Nombre y apellidos: ____

1. Un electrón se acelera desde el reposo mediante una **diferencia de potencial** de $1{,}0 \cdot 10^3\ V$, penetrando a continuación, **perpendicularmente**, en un **campo magnético uniforme** de $0{,}2\ T$.
   Datos: Masa electrón: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$, Carga electrón: $q_e = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C$

   a) Calcula la **velocidad** del electrón al entrar en el campo magnético. $1{,}875 \cdot 10^7\ m/s$ (1 pt.)

   b) Calcula el **radio** de la trayectoria del electrón. (Demuestra la fórmula). $5{,}3 \cdot 10^{-4}\ m$ (1 pt.)

   c) Calcula el **campo eléctrico uniforme (vector)** necesario para que el electrón **no experimente desviación** a su paso por la región en la que existen el campo eléctrico y el magnético. (1 pt.) $3{,}75 \cdot 10^6\ \frac{N}{C}$

   Se discute la dirección del vector en el solucionario.

2. Dos hilos conductores rectilíneos A y B, paralelos y muy largos están situados en el plano XY. Conducen corrientes **paralelas** (ambas en el sentido positivo del eje Y) de intensidades $I_A = 1\ A$ e $I_B = 2\ A$. La distancia entre ambos conductores es de $10\ cm$.
   Dato: Permeabilidad magnética del vacío, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ TmA^{-1}$

   a) Dibuja un **esquema**. Calcula el **vector campo magnético total** o resultante en el **punto medio** de la línea que une a ambos conductores. $\vec{B}_M = 4 \cdot 10^{-6} \cdot \vec{k}\ T$ (1,5 pt.)

   b) Calcula **la fuerza por unidad de longitud** que ejerce I_A sobre la corriente I_B. (1 pt.) $4 \cdot 10^{-6}\ \frac{N}{m}$

   c) **Justifica** vectorialmente si los conductores se **atraen** o se **repelen**. (0,5 pt.)

3. Una bobina de **10 espiras circulares** de $2\ cm$ de radio está situada en el plano XY en una región donde existe un **campo magnético uniforme** de $0{,}4\ T$ dirigido en el sentido del eje Z. **Calcula,** en función del tiempo, el **flujo magnético** y la $f.e.m.$ **inducida** en las espiras si las hacemos girar a $200\ Hz$ en torno a un eje central. Calcula además, la $f.e.m.$ para $t = 2{,}4\ s$. (2 pt.)

4. 💡 **CUESTIÓN (Justifica la respuesta):** Calcula **teóricamente** el **incremento de energía cinética** de las cargas que parten del reposo dentro de un **ciclotrón** después de describir **2 vueltas completas**:

   a) $q \cdot \Delta V$ b) $2 \cdot q \cdot \Delta V$ c) $4 \cdot q \cdot \Delta V$ (1,5 pt.)

5. 💡 **CUESTIÓN (Justifica la respuesta):** Si se acerca de pronto el polo sur de un imán al plano de una espira sin corriente, se produce en ésta:

   a) Una $f.e.m.$ **inducida** en **sentido horario**.
   b) Una $f.e.m.$ **inducida** en **sentido antihorario**.
   c) **Ninguna** $f.e.m.$ porque la espira inicialmente **no posee corriente**. (0,5 pt.)

COMPLEMENTARIO

Dos **cargas** de $5 \cdot 10^{-6}\ C$ se mueven **paralelamente** en el sentido positivo del eje Z a una **velocidad** de $3 \cdot 10^5\ m/s$. En cierto instante, la primera carga se encuentra en $A(0,2,0)$ y la segunda en $B(0,5,0)$, con las distancias expresadas en **metros**.

a) Calcula el **vector campo magnético** creado por la primera carga en el punto B. (0,5 pt.)
b) Calcula el **vector fuerza magnética** que ejerce la **primera carga** sobre la **segunda**. (0,5 pt.)

Dato: Permeabilidad magnética del vacío, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ TmA^{-1}$

Pierre-Simon Laplace

$\vec{B}_{1\to 2} \simeq -1{,}67 \cdot 10^{-8}\ \vec{i}\ T$, $\vec{F}_{1\to 2} \simeq -2{,}5 \cdot 10^{-8}\ \vec{j}\ N$

1. Un electrón se acelera desde el reposo mediante una **diferencia de potencial** de $1{,}0 \cdot 10^3\ V$, penetrando a continuación, **perpendicularmente**, en un **campo magnético uniforme** de $0{,}2\ T$.
Datos: Masa electrón: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$, Carga electrón: $q_e = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C$

a) Calcula la **velocidad** del electrón al entrar en el campo magnético. (1 pt.)

b) Calcula el **radio** de la trayectoria del electrón. (Demuestra la fórmula). (1 pt.)

c) Calcula el **campo eléctrico uniforme (vector)** necesario para que el electrón **no experimente desviación** a su paso por la región en la que existen el campo eléctrico y el magnético. (1 pt.)

a) $W = q \cdot \Delta V = \Delta E_c = \frac{1}{2} m v^2 - 0 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 q_e \cdot \Delta V}{m_e}}$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} C \cdot 1 \cdot 10^3 V}{9{,}1 \cdot 10^{-31} Kg}} \simeq 1{,}875 \cdot 10^7\ m/s$$

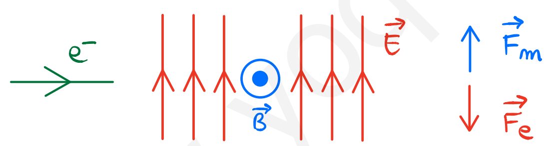
b) $\vec{B} \perp \vec{v} \Rightarrow \boxed{F_m = F_c} \Rightarrow |q| \cdot \cancel{v} \cdot B = m \cdot \frac{v^{\cancel{2}}}{r} \Rightarrow \boxed{r = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B}}$

$$r = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} Kg \cdot 1{,}875 \cdot 10^7\ m/s}{1{,}6 \cdot 10^{-19} C \cdot 0{,}2\,T} \simeq 5{,}3 \cdot 10^{-4}\ m$$

c) Necesitamos una fuerza eléctrica opuesta a la magnética para que $\vec{F} = q \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = 0$

En módulo: $F_e = F_m \Rightarrow \cancel{q} E = \cancel{q} v B \Rightarrow \boxed{E = v \cdot B} = 1{,}875 \cdot 10^7 \frac{m}{s} \cdot 0{,}2\,T = 3{,}75 \cdot 10^6 \frac{N}{C} \left(\frac{V}{m}\right)$

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



El electrón deja de girar porque se equilibran las fuerzas

Si $\vec{v} = v \cdot \vec{i}$ y $\vec{B} = B \cdot \vec{k}$ entonces $\vec{v} \times \vec{B} \rightarrow \vec{i} \times \vec{k} = -\vec{j} \Rightarrow \vec{F}_m = F_m \cdot \vec{j}$ (carga negativa)

Entonces la fuerza eléctrica $\vec{F}_e = F_e \cdot (-\vec{j}) = q \cdot \vec{E}$ siendo $q < 0$, $\ominus \cdot (-\vec{j}) = \vec{j}$

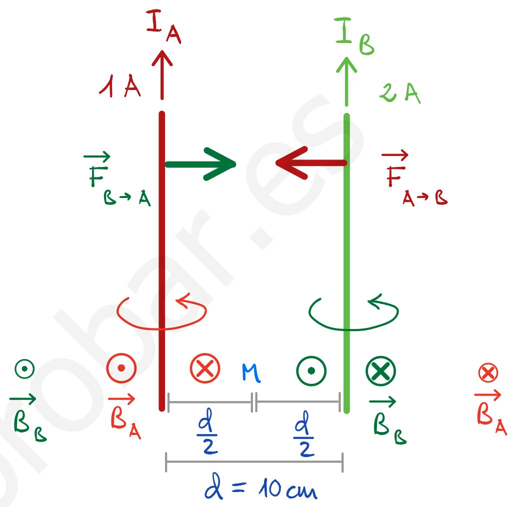
Como $\vec{E}$ va en sentido contrario $\vec{E} = E \cdot \vec{j} \Rightarrow \vec{E} = 3{,}75 \cdot 10^6\ \vec{j}\ \frac{N}{C} \left(\frac{V}{m}\right)$

2. Dos hilos conductores rectilíneos A y B, paralelos y muy largos están situados en el plano XY. Conducen corrientes **paralelas** (ambas en el sentido positivo del eje Y) de intensidades $I_A = 1\ A$ e $I_B = 2\ A$. La distancia entre ambos conductores es de $10\ cm$.
Dato: Permeabilidad magnética del vacío, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ TmA^{-1}$

a) Dibuja un **esquema**. Calcula el **vector campo magnético total** o resultante en el **punto medio** de la línea que une a ambos conductores. (1,5 pt.)

b) Calcula **la fuerza por unidad de longitud** que ejerce I_A sobre la corriente I_B. (1 pt.)

c) **Justifica** vectorialmente si los conductores se **atraen** o se **repelen**. (0,5 pt.)



a) Para calcular el campo en el punto medio M, sumamos vectorialmente los campos magnéticos creados por los dos hilos.

$$\vec{B}_M = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi \frac{d}{2}}(-\vec{k}) + \frac{\mu_0 I_B}{2\pi \frac{d}{2}}\vec{k} = \frac{\mu_0}{2\pi \frac{d}{2}}(I_B - I_A)\vec{k}$$

$\frac{d}{2} = 5 \cdot 10^{-2}\ m$ y $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ T \cdot A \cdot m^{-1}$

$$\vec{B}_M = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi \cdot 5 \cdot 10^{-2}} \cdot (2-1)\vec{k} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot \vec{k}\ T$$

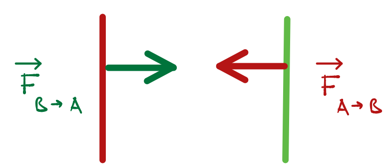
La corriente B es más fuerte y en la dirección $\vec{k}$.

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

$$F_{A\to B} = I_B \cdot \ell_B \cdot B_A = I_B \cdot \ell_B \cdot \frac{\mu_0 I_A}{2\pi d}$$

$$\frac{F_{A\to B}}{\ell_B} = \frac{\mu_0 I_A I_B}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1A \cdot 2A}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-2}\ m} = 4 \cdot 10^{-6}\ \frac{N}{m}$$ Fuerza por unidad de longitud

c)
$$\left.\begin{array}{l} \vec{F}_{A\to B} \Rightarrow \vec{\ell}_B \times \vec{B}_A \Rightarrow \vec{j} \times (-\vec{k}) = -\vec{i} \\ \vec{F}_{B\to A} \Rightarrow \vec{\ell}_A \times \vec{B}_B \Rightarrow \vec{j} \times \vec{k} = \vec{i} \end{array}\right\}$$ Los hilos se atraen



3. Una bobina de **10 espiras circulares** de $2\ cm$ de radio está situada en el plano XY en una región donde existe un **campo magnético uniforme** de $0{,}4\ T$ dirigido en el sentido del eje Z. **Calcula,** en función del tiempo, el **flujo magnético** y la $f.e.m.$ **inducida** en las espiras si las hacemos girar a $200\ Hz$ en torno a un eje central. Calcula además, la $f.e.m.$ para $t = 2{,}4\ s$. (2 pt.)

$\phi_m = B \cdot S \cdot \cos\alpha$, $\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 200\ Hz = 400\pi\ \frac{rad}{s}$, $\alpha = \omega t = 400\pi t$

$B = 0{,}4\ T$, $S = N \cdot \pi r^2 = 10 \cdot \pi \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2\ m^2 \Rightarrow \phi_m \simeq 5 \cdot 10^{-3} \cdot \cos(400\pi \cdot t)\ [T \cdot m^2 = Wb]$

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

$\varepsilon = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 400\pi \cdot \operatorname{sen}(400\pi \cdot t) \simeq 6{,}3 \cdot \operatorname{sen}(400\pi \cdot t)\ [V]$

Para $t = 2{,}4\ s$, $\varepsilon = 6{,}3 \cdot \operatorname{sen}(400\pi \cdot 2{,}4\ s) = 6{,}3 \cdot \operatorname{sen} 960\pi = 0V$

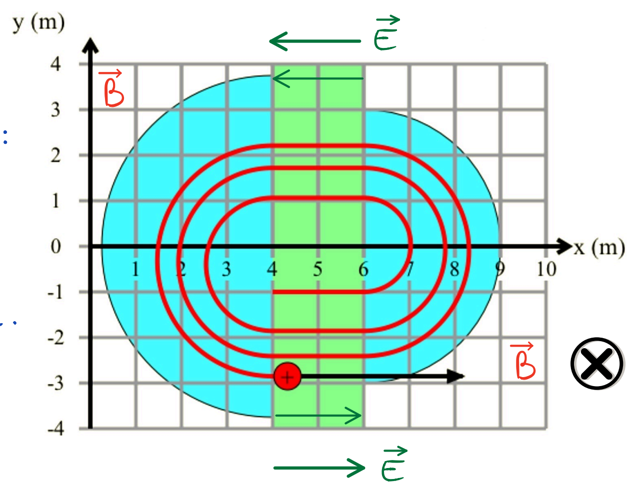
rad

4. 💡 **CUESTIÓN (Justifica la respuesta):** Calcula **teóricamente** el **incremento de energía cinética** de las cargas que parten del reposo dentro de un **ciclotrón** después de describir **2 vueltas completas**:

a) $q \cdot \Delta V$ b) $2 \cdot q \cdot \Delta V$ c) $4 \cdot q \cdot \Delta V$ (1,5 pt.)

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

$W = q \cdot \Delta V = \Delta E_C = \frac{1}{2} m v_1^2 - 0 \Rightarrow \Delta E_C = q \cdot \Delta V$



$\Delta V = -E \cdot d$

La ΔV alterna (cambia de signo) y la carga se vuelve a acelerar:

$q \cdot \Delta V = \Delta E_C = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$

$q \cdot \Delta V = \frac{1}{2} m v_1^2 \Rightarrow 2 q \cdot \Delta V = \frac{1}{2} m v_2^2$ y así sucesivamente.

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.

En 2 vueltas da 4 pasadas por el campo eléctrico luego $\Delta E_C = 4 \cdot q \cdot \Delta V$

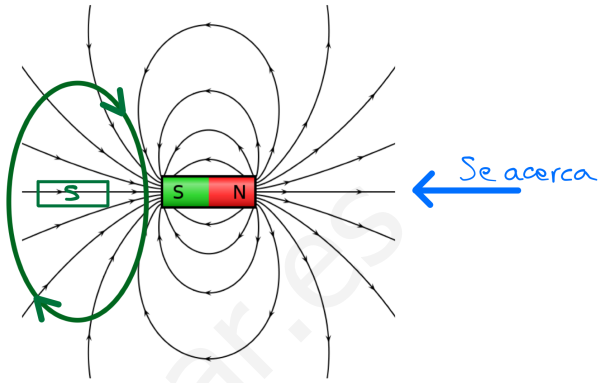
Respuesta c

5. **CUESTIÓN (Justifica la respuesta):** Si se acerca de pronto el polo sur de un imán al plano de una espira sin corriente, se produce en ésta:

a) Una $f.e.m.$ **inducida** en **sentido horario**.
b) Una $f.e.m.$ **inducida** en **sentido antihorario**.
c) **Ninguna** $f.e.m.$ porque la espira inicialmente **no posee corriente**. (0,5 pt.)

Hay variación de flujo magnético porque el imán se mueve.

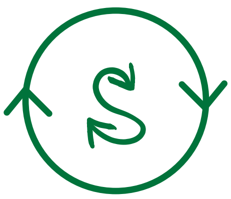
Por la ley de Lenz, la corriente eléctrica inducida f.e.m. genera un campo magnético que se opone a la causa que lo produce. Por lo tanto, al acercar el polo sur el circuito actuará como un polo sur para repelerlo.



Al acercar un polo S se origina en el circuito una cara S que lo repele.

$$\boxed{\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt}}$$

Ley de Lenz (signo negativo)



Polo Sur

Sentido horario.

Respuesta a

COMPLEMENTARIO

Dos **cargas** de $5 \cdot 10^{-6}\ C$ se mueven **paralelamente** en el sentido positivo del eje Z a una **velocidad** de $3 \cdot 10^{5}\ m/s$. En cierto instante, la primera carga se encuentra en $A(0,2,0)$ y la segunda en $B(0,5,0)$, con las distancias expresadas en **metros**.

a) Calcula el **vector campo magnético** creado por la primera carga en el punto B. (0,5 pt.)
b) Calcula el **vector fuerza magnética** que ejerce la **primera carga** sobre la **segunda**. (0,5 pt.)

Dato: Permeabilidad magnética del vacío, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ TmA^{-1}$

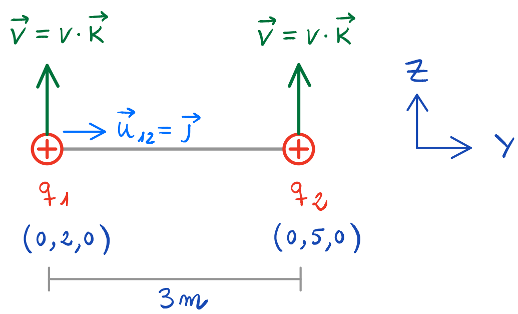
Pierre-Simon Laplace

a) Campo magnético creado por una carga en movimiento:

$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0\, q}{4\pi r^2} \cdot \vec{v} \times \vec{u}_r}$$

$$\vec{B}_{1\to 2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-6}\,C}{4\pi\,(3\,m)^2} \cdot 3 \cdot 10^{5}\,\frac{m}{s}\ \underbrace{\vec{k} \times \vec{j}}_{-\vec{i}}$$

$$\vec{B}_{1\to 2} \simeq -1{,}67 \cdot 10^{-8}\ \vec{i}\ T$$



b) $\vec{F}_{1\to 2} = q_2 \cdot \vec{v}_2 \times \vec{B}_{1\to 2}$

$$\vec{F}_{1\to 2} = 5 \cdot 10^{-6}\,C \cdot 3 \cdot 10^{5}\,\frac{m}{s}\ \vec{k} \times 1{,}67 \cdot 10^{-8}(-\vec{i})\,T \simeq -2{,}5 \cdot 10^{-8}\ \vec{j}\ N \quad \text{(atractiva)}$$

$$\vec{k} \times (-\vec{i}) = -\vec{j}$$