

# Campo Magnético - Interacciones

Introducción

Fuerza sobre una Carga en Movimiento

Movimiento de Cargas en el seno de un Campo Magnético

Fuerza Magnética sobre un Elemento de Corriente

Momento Magnético sobre una Espira de Corriente

Imanes en el Interior de Campos Magnéticos

Energía Potencial de un Dipolo Magnético

Efecto Hall

## Bibliografía

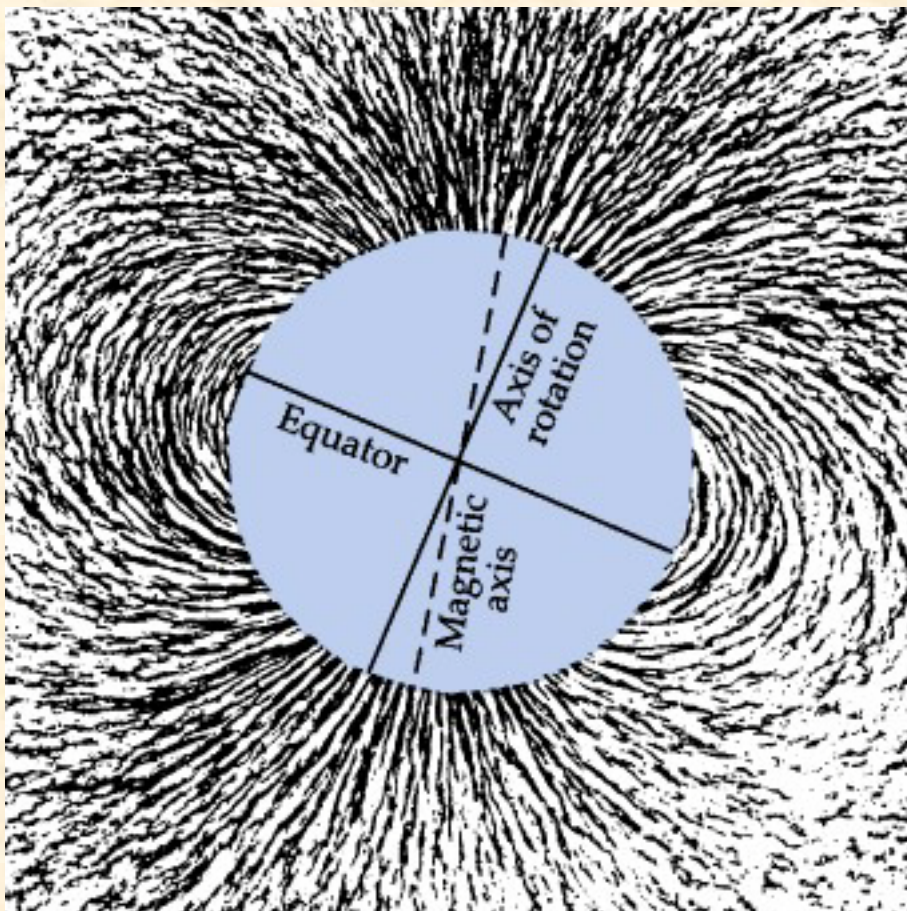
- Alonso; Finn. "Física ". Cap. 22 y 24. Addison-Wesley Iberoamericana.
- Gettys; Keller; Skove. "Física clásica y moderna". Cap. 26. McGraw-Hill.
- Halliday; Resnick. "Fundamentos de física". Cap. 33. CECSA.
- Roller; Blum. "Física". Cap. 34. Reverté.
- Serway. "Física". Cap. 29. McGraw-Hill.
- Tipler. "Física". Cap. 24. Reverté.

# Introducción

---

- Los griegos sabían que la magnetita tenía la propiedad de atraer piezas de hierro
- En el siglo XII se utilizaban los imanes para la navegación
- 1269: 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**)
- 1600: Gilbert descubre que la Tierra es un imán natural
- 1750: Michell demuestra que la fuerza ejercida por un polo sobre otro es inversamente proporcional a  $r^2$ .
- 1820: Oersted observa una relación entre electricidad y magnetismo consistente en que cuando colocaba la aguja de una brújula cerca de un alambre por el que circulaba corriente, ésta experimentaba una desviación. Así nació el **Electromagnetismo**.

- 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**, en las cuales un Campo Eléctrico variable produce un Campo Magnético



# Fuerza sobre una Carga en Movimiento

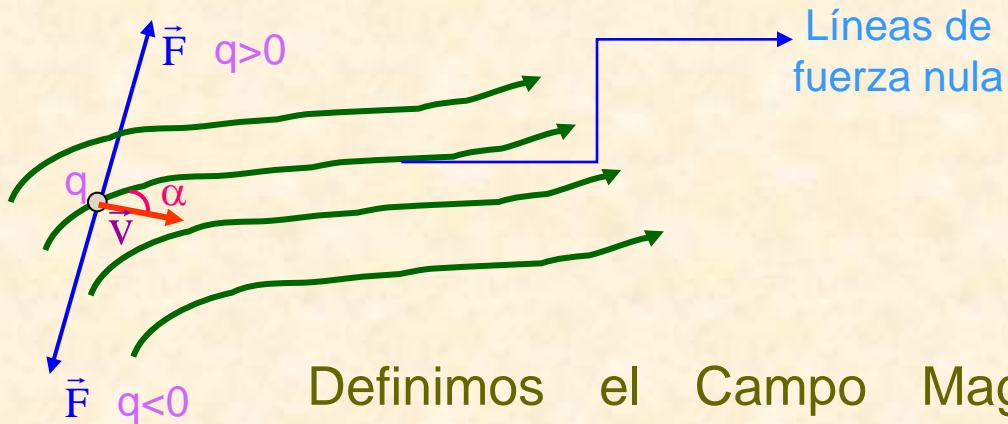
---

Vamos a definir el Campo Magnético a partir de los efectos Magnéticos que una corriente o un imán natural producen sobre una carga en movimiento.

## Características de la Interacción Magnética

- 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 del espacio, la Fuerza es nula.
- 4.- Si no estamos en el caso (3), la Fuerza es perpendicular a la velocidad y a las direcciones definidas en (3).
- 5.- Si la velocidad forma un ángulo con dichas líneas, la Fuerza depende del seno de dicho ángulo.
- 6.- La Fuerza depende del signo de la carga.

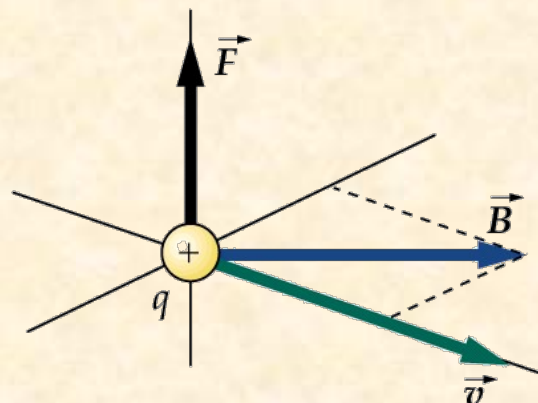
# Representación Vectorial



Definimos el Campo Magnético dirigido a lo largo de las Líneas de Fuerza nula de forma que

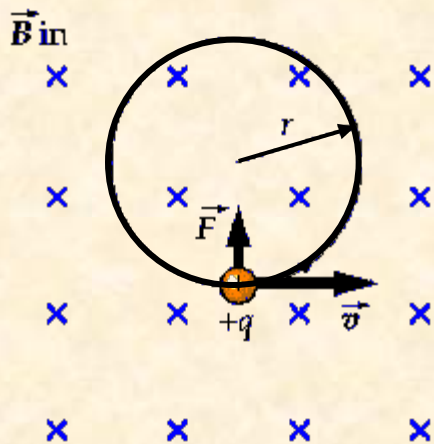
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \Rightarrow \text{Fuerza de Lorentz}$$

Unidades  $\left\{ \begin{array}{l} \text{S.I.} \quad \text{Tesla (T)} \\ \text{C.G.S.} \quad \text{Gauss (G)} \end{array} \right. \quad 1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$



# Movimiento de Cargas en el seno de un Campo Magnético

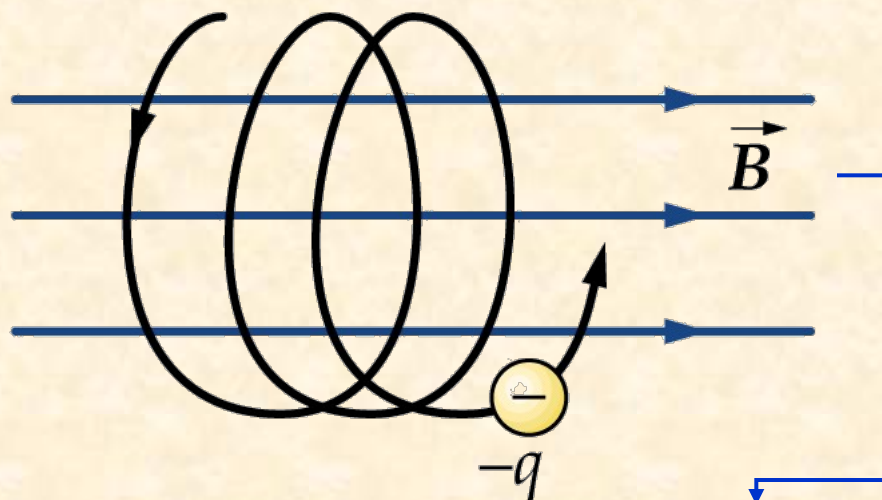
**Ejemplo 1.-** Partícula cargada que incide en dirección perpendicular al campo magnético.



Frecuencia de Ciclotrón

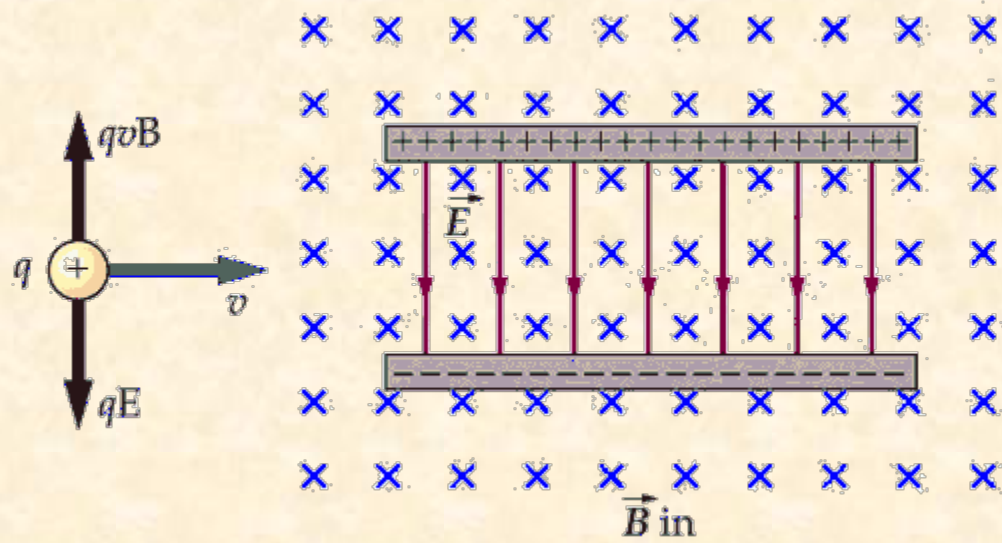
$$\omega = \frac{q B}{m}$$

Si la partícula cargada que posee una componente de la velocidad paralela al campo magnético y otra perpendicular.

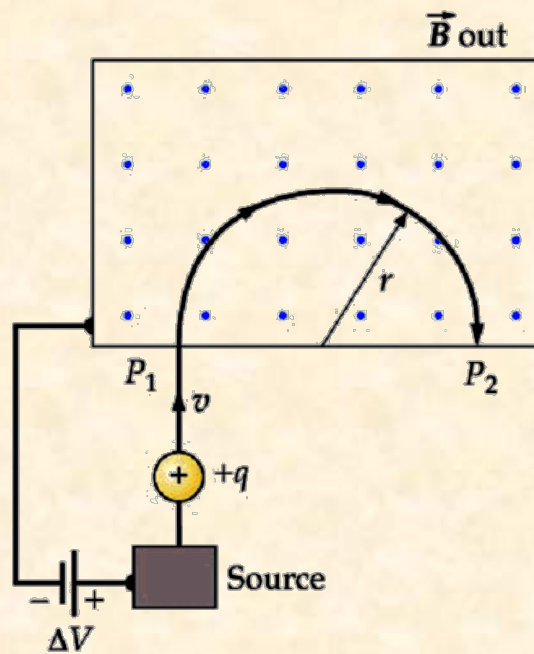


Trayectoria Helicoidal

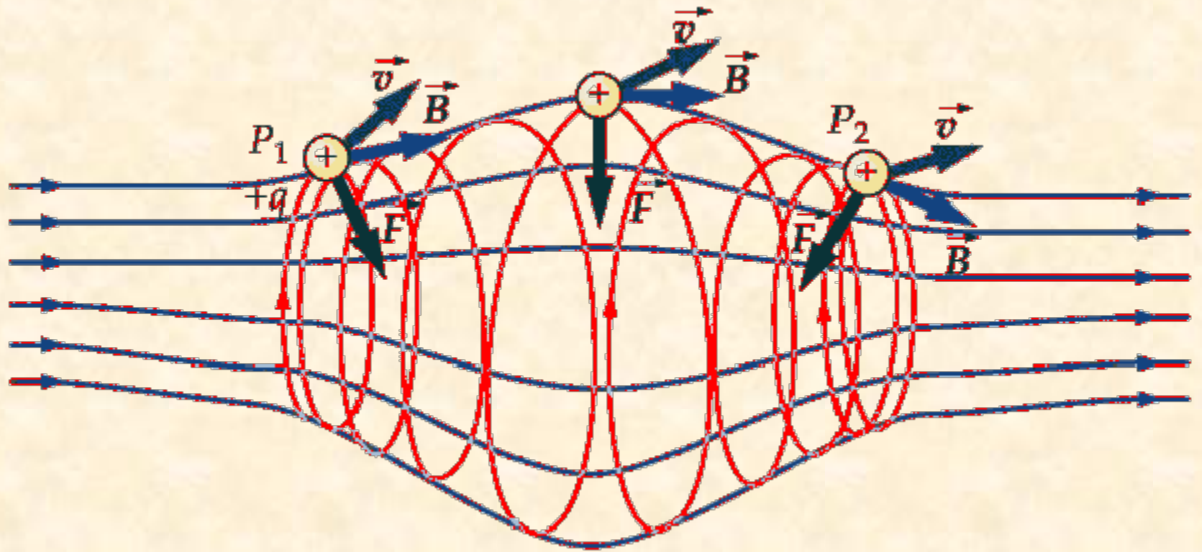
## Ejemplo 2.- Selector de velocidades



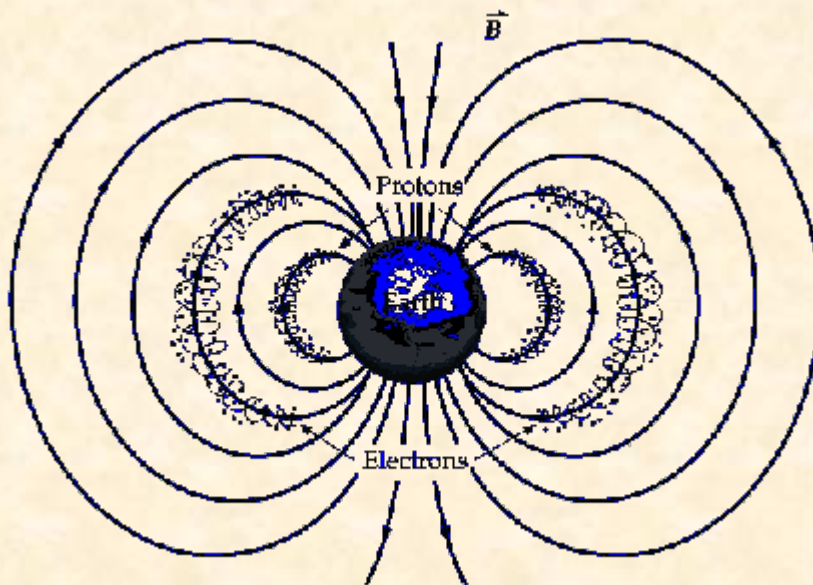
## Ejemplo 3.- Espectrómetro de masas



## Ejemplo 4.- Botella Magnética

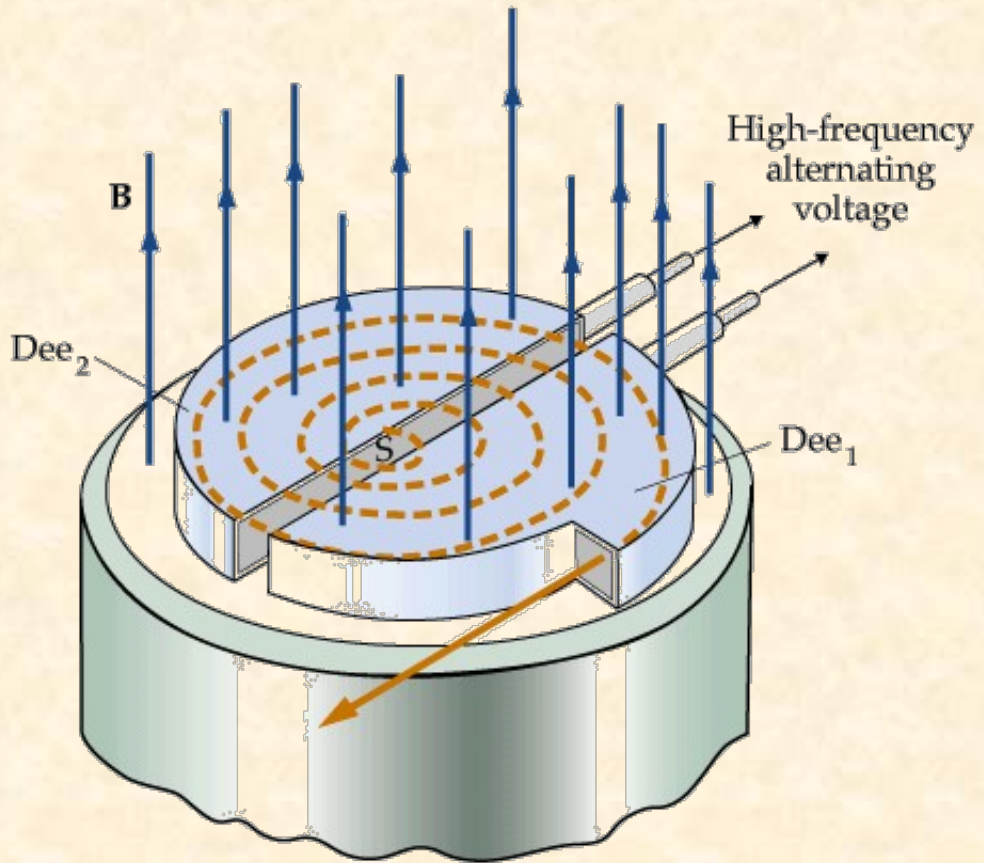


## Cinturones de Van Allen





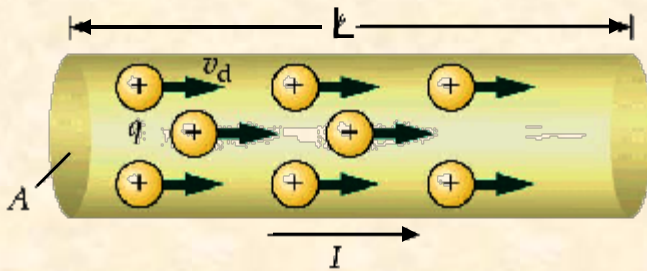
## Ejemplo 5.- El Ciclotrón



Las partículas cargadas procedentes de la fuente  $S$  son aceleradas por la diferencia de potencial existente entre las dos "des". Cuando llegan de nuevo al hueco, la ddp ha cambiado de signo y vuelven a acelerarse describiendo un círculo mayor. Esta ddp alterna su signo con el periodo de ciclotrón de la partícula, que es independiente del radio de la circunferencia descrita.

# Fuerza Magnética sobre un Elemento de Corriente

Supongamos un alambre situado en el interior de un Campo Magnético.

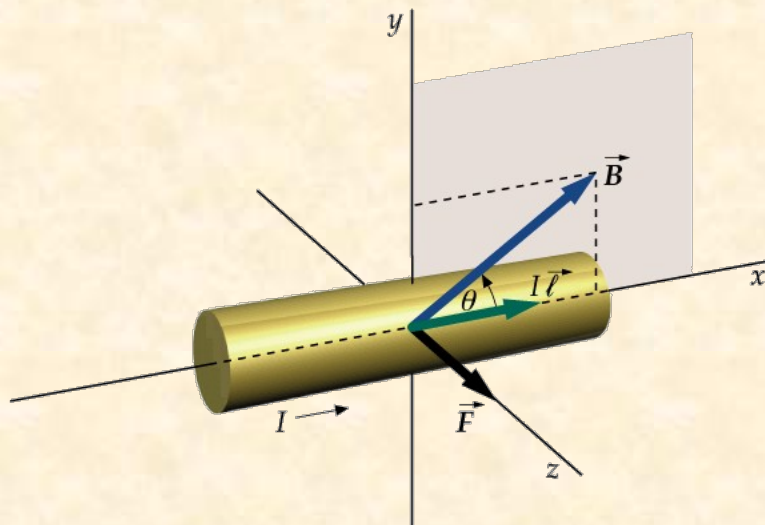


El Campo Magnético interacciona con cada una de las partículas cargadas cuyo movimiento produce la Corriente

$$\vec{F} = (q \vec{v}_d \times \vec{B}) n A L$$

Como  $I = nq v_d A$  , la fuerza neta será  $\vec{F} = I \vec{L} \times \vec{B}$

Donde  $\vec{L}$  es un vector cuyo módulo es la longitud del hilo y su dirección coincide con la de la Corriente.



## Conductor de forma arbitraria

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

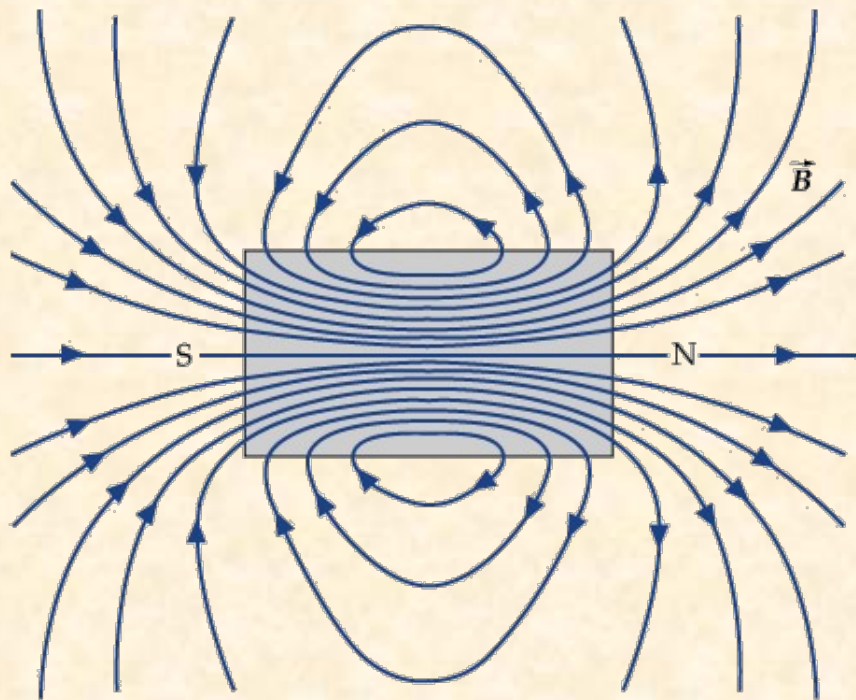
$I d\vec{L}$   $\Rightarrow$  Elemento de Corriente

### *Diferencias entre las líneas de Campo Eléctrico y las líneas de Campo Magnético*

✳ Las líneas de Campo Eléctrico tienen la misma dirección que la Fuerza Eléctrica sobre una Carga positiva, mientras que las del Campo Magnético son perpendiculares a la Fuerza Magnética sobre una Carga móvil.

✳ Las líneas de Campo Eléctrico empiezan en las Cargas positivas y acaban en las negativas, mientras que las del Campo Magnético son líneas cerradas

# Líneas de Campo Magnético dentro y fuera de un Imán



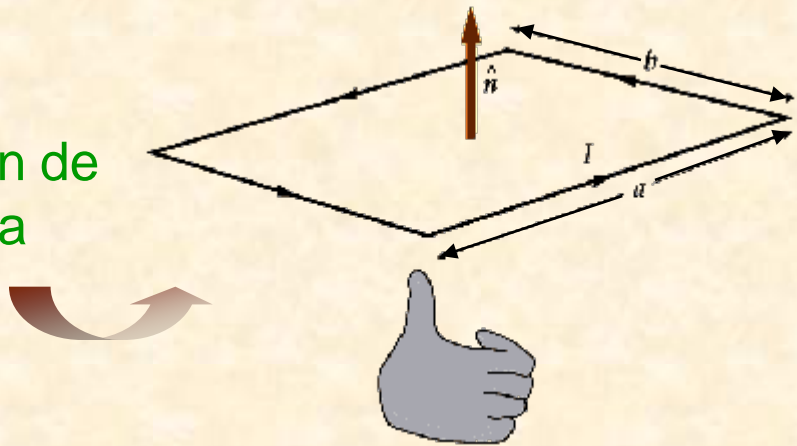
(a)



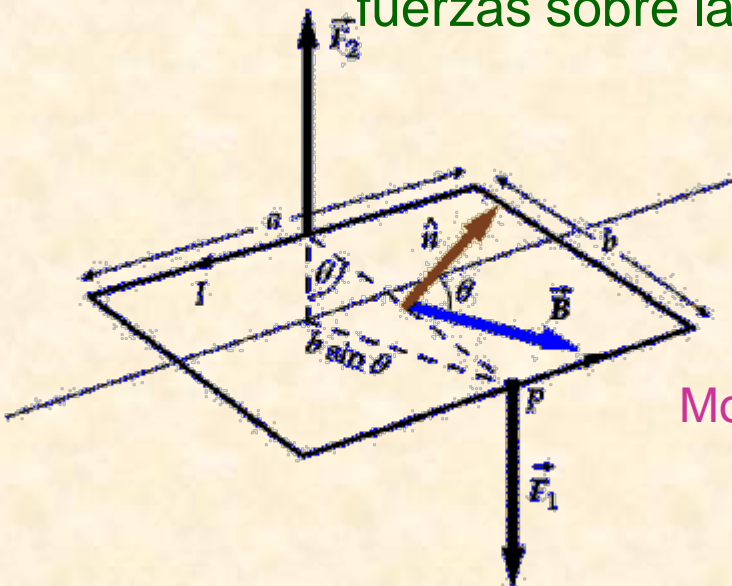
# Momento Magnético sobre una Espira de Corriente

Vamos a estudiar el momento de Fuerzas que ejerce un Campo Magnético sobre una espira plana de alambre por la que circula una Corriente  $I$ , cuyo vector unitario forma un ángulo  $\theta$  con el Campo.

Orientación de la espira



Representación del momento del par de fuerzas sobre la espira

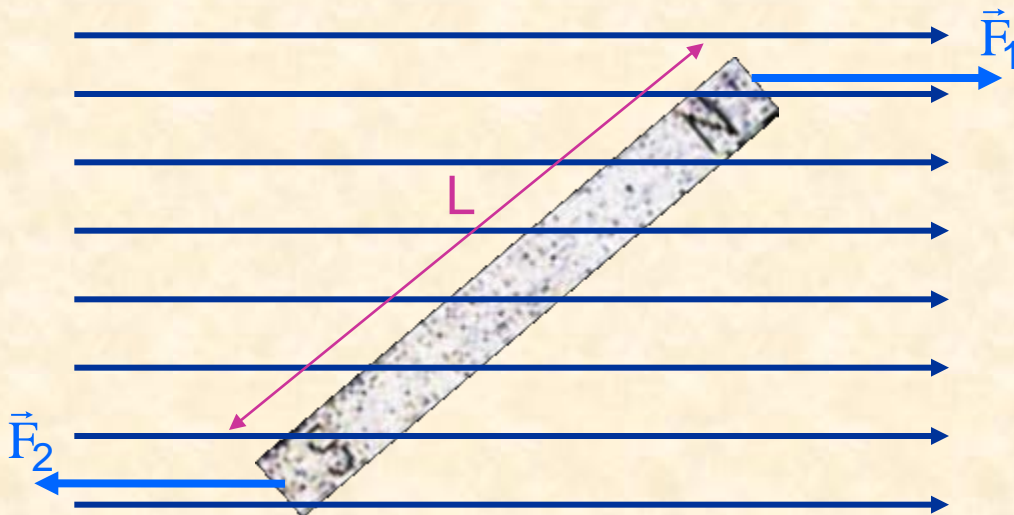


$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$$

Momento dipolar magnético

$$\vec{m} = N I A \vec{n}$$

# Imanes en el interior de Campos Magnéticos



## Magnitudes que caracterizan un Imán

- Intensidad de polo del imán  $q_m = \frac{F}{B}$  S.I. (A.m)
- Fuerza sobre un polo  $\vec{F} = q_m \vec{B}$
- Momento Magnético del Imán  $\vec{m} = q_m \vec{L}$

Sobre cualquier Imán que forme un ángulo con el Campo Magnético aparecerá un momento que vendrá dado por

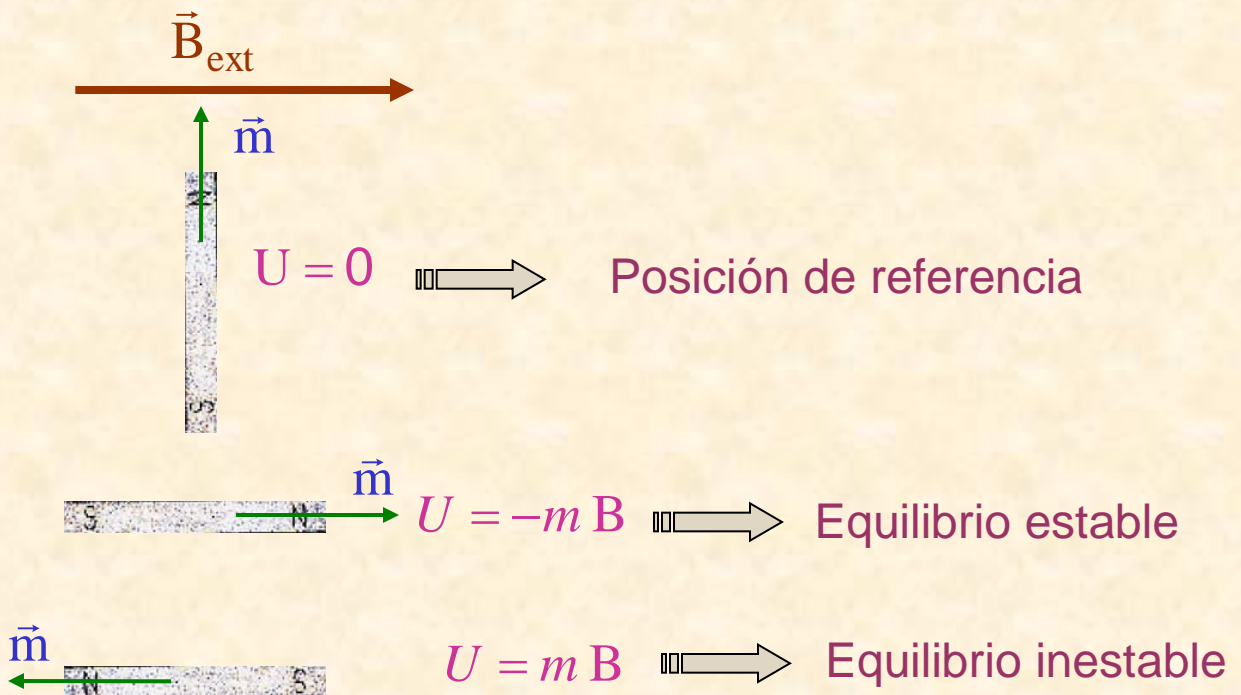
$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$$

# Energía Potencial de un Dipolo Magnético

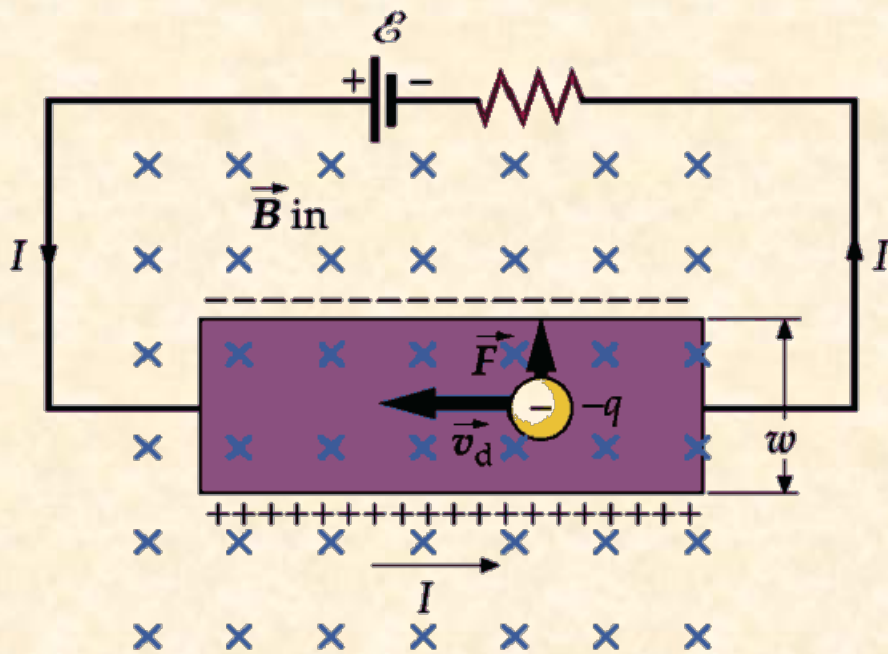
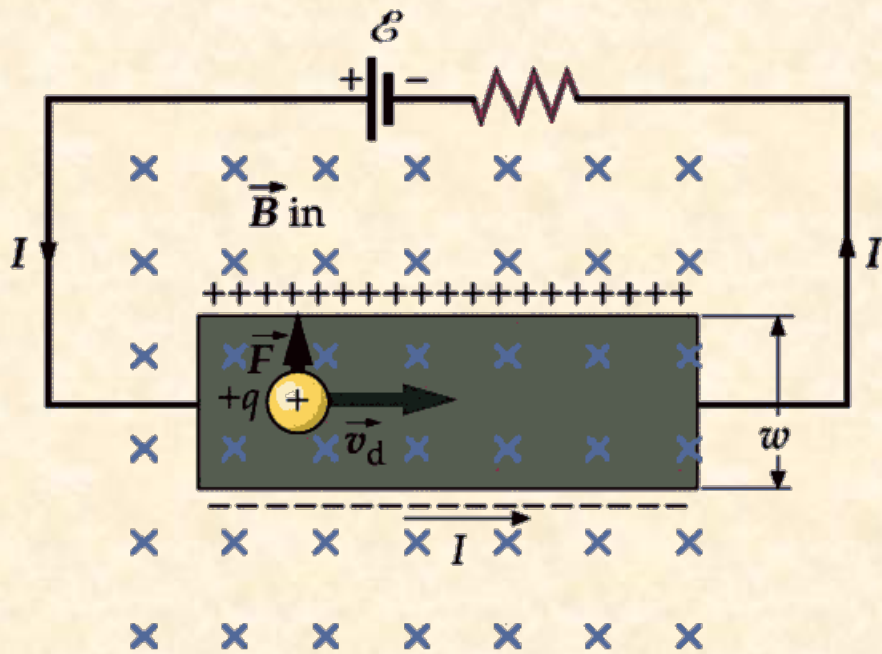
Un Dipolo Magnético tiene una Energía Potencial asociada con su orientación en un Campo Magnético externo.

Se define esta energía potencial como el trabajo que debe realizar un agente externo para hacer girar el dipolo desde su posición de Energía cero ( $\alpha = 90^\circ$ ) hasta una posición  $\alpha$ .

$$U = -\vec{m} \cdot \vec{B}$$



# Efecto Hall



$V_H = v_d B w$   $\rightarrow$  Voltaje Hall