$$

$$\frac{1}{1{,}25} - \frac{1}{-0{,}6} = 2{,}47 \ m^{-1}$$

$$\frac{1}{0{,}95} - \frac{1}{-0{,}7} = 2{,}48 \ m^{-1}$$

$$\frac{1}{0{,}7} - \frac{1}{-0{,}9} = 2{,}54 \ m^{-1}$$

El valor medio de la potencia:

$$\bar{P} = \frac{2{,}5 + 2{,}47 + 2{,}48 + 2{,}54}{4} \simeq 2{,}497$$

Desviaciones

$$|2{,}5 - 2{,}497| = 0{,}003$$

$$|2{,}47 - 2{,}497| = 0{,}027$$

$$|2{,}48 - 2{,}497| = 0{,}017$$

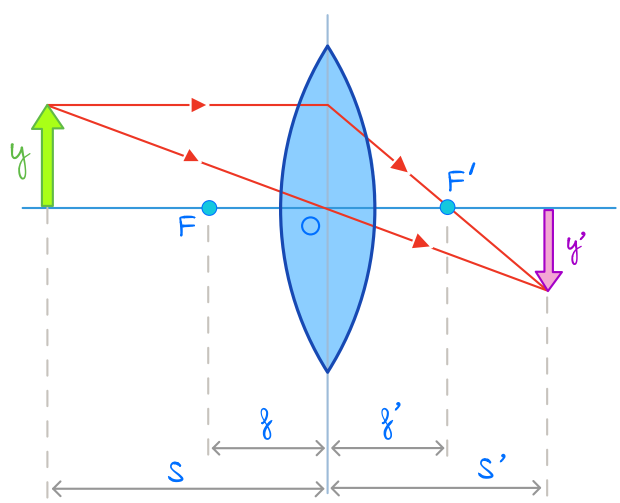
$$|2{,}54 - 2{,}497 = 0{,}043$$

Incertidumbre; pseudodesviación típica:

$$\boxed{\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}}$$ Desviación típica

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4-1} \cdot (0{,}003^2 + 0{,}027^2 + 0{,}017^2 + 0{,}043^2)} \simeq 0{,}031 ,$$

Potencia $\bar{P} \pm \sigma = 2{,}497 \pm 0{,}031 \ D \ [m^{-1}]$



Lente convergente: Objeto situado con $s > f$.

Imagen real e invertida (mayor o menor según s). $f' > 0$