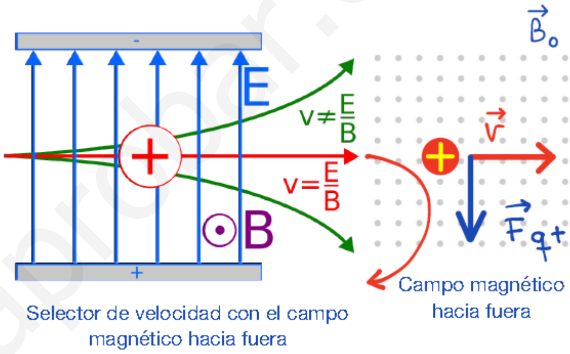
1. Se lanza un **protón** en la **dirección del eje X** a través de un **selector de velocidad** dentro de un **espectrómetro de masas**. El selector está formado por un **campo eléctrico E = 2,0·10⁴ V/m** en la **dirección del eje Y** y un **campo magnético B = 1,50 T** en la **dirección del eje Z**. El campo magnético para desviar la trayectoria de las cargas a la **salida** (en la **cámara de desviación**) es **B_0 = 5 T** en la **dirección del eje Z**.

   a) Dibuja el **esquema** del **espectrómetro**.

   b) Determina la **velocidad** del **protón** tras pasar por el selector y entrar en la cámara de desviación del espectrómetro. (Demuestra la fórmula)

   c) Calcula el **radio** de la **trayectoria** del **protón** dentro de la **cámara de desviación**. (Demuestra la fórmula)

   Datos: masa protón = $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg; carga protón = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C



a) Dibuja el **esquema** del **espectrómetro.**

b) Determina la **velocidad** del **protón** tras pasar por el **selector** y entrar en la **cámara** de desviación del **espectrómetro.** (Demuestra la fórmula)

$$\left.\begin{aligned} \vec{E} &= E \cdot \vec{j} \\ \vec{B} &= B \cdot \vec{k} \\ \vec{v} &= v \cdot \vec{i} \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} &\vec{v} \times \vec{B} = vB(\vec{i} \times \vec{k}) = -vB\vec{j} \\ &\vec{F} = q \cdot (E - vB)\vec{j} \end{aligned}$$

Si $v = \frac{E}{B}$ la fuerza es nula

La velocidad seleccionada por el detector $v = \frac{E}{B} = \frac{2 \cdot 10^4 \, V/m}{1,5 \, T} \simeq 1,33 \cdot 10^4 \, m/s$

c) Calcula el **radio** de la **trayectoria** del **protón** dentro de la **cámara** de desviación. (Demuestra la fórmula)

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

La expresión del radio de curvatura es: $\boxed{r = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B}}$ Radio de curvatura

$$r = \frac{1,67 \times 10^{-27} \times 1,33 \times 10^4}{1,6 \times 10^{-19} \times 5} \approx 0.000028 \, m = 2,8 \cdot 10^{-5} \, m$$

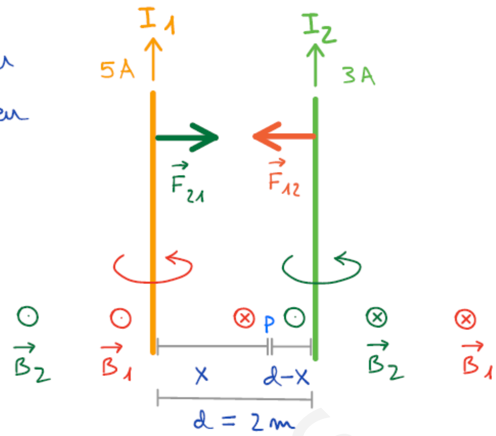
2. Dos **conductores rectilíneos**, **paralelos** y **largos** están situados en el plano **XY** y **paralelos** al **eje Y**. Conducen **corrientes** de **5 A** y **3 A**. La **distancia** entre ambos conductores es de **2,0 m**.

   a) Haz un **dibujo** de la situación. Calcula a qué **distancia** del conductor de **5 A** se encuentra un punto en el que el **campo magnético es nulo** si las corrientes tienen el **mismo sentido**.

   b) Haz un **dibujo** de la situación. Calcula a qué **distancia** del conductor de **5 A** se encuentra un punto en el que el **campo magnético es nulo** si las corrientes tienen **sentidos opuestos**.

a)

Como se puede apreciar en la figura, es posible que el campo se anule entre los hilos conductores porque, en esa región, tienen sentido opuesto. En el exterior no se pueden anular porque tienen el mismo sentido.



$$\vec{B}_p = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}(-\vec{k}) + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi (d-x)}\vec{k} = 0$$

$$\frac{\mu_0 I_2}{2\pi (d-x)}\cancel{\vec{k}} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}\cancel{\vec{k}}$$

$$\frac{I_2}{(d-x)} = \frac{I_1}{x}$$

$$I_2 x = I_1 d - I_1 x$$

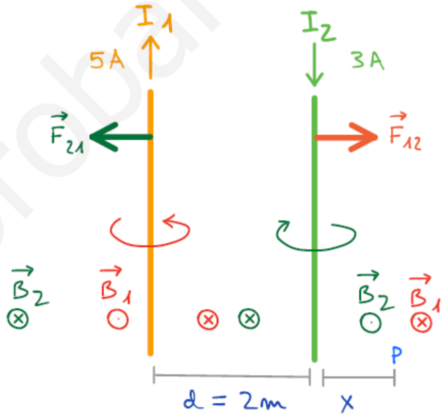
$$I_1 d = I_1 x + I_2 x$$

$$x = \frac{I_1 d}{I_1 + I_2} = \frac{5 \cdot 2}{5+3} = 1{,}25\ m$$

b)

Como se puede apreciar en la figura, es posible que el campo se anule fuera de los hilos conductores porque, en esa región, tienen sentido opuesto.

En el interior no se pueden anular porque tienen el mismo sentido.



$$\vec{B}_p = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi (d+x)}(-\vec{k}) + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi x}\vec{k} = 0$$

$$\frac{\mu_0 I_2}{2\pi x}\cancel{\vec{k}} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi (d+x)}\cancel{\vec{k}}$$

$$\frac{I_2}{x} = \frac{I_1}{(d+x)}$$

$$I_2 d + I_2 x = I_1 x$$

$$I_2 d = I_1 x - I_2 x$$

$$x = \frac{I_2 d}{I_1 - I_2} = \frac{3 \cdot 2}{5-3} = 3\ m \Rightarrow d + x = 2 + 3 = 5\ m$$

3. Una bobina de **10 espiras circulares** y **3 cm** de **radio** se encuentra situada en una región en la que hay un **campo magnético uniforme** y **constante** de **0,5 T**. Inicialmente, el plano de las espiras es perpendicular al campo magnético. En t = 0, la espira comienza a **rotar uniformemente** con respecto a uno de sus diámetros, de manera que el **período** de la **rotación** es de **2,0 s**. Calcula la **fem inducida** en la espira en el instante **t = 3 s**.

$r = 3 \cdot 10^{-2}\,m$ $\quad T = 3\,s$

$B = 0{,}5\,T$ $\quad S = 10 \cdot \pi\, r^2 = 10 \cdot \pi \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 \simeq 0{,}028\,m^2$ (multiplicamos el área por el número de espiras)

$\phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos\alpha$ (flujo magnético de un campo magnético uniforme)

$t_1 = 0\,s$: $\phi_m = B \cdot S \cdot \cos 90^\circ = 0$

$t_2 = 3\,s$: $\phi_m = B \cdot S \cdot \cos\alpha$, $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2}$, $\alpha = \omega \cdot t = \pi t$

$\phi_m = 0{,}5T \cdot 0{,}28\ m^2 \cdot \cos \pi \cdot t = 0{,}14 \cdot \cos \pi \cdot t$

$\boxed{\varepsilon = -\frac{d\phi_m}{dt}}$ Ley de Faraday - Henry

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

$\varepsilon = -0{,}14\,\pi \cdot (-\text{sen}\ \pi \cdot 3) = 0\,V.$

CUESTIONES

I. Un **positrón** de carga **+1,6·10⁻¹⁹ C** entra en un **campo magnético** $\vec{B} = 0{,}1\,\vec{j}\,T$. Si la **velocidad** del positrón es $\vec{v} = 10^5\,\vec{i}\ m/s$, la **fuerza** que actúa sobre él es:

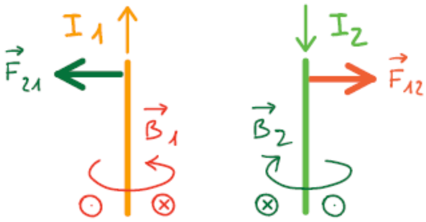
a) $1{,}6 \times 10^{-15}\vec{i}$ N
b) $1{,}6 \times 10^{-15}\vec{j}$ N
c) $1{,}6 \times 10^{-15}\vec{k}$ N

$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C \cdot 10^5\,\vec{i}\,\frac{m}{s} \times 0{,}1\,\vec{j}\,T$

$\vec{i} \times \vec{j} = \vec{k}$

II. Dos hilos **rectilíneos**, **paralelos** muy **largos** con corrientes eléctricas **I_1** e **I_2** constantes y de **sentidos contrarios** situados a una distancia r:

a) Se **atraen** entre sí.
b) Se **repelen** entre sí.
c) **No interaccionan**.



III. Un **cable recto** de **longitud l** y **corriente i** está colocado en un **campo magnético uniforme B** formando con él un **ángulo θ**. El **módulo** de la **fuerza** ejercida sobre dicho cable es:

a) $i\,l\,B\ \text{sen}\ \theta$
b) $i\,l\,B\cos\theta$
c) $i\,l\,B\,tg\,\theta$

$\vec{F}_m = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$ Fuerza de un campo magnético uniforme sobre una corriente eléctrica

El módulo: $\boxed{F_m = I \cdot l \cdot B \cdot \text{sen}\ \theta}$

IV. Si se **acerca** de pronto el **polo norte** de un **imán** al plano de una **espira sin corriente**, se produce en ésta:

a) **f.e.m. inducida** en **sentido horario**.
b) **f.e.m. inducida** en **sentido antihorario**.
c) **Ninguna f.e.m.** porque la espira inicialmente **no posee corriente**.