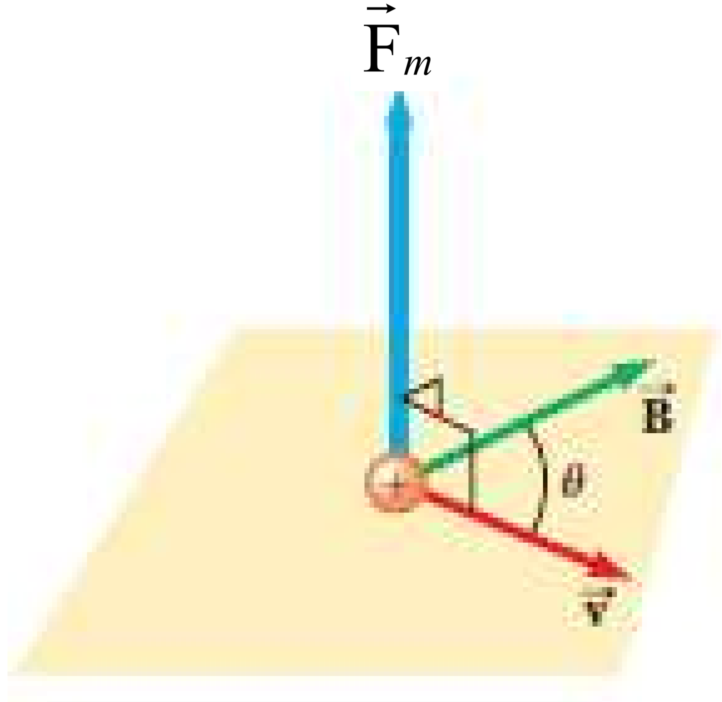
Fuerza magnética

Prof. Gustavo Forte

Carga en movimiento en un campo magnético

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

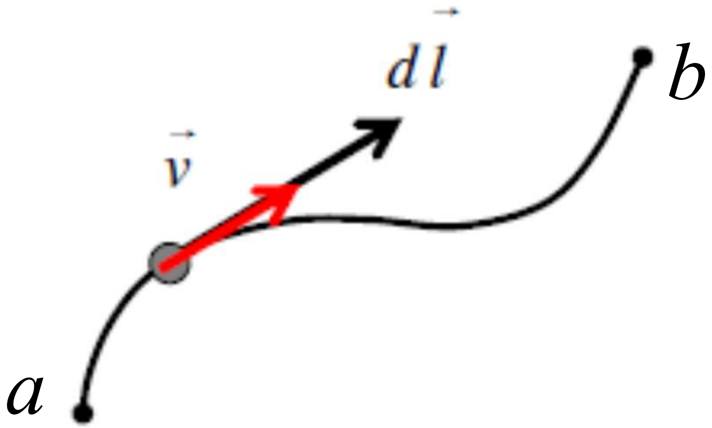


$\vec{F}_m$ es perpendicular al desplazamiento $\rightarrow$ **la fuerza magnética** asociada con un campo magnético no hace trabajo sobre la partícula

$\Downarrow$

El campo magnético puede modificar la dirección de $\vec{v}$ pero no puede cambiar la rapidez ni la energía cinética de la partícula.

Fuerza eléctrica vs. fuerza magnética

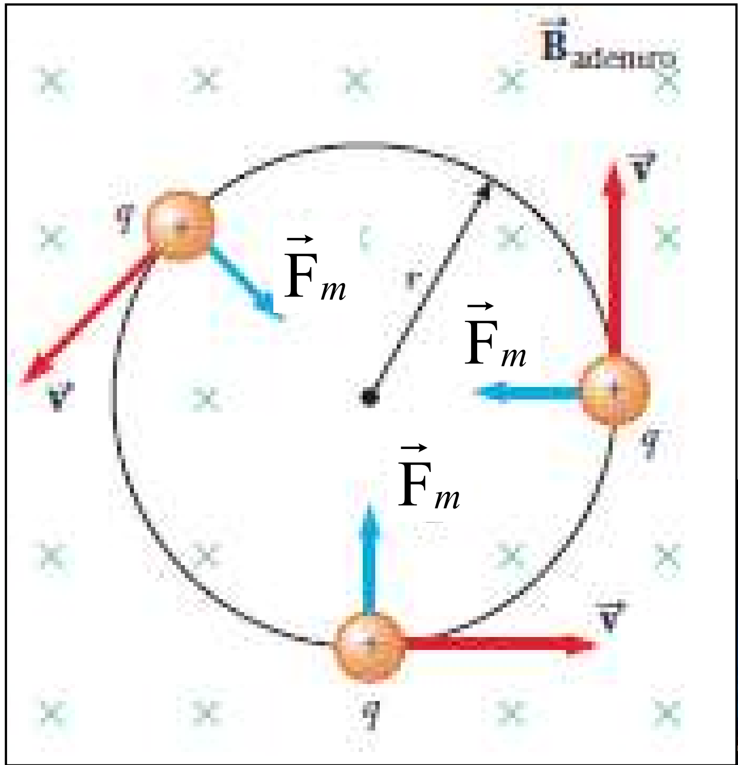


$\vec{F}_e = q\vec{E}$ $\quad\quad$ $\vec{F}_e \parallel \vec{E}$	$\vec{F}_m = q\vec{v}\times\vec{B}$ $\quad\quad$ $\vec{F}_m \perp \vec{B}$
Fuerza eléctrica independiente de la velocidad	Fuerza magnética actúa solo cuando una carga se mueve
El trabajo de la fuerza eléctrica es no nulo $W_e = \int_{\vec{r}_a}^{\vec{r}_b} \vec{F}_e . \vec{dl} = \int_{\vec{r}_a}^{\vec{r}_b} \vec{F}_e . \vec{v}dt \neq 0$	El trabajo de la fuerza magnética es nulo $W_m = \int_{\vec{r}_a}^{\vec{r}_b} \vec{F}_m . \vec{dl} = \int_{\vec{r}_a}^{\vec{r}_b} \vec{F}_m . \vec{v}dt = 0$
La energía cinética de la carga puede cambiar	La energía cinética de la carga **NO** puede cambiar

Carga en movimiento en un campo magnético uniforme

Campo magnético saliente y entrante:

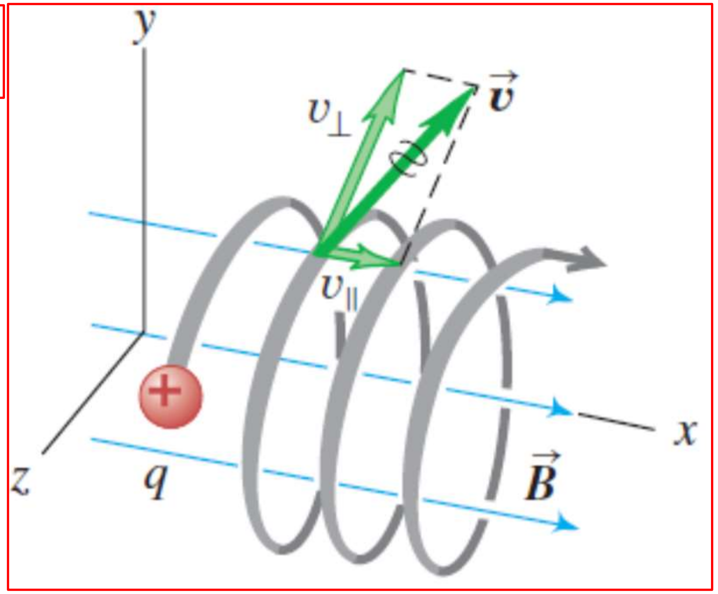
Si $\vec{v} \perp \vec{B}$



$$\sum F = F_m = ma$$

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \rightarrow r = \frac{mv}{qB}$$

Si $\vec{v} \not\perp \vec{B}$

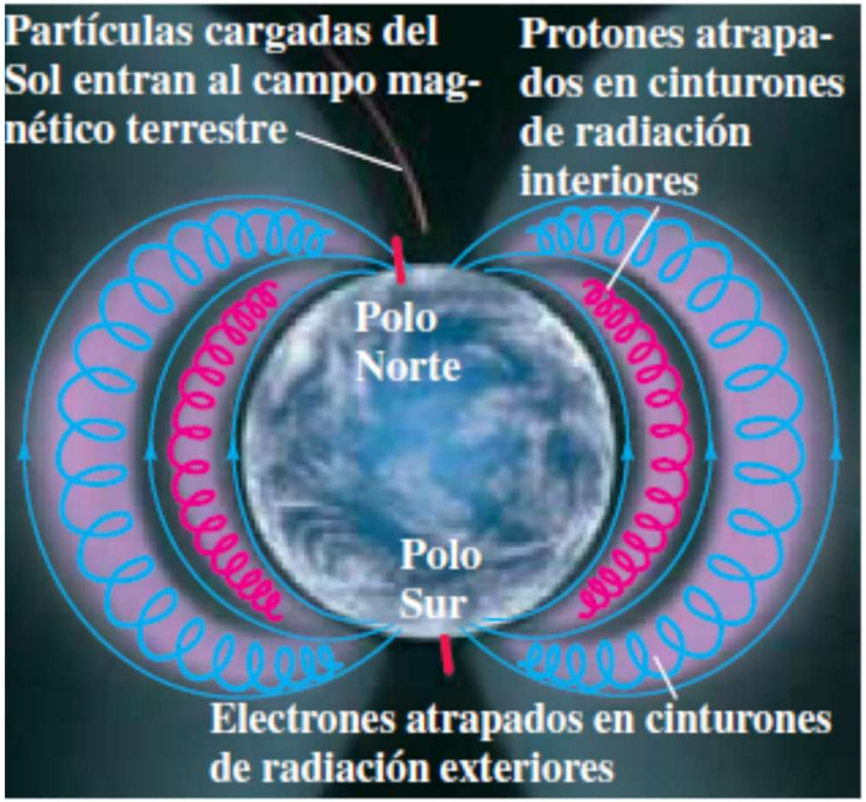


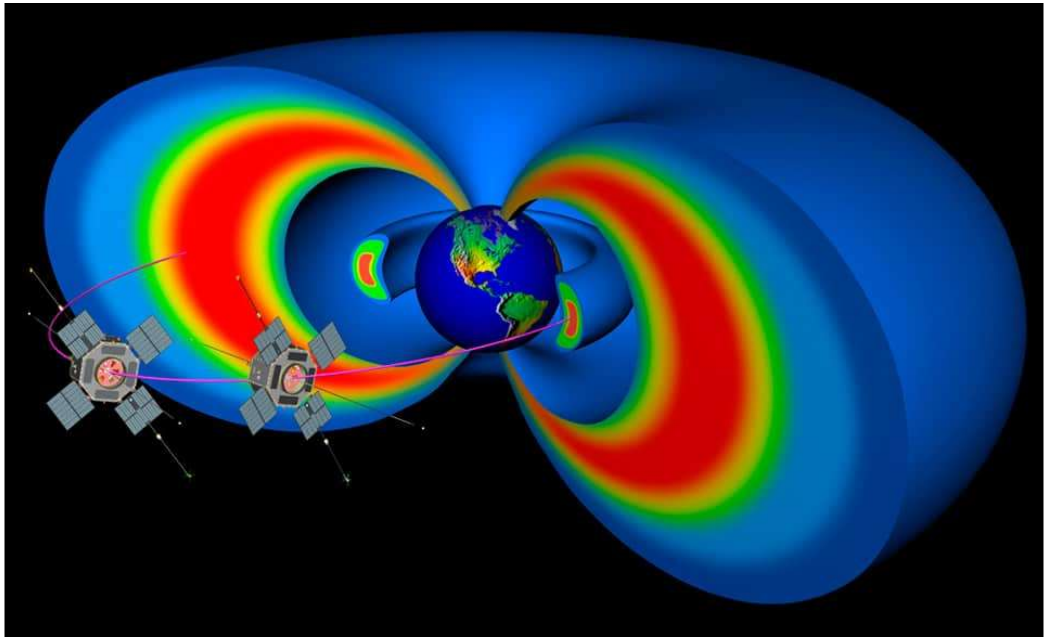
$$\text{Si } \vec{B} = \vec{B}_x \rightarrow \vec{F}_{mx} = 0 \qquad a_x = 0$$

$$a_{yz} \neq 0$$

Cargas en movimiento en un campo magnético no uniforme

Cinturones de Van Allen





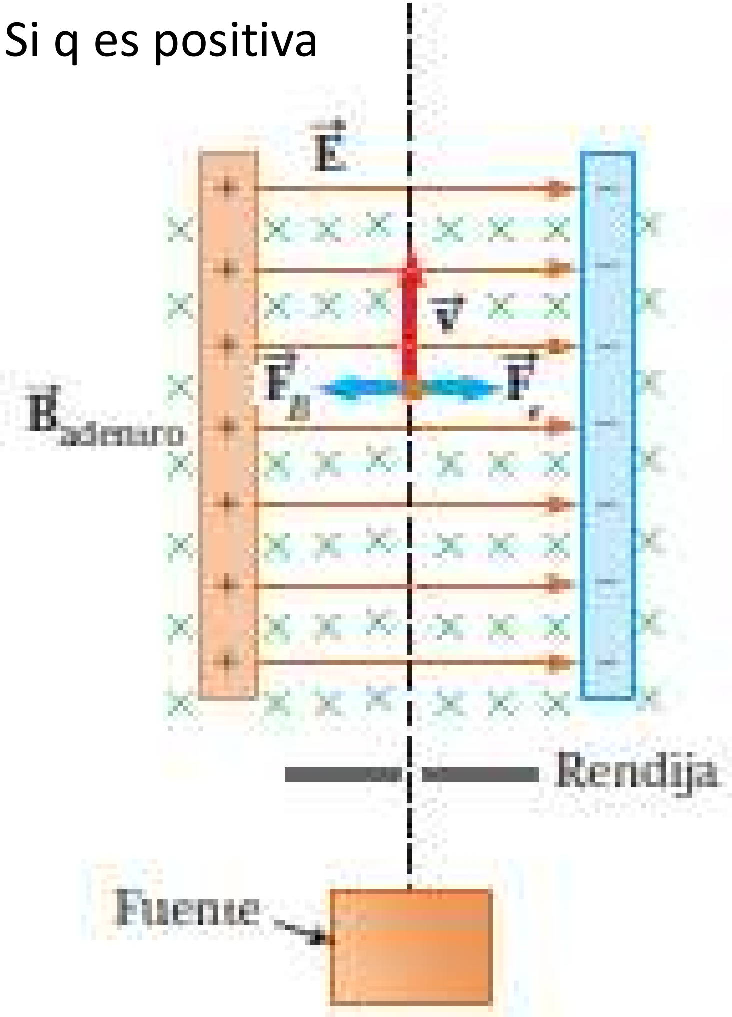
Son zonas de la magnetósfera terrestre donde se concentran grandes cantidades de partículas cargadas (protones y electrones) de alta energía. Estas partículas provenientes del viento solar y de la interacción de la atmósfera con la radiación cósmica, son capturadas por el campo magnético terrestre.

Carga en movimiento en un campo eléctrico y un campo magnético

La fuerza total que actúa sobre la carga es: $\boxed{\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}}$ → **Fuerza de Lorentz**

Selector de velocidad

Si q es positiva

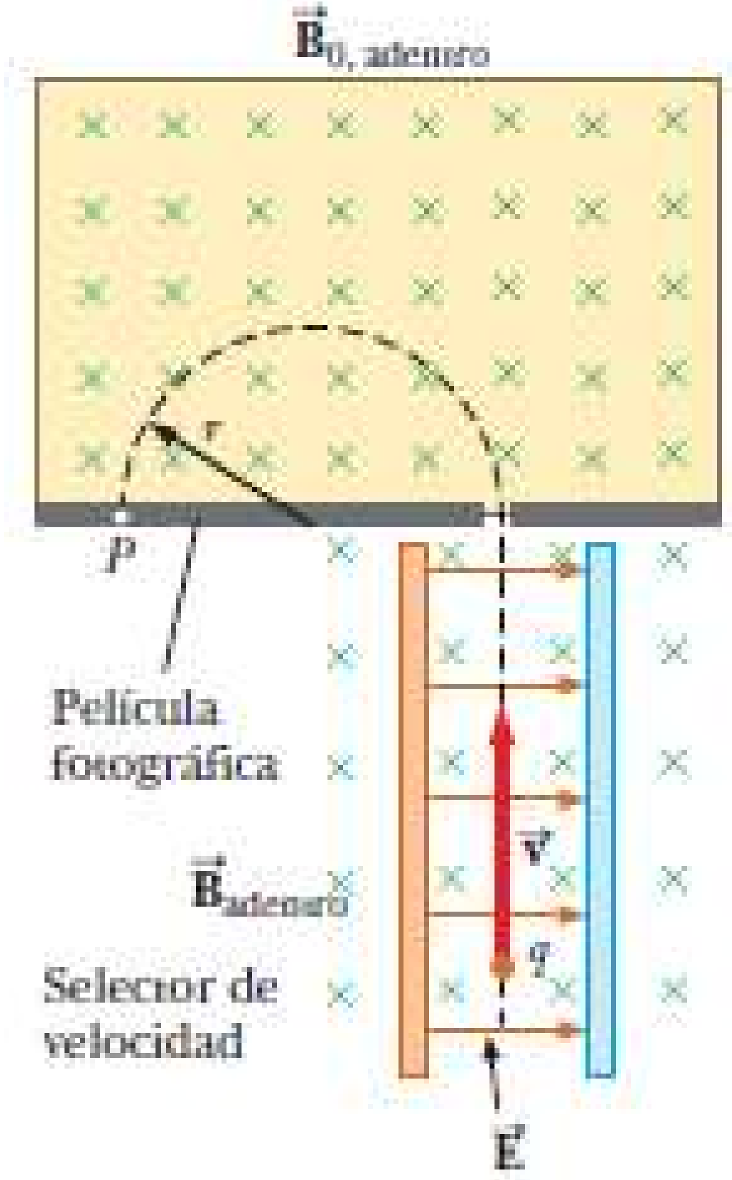


Se eligen las magnitudes de los campos de manera tal que $qE = qvB$

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

Carga en movimiento en un campo eléctrico y un campo magnético

Espectrómetro de masas



$$\boxed{qvB_0 = \frac{mv^2}{r} \rightarrow \frac{m}{q} = \frac{rB_0}{v} = \frac{rB_0B}{E}}$$

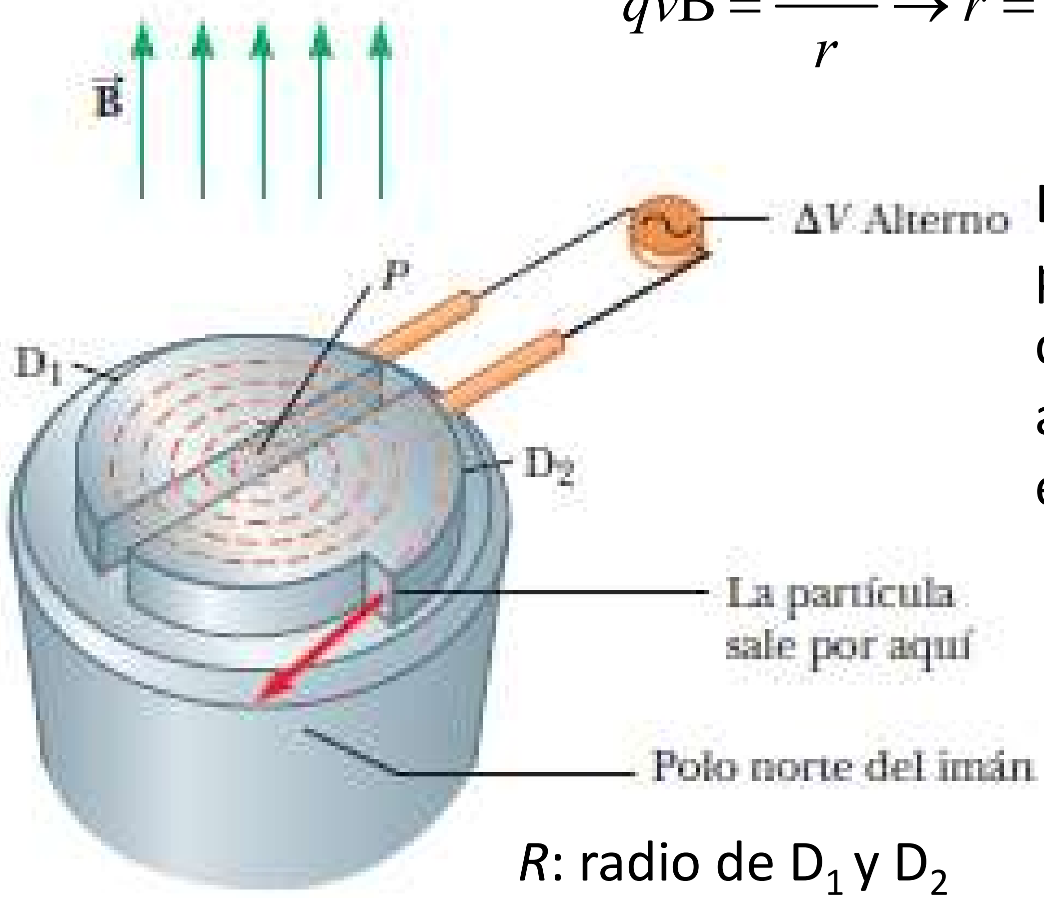
Separa iones según su relación masa-carga

Carga en movimiento en un campo eléctrico y un campo magnético

Ciclotrón

Un ión positivo liberado en P cerca del centro sigue una trayectoria semicircular dentro de D_2 y vuelve al espacio entre D_1 y D_2 en el tiempo *T*/2, siendo *T* un período completo:

$$qv\mathrm{B} = \frac{mv^2}{r} \rightarrow r = \frac{mv}{q\mathrm{B}} \quad \rightarrow \quad \boxed{T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{q\mathrm{B}}}$$



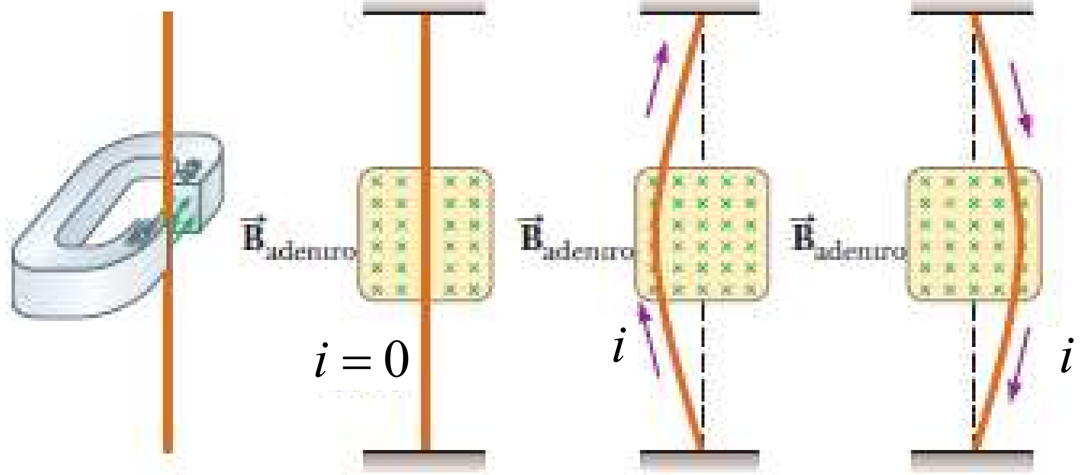
La diferencia de potencial ΔV alterna su polaridad en el tiempo T/2 → la energía cinética del ión aumenta en *q*ΔV → si aumenta la velocidad, aumenta el radio en el semicirculo siguiente

$$qv\mathrm{B} = \frac{mv^2}{R} \rightarrow v = \frac{q\mathrm{B}R}{m}$$

$$\boxed{K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2\mathrm{B}^2R^2}{2m}}$$

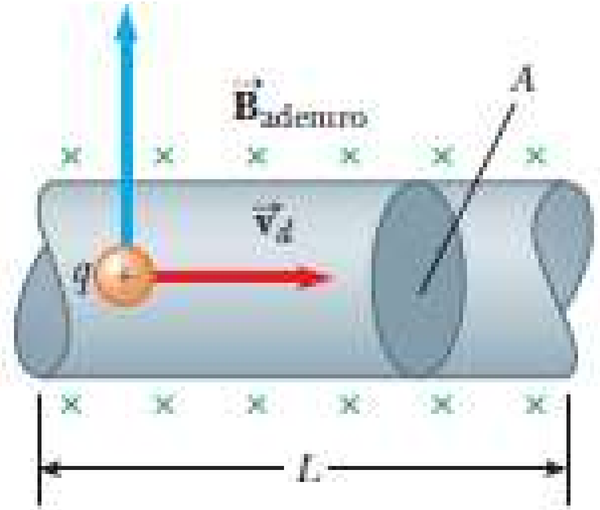
R: radio de D_1 y D_2

Corriente eléctrica en un campo magnético



La fuerza ejercida sobre las partículas cargadas se transmite al alambre cuando colisionan con los átomos del alambre.

$q\vec{v}_d \times \vec{B}$



n :número de cargas x u. de volumen

$$\boxed{\vec{F}_m = \left(q\vec{v}_d \times \vec{B}\right) nAL}$$ → fuerza total sobre el alambre recto

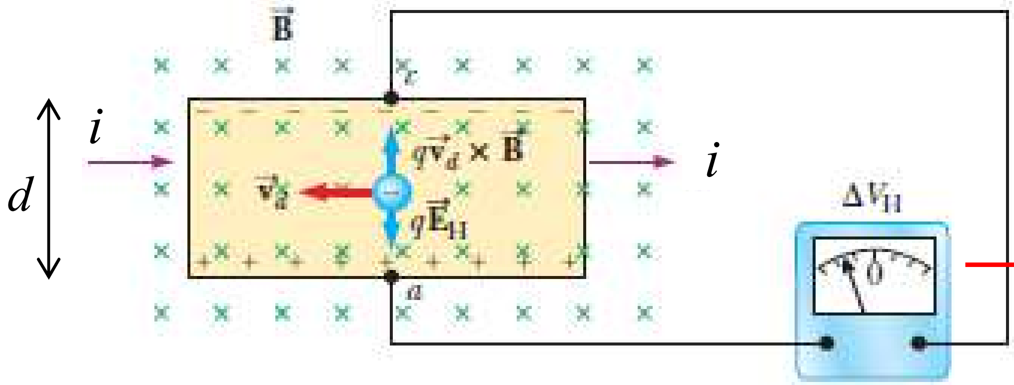
$$i = jA = qnv_d A \longrightarrow i\vec{L} = qn\vec{v}_d AL$$

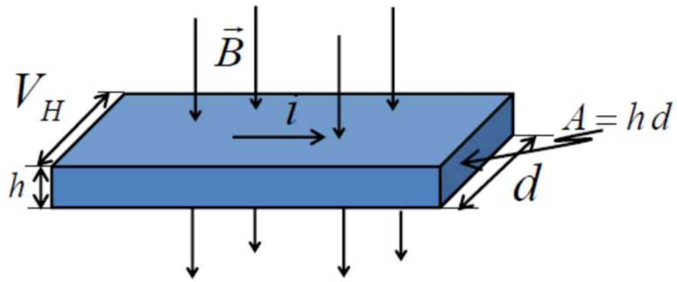
$$\boxed{\vec{F}_m = i\vec{L} \times \vec{B}}$$ → Fuerza magnética sobre un conductor rectilíneo con corriente

$$d\vec{F}_m = i\,d\vec{L} \times \vec{B}$$

Corriente eléctrica en un campo magnético

Efecto Hall





El signo del **voltaje Hall** ΔV_H nos da el signo de los portadores de carga

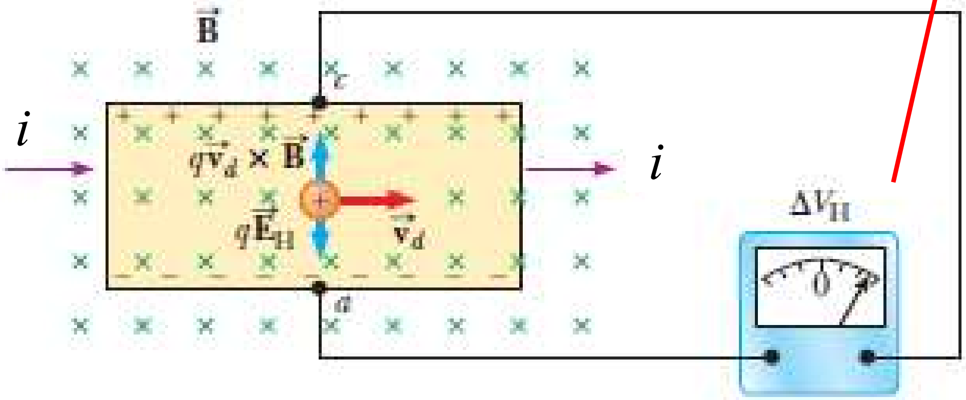
$\vec{E}_H$: Campo Hall, CE debido a la separación de cargas en el equilibrio

En el equilibrio: $qv_d B = qE_H$

$$\boxed{\Delta V_H = E_H d = v_d B d}$$

Además: $i = jA = qnv_d A$

$$v_d = i/nqA$$

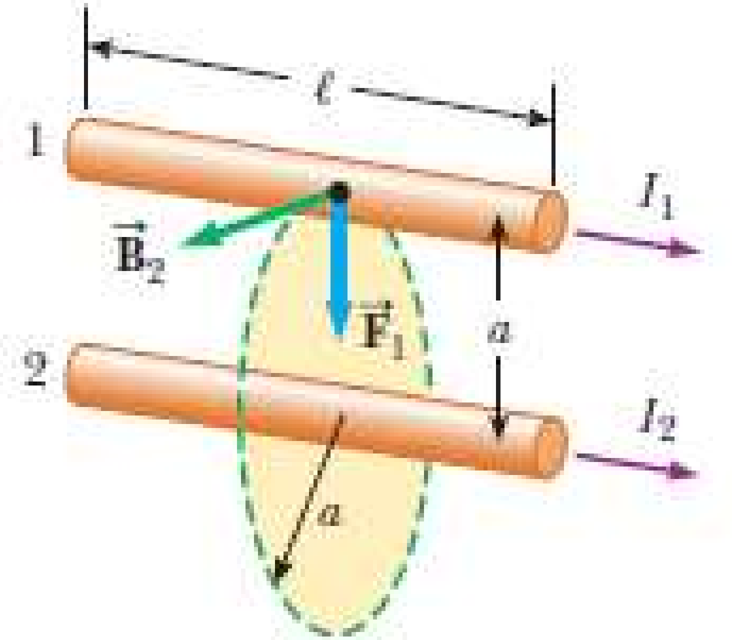


$$\boxed{\Delta V_H = \frac{iBd}{nqA}}$$

n :número de cargas x u. de volumen

Corriente eléctrica en un campo magnético

Fuerza magnética entre dos conductores paralelos

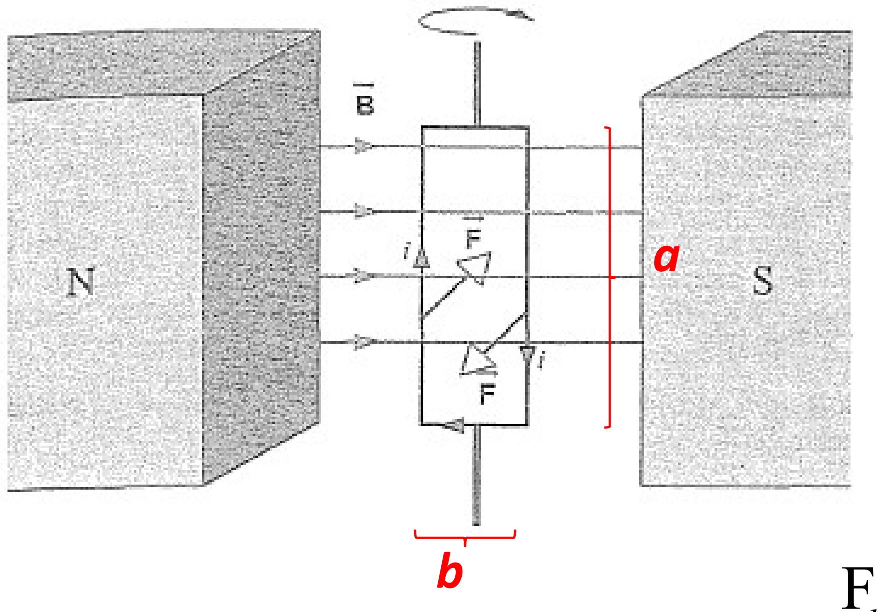


$$\vec{F}_1 = i_1\vec{l} \times \vec{B}_2$$

$$\boxed{F_1 = i_1 l B_2 = i_1 l\left(\frac{\mu_0 i_2}{2\pi a}\right) = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi a} l = F_2}$$

Corrientes **paralelas con el mismo sentido se atraen** y **con sentido opuesto se repelen**

Torque sobre una espira de corriente en un campo magnético



Sobre lados cortos:

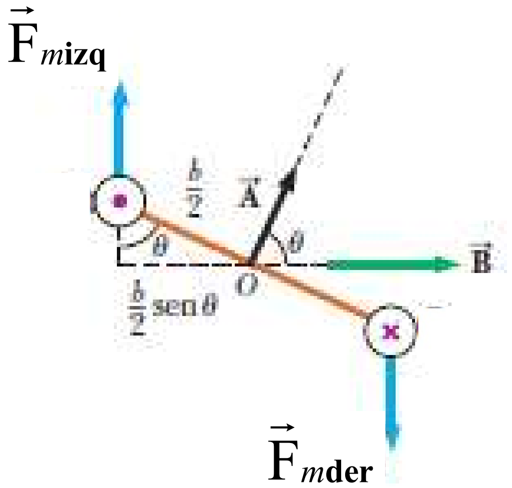
$$\vec{B} \parallel \vec{L} \quad \rightarrow \quad \vec{F}_m = i\vec{L} \times \vec{B} = 0$$

Sobre lados largos:

Las $\vec{F}_m$ son iguales en magnitud y tienen sentidos opuestos

$$F_{m\mathbf{izq}} = F_{m\mathbf{der}} = iaB \quad \rightarrow \quad \sum_{i=1}^{4} \vec{F}_{mi} = 0 \quad \text{pero...}$$

Vista de arriba



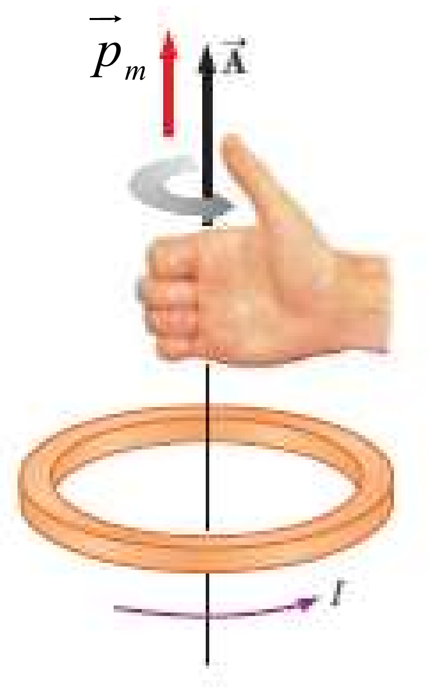
$$\sum \vec{\tau} \neq 0 \quad \rightarrow \quad \tau = F_{m\mathbf{izq}} \frac{b}{2} + F_{m\mathbf{der}} \frac{b}{2} = iaBb = iAB$$

Cuando la espira gira por efecto del torque neto:

$$\tau = F_{m\mathbf{izq}} \frac{b}{2} sen\theta + F_{m\mathbf{der}} \frac{b}{2} sen\theta \quad \rightarrow \quad \boxed{\vec{\tau} = i\vec{A} \times \vec{B}}$$

$$= iaBbsen\theta = iABsen\theta$$

Torque sobre una espira de corriente en un campo magnético



Cuando calculamos el $\vec{B}$ debido a una corriente en una espira circular definimos el momento dipolar magnético:

$$\vec{p}_m = i\vec{A}$$

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

Para una bobina de alambre de N vueltas

$$\vec{p}_{m\mathbf{bobina}} = Ni\vec{A}$$

El torque en una espira de corriente hace girar la espira → **motor eléctrico**