Interacciones magnéticas

Bibliografía consultada

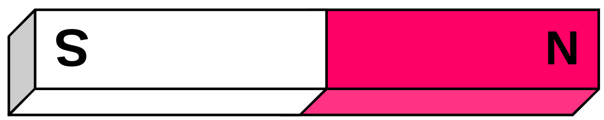
- **Sears- Zemasnky -Tomo II**
- **Fisica para Ciencia de la Ingeniería, Mckelvey**
- **Serway- Jewett --Tomo II**

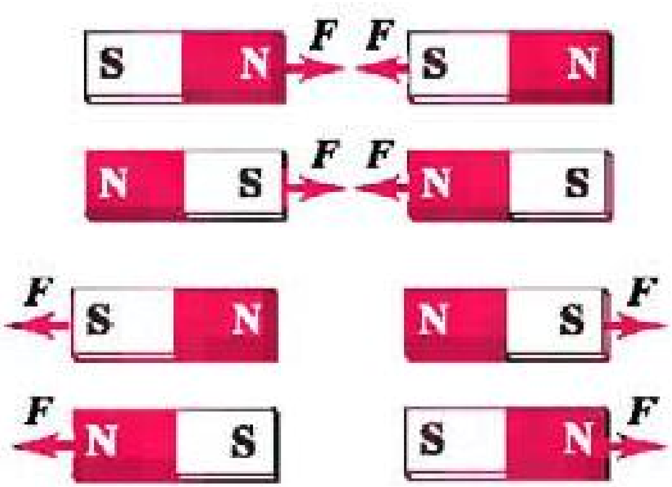
INTERACCIÓN MAGNÉTICA

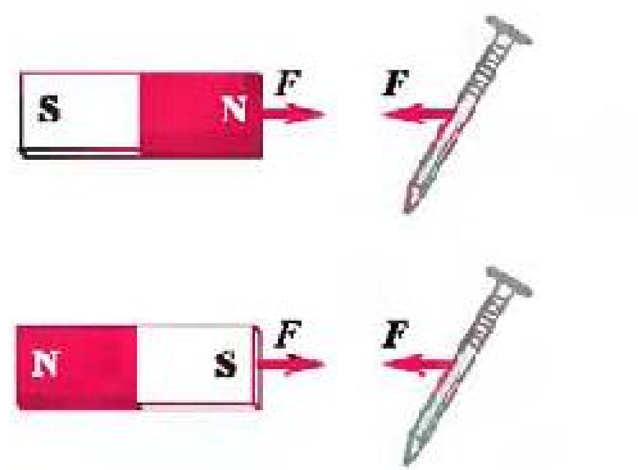
Según diferentes investigadores, la brújula se utilizaba en la china en el <u>Siglo XIII A.C</u>, siendo su invención de origen árabe o hindú

<u>800 A.C.</u> los griegos ya sabían que la magnetita (óxido salino de hierro Fe3O4) tenía la propiedad de atraer piezas de hierro.

<u>1269</u>, Maricourt descubre que una aguja en libertad en un imán esférico se orienta a lo largo de líneas que pasan por puntos extremos (polos del imán)

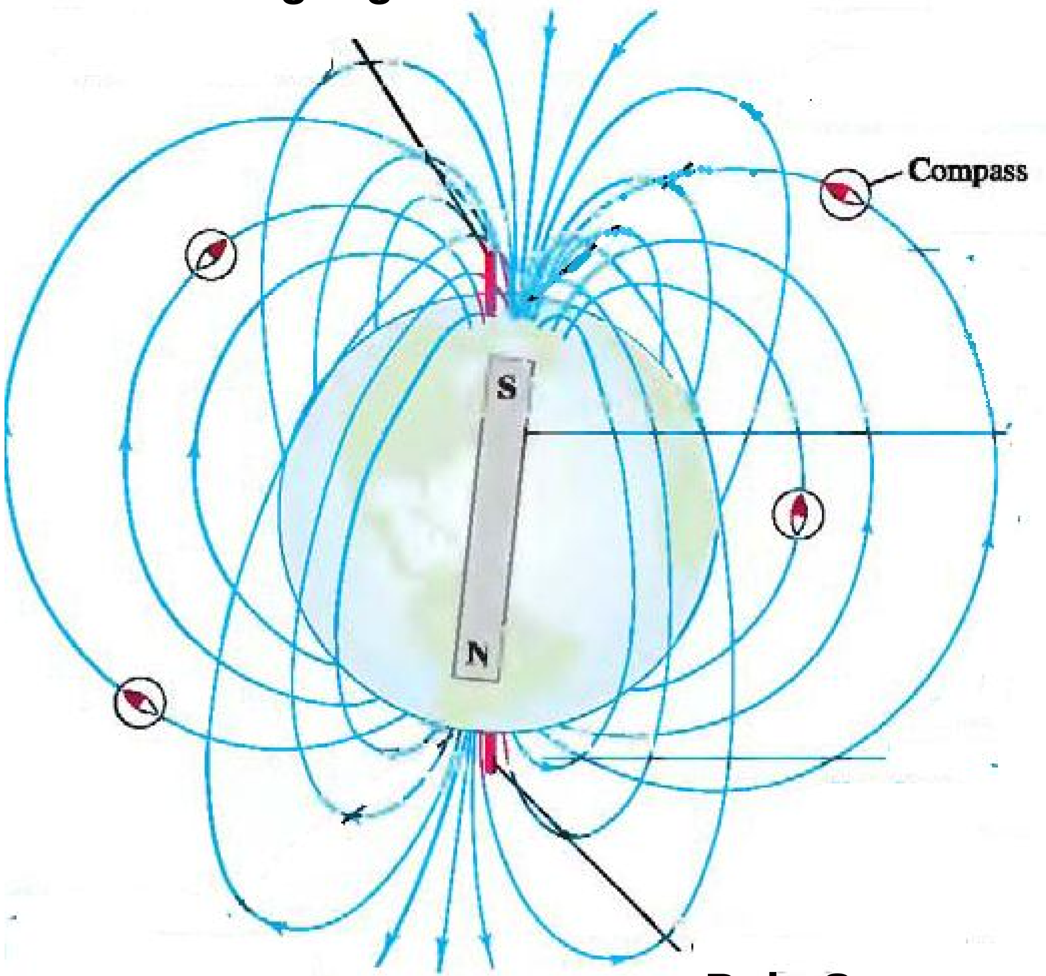






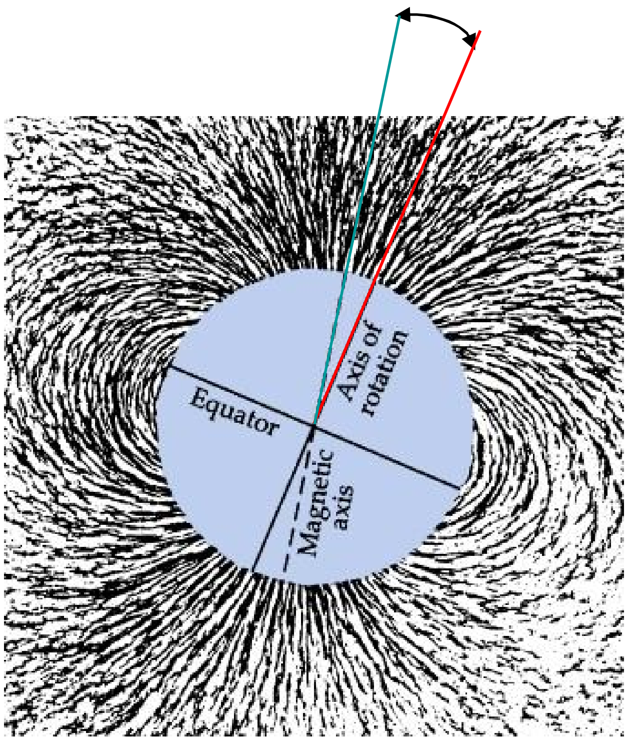
<u>1600</u>: Gilbert descubre que la Tierra es un imán natural

Polo Norte geográfico



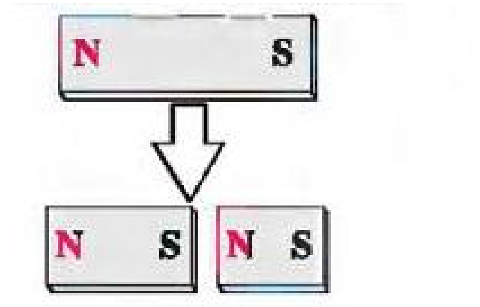
Polo Sur geográfico

Angulo de declinación magnética

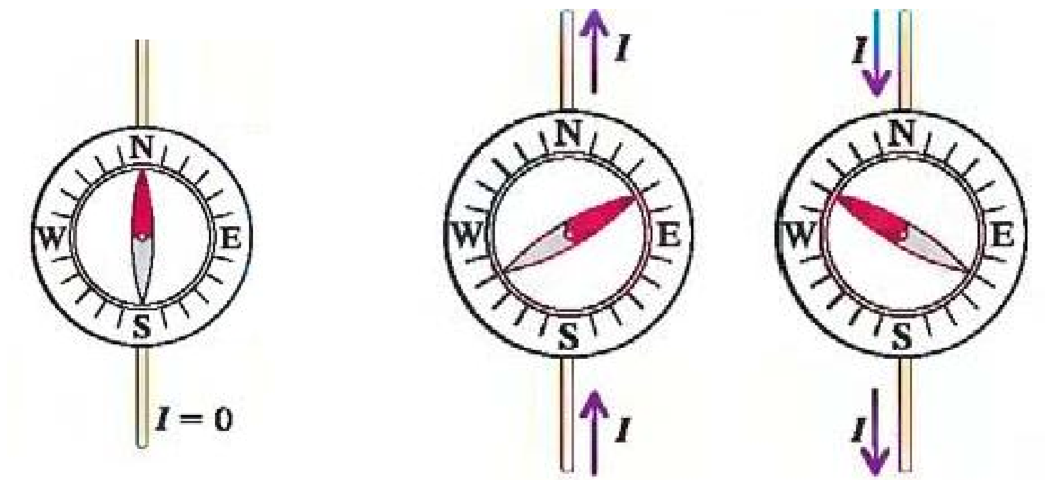


<u>1750</u>: Michell demuestra que la fuerza ejercida por un polo sobre otro es inversamente proporcional a r^2.

Al relacionar las fuerzas magnéticas con Polo Norte y Polo Sur magnético, se trató de aislar uno de los polos



<u>1820</u>: Oersted observa una relación entre electricidad y magnetismo consistente en que cuando colocaba una brújula cerca de un alambre por el que circulaba corriente, la aguja de de la brujula experimentaba una desviación.



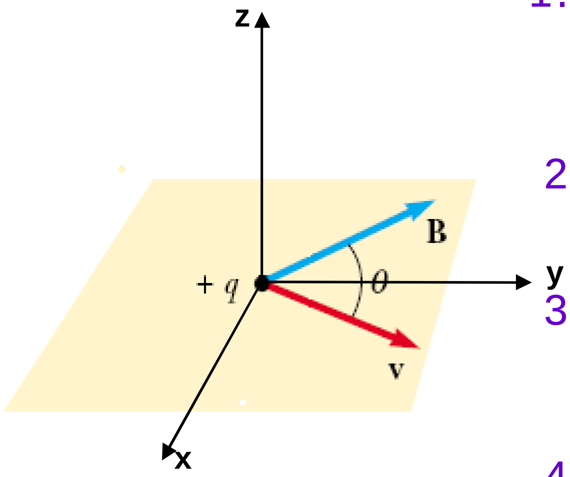
Cargas en movimiento producen un campo magnético B

Siglo XIX: Ampère propone un modelo teórico del magnetismo y define como fuente fundamental la corriente eléctrica.

1830: Faraday y Henry establecen que un campo magnético variable produce un campo eléctrico.

1860: Maxwell establece las Leyes del Electromagnetismo

Fuerza Magnética sobre una carga en movimiento



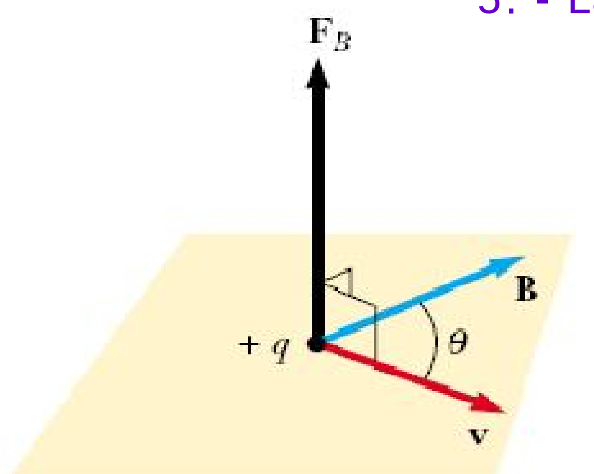
1.- El módulo de la fuerza es proporcional al valor de la carga y al módulo de la velocidad con la que se mueve.

2.- La dirección de la fuerza depende de la dirección de dicha velocidad.

3.- Si la carga tiene una velocidad a lo largo de una determinada línea de **B**, la fuerza es nula (**v** paralela a **B**).

4.- Sino estamos en el caso (3), la fuerza es perpendicular a **v** y a **B**

5. - La fuerza depende del signo de la carga.



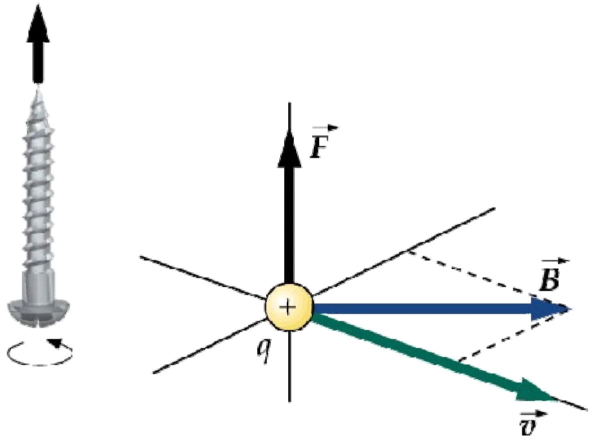
$$\boxed{\vec{F}_B = q\,\vec{v} \times \vec{B}}$$

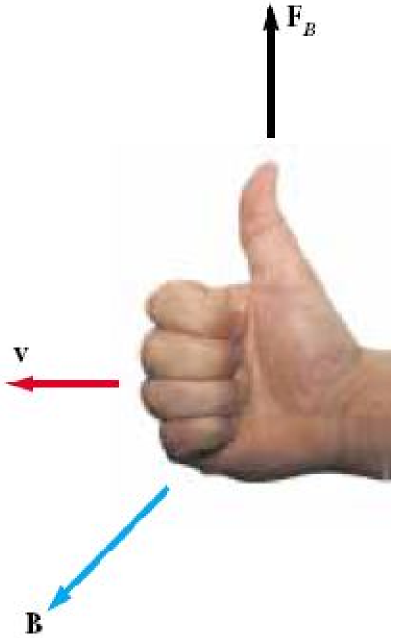
Unidades
- S.I. Tesla (T)
- C.G.S. Gauss (G)

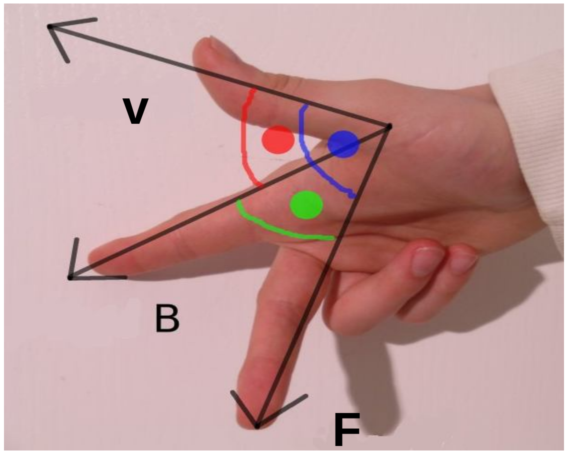
1 T = 10^4 G

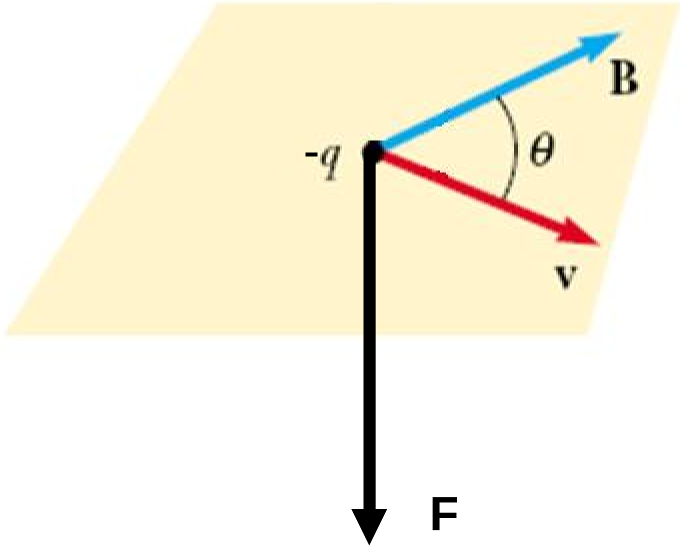
$$\boxed{T = \frac{N \quad s}{C \quad m} = \frac{N}{A \quad m}}$$

$$\boxed{\vec{F}_B = q\,\vec{v}\times\vec{B}}$$

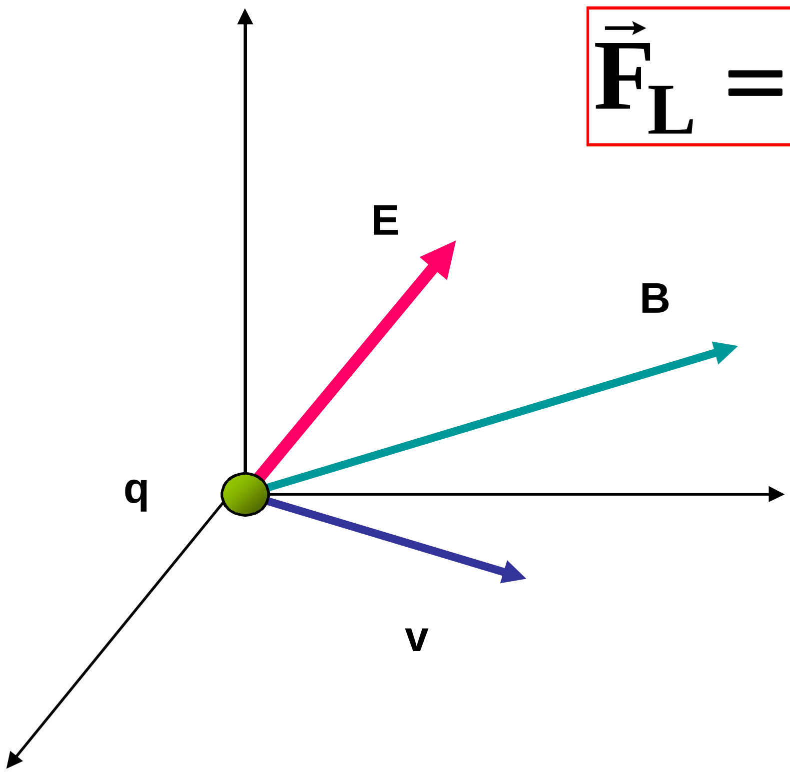








Fuerza de Lorentz sobre una carga en movimiento

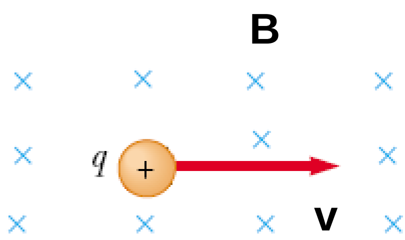


$$\boxed{\vec{F}_L = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = m\vec{a}_E + m\vec{a}_B}$$

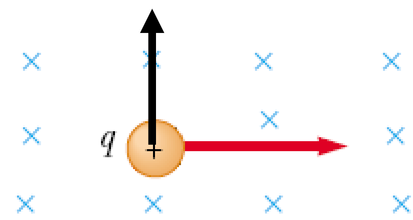
$$\vec{a}_E \,/\!/\, \vec{E}$$

$$\vec{a}_B \perp \vec{B} \, y \, \vec{v}$$

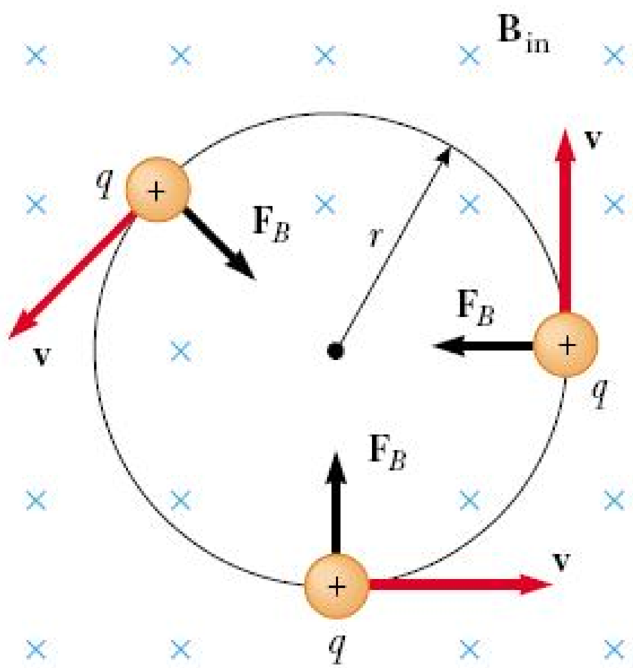
Movimiento de una particula cargada en presencia de B uniforme



$$\vec{F}_L = q\vec{E} + q\vec{v}\times\vec{B} = q\vec{v}\times\vec{B}$$



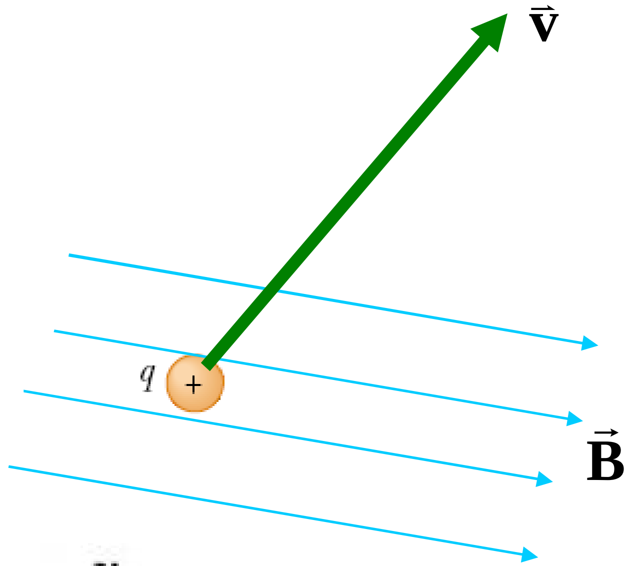
$\mathbf{v} \perp \mathbf{B} \rightarrow$ $$\left|\vec{F}_B\right| = q\,v\,B$$



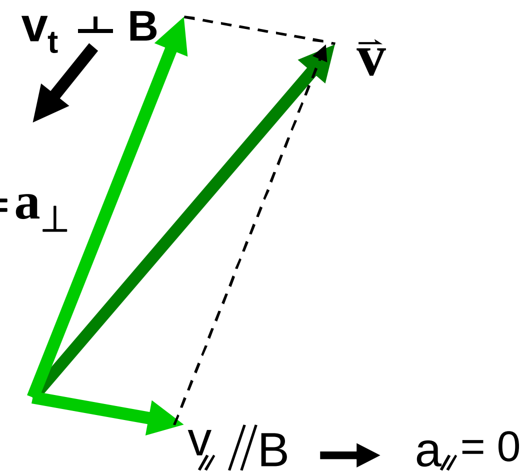
$$\left|\vec{F}_B\right| = q\,v\,B = m\,a_c = m\frac{v^2}{r} = m\,w^2 r$$

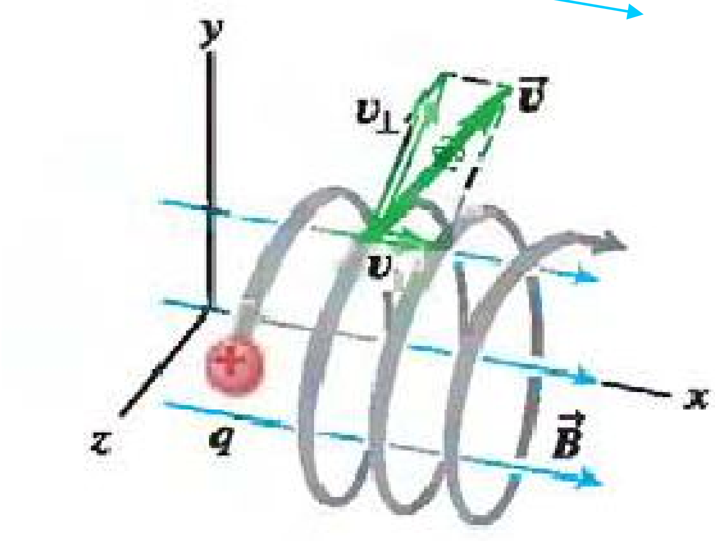
$$r = \frac{m\,v}{q\,B} \qquad w = \frac{q}{m}B$$

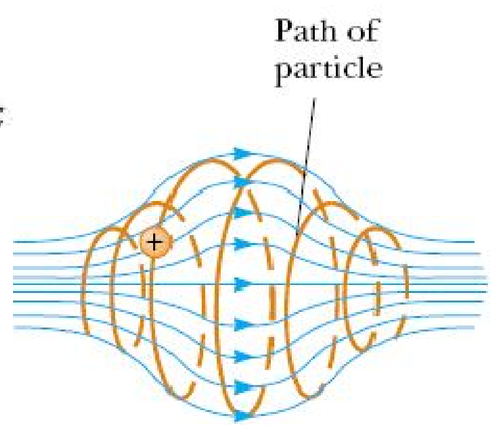
$$f = \frac{q}{2\pi m}B$$ Frecuencia de ciclotrón

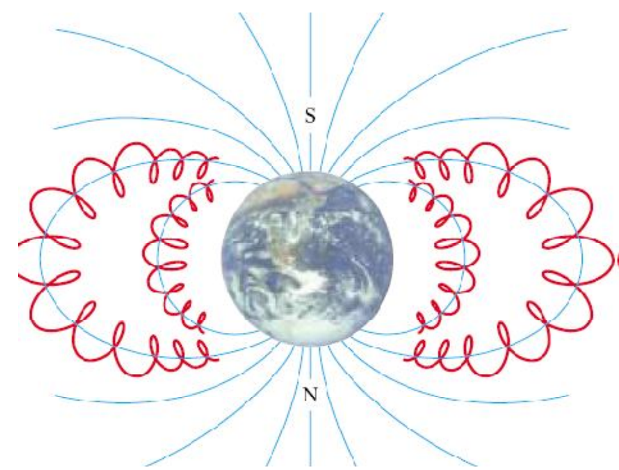


$$\frac{q}{m} v_\perp B = a_\perp$$





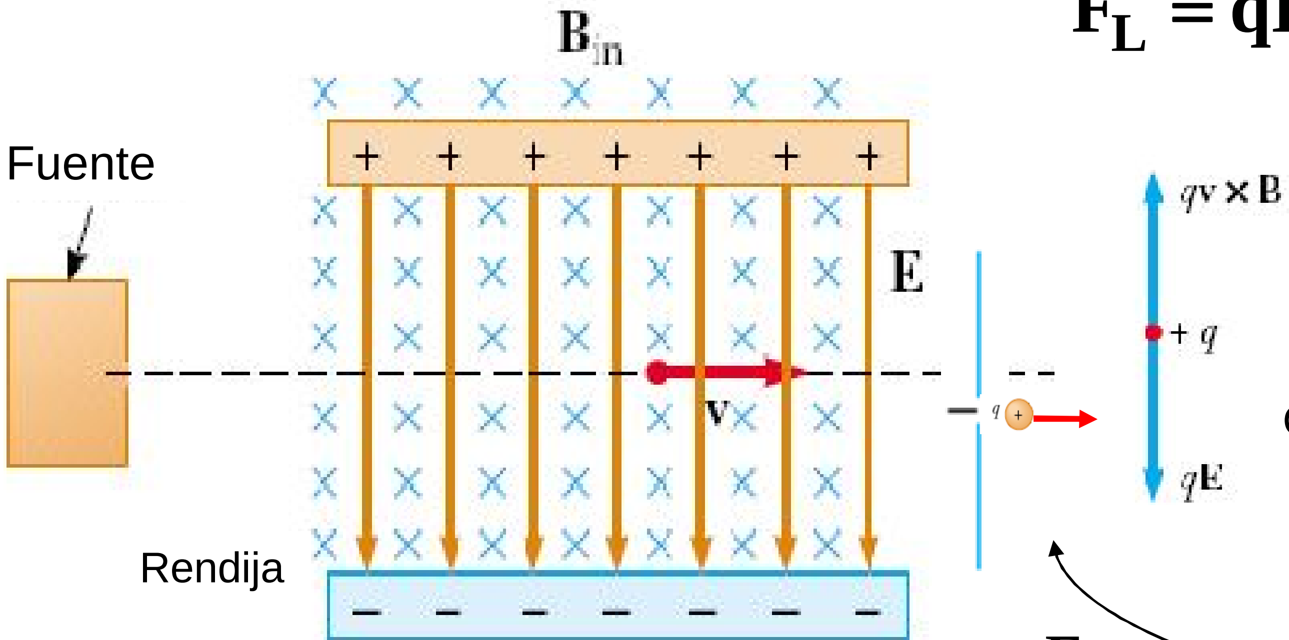




Botella de Van Allen

Selector de Velocidad

$$\vec{F}_L = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} =$$



$$\vec{F} = q\left(vB - E\right)\hat{y}$$

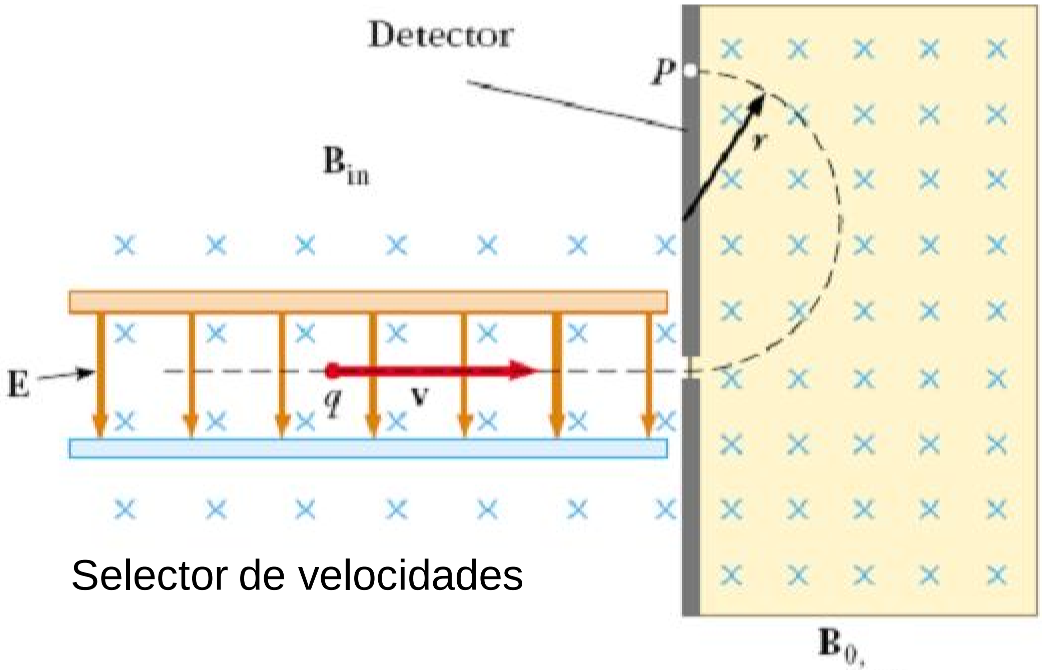
Cuando **E=v B** $\quad \vec{F} = 0$

v=cte

$$v = \frac{E}{B}$$

$$\vec{E} = -E\hat{y} \quad , \vec{B} = -B\hat{z} \quad , \vec{v} = v\hat{x}$$

Espectrografo de masas



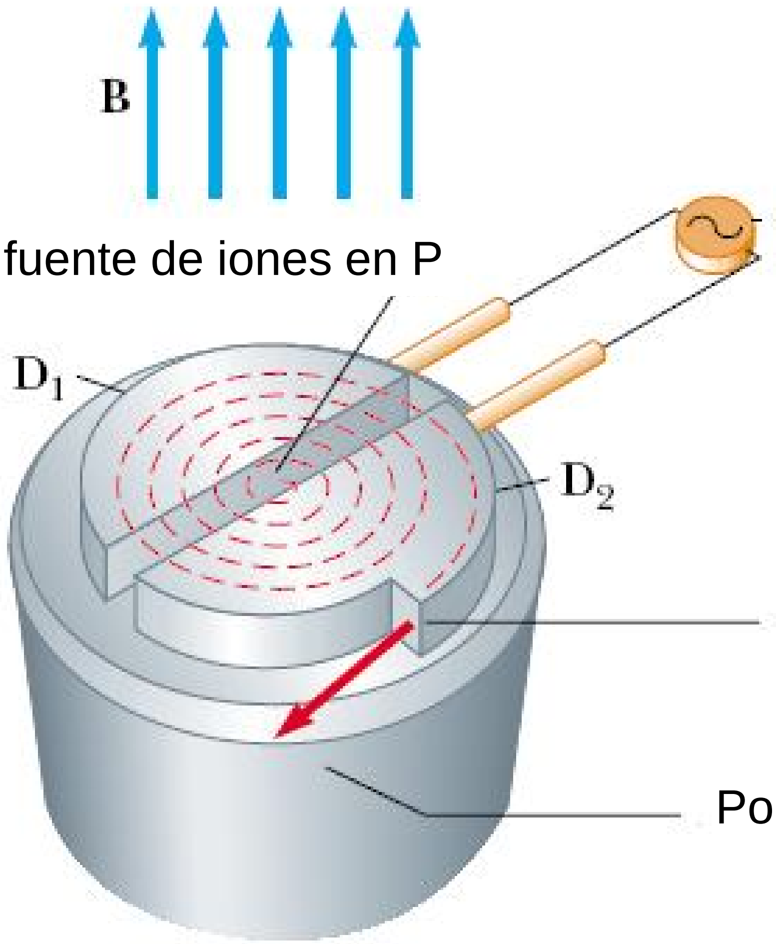
Selector de velocidades

$$v = \frac{E}{B_{in}}$$

$$r = \frac{m\,v}{q B_0} = \frac{m}{q}\frac{E}{B_{in}\,B_0}$$

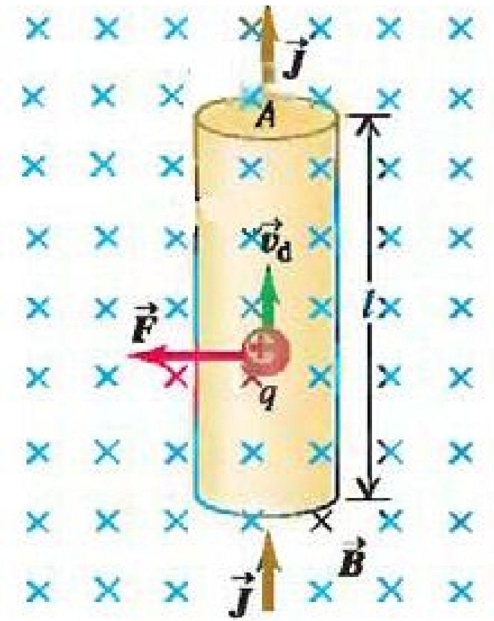
$$\boxed{\frac{m}{q} = \frac{p}{2}\frac{B_{in} B_0}{E}}$$

El Ciclotrón



$$\mathbf{f} = \frac{\mathbf{q}}{2\pi\mathbf{m}}\mathbf{B} \qquad \mathbf{T} = \frac{2\pi\mathbf{m}}{\mathbf{q}}\mathbf{B}$$

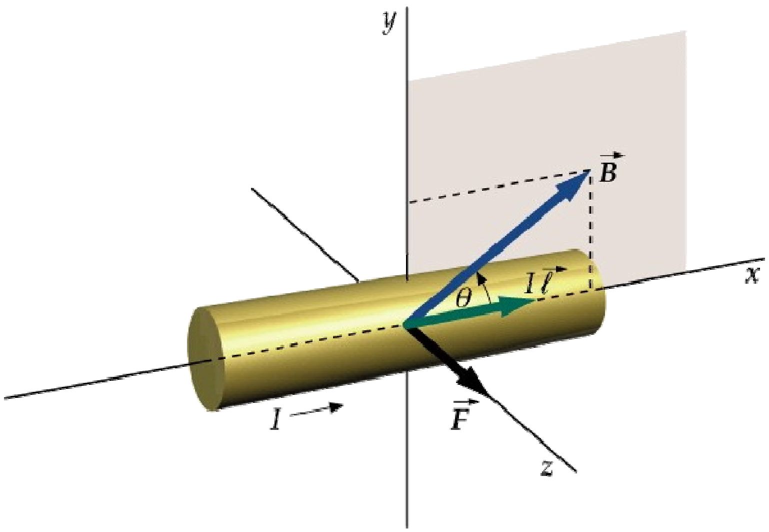
Fuerza magnética sobre un elemento de corriente



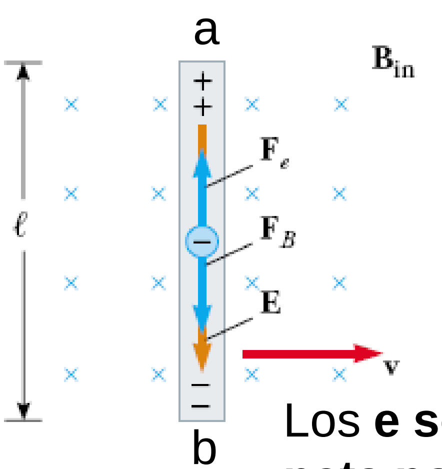
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \qquad d\vec{F} = dq\,\vec{v} \times \vec{B} \qquad I = \frac{dq}{dt}$$

$$d\vec{F} = I\,dt\,\vec{v} \times \vec{B} \qquad dt\,\vec{v} = d\vec{l}$$

$$d\vec{F} = I\,d\vec{l} \times \vec{B} \qquad \boxed{\vec{F} = \int I\,d\vec{l} \times \vec{B}}$$



Fuerza de Lorentz sobre un conductor con velocidad v



$$\vec{F}_L = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

Inicialmente **E=0**

Los **e** del conductor experimentan una fuerza igual a

$$\vec{F}_L = -e\vec{v} \times \vec{B}$$

Los **e se moverán hacia el extremo inferior, dejando una carga neta positiva en el extremo b.** ⇒ $\vec{E}$

$$\vec{F}_L = (-qE + qvB)\hat{y} = 0 \quad \Rightarrow E = vB$$

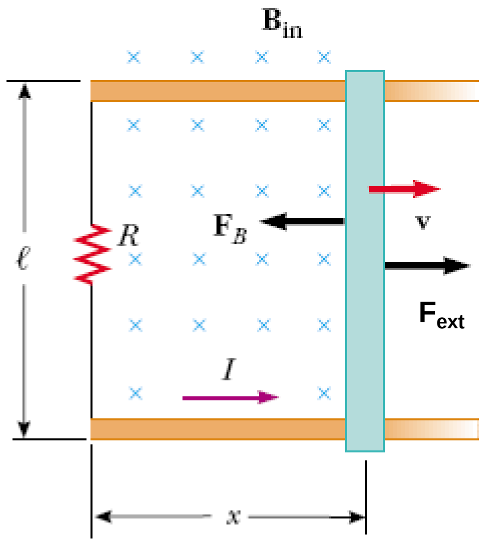
las cargas no se desplazan por el conductor ⇒ Equilibrio

Como **E=Cte, se establece una diferencia de potencial entre los extremos ab**

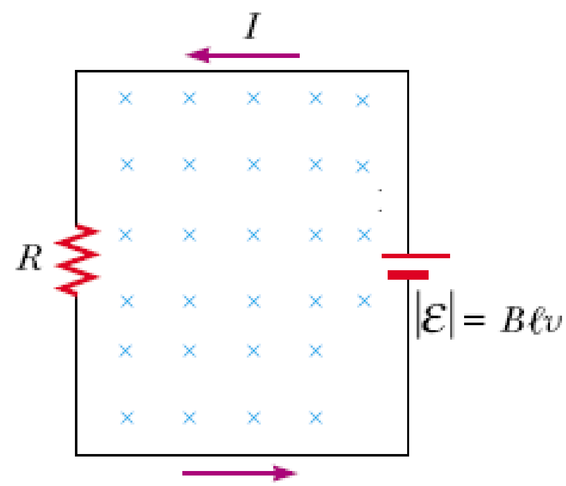
$$\Delta V = V_a - V_b = -\int_{r_a}^{r_b} \vec{E} . d\vec{l} = El = vBl = \text{fem inducida} = \varepsilon_i$$

$$V_a > V_b, \ \Delta V = \text{cte}, \text{mientras perdure el movimiento}$$

Si el conductor es parte de una trayectoria cerrada conductora, aparece una corriente eléctrica inducida



=



I en presencia de un **B** experimenta una fuerza

$$\boxed{\vec{\mathbf{F}}_{B} = \int \mathbf{I}\, d\vec{\mathbf{l}} \times \vec{\mathbf{B}} = \mathbf{IlB} = \frac{\Delta \mathbf{V}}{\mathbf{R}}\mathbf{lB} = \frac{\mathbf{Bvl}}{\mathbf{R}}\mathbf{Bl} = \frac{\mathbf{B}^2\mathbf{l}^2\mathbf{v}}{\mathbf{R}}}$$

Si la barra se desplaza con **v=cte**, su **a=0**, existe aplicada sobre ella una fuerza externa

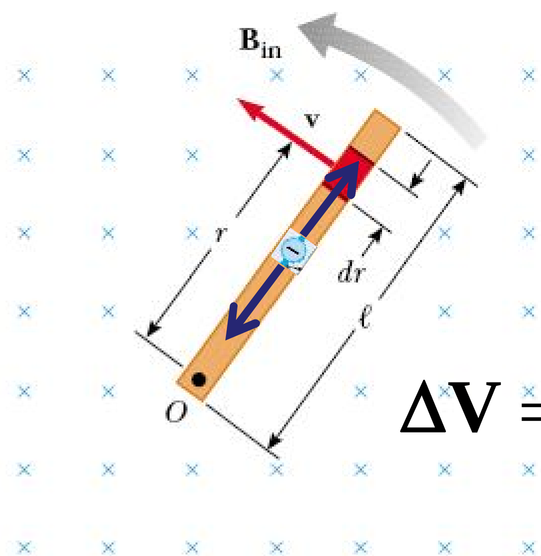
$$\boxed{\vec{\mathbf{F}}_{B} = -\vec{\mathbf{F}}_{ext}}$$

Conclusión: Sobre la barra se induce una fem por movimiento igual a

$$\boxed{\Delta V = V_a - V_b = \varepsilon_i = \oint \left(\vec{v} \times \vec{B}\right) . d\vec{l}}$$

Se volverá sobre este tema cuando analicemos la Ecuación de Faraday

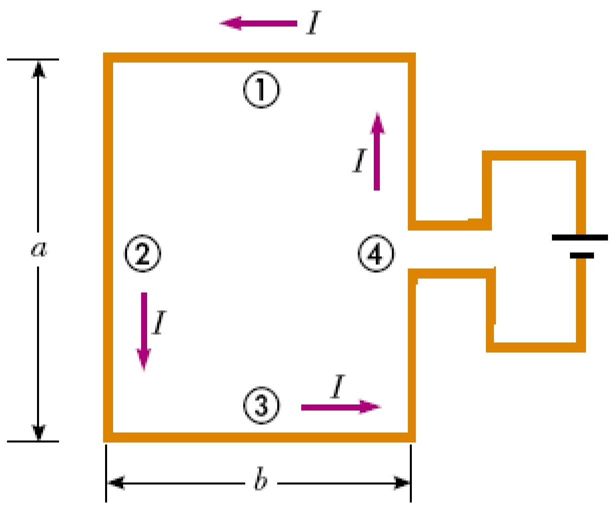
Fuerza de Lorentz sobre un barra conductora que rota



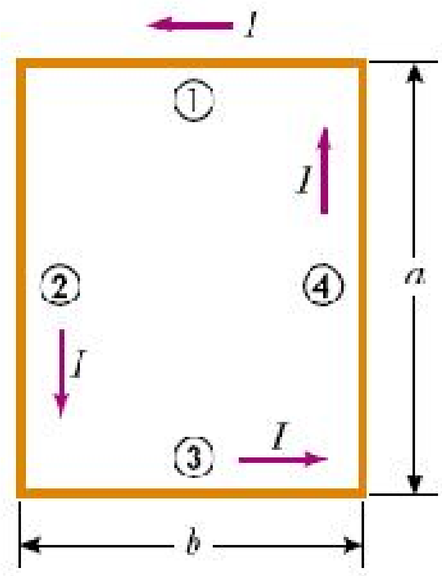
$$\vec{v} \times \vec{B} = vB\hat{r}$$

$$\Delta V = V_a - V_b = \varepsilon_i = \int vBdr = Bw\int r\,dr = Bw\frac{l^2}{2}$$

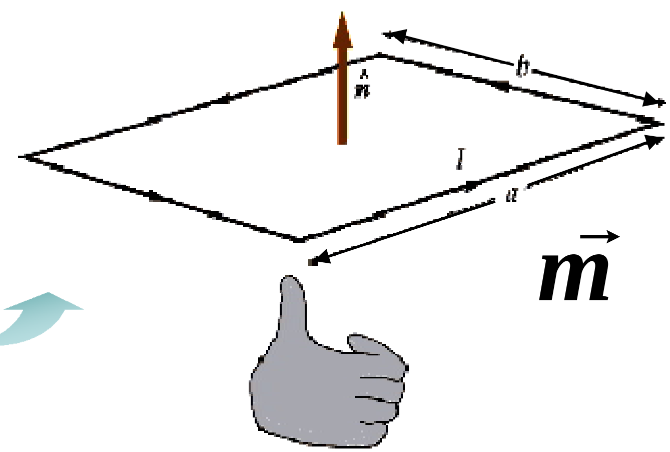
Momento de Torsión sobre una espira de corriente en un campo B uniforme



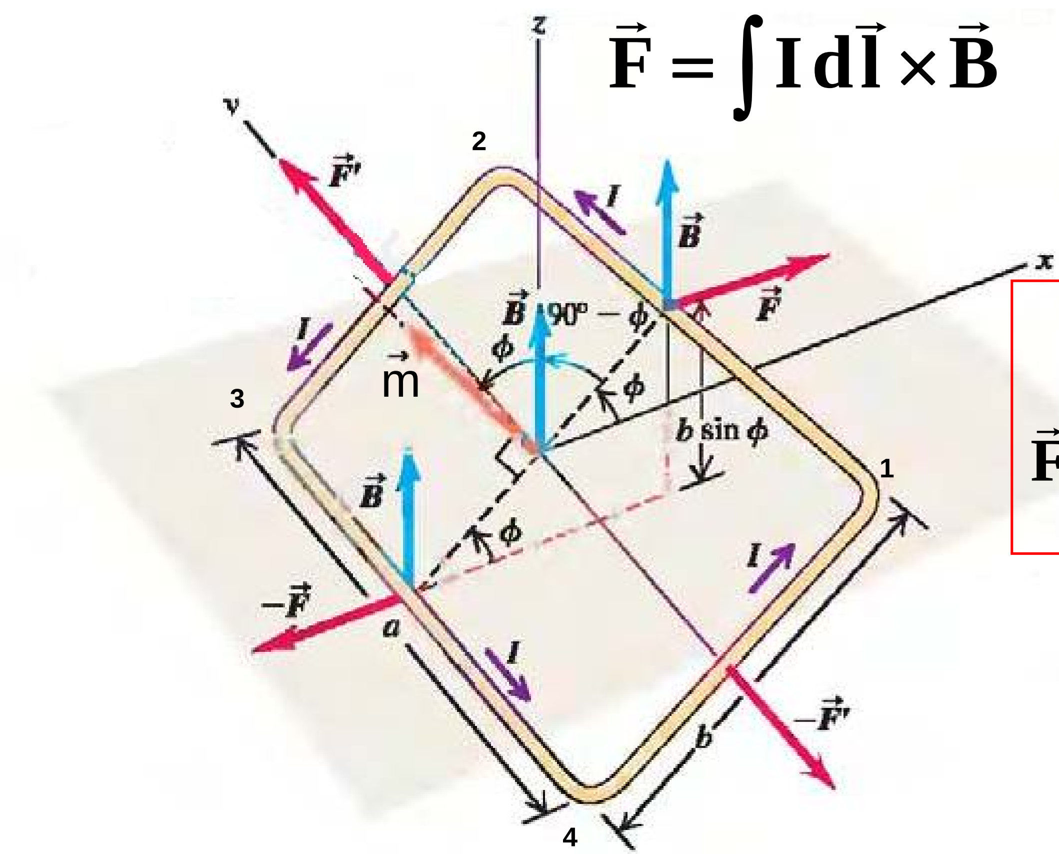
Espira



Orientación de la espira



$$\vec{m} = I \,.\, \hat{n} \,.\, A$$



$$\vec{F} = \int I\, d\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\vec{B} = B\,\hat{z}$$

$$d\vec{l}_{12} = dy\,\hat{y} \qquad , d\vec{l}_{34} = -dy\,\hat{y}$$

$$\vec{F}_{12} = \int (I\,dy\hat{y}) \times (B\hat{z}) = IBa\hat{x}$$

$$\vec{F}_{34} = \int (-I\,dy\hat{y}) \times (B\hat{z}) = -IBa\hat{x}$$

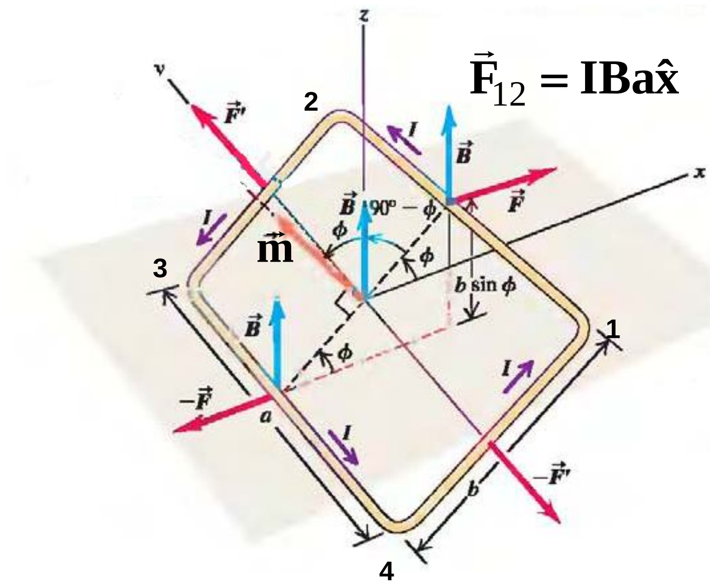
$$d\vec{l}_{23} = -\mathrm{sen}\phi\, dl\,\hat{z} - \cos\phi\, dl\,\hat{x}$$

$$d\vec{l}_{41} = +\mathrm{sen}\phi\, dl\,\hat{z} + \cos\phi\, dl\,\hat{x}$$

$$d\vec{l}_{23} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ 0 & 0 & B \\ -\cos\phi\, dl & 0 & -\mathrm{sen}\phi\, dl \end{vmatrix} = B\cos\phi\, dl\,\hat{y}$$

$$\vec{F}_{23} = I\,B\,b\cos\phi\,\hat{y}$$

$$\vec{F}_{41} = -I\,B\,b\cos\phi\,\hat{y}$$



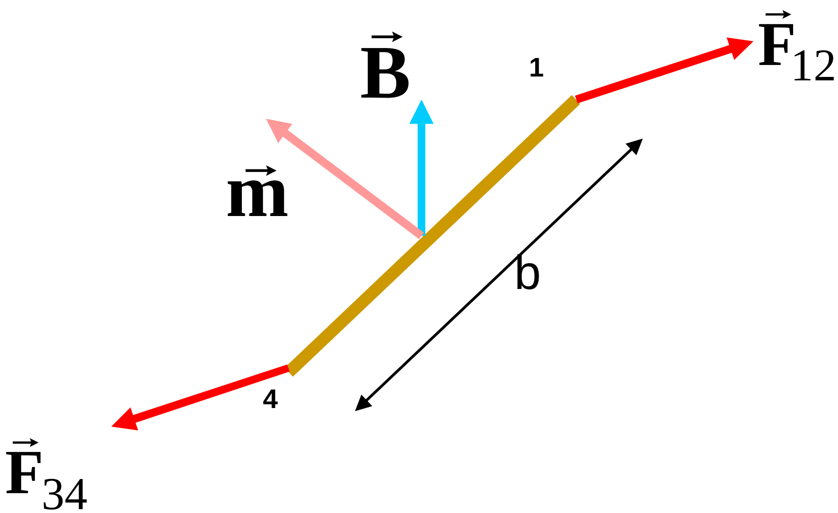
$\vec{F}_{12} = IBa\hat{x}$ $\vec{F}_{34} = -IBa\hat{x}$ $\vec{F}_{23} = IBb\cos\phi\,\hat{y}$ $\vec{F}_{41} = -IBb\cos\phi\,\hat{y}$

$\boxed{\sum \vec{F} = 0}$ ➡ Espira no se traslada

Momento de Torsion respecto centro espira

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\vec{\tau}_{23} = \vec{\tau}_{41} = 0$$

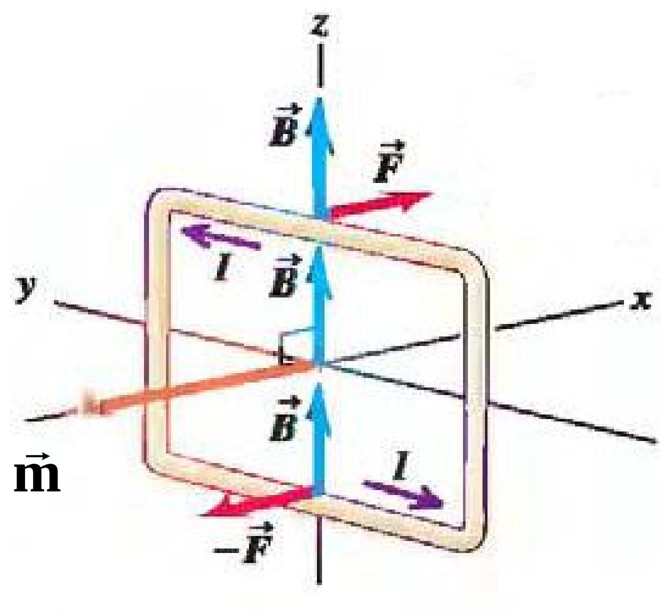


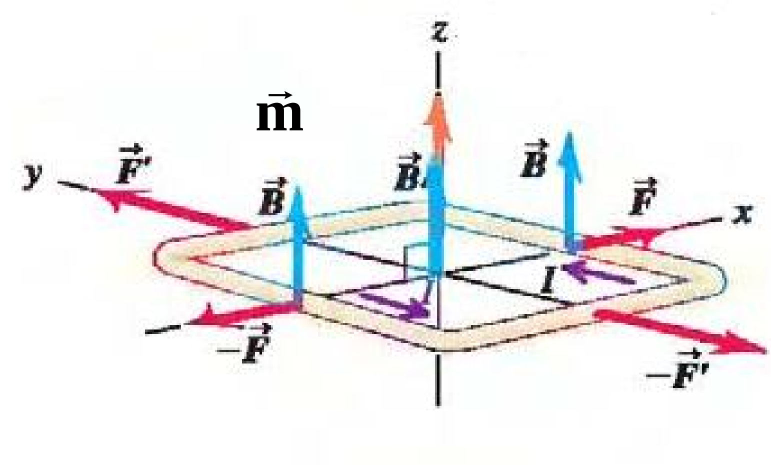
$$\vec{\tau}_{12} = \frac{b}{2} F \,\mathrm{sen}\phi\, \hat{y} = \frac{b}{2} a I B \,\mathrm{sen}\phi\, \hat{y}$$

$$\vec{\tau}_{34} = \frac{b}{2} F \,\mathrm{sen}\phi\, \hat{y} = \frac{b}{2} a I B \,\mathrm{sen}\phi\, \hat{y}$$

$$\vec{\tau} = b a I B \,\mathrm{sen}\phi\, \hat{y} = A I B \,\mathrm{sen}\phi\, \hat{y} = \vec{m} \times \vec{B}$$

$$\boxed{\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B}}$$





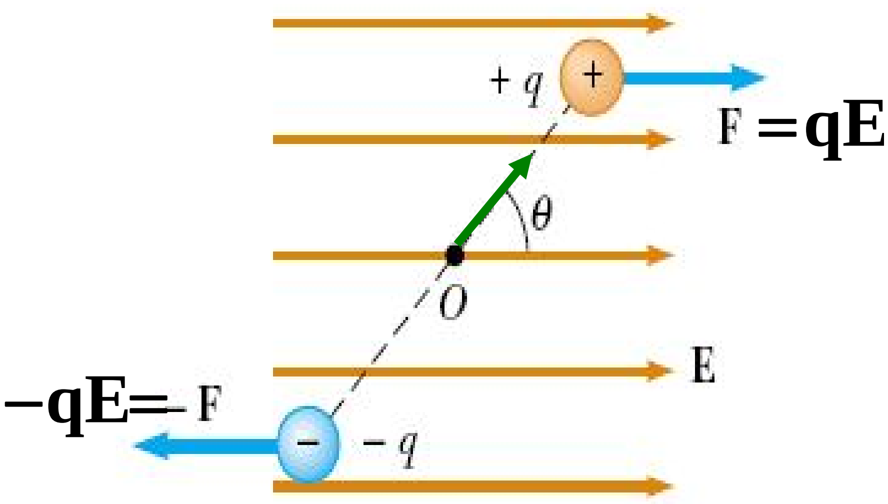
$\vec{B} \perp \vec{m} \Rightarrow \text{sen}\phi = 1 \Rightarrow \tau \max$

$\vec{B} \parallel \vec{m} \Rightarrow \text{sen}\phi = 0 \Rightarrow \tau = 0$

DIPOLO ELECTRICO

$$p = q.d$$

momento dipolar eléctrico



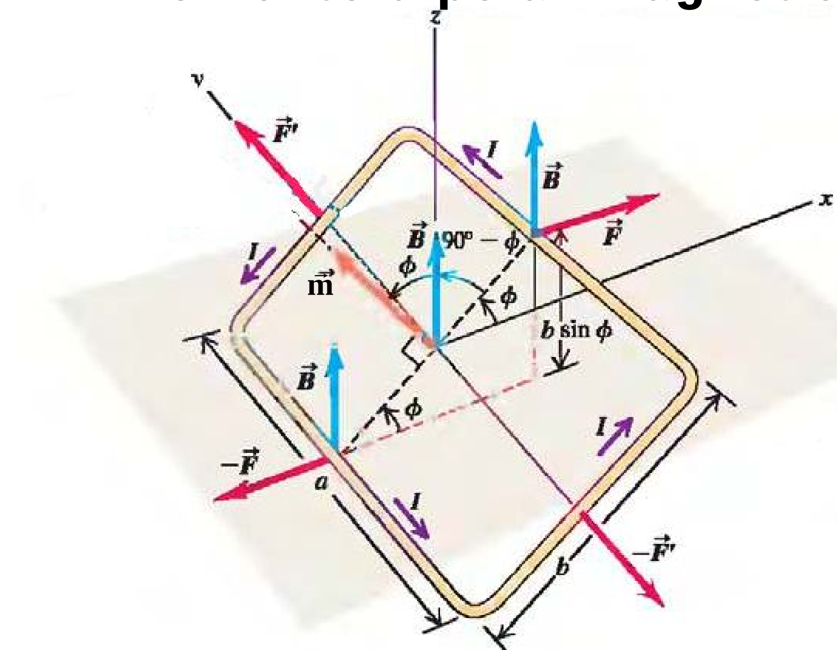
$$\boxed{\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}}$$

$$U = -\mathbf{p} \cdot \mathbf{E}$$

DIPOLO MAGNETICO

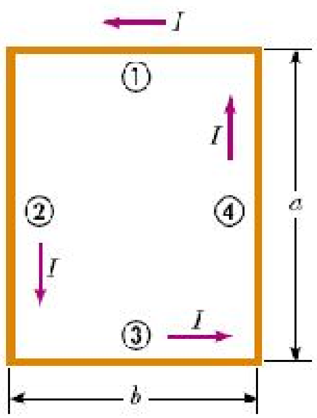
$$\vec{m} = I\,A\,\hat{n}$$

momento dipolar magnético

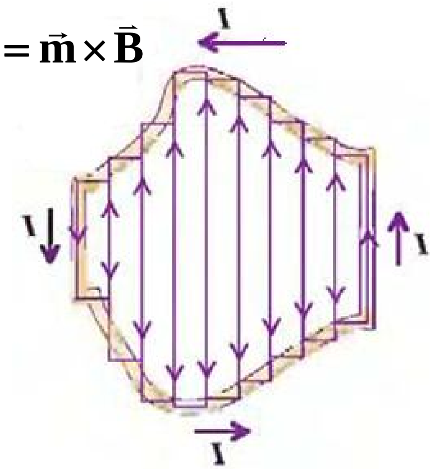


$$\boxed{\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B}}$$

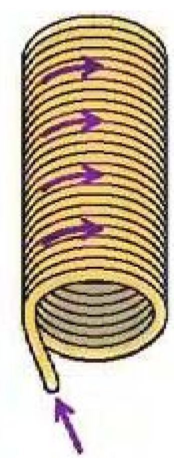
$$U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = -\mu B \cos\phi$$



$$\vec{\tau} = \left(A\,I\,\hat{n}\right)\times\vec{B} = \vec{m}\times\vec{B}$$



Solenoide formado por **N** Espiras



$$\vec{\tau} = N\left(A\,I\,\hat{n}\right)\times\vec{B} = N\vec{m}\times\vec{B}$$