1.- Un **protón** y una **partícula alfa** (**qalfa = 2·qprotón ; malfa = 4·mprotón**) penetran, con la **misma velocidad**, en un **campo magnético uniforme perpendicularmente** a las líneas del campo. Justifica cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera:

a) Las partículas **atraviesan** el campo **sin desviarse**.
b) El **protón** describe una **órbita circular** de **mayor radio**.
c) La **partícula alfa** describe una **órbita circular** de **mayor radio**.

$$\vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow \operatorname{sen}\alpha = 1 \Rightarrow F_m = |q| \cdot v \cdot B$$

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

$$r_p = \frac{m_p \cdot v}{q_p \cdot B}$$

$$r_\alpha = \frac{m_\alpha \cdot v}{q_\alpha \cdot B} = \frac{4 \cdot m_p \cdot v}{2 \cdot q_p \cdot B} = 2 \cdot r_p$$

La partícula α describe una órbita circular con el doble de radio que el protón.

2.- Una **carga** positiva de **5 μC** se mueve con una **velocidad** dada por la expresión: $\vec{v} = 5\vec{i} - 5\vec{k}\ \ m/s$ en el interior de un **campo magnético** dado por $\vec{B} = \vec{i} + 2\vec{j} - \vec{k}\ \ T$.
Calcula el **vector fuerza** que actúa sobre esa carga.

$$\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

$$\vec{v} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 5 & 0 & -5 \\ 1 & 2 & -1 \end{vmatrix} = -\vec{j} \cdot \begin{vmatrix} 5 & -5 \\ 1 & -1 \end{vmatrix} - 2 \cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{k} \\ 5 & -5 \end{vmatrix} = 10\vec{i} + 10\vec{k}$$

$$\vec{F}_m = 5 \cdot 10^{-6} \cdot (10\vec{i} + 10\vec{k}) = 5 \cdot 10^{-5}\,\vec{i} + 5 \cdot 10^{-5}\,\vec{j}\ \ N$$

3. **Un protón**, inicialmente en reposo, es acelerado a través de un acelerador lineal (*LINAC*) con una diferencia de potencial de $7{,}5 \cdot 10^2\ V$, penetrando luego en dirección **perpendicular** a un **campo magnético uniforme.**
Datos: $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\ kg$, $q_p = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ TmA^{-1}$
 a) Calcula la **velocidad** del protón al llegar al campo magnético. (0,75 pt.) (**Demuestra la fórmula**)
 b) Calcula el valor del **campo magnético** B necesario para que el protón gire en un pequeño anillo con un **radio** de $1\ cm$. (**Demuestra la fórmula**) (1,5 pt.)
 c) Calcula el **módulo** de la **fuerza** a la que está sometido el protón dentro del campo B .

a) El trabajo eléctrico es igual al incremento de energía cinética.

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

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot \Delta V}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C \cdot 7{,}5 \cdot 10^{2}\,V}{1{,}67 \cdot 10^{-27}\,kg}} \simeq 3{,}79 \cdot 10^{5}\ m/s$$

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

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

$$B = \frac{1{,}67 \cdot 10^{-27}\,kg \cdot 3{,}79 \cdot 10^{5}\,m/s}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C \cdot 0{,}01\,m} = 0{,}396\,T \simeq 0{,}4\,T$$

c) $\boxed{\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})}$ Fuerza magnética que actúa sobre el protón.

$$\Rightarrow F_m = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C \cdot 3{,}79 \cdot 10^{5}\,m/s \cdot 0{,}396\,T \cdot \text{sen } 90^\circ = 2{,}4 \cdot 10^{-14}\,N$$

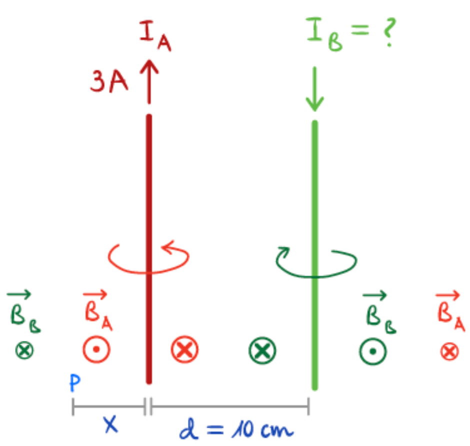
4. Dos **conductores rectilíneos** A y B, **paralelos** y largos, están situados en el plano XY en la dirección del eje Y. Conducen corrientes **en sentido opuesto** y de intensidades $I_A = 3\ A$ e I_B de valor desconocido. La **distancia** entre ambos conductores es de $10\ cm$. Dato: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ T m A^{-1}$

   a) Calcula la intensidad I_B para que, en un punto P situado a $2{,}5\ cm$ del primer conductor A, el **campo magnético total sea nulo**. Justifica si está en el **interior** o en el **exterior (esquema).**

   b) Para $I_B = 15\ A$ calcula el **módulo de la fuerza magnética** entre los dos conductores sabiendo que ambos tienen una longitud de $0{,}5\ m$.

   c) **Justifica** vectorialmente si los conductores se **atraen** o se **repelen**.

a) El punto de equilibrio P sólo se puede hallar en el exterior cerca de la corriente débil (no conocemos I_B, pero sólo puede ser a la izquierda para que el punto caiga en el exterior).



$$\vec{B}_P = \vec{B}_A + \vec{B}_B = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi x} \vec{k} + \frac{\mu_0 I_B}{2\pi (d+x)} (-\vec{k}) = 0 \quad \text{(Equilibrio)}$$

$$\frac{\mu_0 I_A}{2\pi x} \cancel{\vec{k}} = \frac{\mu_0 I_B}{2\pi (d+x)} \cancel{\vec{k}}$$

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

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

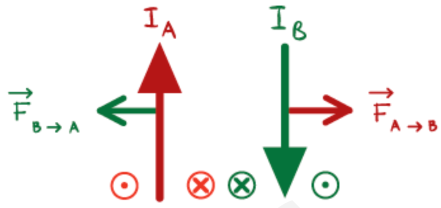
$$I_B = \frac{3A \cdot (10 + 2{,}5)}{2{,}5} = 15\,A$$

Lógicamente, la corriente débil es I_A.

b) $\boxed{\vec{F}_m = I\cdot(\vec{\ell}\times\vec{B})}$ Ley de Laplace $\Rightarrow F_{A\to B} = I_B \cdot \ell_B \cdot B_A$, $B_A = \dfrac{\mu_0 I_A}{2\pi d}$, $\ell = 0{,}5\,m$

$$\boxed{F_{A\to B} = I_B\cdot \ell_B \cdot \frac{\mu_0 I_A}{2\pi d}} \Rightarrow F_{A\to B} = 15\,A\cdot 0{,}5\,m\cdot \frac{4\pi\cdot 10^{-7}\cdot 3A}{2\pi\cdot 0{,}1\,m} = 4{,}5\cdot 10^{-5}\ N$$

c) $\boxed{\vec{F}_m = I\cdot(\vec{\ell}\times\vec{B})}$ 1ª ley de Laplace



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

5.- Dos **cargas** de $2\ \mu C$ se mueven **paralelamente** con una **velocidad** de $5\cdot 10^4\ \vec{i}\ m/s$ (a lo largo del eje X). En cierto instante, la primera carga se encuentra en $A(0{,}4{,}1)$ y la segunda en $B(0{,}0{,}4)$, con las distancias expresadas en **metros**.

a) Calcula el **vector campo magnético** creado por la primera carga en el punto B.

b) Calcula el **vector fuerza magnética** que ejerce la **primera carga** sobre la **segunda**.

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

a) Calculamos primero el vector unitario que va de A a B.

$$\vec{u}_{AB} = \frac{B-A}{|\vec{AB}|} = \frac{(0,0,4)-(0,4,1)}{\sqrt{4^2+3^2}} = \frac{(0,-4,3)}{5} = -\frac{4}{5}\vec{j} + \frac{3}{5}\vec{k}$$; la distancia es $5\,m$.

$\boxed{\vec{B} = \dfrac{\mu_0 q}{4\pi r^2}\cdot \vec{v}\times\vec{u}_r}$ Campo magnético creado por una carga puntual ; La velocidad $v = 5\cdot 10^4\ \vec{i}\ m/s$

$$\vec{B}_{AB} = \frac{4\pi\cdot 10^{-7}\cdot 2\cdot 10^{-6}}{4\pi\cdot 5^2}\cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 5\cdot 10^4 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{4}{5} & \frac{3}{5} \end{vmatrix} = \frac{2\cdot 10^{-9}}{5^2}\cdot(-1)\cdot(3\vec{j}+4\vec{k})\ T$$

$$\vec{B}_{AB} = -2{,}4\cdot 10^{-10}\ \vec{j} - 3{,}2\cdot 10^{-10}\ \vec{k}\ T$$

b) La fuerza de Lorentz $\boxed{\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})}$

$$\vec{F}_{AB} = q_B \cdot (\vec{v}_B \times \vec{B}_{AB}) = 2 \cdot 10^{-6} \cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 5 \cdot 10^4 & 0 & 0 \\ 0 & -2{,}4 \cdot 10^{-10} & -3{,}2 \cdot 10^{-10} \end{vmatrix}$$

$$= 2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot (-10^{-10}) \cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2{,}4 & 3{,}2 \end{vmatrix} = +3{,}2 \cdot 10^{-11} \, \vec{j} - 2{,}4 \cdot 10^{-11} \, \vec{k} \text{ N}$$

6. 💡 **CUESTIÓN (Justifica la respuesta):** Cuando una particula cargada se mueve dentro de un campo magnético, la **fuerza magnética** que actúa sobre ella **realiza un trabajo** que siempre es:
   a) **positivo**, si la **carga es positiva**.
   b) **negativo**, si la **carga es negativa**.
   c) **cero**, **sea como sea la carga**.

$\boxed{\varepsilon = -\dfrac{d\Phi_m}{dt}}$ Ley de Faraday - Henry (forma diferencial) [V ≡ Voltios]

siendo el flujo: $\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos\alpha$

Tanto si disminuye como si aumenta el flujo, se induce una fuerza electromotriz. La causa es un cambio en el flujo de cualquier signo. La respuesta correcta es la c