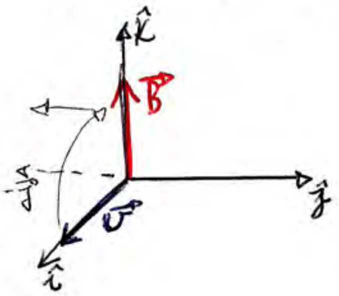
RCICIOS DEL LIBRO

# T. 4. MAGNETISMO

1. Determinar la fuerza, ~~con la que~~ se mueve un protón $\bar{v} = 4\times10^{6}\ \hat{i}$ en un campo magnético, $\bar{B} = 2.0\ T\ \hat{k}$, que actúa sobre el protón.



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

$$F_m = 1'6\cdot10^{-19}\ C\cdot 4\cdot10^{6}\ m/s \times 2.0\ T$$

$$\boxed{F_m = -1'28\cdot10^{-12}\ N\ \vec{j}}$$

→ El sentido negativo se obtiene con la regla de la mano derecha.

2. Partículas cargadas se mueven bajo la acción de un campo magnético y otro eléctrico que se contrarrestan para que la trayectoria sea rectilínea. Dado un campo magnético de módulo Bo y partículas de carga q: a) Orientación del campo eléctrico para que se cumpla la trayectoria rectilínea. b ¿Velocidad de la partícula?

- Misma dirección que el magnético y de sentido opuesto

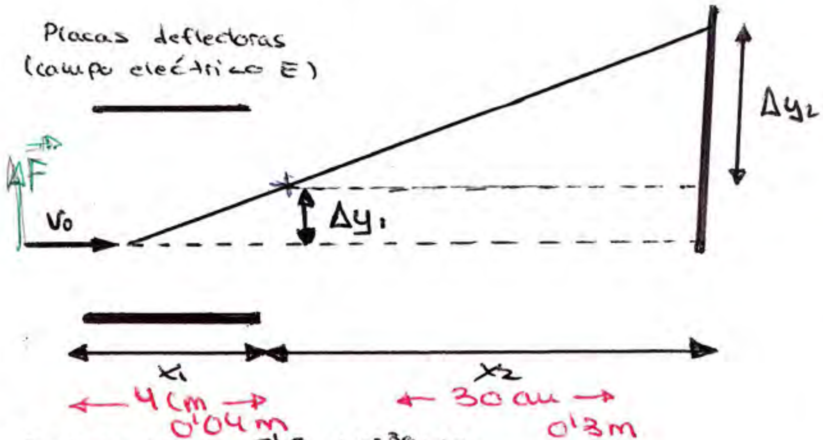
$$|F_m| = |F_e|$$

$$\cancel{q}\cdot v\times\vec{B} = \cancel{q}\cdot\vec{E} \longrightarrow \boxed{v = E_0/B_0}$$

c) ¿Qué pasará si la velocidad es mayor que la del apartado anterior? ¿Y menor?

- Para una velocidad mayor, mayor campo eléctrico y menor campo magnético y la trayectoria deja de ser rectilínea. Para velocidad menor pasa al contrario, menor campo eléctrico y mayor campo magnético.

3. Un haz de electrones pasa sin desviarse por las placas del aparato Thomson cuando $\vec{E} = 6000\ V/m$ y existe $\vec{B} = 1'4 \cdot 10^{-4}\ T$ cruzado. a) Determinar la velocidad de los vectores.




DATO: $m_e = 0'9 \cdot 10^{-30}\ kg$

Como el haz de electrones no se desvía, quiere decir que tanto el campo magnético, como el eléctrico se han compensado. Por lo tanto:

$F_e = F_m$

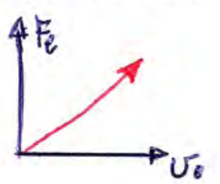
$qE = q\,v \times B$

$v = \dfrac{E}{B} = \dfrac{6000}{1'4 \cdot 10^{-4}} = \boxed{4.28 \cdot 10^{7}\ m/s}$

Una vez fijada la velocidad se interrumpe $\vec{B}$ y la trayectoria de las partículas se desvía. Calcula la desviación sobre la pantalla ($\Delta y_1 + \Delta y_2$)

ENTRE LAS PLACAS DEL CONDENSADOR

Cuando eliminamos $\vec{B}$ el haz se mueve bajo la acción de $F_e$ perpendicular ($\perp$) a la $v_0$.




• Ecuación del movimiento curvilíneo con a=cte

$\boxed{EN\ X}$ $a = 0$

$v = 4'28 \cdot 10^{7}$

$x = v_0 \cdot t$

$\boxed{EN\ Y}$ $a_y = \dfrac{qE}{m}$ → $F_e = q \cdot E$ → $m \cdot a = q \cdot E$

$v = a_y t$ → $v_{0y} = 0$

$y = \frac{1}{2} a_y t^2$

$$\Delta y = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} \frac{x_1^2}{v_0^2} = 0'46\ mm$$

FUERA DE LAS PLACAS DEL CONDENSADOR

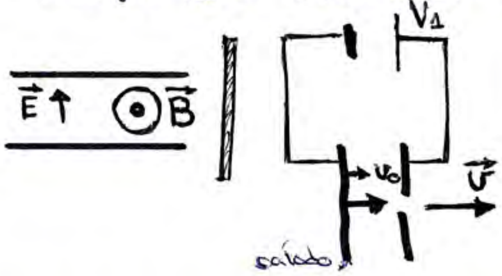
Cuando sale de las placas mantiene movimiento rectilíneo uniforme, hasta que impacta con la pantalla.

$$\Delta y_T = \Delta y_1 + \underbrace{\frac{v_y}{v_x} \cdot x_2}_{\Delta y_2} = \frac{qE}{m} \frac{x_1}{v_0^2}\left(\frac{x_1}{2} + x_2\right) = \boxed{7'45 mm}$$

* $v_y$, $v_x$ son las componentes del vector velocidad cuando abandona las placas en la posición $x = x_1$

4. a. Se ajustan los campos de modo que $\bar{E}$ y $\bar{B}$ hagan que no se desvíe el haz de la trayectoria rectilínea inicial.

Trayectoria rectilínea $\Rightarrow F_e = F_m \Rightarrow q \cdot E = q \cdot v \times B \Rightarrow \boxed{v = \frac{E}{B}}$




b) Se interrumpe el campo eléctrico E, calcula el radio R de la órbita electrónica en el campo magnético.

Al ser partículas cargadas en dirección $\perp$ a $\vec{B}$, de acuerdo con la segunda Ley de Newton $F_m = q \cdot v \times B = m \cdot a_n = m \underbrace{\frac{v^2}{R}}_{a_n}$

$$\boxed{R = \frac{mv}{q_e B}}$$

c) Calcular la relación $q_e / m$ en función de E, B y R

$v = E/B$

$$R = \frac{mv}{q_e \cdot B} \Rightarrow \frac{q_e}{m} = \frac{mv}{RB} \Rightarrow \boxed{\frac{q_e}{m} = \frac{mE}{RB^2}}$$

d) Calcular la velocidad v de los electrones cuando pasan por la rendija si su $v_0 = v_0$ en el cátodo.

La energía mecánica se conserva

$$E_{c0} + E_{p0} = E_{cf} + E_{pf}$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + (-e) V_A = \frac{1}{2} m v_f^2 + (-e) V_B$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_f^2 + e(\cancel{V_A} - V_B)$$

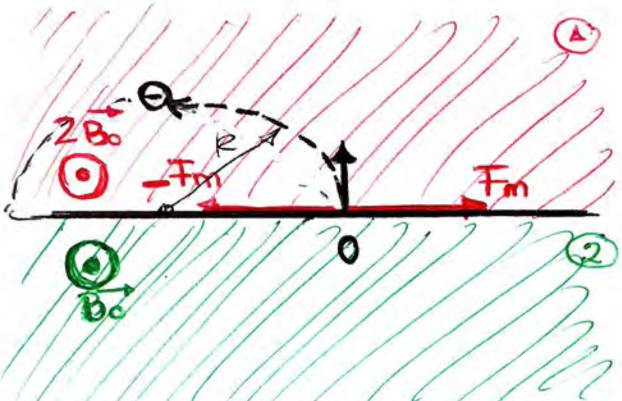
$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_f^2 + e(-V_B) = \frac{1}{2} m v^2 - eV_B$$

$$+eV_B + \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_f^2$$

$$v^2 = \frac{2eV_1 + m v_0^2}{m} = \frac{2eV_B}{m} + v_0^2$$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{2eV_B}{m} + v_0^2}}$$

5. a) Dibujar un esquema aproximado de la trayectoria que seguirá la partícula.




Al ser la velocidad perpendicular al campo magnético, con trayectoria plana circular.

b) Deducir el tiempo que tardará en salir de la región 1 y a qué distancia de O saldrá.

La trayectoria a recorrer es, obvio, una semicircunferencia. Por ello, la distancia desde el origen O hasta el punto de salida será el diámetro

$$\boxed{d = \frac{mv}{qB_0}}$$

$$\left.\begin{aligned} R_2 &= \frac{mv}{qB_0} \rightarrow B_0 = \frac{\cancel{m}\cancel{v}}{\cancel{q}R_2} \\ & \qquad\qquad\qquad \parallel \\ R_1 &= \frac{mv}{q2B_0} \rightarrow B_0 = \frac{\cancel{m}\cancel{v}}{\cancel{q}2R_1} \end{aligned}\right\rangle R_2 = 2R_1$$

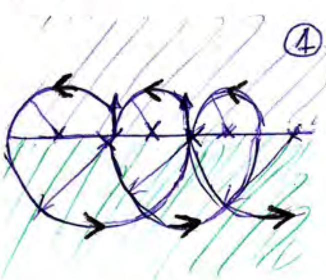
Y con las fórmulas del M.C.U

Sustituimos $\rightarrow t = \frac{\pi}{w} = \frac{\pi R_1}{v} = \boxed{\frac{\pi m}{2qB_0}}$

$\rightarrow T = \frac{2\pi}{w} \rightarrow$ Tiempo en dar media vuelta $\rightarrow \frac{\pi}{w}$

$\rightarrow w = \frac{v}{R}$

d) Calcular la velocidad media de la partícula en el trayecto comprendido entre dos entradas consecutivas en la región 1 (indicando módulo, dirección y sentido)



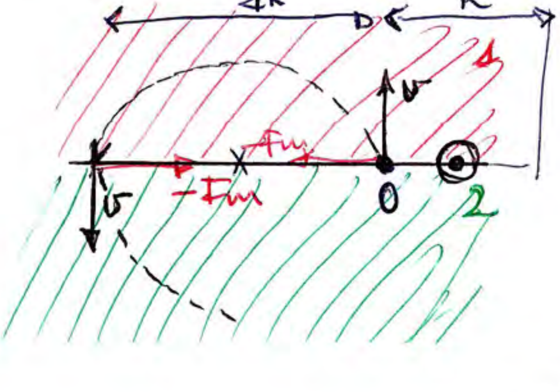

- la partícula siempre que entre en la región 1 se mueve hacia la izquierda.

Sumamos el tiempo que tarda en salir de 1 y el que tarda en volver a entrar, calculados anteriormente

$$t_T = \frac{\pi m}{2qB_0} + \frac{\pi m}{qB_0} = \frac{\pi m}{qB_0}\left(\frac{1}{2}+1\right) = \frac{3}{2}\frac{\pi m}{qB_0}$$

$$v = \frac{\pi R}{t} = \frac{2}{3}\cdot\frac{R}{\pi}\frac{qB_0}{m} \overset{=\frac{v}{R}}{=} \frac{2}{3}\cdot\frac{v}{\pi}$$

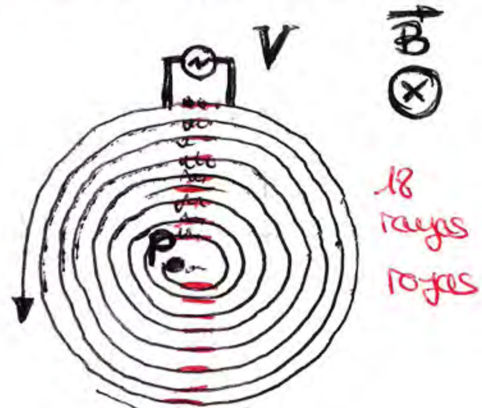
c) Cuánto tiempo tardará en volver a entrar en la zona 1 y a qué distancia del punto O.




El tiempo lo calculamos igual que en el apartado b $\rightarrow t = \frac{\pi}{w} = \frac{\pi R_2}{v} = \boxed{\frac{\pi m}{qB_0}}$

* Como la relación entre radios de la trayectoria en uno es $R_1 = R_2/2$, podemos ver a simple vista que en 1 se sitúa a $R_2$ de O y en 2 se mueve $2R_2$, es decir, $R_2$ a la derecha.

6. La figura representa la trayectoria de un protón dentro de un ciclotrón. Calcula la Ec y la $v$ de la partícula a la salida del ciclotrón, en función de $\vec{B}$, $V$, $q$ y $m$.




Al ser la trayectoria $\perp$ siempre al campo magnetico, la $E_c = cte$, no hay trabajo. Por cada vuelta completa, el ion es acelerado dos veces (osea cada vez que pasa por una rayita roja). Por lo tanto:

$$E_{c\,máx} = n \cdot q \cdot V = 18q \cdot V$$

$$E_{c\,máx} = \frac{1}{2} m v^2 = 18qV \rightarrow v = \sqrt{\frac{36qV}{m}}$$

7. Si el ciclotrón del problema anterior posee un campo de $\vec{B} = 1'5\,T$ y un radio máx $= 0'5\,m$, ¿cuál es la frecuencia del ciclotrón? Determinar la velocidad y Ec con la que emergen los protones del ciclotrón.

<u>DATOS</u>

$m_{protón} = 1'67 \cdot 10^{-27}\,kg$

$q_{protón} = 1'6 \cdot 10^{-19}\,C$

- Trayectoria $\perp$ a $\vec{B}$

$$R = \frac{mv}{q\vec{B}} \rightarrow v = \frac{RqB}{m} = \frac{0'5 \cdot 1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 1'5}{1'6 \cdot 10^{-27}}$$

$$\boxed{v = 7'2 \cdot 10^{7}\,m/s}$$

- $E_{c\,máx} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1'67 \cdot 10^{-27} \cdot (7'2 \cdot 10^{7})^2$

$$\boxed{E_{c\,máx} = 4'3 \cdot 10^{-12}\,J}$$

- $\omega = \frac{v}{R} = \frac{7'2 \cdot 10^{7}}{0'5} = \boxed{1'44 \cdot 10^{8}\,s^{-1}}$

FÓRMULAS

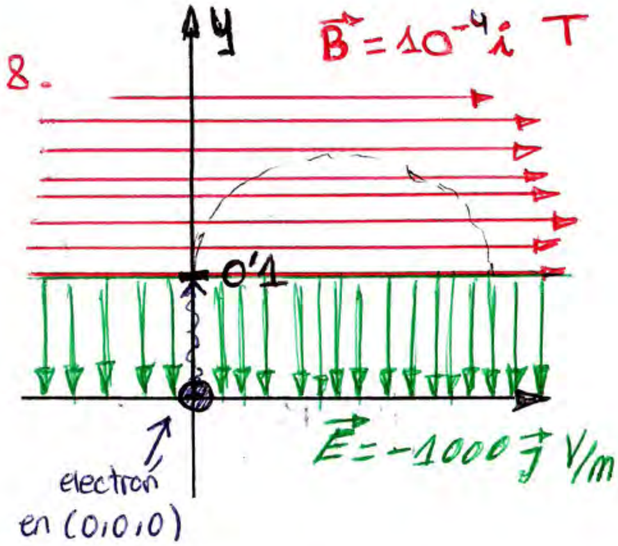
$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$\omega = \frac{v}{R} \qquad f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$E_c = nqV = \frac{1}{2} m v^2$$

Sabiendo $\omega = \frac{v}{R}$ podemos calcularlo directamente de la formula $R = \frac{mv}{qB} \rightarrow \underbrace{\frac{v}{R}}_{\omega} = \frac{qB}{m} = \frac{1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 1'5}{1'67 \cdot 10^{-27}} = 1'44 \cdot 10^{8}\,s^{-1}$

8.




a) Hallar $v_e$ en $P(0,\ 0'1,\ 0)$

$$F_e = e \cdot E = m_e \cdot a \rightarrow a = \frac{eE}{m_e}$$

$$a = 1'77 \cdot 10^{14}\ m/s^2$$

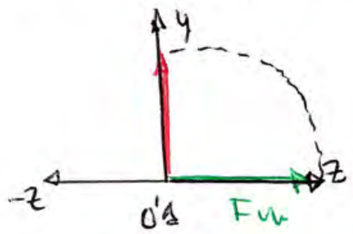
CINEMÁTICA

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

$$v = \sqrt{0 + 2 \cdot 1'77 \cdot 10^{-4} \cdot 0'1}\ \vec{j}$$

$$\boxed{v = 5'96 \cdot 10^{6}\ \vec{j}\ m/s}$$

b) Comprobar que el movimiento del electrón es periódico en el eje OY, y calcular su periodo.




Para calcular el periodo:

$$R = \frac{mv}{qB} \rightarrow \omega = \frac{v}{R} = \frac{\cancel{v} \cdot qB}{m\cancel{v}} = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \frac{2\pi}{\frac{qB}{m}} = 2'44 \cdot 10^{-7}\ ??$$

9. Calcula $\Delta V$ que se obtiene por efecto Hall en un dispositivo en el que la plancha conductora es de cobre (un electrón por átomo, densidad = $8'5 \cdot 10^{28}$ átomos/m³), anchura = $5 \cdot 10^{-3}$ m y grosor = $1 \cdot 10^{-3}$ m

$I = 20\ A$

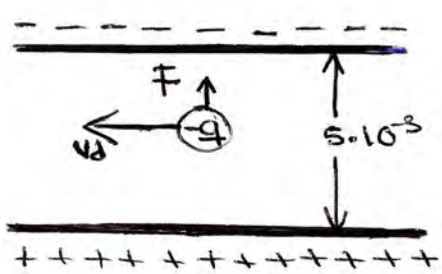
$B = 2\ T$

Diferencia entre placas del efecto hall

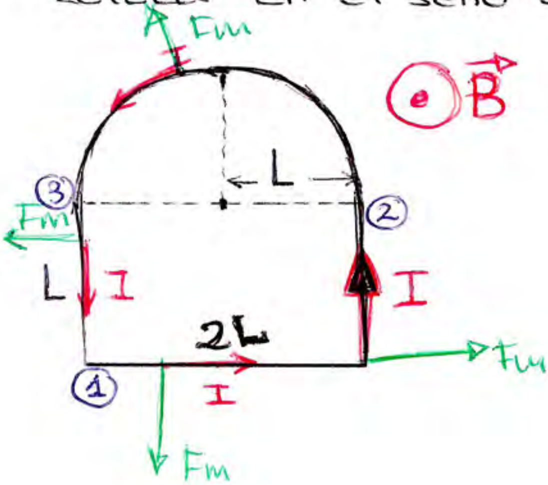
$\boxed{V = vBd}$ ← Voltaje de Hall

FÓRMULA

$$V = 2 \cdot \qquad = 3 \cdot 10^{-6}\ V$$



10. Calcular la $F_m$ ejercida sobre el circuito no deformable de la figura, por el que circula una corriente I, cuando se coloca en el seno de un campo $\vec{B}$ uniforme:




① $dF_m = I\,dl \cdot B \cdot \overset{\overset{1}{\shortparallel}}{\operatorname{sen}\underset{90}{\theta}} = I\,dl\,B$

$F = I \cdot B \int dl = \underline{I\,B\,2L}$

② y ③ se anulan por ser del mismo valor pero sentido contrario.


- las $F_{mx}$ se anulan
- $dF_m = dF_{my}$

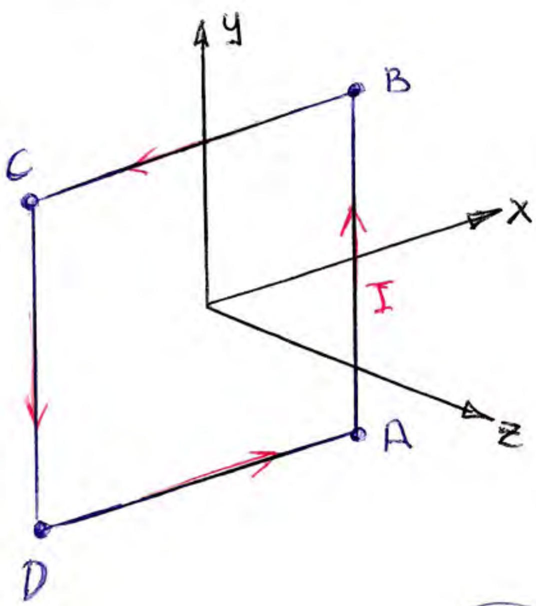
$dF_{my} = dF_m \operatorname{sen}\theta = I\,dl \cdot B \cdot \operatorname{sen}\theta$

$\boxed{dl = L\,d\theta}$

$F_m = IB \int \operatorname{sen}\theta\,dl = IBL \int_0^{\pi} \operatorname{sen}\theta\,d\theta \Rightarrow F_m = IBL\left[-\cos\theta\right]_0^{\pi} = \underline{-2IBL}$

① y ④ se contrarestan $\Rightarrow \boxed{F_m = 0}$

11. Espira rectangular cuadrada de $l = 0'4\,m$ de $I = 3A$, y $\vec{B} = 0.3\hat{\imath} + 0.4\hat{k}\ T$. a) Calcular $F_m$ sobre cada lado de la espira y el momento de torsión.




$\boxed{\text{FORMULA} \quad d\vec{F} = I \cdot dl \times \vec{B}}$

AB $\quad d\vec{F}_{AB} = I\,dl\,\hat{\jmath} \times [0'3\hat{\imath} + 0'4\hat{k}] =$

$= 3dL\,[-0'3\hat{k} + 0'4\hat{\imath}] =$

$= (0'9\hat{k} + 1'2\hat{\imath})\,\overset{0'4}{dl} \Rightarrow$

$\boxed{\vec{F}_{AB} = -0'36\hat{k} + 0'48\hat{\imath}}$

CD $\quad \vec{F}_{CD} = -\vec{F}_{AB} = \boxed{0'36\hat{k} - 0'48\hat{\imath}}$

BC $\rightarrow d F_{BC} = I\, dl\, (-\hat{\imath}) \times [0'3\hat{\imath} + 0'4\hat{k}] = 3\, dl \cdot 0'4\hat{\jmath}$

$$\vec{F}_{BC} = \underset{3 \cdot 0'4}{1'2}\,(0'4\hat{\jmath}) = \boxed{0'48\hat{\jmath} = \vec{F}_{BC}}$$

DA $\quad \vec{F}_{DA} = -\vec{F}_{BC} = \boxed{-0'48\hat{\jmath} = \vec{F}_{DA}}$

MOMENTO DE TORSIÓN

$$t_1 = \begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ -0'2 & 0 & 0 \\ -0'48 & 0 & 0'36 \end{vmatrix} = 0'072\hat{\jmath}$$

$\rightarrow \overline{M} = t_1 + t_2 = 0'144\,\hat{\jmath}\ \mathrm{Nm}$

$$t_2 = \begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ 0'2 & 0 & 0 \\ 0'48 & 0 & -0'36 \end{vmatrix} = 0'072\hat{\jmath}$$

b) Momento magnético de la pieza

$$\vec{m} = \underset{I}{3} \cdot \underset{\text{Area}}{0'16}\,\hat{k} = \boxed{0'48\hat{k}\ \ \mathrm{A \cdot m^2}}$$

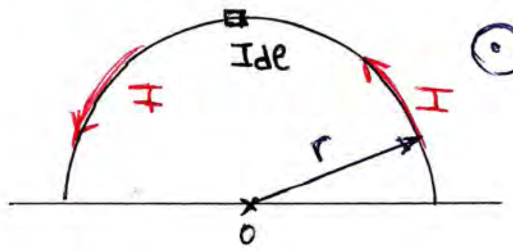
c) Comprobar que $\underset{\substack{\uparrow \\ \text{momento torsión}}}{\vec{\tau}} = \vec{m} \times \vec{B}$

$$\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B} = 0'48\hat{k} \times [0'3\hat{\imath} + 0'4\hat{\jmath}] = +0'144\hat{\jmath} = \vec{\tau}$$

d) Ep de la espira

$$\Phi = -\vec{m}\,\vec{B} = -0'48 \times [0'3\hat{\imath} + 0'4\hat{\jmath}] = \boxed{-0'192\ \mathrm{J}}$$

12. Una corriente de 10 A fluye por un alambre semicircular de $r = 0'05$ m. Calcular $\vec{B}$ en el centro.




FÓRMULA BIOT Y SAVART

$$\boxed{dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I\,dl \times \hat{r}}{r^2}} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r^2} \int_{\text{alambre}} dl$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \pi \cancel{r}}{r^{\cancel{2}}} = 10^{-7} \cdot \frac{10 \cdot \pi}{0'05} = \boxed{6'28 \cdot 10^{-3}\ T = \vec{B}}$$

13. Un alambre de longitud L con corriente I se dobla para convertirse en un círculo o cuadrado de una sola vuelta.

a) ¿En qué caso es mayor el campo magnético?

CÍRCULO

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I\,dl}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \int dl = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^{\cancel{2}}} \cdot 2\pi \cancel{r} = \frac{\mu_0 I \cancel{2}\pi}{\cancel{2} \cdot \underbrace{2\pi r}_{L}}$$

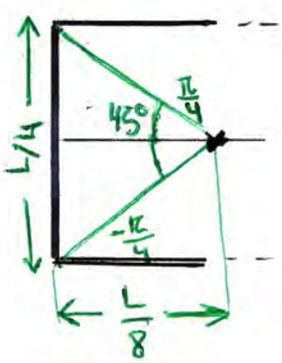
$$\boxed{B_{círculo} = \frac{\mu_0 I \pi}{L}}$$

CUADRADO

$$\cos 45 = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$B_{lado} = \int_{-\pi/4}^{\pi/4} I \cos\theta \cdot {}^{L}/_{8} \cdot \frac{d\theta}{\cos^2\theta} = \int_{-\pi/4}^{\pi/4} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{8I\cos\theta\, d\theta}{L} = \frac{\mu_0\, 8I}{4\pi L}\sqrt{2}$$

$$\boxed{B_{centro} = 4B_{lado} = 8\sqrt{2}\mu_0 I = \frac{8\sqrt{2}\,\mu_0 I}{\pi L} \quad \text{y hacia dentro}}$$

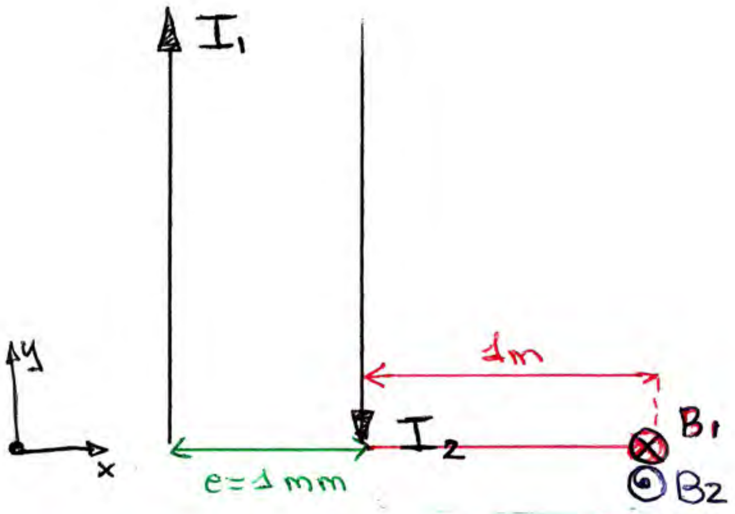



- $B_{cuadrado} > B_{círculo}$

b) ¿Cuál es el cociente $B_{max}/B_{min}$?

$$\frac{B_{max}}{B_{min}} = 1'15 = \frac{B_{cuadrado}}{B_{círculo}} = \frac{\frac{\cancel{\mu_0}\cancel{I}\,8\sqrt{2}}{\pi \cancel{L}}}{\frac{\cancel{\mu_0}\cancel{I}\,\pi}{\cancel{L}}} = \frac{8\sqrt{2}}{\pi^2} = 1'146$$

14. Calcula el cociente entre el campo magnético creado por el conjunto de ambas corrientes y el que crearía una de ellas a $d = 1\,m$ de una cualquiera de ellas y en el plano que las contiene.




$$\vec{B}_T = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = (B_2 - B_1)\hat{k}$$

$$\vec{B} = \hat{k}\left[\overbrace{\frac{\mu_0 I}{2\pi(d-e)}}^{B_2} - \overbrace{\frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi d}}^{B_1}\right] =$$

$$= \hat{k}\,\mu_0 I\left(\frac{d-(d-e)}{2\pi(d-e)\cdot d}\right) \Rightarrow$$

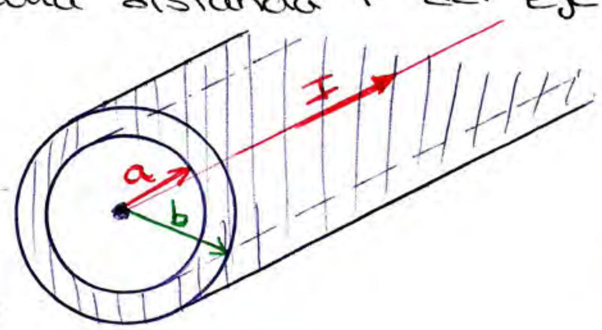
$$\Rightarrow \boxed{\vec{B} = \hat{k}\,\mu_0 I\,\frac{e}{2\pi d(d-e)}}$$

CREADO POR AMBAS

*si $e <<< d$ $\quad \vec{B} = \underbrace{\frac{\mu_0 I}{2\pi d}}_{B_1}\cdot\frac{e}{d} = e/d \cdot B_1\hat{k} \rightarrow e/d = 10^{-3}/1 = 0'001$

15. Un tubo de radios $a$ y $b$ por el que corre una intensidad $I$ a lo largo suyo. Demostrar que $\vec{B}$ dentro del tubo, a una distancia $r$ del eje vale:

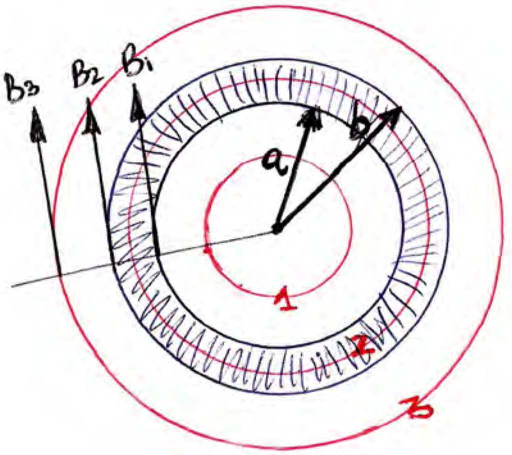
$$\frac{\mu_0 I(r^2-a^2)}{2\pi r(b^2-a^2)} \qquad a \le r \le b$$




HILO INFINITO NO DELGADO

Vamos a aproximar que el hilo es infinito. Utilizando el teorema de Ampère se resuelve fácilmente:

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \cdot I_{enc}$$




A continuación tomamos circunferencias auxiliares de radio $r$:

$\boxed{r > b}$ $\oint \vec{B}\, d\vec{\ell} = \mu_0 \cdot I_{encerrada} = \mu_0 \cdot I$

de toda la circunferencia $\rightarrow B \cdot 2\pi r = \mu_0 \cdot I \Rightarrow \boxed{B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}}$ Como si fuese un hilo ideal infinito

$\boxed{r < a}$ $\oint \vec{B}\, d\vec{\ell} = B \cdot 2\pi r = \mu_0 \cdot \cancel{I_{enc}}^{\,0} \Rightarrow \boxed{\vec{B} = 0}$

* Con los mismos razonamientos que antes

$\boxed{a < r < b}$ Hilo completo $\Rightarrow$ sección: $\pi\,(b^2 - a^2)$ $\quad \pi b^2 - \pi a^2$

Para $I \Rightarrow \vec{J} = \dfrac{I}{\pi\,(b^2-a^2)}$ $\downarrow$ $\boxed{I = JS}$

Dentro del camino de Ampere un Area $= \pi\,(r^2 - a^2)$

$$\left( I_{enc} = I \cdot \frac{S'}{S} = I \cdot \frac{\cancel{\pi}\,(r^2-a^2)}{\cancel{\pi}\,(b^2-a^2)} \right)$$

$$\oint \vec{B}\, d\vec{\ell} = B\, 2\pi r = \mu_0\, I_{enc}$$

$$B = \frac{\mu_0\, I_{enc}}{2\pi r} \Rightarrow \boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \cdot \frac{r^2-a^2}{b^2-a^2}} \quad \forall\, r \,/\, a<r<b$$

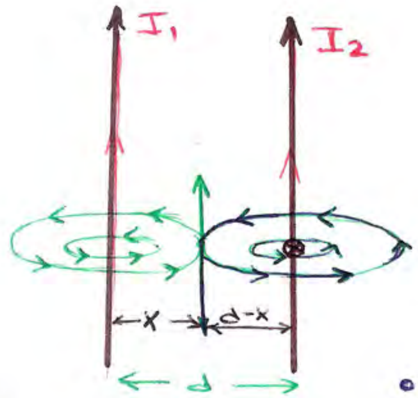
• NOTA: Se puede ver que el teorema de Ampére se asemeja al de Gauss.

$$\vec{B} \begin{cases} r<a \longrightarrow \vec{B} = 0\,\hat{\imath} \\ a<r<b \longrightarrow \vec{B} = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} \cdot \dfrac{(r^2-a^2)}{(b^2-a^2)}\,\hat{n} \\ b<r \longrightarrow \vec{B} = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}\,\hat{n} \end{cases}$$

$$\vec{I}_{\text{CORTADA}} \begin{cases} r<a \longrightarrow I(r) = 0 \\ a<r<b \longrightarrow I(r) = I \cdot \dfrac{r^2-a^2}{b^2-a^2} \\ b<r \longrightarrow I(r) = I \end{cases}$$

16. Calcular la fuerza magnética por unidad de longitud entre dos conductores rectilíneos, indefinidos y paralelos cuando están recorridos por por corrientes estacionarias del mismo sentido e intensidades $I_1$ e $I_2$.

LEY DE BIOT Y SABAT




$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int \frac{I\,d\vec{l} \times \vec{r}}{r^2}$$

$$\begin{cases} B_1 = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi x} \\ B_2 = \dfrac{\mu_0 I_2}{2\pi (d-x)} \end{cases}$$

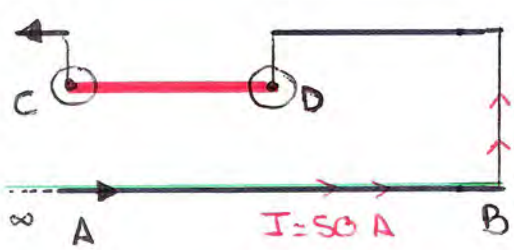
• $B_1$ en la posición de $I_2 \rightarrow B_1 = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$ ← Campo magnético 1 en el hilo 2, hacia dentro

Fuerza que ejerce $I_1$ sobre $I_2$

$$F_{m_{1\to 2}} = \int I_2 \,|d\vec{l} \times \vec{B}_1| = I_2 \int dl\, B_1 \sin 90 = I_2 \cdot \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} L$$

$$\boxed{\frac{F_{m_{1\to 2}}}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}}$$

17. Considerando AB infinito. Calcular la altura en la que el alambre CD quedará en equilibrio a causa de la Fm debida a la corriente que circula por A-B




$$F_m = m \cdot g$$

$$dF_m = I \cdot d\vec{l} \times \vec{B} \rightarrow dF_m = I B\, dl$$

$$F_m = I \cdot B \cdot \overline{DC} \Rightarrow F_m = I \cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi h} \cdot \overline{DC}$$

$$\boxed{F_m = \frac{I^2 \cdot \mu_0}{2\pi h} DC}$$

CD = 1 m

AB = ∞

$\rho_{CD} = 5 \cdot 10^{-3}$ kg/m

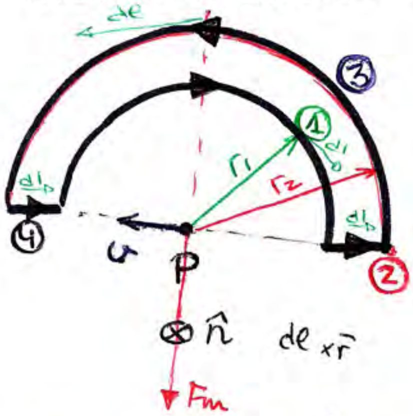
$$\rho_{CD} = \frac{dm}{dl} \Rightarrow dm = \rho_l \cdot dl \Rightarrow M = \rho_l \cdot L = \rho_l \cdot DC$$

$$\boxed{F_m = m \cdot g} \rightarrow \frac{I^2 \cdot \mu_0}{2\pi h} \cancel{CD} = \rho_l \cdot \cancel{DC} \cdot g$$

$$h = \frac{I^2 \cdot \mu_0}{2\pi \rho_l g} = \frac{10^2\, 4\cancel{\pi}\, 10^{-7}}{2\cancel{\pi} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10} \rightarrow \boxed{h = 10^{-2} m = 1 \text{ cm}}$$

← para que quede h = 1'02 usar g = 9'8 m·s⁻²

18. Utiliza la ley de Biot y Savart para calcular $\vec{B}$ en el punto P en en centro de las circunferencias de radios $r_1 = 5\cdot10^{-2}$ m y $r_2 = 8\cdot10^{-2}$ m mientras circula una corriente de 2A:




$$\underline{dB_2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl \times \vec{r}}{r^2} = \boxed{0} = \underline{dB_4} \leftarrow \text{Por ser paralelos a I}$$

$$\underline{dB_1} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{\vec{dl_1} \cdot \hat{r_n}}{r_1^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl_1 \cdot 1 \cdot \text{sen}\,\pi/2}{r_1^2}\,\hat{n}$$

$$\vec{B_1} = \int_{hilo} \vec{dB_1} = \int_{hilo} \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl_1}{r_1{}^2}\,\hat{n}$$

$$\vec{B_1} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{\hat{n}}{r_1^2} \underbrace{\int_{hilo} dl_1}_{2\pi r_1 \to \text{mitad} = \pi r_1} = \frac{\mu_0 I}{4\cancel{\pi} r_1{}^2}\,\hat{n}\,\cancel{\pi} r_1 \Rightarrow \boxed{\vec{B_1} = \frac{\mu_0 I}{4 r_1}\,\hat{n}}$$

$$\boxed{\underline{\vec{B_3}} = - \frac{\mu_0 I}{4 r_2}\,\hat{n}}$$

por tener intensidad en sentido contrario a $\hat{n}$

$$\Rightarrow \vec{B_T} = \vec{B_1} + \cancel{\vec{B_2}}^{\,0} + \vec{B_3} + \cancel{\vec{B_4}}^{\,0}$$

$$\vec{B_T} = \frac{\mu_0 I}{4}\,\hat{n}\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right]$$

$$\vec{B}_{TOTAL} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4 r_1 r_2}(r_2 - r_1)\,\hat{n}$$

- Hay que tener en cuenta la longitud y la distancia, pero en este caso gana la distancia, y solo se le tiene en cuenta a ella.

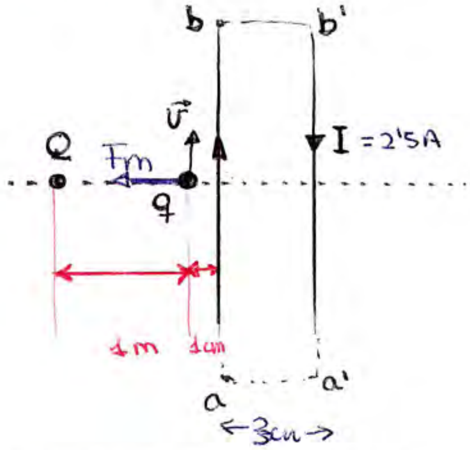
$$\vec{B} = \frac{10^{-7}\cdot 2}{4\cdot5\cdot10^{-2}\cdot8\cdot10^{-2}}(0'08 - 0'05) = 3'75\cdot\mu_0 \Rightarrow \boxed{\vec{B} = 4'7\cdot10^{-6}\ T}$$

En cierto instante una carga puntual positiva de 2nC situada en P tiene velocidad de $2\cdot10^3\ m\cdot s^{-1}$ hacia la izquierda. Encontrar la Fm sobre la carga.

$$Fm = q\cdot v \times \vec{B} = 2\cdot10^{-9}\cdot 2\cdot10^{3}\cdot 4'7\cdot10^{-6} = \underline{1'88\cdot10^{-11}\ N}$$

- Como la velocidad es hacia la izquierda y el campo magnético hacia dentro, con la regla de la mano derecha, vemos que Fm esta dirigida <u>hacia abajo</u>

19. Calcular el valor de Q para que la fuerza sobre la carga q sea nula, siendo $I = 2'5A$ y $v = 2 m \cdot s^{-1}$




- La carga Q no tiene porque está en reposo
  $F_m = Q \cdot v \times \vec{B} = 0$
- La Fm sobre la carga q tiene que ser
  $F_m = q v \cdot B$

$\boxed{B = \mu_0 I \cdot \frac{e}{2\pi d(d-e)}}$ → FÓRMULA QUE HEMOS DEDUCIDO EN EL EJERCICIO 14 DE DOS CORRIENTES DE HILO "INFINITOS" DE MISMA I.

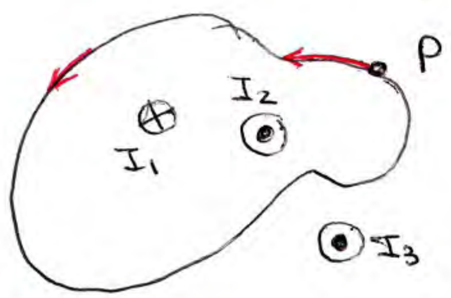
Donde 'e' es la distancia que separa ambas corrientes y d la distancia desde la corriente más lejana a la carga.

$$B = \mu_0 2'5 \cdot \frac{0'03}{2\pi \cdot 0'04(0'04-0'03)} = 3'75 \cdot 10^{-5} T \xrightarrow{\text{SUSTITUYENDO}} F_m = q \cdot v \cdot 3'75 \cdot 10^{-5} T$$

- Para que la fuerza sea nula debe compensarse con la fuerza de atracción eléctrica que existe entre ambas cargas.

$$F_e = K \frac{\cancel{q} Q}{r^2} = \cancel{q} \cdot v \cdot B = F_m \to Q = \frac{r^2 \cdot v \cdot B}{K} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3'75 \cdot 10^{-5}}{9 \cdot 10^9} = -8'33 \cdot 10^{5} C$$

21. a) Dibujar la dirección del $\vec{B}$ producido por cada conductor en el punto P.




- $\oint_c \vec{B}_1 d\vec{l} = -\mu_0 I_1$ ← negativa por tener signo opuesto I. Pero la circulación es siempre en el mismo sentido.
- $\oint_c \vec{B}_2 d\vec{l} = \mu_0 I_2$
- $\oint_c \vec{B}_3 d\vec{l} = 0$ ← no se crea campo ya que se encuentra fuera del camino cerrado. (Teoría pag. 78-79)

b. Calcular la circulación de cada campo sobre el camino cerrado y aplicar la ley de Ampere para el sistema.

Ampere dice

$$\oint_c \vec{B} d\vec{l} \to \oint_c (B_1 + B_2 + \cancel{B_3}) dl = -\mu_0 I_1 + \mu_0 I_2 = \mu (I_2 - I_1)$$

0 porque no la rodea el camino cerrado