Nombre y apellidos: ____

1. Un electrón se mueve en el sentido del eje X con una velocidad de $2 \cdot 10^5 m/s$ y entra en una zona donde existe un campo magnético perpendicular B en el sentido del eje Z con un valor de $0{,}5T$.
   Datos: Masa electrón: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$, Carga electrón: $q_e = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C$
   a) Calcula el **radio** de giro de la órbita del electrón. (Demuestra la fórmula). $2{,}28 \cdot 10^{-6}\ m$ (1,5 pt.)
   b) Justifica si el electrón girará en sentido **horario o antihorario**. (0,5 pt.)
   c) Calcula el **campo eléctrico (vector)** que habría que aplicar para que la carga no sufra ninguna desviación, tal como ocurre en un selector de velocidad. (Justifica la fórmula). (1 pt.) $\vec{E} = 10^5\ \vec{j}\ \frac{N}{C}$

2. Dos conductores rectilíneos A y B, paralelos y largos están situados en el plano XY y paralelos al eje Y. Conducen corrientes antiparalelas (sentido opuesto) de intensidades $I_A = 0{,}3A$ (sentido positivo del eje Y) e $I_B = 3A$ (sentido negativo del eje Y). La distancia entre ambos conductores es de $15cm$.
   Dato: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} T m A^{-1}$
   a) Dibuja un **esquema**. Calcula a qué **distancia** del conductor **A** se encuentra un **punto** en el que el **campo magnético total es nulo**. Justifica si está en el **interior** o en el **exterior.** (1,5 pt.) $1{,}7 \cdot 10^{-2}\ m$
   b) Calcula el **módulo de la fuerza magnética** entre los dos conductores sabiendo que ambos tienen una longitud de $0{,}4m$. **Justifica** si se **atraen** o se **repelen.** $F = 4{,}8 \cdot 10^{-7}\ N$ (1 pt.)

3. Una espira cuadrada de $10cm$ de lado está situada en el plano XY, en una región donde existe un campo magnético dirigido en el sentido del eje Z. **Calcula** la $f.e.m.$ inducida en la espira si:
   a) la intensidad del campo varía linealmente durante 15 segundos desde $0{,}5T$ hasta $0{,}2T$. (0,5 pt.) $2 \cdot 10^{-4}\ V$
   b) manteniendo constante el campo $B = 2T$ se hace girar la espira a $5Hz$ en torno a un eje que pasa por el punto medio de sus lados opuestos. Calcula la $f.e.m.$ para $t = 3{,}4s$. $0V$ (1,5 pt.)

4. 💡 **CUESTIÓN (Justifica la respuesta):** Un campo magnético constante B ejerce una fuerza sobre una carga eléctrica: (1 pt.)
   a) Si la carga está en **reposo**.
   b) Si la carga se mueve **perpendicularmente** a B.
   c) Si la carga se mueve **paralelamente** a B.

5. 💡 **CUESTIÓN (Justifica la respuesta):** Calcula **teóricamente** la **autoinducción** de un **solenoide en función** de su longitud l, su radio r y el número de vueltas N del **solenoide**. (1,5 pt.)

   a) $L = \dfrac{\mu_0 N \pi r^2}{l}$ b) $L = \dfrac{\mu_0 N^2 \pi r^2}{l}$ c) $L = \dfrac{\mu_0 N l}{2\pi r}$

COMPLEMENTARIO. EL CICLOTRÓN: Un protón se acelera desde el reposo y gira en un ciclotrón de campo magnético $B = 10^{-2}T$ y una diferencia de potencial entre las "Des" de $\Delta V = 220V$. Datos: Masa protón: $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27} kg$, Carga protón: $q_p = 1{,}6 \cdot 10^{-19} C$

a) Dibuja un **esquema** del ciclotrón y calcula la **frecuencia angular** del protón. (0,5 pt.)
b) Calcula la **velocidad y radio de giro** después de dar una **vuelta completa**. (1 pt.)

Ernest Lawrence

$9{,}6 \cdot 10^5\ rad/s$

$v_2 \simeq 2{,}9 \cdot 10^5\ m/s$

$r_2 \simeq 3{,}03 \cdot 10^{-1}\ m$

1. Un electrón se mueve en el sentido del eje X con una velocidad de $2 \cdot 10^5 m/s$ y entra en una zona donde existe un campo magnético perpendicular B en el sentido del eje Z con un valor de $0{,}5T$.
Datos: Masa electrón: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$, Carga electrón: $q_e = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C$

a) Calcula el **radio** de giro de la órbita del electrón. (Demuestra la fórmula). (1,5 pt.)

b) Justifica si el electrón girará en sentido **horario o antihorario**. (0,5 pt.)

c) Calcula el **campo eléctrico (vector)** que habría que aplicar para que la carga no sufra ninguna desviación, tal como ocurre en un selector de velocidad. (Justifica la fórmula). (1 pt.)

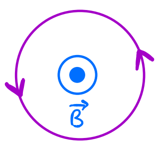
a) $\vec{v}(\vec{i}), \vec{B}(\vec{k}) \quad \vec{i} \perp \vec{k}$ (perpendiculares)

$$F_m = F_c \Rightarrow |q| \cdot \cancel{v} \cdot B \cdot \text{sen } 90^\circ = m \frac{v^{\cancel{2}}}{r} \Rightarrow |q| \cdot B = m \frac{v}{r}$$

$$r = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^5}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}5} \approx 0.000002 \text{ m} \simeq 2{,}28 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b) $\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$, $\vec{v} \times \vec{B} \Rightarrow \vec{i} \times \vec{k} = -\vec{j}$ } Va hacia arriba

Como la carga eléctrica es negativa $\vec{F}_m = F_m \cdot \vec{j}$ } $\ominus \cdot (-\vec{j}) = \vec{j}$



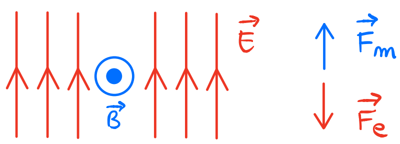
Sentido antihorario

c) Necesitamos una fuerza eléctrica opuesta a la magnética, es decir, en el sentido $-\vec{j}$.

En módulo: $F_e = F_m \Rightarrow \cancel{q} E = \cancel{q} v B \Rightarrow E = v \cdot B = 2 \cdot 10^5 \frac{m}{s} \cdot 0{,}5 \text{ T} = 10^5 \frac{N}{C} \left(\frac{V}{m}\right)$

$\vec{F}_e = q\vec{E} \Rightarrow \vec{E}$ va en sentido contrario a $\vec{F}_e$ porque la carga es negativa.

$\vec{E} = 10^5 \, \vec{j} \, \frac{N}{C} \left(\frac{V}{m}\right)$



El electrón deja de girar porque se equilibran las fuerzas

2. Dos conductores rectilíneos A y B, paralelos y largos están situados en el plano XY y paralelos al eje Y. Conducen corrientes antiparalelas (sentido opuesto) de intensidades $I_A = 0{,}3A$ (sentido positivo del eje Y) e $I_B = 3A$ (sentido negativo del eje Y). La distancia entre ambos conductores es de $15cm$.
Dato: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} TmA^{-1}$

a) Dibuja un **esquema**. Calcula a qué **distancia** del conductor **A** se encuentra un **punto** en el que el **campo magnético total es nulo**. Justifica si está en el **interior** o en el **exterior**. (1,5 pt.)

b) Calcula el **módulo de la fuerza magnética** entre los dos conductores sabiendo que ambos tienen una longitud de $0{,}4m$. **Justifica** si se **atraen** o se **repelen**. (1 pt.)

a) En módulos: $B_1 = B_2 \Rightarrow \dfrac{\mu_0 I_A}{2\pi x} = \dfrac{\mu_0 I_B}{2\pi (d+x)}$

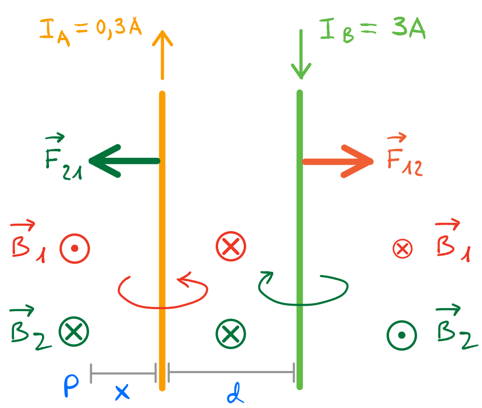
$$\frac{I_A}{x} = \frac{I_B}{(d+x)} \Rightarrow I_A(d+x) = I_B x$$

$$I_A \cdot d + I_A \cdot x = I_B \cdot x$$

$$I_B \cdot x - I_A \cdot x = I_A \cdot d$$

$$x = \frac{I_A \cdot d}{I_B - I_A} = \frac{0{,}3 A \cdot 0{,}15 m}{(3 - 0{,}3) A} = 0{,}017 m = 1{,}7 \cdot 10^{-2} m$$

a la izquierda de I_A



El punto de equilibrio (campo nulo) se encuentra en el exterior cerca de la corriente más débil.

No puede ser en el interior porque ambos campos magnéticos van en el mismo sentido.

b) $\boxed{\vec{F}_m = I \cdot (\vec{l} \times \vec{B})}$ $\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}}$ Campo magnético conductor rectilíneo

$$\left.\begin{aligned} F_{2\to1} &= I_1 \cdot l_1 \cdot B_2 = I_1 \cdot l_1 \cdot \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d} \\ F_{1\to2} &= I_2 \cdot l_2 \cdot B_1 = I_2 \cdot l_2 \cdot \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \end{aligned}\right\}$$

$l = l_1 = l_2 = 0{,}4\,m$

Ambas longitudes iguales $\Rightarrow$

F_{12} y F_{21} son iguales en módulo.

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 0{,}3 \cdot 3 \cdot 0{,}4}{2 \cdot \pi \cdot 0{,}15} \approx 4.800000 \times 10^{-7}\,N$$

$F = 4{,}8 \cdot 10^{-7}\,N$

$F_{1\to2} \Rightarrow \vec{l}_2 \times \vec{B}_1 \Rightarrow -\vec{J} \times (-\vec{K}) = \vec{\imath}$

$F_{2\to1} \Rightarrow \vec{l}_1 \times \vec{B}_2 \Rightarrow \vec{J} \times (-\vec{K}) = -\vec{\imath}$

Los hilos se repelen

3. Una espira cuadrada de $10cm$ de lado está situada en el plano XY, en una región donde existe un campo magnético dirigido en el sentido del eje Z. **Calcula** la $f.e.m.$ inducida en la espira si:

a) la intensidad del campo varía linealmente durante 15 segundos desde $0{,}5T$ hasta $0{,}2T$. (0,5 pt.)

b) manteniendo constante el campo $B = 2T$ se hace girar la espira a $5Hz$ en torno a un eje que pasa por el punto medio de sus lados opuestos. Calcula la $f.e.m.$ para $t = 3{,}4s$. (1,5 pt.)

a) $\varepsilon = -\frac{d\phi_m}{t} = -\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$, en este caso consideramos sólo el flujo final y el inicial.

$$\left.\begin{aligned} \phi_i &= B_i \cdot S \cdot \cos 0^\circ = 0{,}5\,T \cdot S \\ \phi_f &= B_f \cdot S \cdot \cos 0^\circ = 0{,}2\,T \cdot S \end{aligned}\right\}$$

$l = 10\,cm = 10^{-1}\,m$

$S = l \cdot l = (10^{-1})^2 = 10^{-2}\,m^2$

$\phi_i = 0{,}5 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-3}\,Wb$

$\phi_f = 0{,}2 \cdot 10^{-2} = 2 \cdot 10^{-3}\,Wb$

$\Delta t = 15\,s$

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi_m}{dt} = -\frac{\phi_f - \phi_i}{\Delta t} = -\frac{2 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-3}}{15} \simeq 2 \cdot 10^{-4}\,V$$

b) $\phi_m = B \cdot S \cdot \cos\alpha$, $\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 5\,Hz = 10\pi\,\frac{rad}{s}$, $\alpha = \omega t = 10\pi t$

$B = 2T$, $S = 10^{-2}\,m^2 \Rightarrow \phi_m = 2 \cdot 10^{-2} \cdot \cos(10\pi \cdot t)$

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_m}{dt} = \cancel{-} B \cdot S \cdot \omega (\cancel{-} \text{sen}\,\omega t) = B S \omega \,\text{sen}\,\omega t$$

$$\varepsilon = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10\pi \cdot \text{sen}(10\pi \cdot t) = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10\pi \cdot \text{sen}(10\pi \cdot 3{,}4s) = 0\,V$$

rad

4. 💡 **CUESTIÓN (Justifica la respuesta):** Un campo magnético constante B ejerce una fuerza sobre una carga eléctrica: (1 pt.)

a) Si la carga está en **reposo**.
b) Si la carga se mueve **perpendicularmente** a B.
c) Si la carga se mueve **paralelamente** a B.

$\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$, si $\vec{v} = 0$ la fuerza magnética es nula. La opción a) es falsa.

Si $\vec{v} \perp \vec{B}$ $|\vec{F}_m| = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen } 90^\circ = |q| \cdot v \cdot B$, La opción b) es verdadera.

Si $\vec{v} \parallel \vec{B}$ $|\vec{F}_m| = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen } 0^\circ = 0$, La opción c) es falsa.

5. 💡 **CUESTIÓN (Justifica la respuesta):** Calcula **teóricamente** la **autoinducción** de un **solenoide en función** de su longitud l, su radio r y el número de vueltas N del **solenoide**. (1,5 pt.)

a) $L = \dfrac{\mu_0 N \pi r^2}{l}$ b) $L = \dfrac{\mu_0 N^2 \pi r^2}{l}$ c) $L = \dfrac{\mu_0 N l}{2\pi r}$

$\boxed{B = \dfrac{\mu_0 N I}{l}}$ Campo magnético de un solenoide

$\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos \alpha$, La superficie $S = \pi r^2 \cdot N$

$\Phi_m = \dfrac{\mu_0 N I}{l} \cdot \pi r^2 \cdot N \cdot \cos 0^\circ = \dfrac{\mu_0 N^2 I \pi r^2}{l} = \dfrac{\mu_0 N^2 \pi r^2}{l} \cdot I = L \cdot I$

Luego, la autoinductancia es: $L = \dfrac{\mu_0 N^2 \pi r^2}{l}$, La opción b) es verdadera.

COMPLEMENTARIO. EL CICLOTRÓN: Un protón se acelera desde el reposo y gira en un ciclotrón de campo magnético $B = 10^{-2}T$ y una diferencia de potencial entre las "Des" de $\Delta V = 220V$. Datos: Masa protón: $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}kg$, Carga protón: $q_p = 1{,}6 \cdot 10^{-19}C$

a) Dibuja un **esquema** del ciclotrón y calcula la **frecuencia angular** del protón. (0,5 pt.)

b) Calcula la **velocidad y radio de giro** después de dar una **vuelta completa**. (1 pt.)

Ernest Lawrence

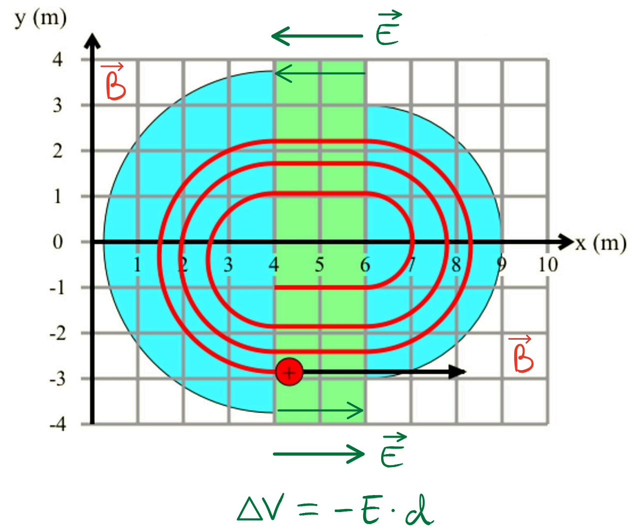
Recuérdese que cuando $\vec{v} \perp \vec{B}$:

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

Se deduce la expresión de la frecuencia angular: $v = \omega \cdot r$

$$|q| \cdot B = m \cdot \frac{\omega \cdot \cancel{r}}{\cancel{r}} \Rightarrow \boxed{\omega = \frac{|q| \cdot B}{m}}$$

$$\omega = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-2}}{1{,}67 \cdot 10^{-27}} \approx 958083.832335 \text{ rad/s} \simeq 9{,}6 \cdot 10^5 \text{ rad/s}$$



Una carga que parte del reposo se acelera en la franja con campo eléctrico:

$$W = q \cdot \Delta V = \Delta E_c = \frac{1}{2} m v_1^2 - 0 \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot \Delta V}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 220}{1{,}67 \cdot 10^{-27}}} \approx 205318.505310 \text{ m/s}$$

$$\simeq 2{,}1 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

El radio de la trayectoria $r_1 = \frac{m \cdot v_1}{|q| \cdot B} = \frac{1{,}67 \cdot 10^{-27} \cdot 205318{,}5}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-2}} \approx 0.214301 \text{ m} \simeq 2{,}14 \cdot 10^{-1} \text{ m}$

La ΔV alterna (cambia de signo) y la carga se vuelve a acelerar: $q \cdot \Delta V = \Delta E_c = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$

$$q \cdot \Delta V = \frac{1}{2} m v_1^2 \Rightarrow 2 q \cdot \Delta V = \frac{1}{2} m v_2^2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot q \cdot \Delta V}{m}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 220}{1{,}67 \cdot 10^{-27}}} \approx 290364.214816 \text{ m/s}$$

$$\simeq 2{,}9 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

El nuevo radio de giro es $r_2 = \frac{m \cdot v_2}{|q| \cdot B} = \frac{1{,}67 \cdot 10^{-27} \cdot 290364{,}2}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-2}} \approx 0.303068 \text{ m} \simeq 3{,}03 \cdot 10^{-1} \text{ m}$

La Energía cinética (tras dos pasos) es: $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cancel{m} \cdot \frac{4 \cdot q \cdot \Delta V}{\cancel{m}} = 2 q \cdot \Delta V$

2 pasos por el campo eléctrico equivalen a una vuelta completa.

Solución: $v_2 \simeq 2{,}9 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

$r_2 \simeq 3{,}03 \cdot 10^{-1} \text{ m}$