Repaso Clase 6

- Circuitos: fuentes
- Resistencias (paralelo y serie)
- Leyes de Kirchoff

Campos Magnéticos

Los fenómenos magnéticos se conocen desde la antigüedad. (Tales de Mileto, ~ 600 AC)
Los chinos utilizaban brújulas hace miles de años (~ 20 DC)

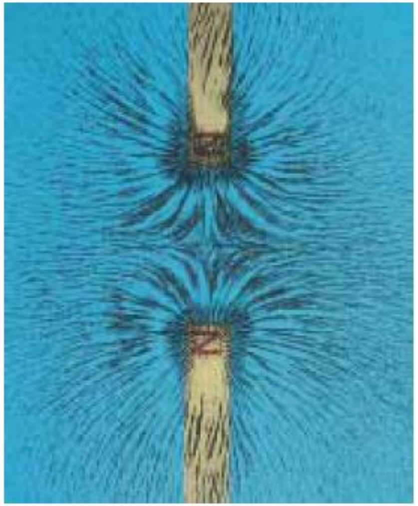
Se sabe desde hace siglos también que ciertos materiales encontrados en la naturaleza son capaces de atraer metales

Magnetismo: consideraciones empíricas

https://www.youtube.com/shorts/72vURTEX3Pk?feature=share

Si rodeamos un imán con limaduras de hierro observamos:

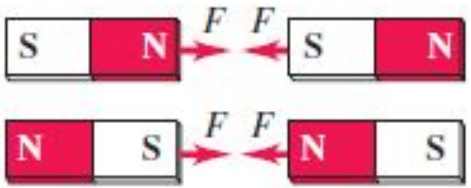
Henry Leap and Jim Lehman



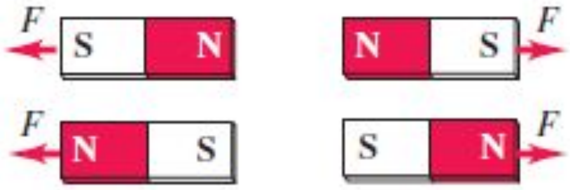
Todo imán presenta dos *polos* llamados arbitrariamente Norte y Sur

27.1 a) Dos imanes de barra se atraen cuando sus polos opuestos (N y S, o S y N) están cerca uno del otro. b) Los imanes de barra se repelen cuando sus polos iguales (N y N, o S y S) se aproximan entre sí.

a) Los polos opuestos se atraen

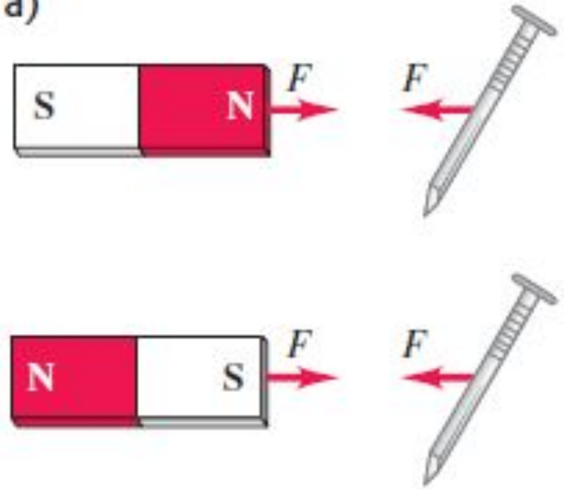


b) Los polos iguales se repelen



27.2 a) Cualquiera de los polos de un imán de barra atrae a un objeto no magnetizado que contenga hierro, como un clavo. b) Ejemplo de este efecto en la vida real.

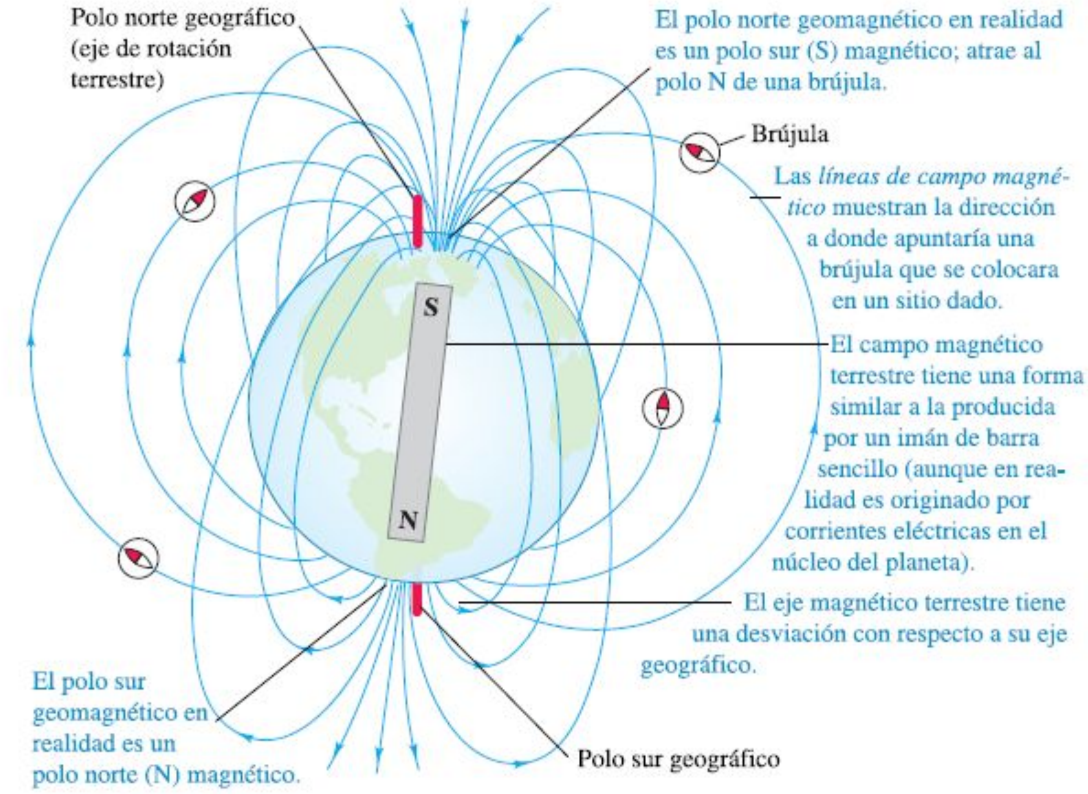
a)



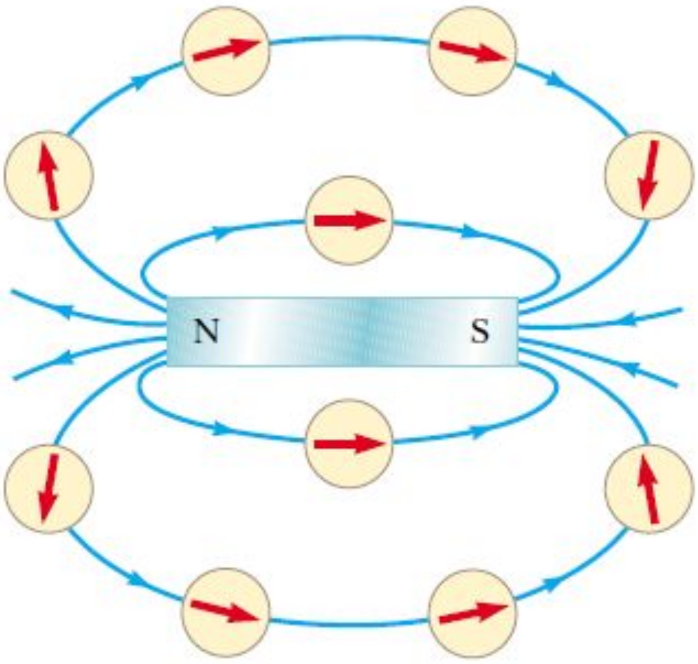
Magnetismo en China

En el siglo II a. C. **descubrieron que un trozo alargado de magnetita flotando en un cubo de agua se alineaba en dirección Norte-Sur**.

El comportamiento de la aguja de una brújula nos lleva a concluir que la tierra se comporta también como un imán. La orientación de la aguja tiene que ver con la interacción con el campo magnético terrestre

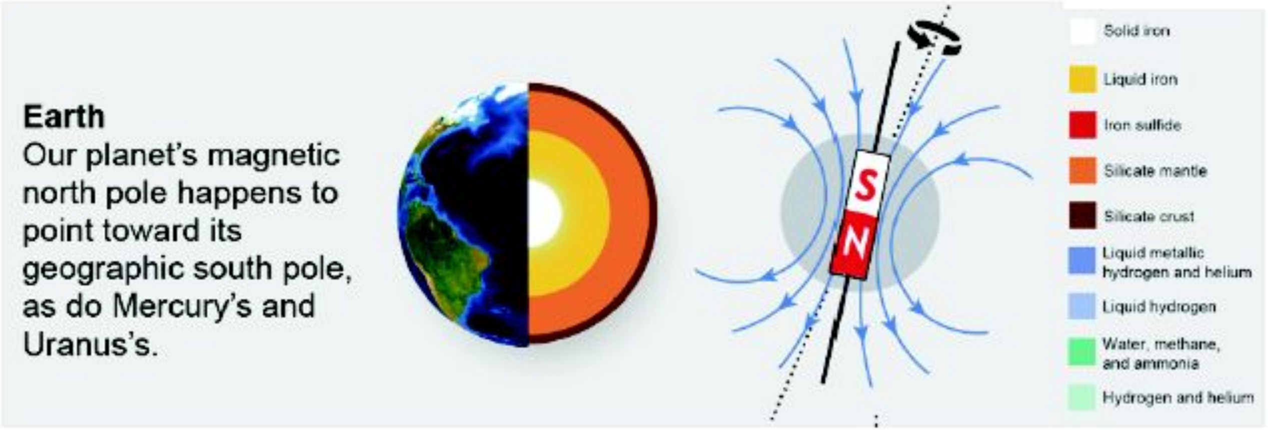


Las líneas de campo de un imán son esencialmente las líneas de un dipolo. No se ha encontrado hasta ahora un monopolo o “carga” magnética



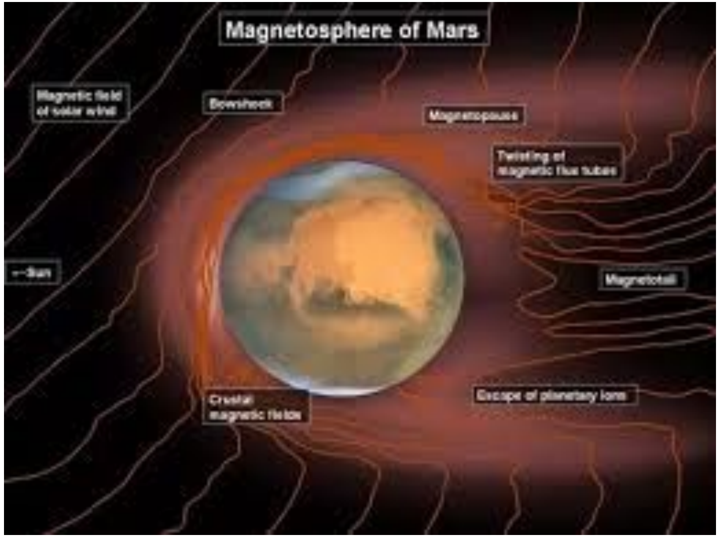
Al igual que en electrostática, estudiaremos los fenómenos magnéticos a partir del campo magnético (B). Podemos pensar al campo magnético en un punto como la orientación de una aguja de brújula puesta en ese punto.

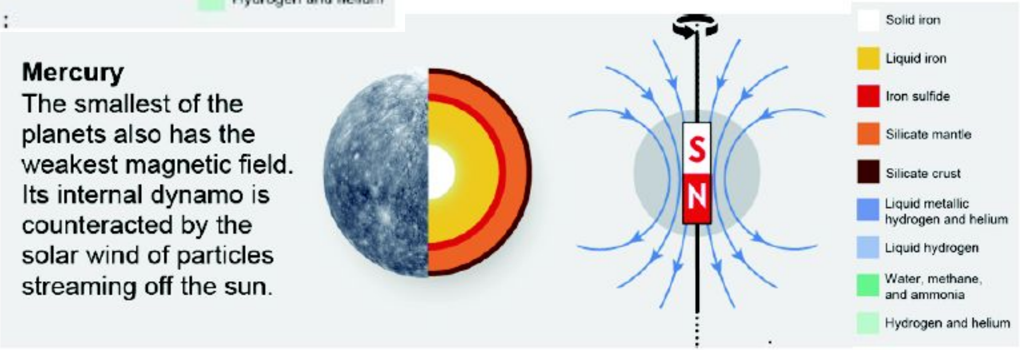
https://youtu.be/NtUvV0xhmyc



Credit: Mark Belan; Sources: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington (*Mercury's surface*); Reto Stöckli, NASA Earth Observatory (*Earth's surface*); NASA/JPL/Space Science Institute (*Jupiter's surface*)

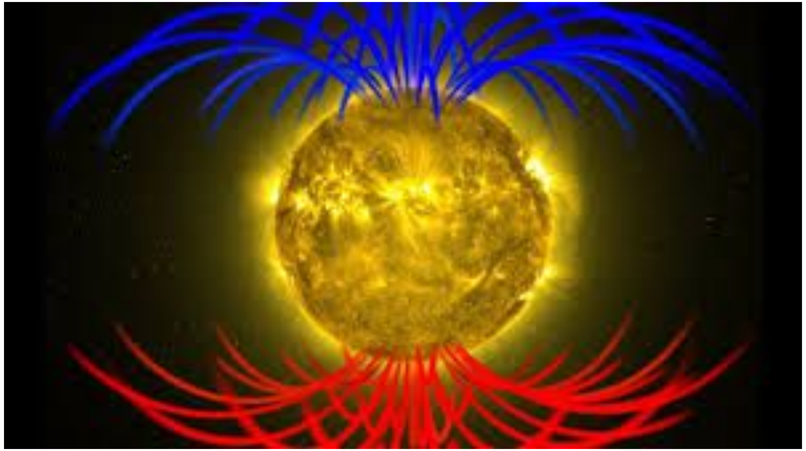
https://www.scientificamerican.com/article/the-solar-systems-mysterious-magnetic-fields/

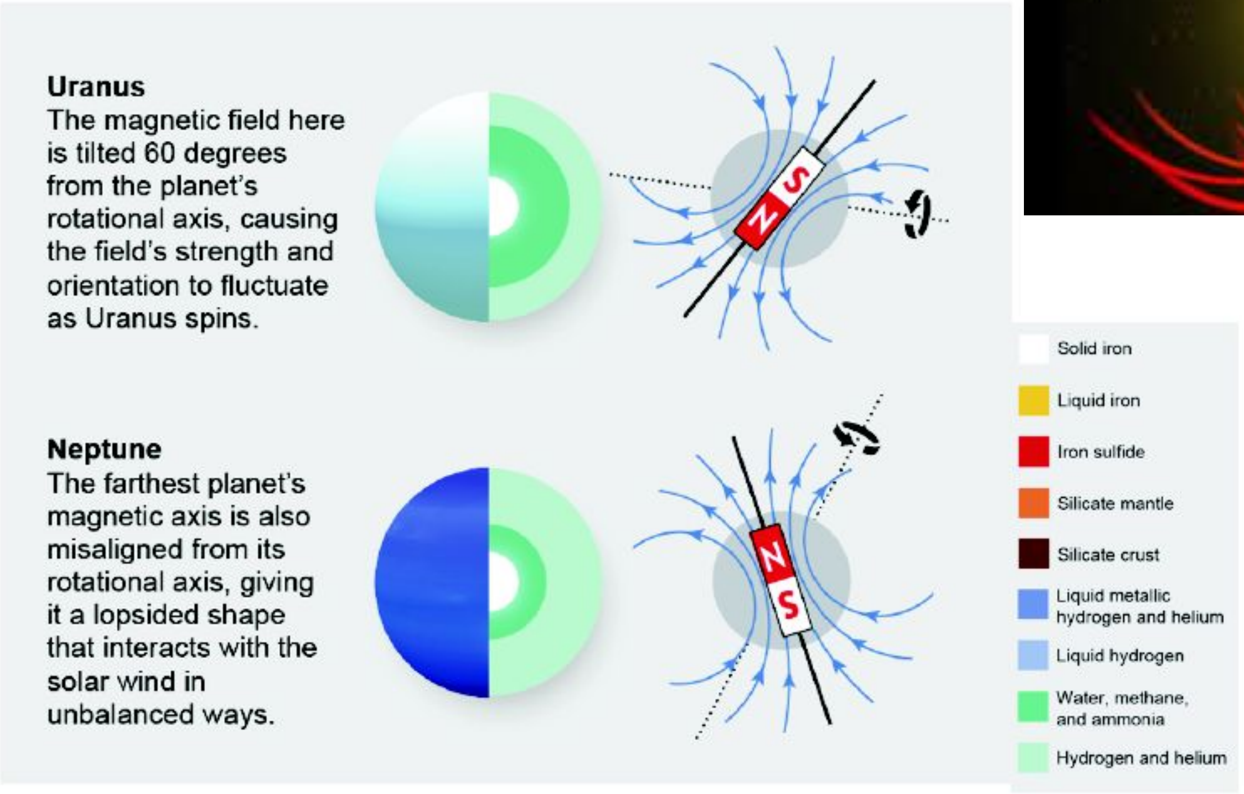




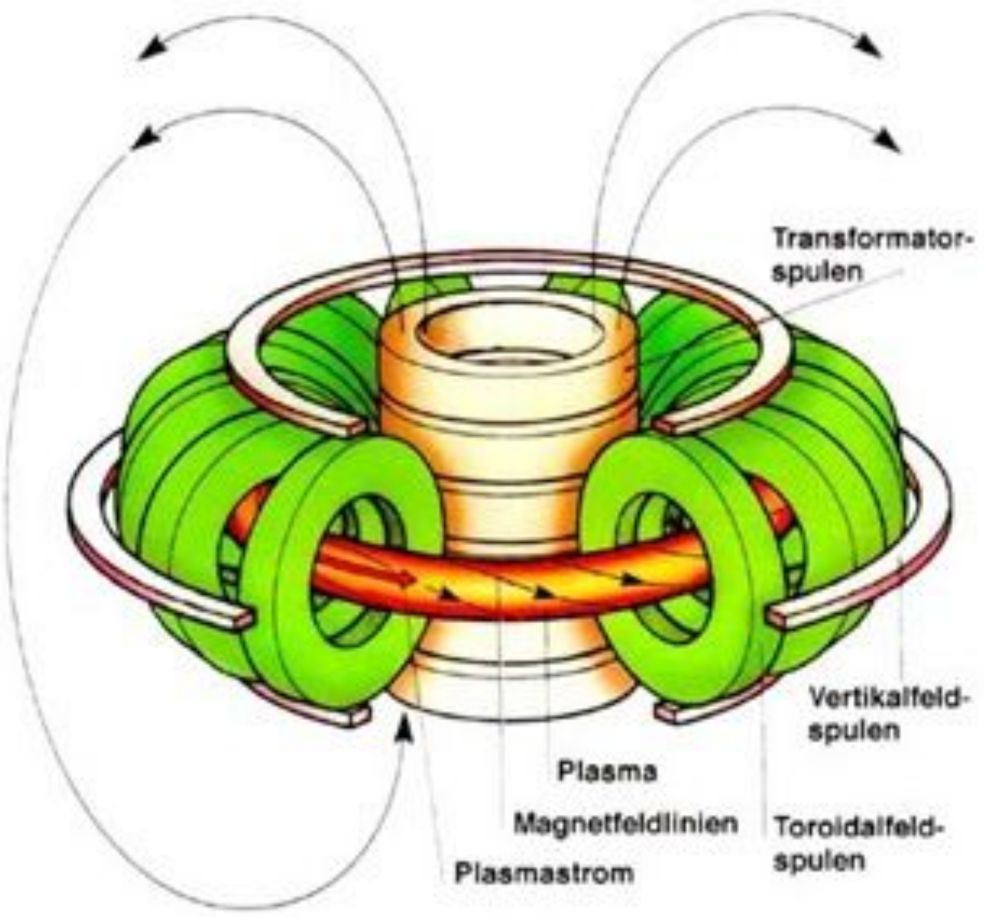
https://blogs.ucl.ac.uk/irdr/2021/10/22/the-martian-residual-crustal-magnetic-fields-a-mitigation-measure-against-space-radiation-to-astronauts/

https://www.youtube.com/watch?v=34gNgaME86Y&ab_channel=ScienceAtNASA



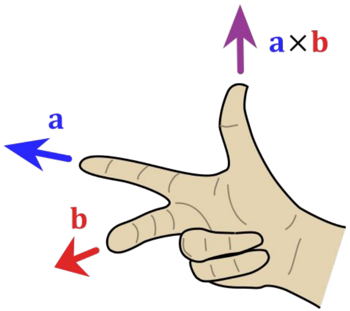


Tokamaks


Transformator-
spulen
Vertikalfeld-
spulen
Plasma
Magnetfeldlinien
Toroidalfeld-
spulen
Plasmastrom

Producto vectorial

Orientación: Regla de la mano derecha



Cálculo: $\hat{\imath} \times \hat{\imath} = 0, \hat{\jmath} \times \hat{\jmath} = 0, \hat{k} \times \hat{k} = 0$

y todas las combinaciones cíclicas:

$$\hat{\imath} \times \hat{\jmath} = \hat{k}$$

Además tenemos:

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}||\vec{B}|\sin(\theta)$$

y todas las combinaciones anticíclicas: $\hat{\jmath} \times \hat{\imath} = -\hat{k}$

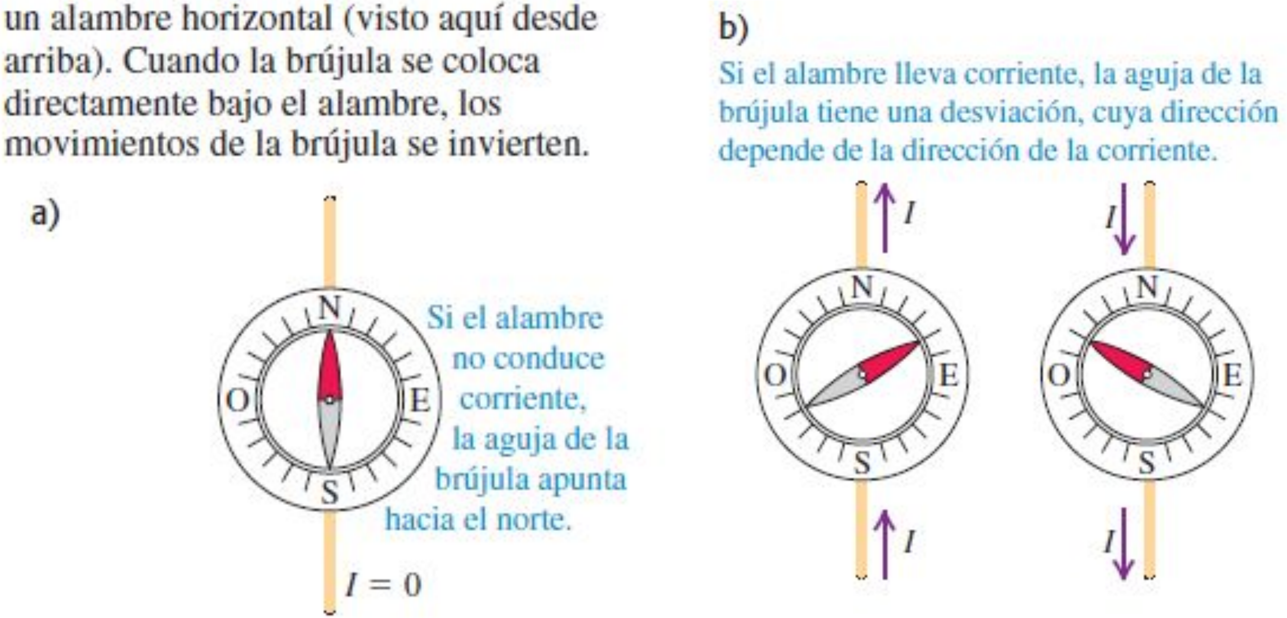
Ejemplo: $\vec{A} = 5\hat{\imath} - 3\hat{k}$ y $\vec{B} = 4\hat{\jmath}$

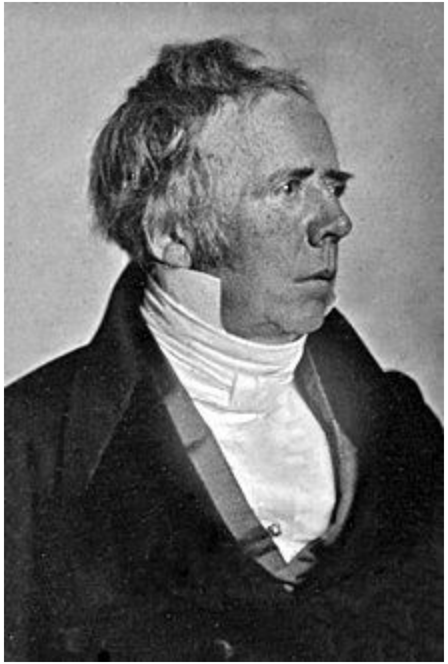
$$\vec{A} \times \vec{B} = (5\hat{\imath} - 3\hat{k}) \times 4\,\hat{\jmath}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = 20(\hat{\imath} \times \hat{\jmath}) - 12(\hat{k} \times \hat{\jmath})$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = 20\hat{k} - 12(-\hat{\imath}) = 20\hat{k} + 12\hat{\imath}$$

27.5 En el experimento de Oersted, se coloca una brújula directamente sobre un alambre horizontal (visto aquí desde arriba). Cuando la brújula se coloca directamente bajo el alambre, los movimientos de la brújula se invierten.





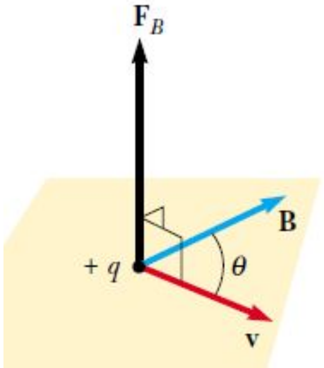
Hans Christian Ørsted (1820)

Una carga o corriente móvil crea un **campo magnético** en el espacio circundante (además de su campo *eléctrico*).

La fuerza magnética: observaciones empíricas

En una carga eléctrica bajo la influencia de un **campo magnético (B)**:

- Si la carga está en reposo la fuerza es nula
- La fuerza es proporcional a la rapidez, el valor de la carga y la intensidad del campo
- Si la fuerza apunta en una cierta dirección, si invertimos el signo de la carga la fuerza apunta en la dirección opuesta
- Si la partícula se mueve paralelamente al campo, la fuerza se anula
- La fuerza es siempre perpendicular a la velocidad y al campo magnético



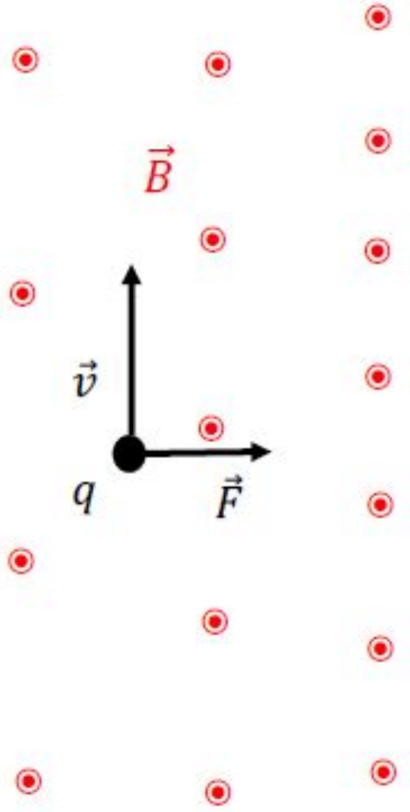
Fuerza de Lorentz

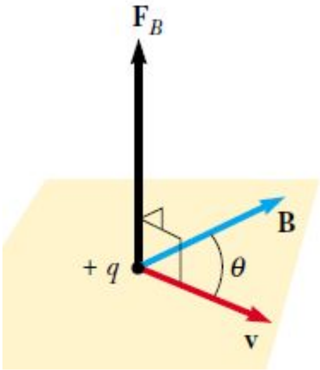
- Hendrik Lorentz formalizó en 1895 la expresión para la fuerza magnética a partir de un campo magnético $\vec{B}$

- Una carga q con una velocidad $\vec{v}$ que pasa por una región con campo magnético $\vec{B}$ experimentará una fuerza igual a:

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

$$|\vec{F}| = q|\vec{v}||\vec{B}|\sin(\theta)$$





El campo magnético: B

Se define el campo magnético a partir de la fuerza sobre una carga en movimiento:

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

Unidades de B: Tesla (MKS)

$$1\,\mathrm{T} = 1\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A \cdot m}}$$

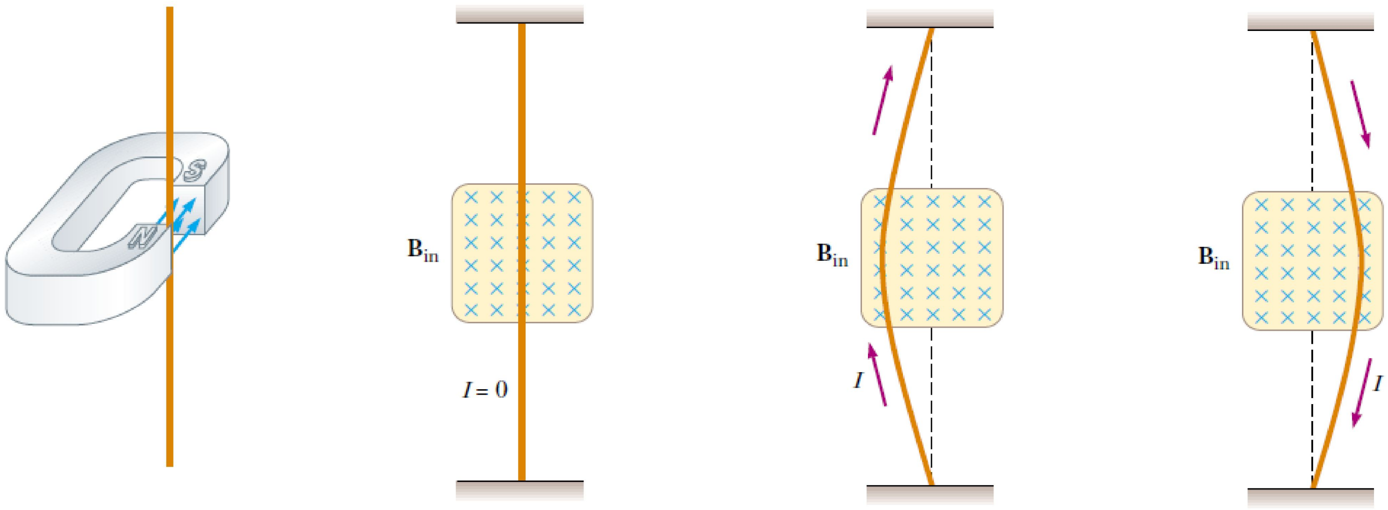
Otra unidad muy utilizada: el Gauss

$$1\,\mathrm{T} = 10^4\,\mathrm{G}$$

B_{Tierra} = 0.25-0.65 G
B_{Sol} = 1 G
$B_{Tokamak}$ = 13 T ~ 10^5 B_{Tierra}

Fuerza magnética sobre un conductor con corriente

Una corriente es un conjunto de cargas en movimiento, un cable que transporta corriente sometido a un campo magnético experimentará una fuerza.

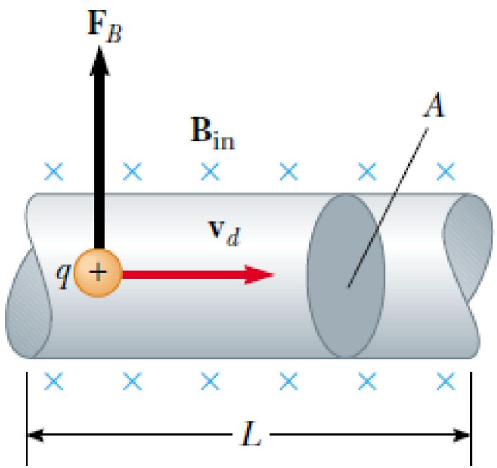


Fuerza magnética sobre un conductor con corriente

Sea un conductor recto de longitud L, sección A. Definimos n, el número de cargas por unidad de volumen. Consideramos una carga q que se mueve con una velocidad de deriva v

Si el campo magnético es uniforme, la fuerza magnética sobre una carga será

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

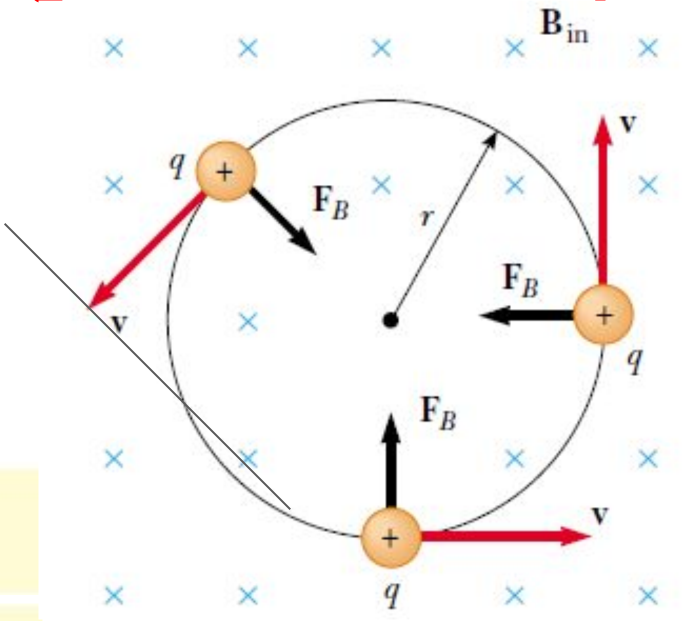


La corriente en el conductor es

$$I = qvAL$$

Movimiento de una partícula cargada en un campo magnético uniforme

Movimiento de una partícula cargada en un campo magnético uniforme. B ⊥ v



$$\sum F = ma_c \qquad F_B = qvB = \frac{mv^2}{r}$$

El movimiento de una partícula cargada bajo la sola influencia de un campo magnético siempre ocurre con rapidez constante.

$$R = \frac{mv}{|q|B} \quad \text{(radio de una órbita circular en un campo magnético)}$$

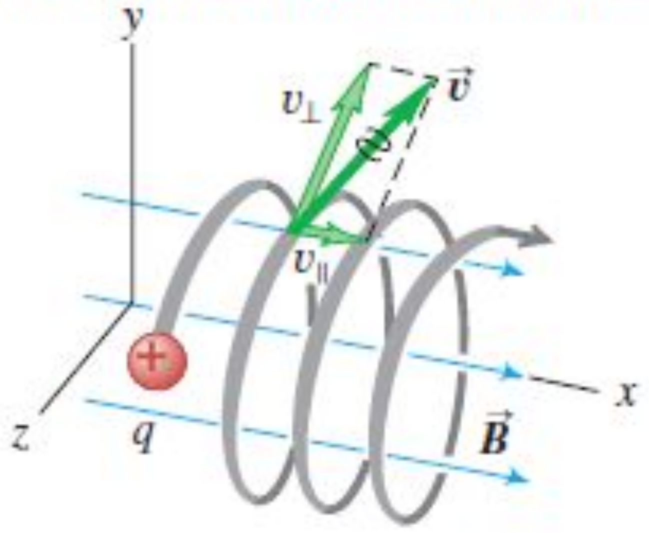
ω es la frecuencia de ciclotrón $\omega = \dfrac{v}{r} = \dfrac{qB}{m}$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB}$$

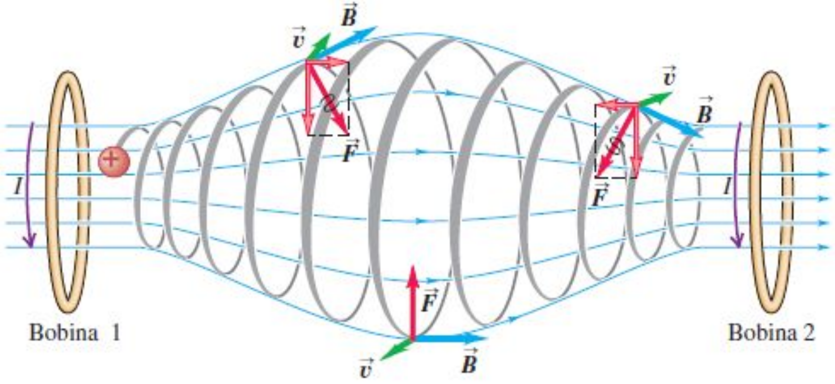
Movimiento de una partícula cargada en un campo magnético uniforme

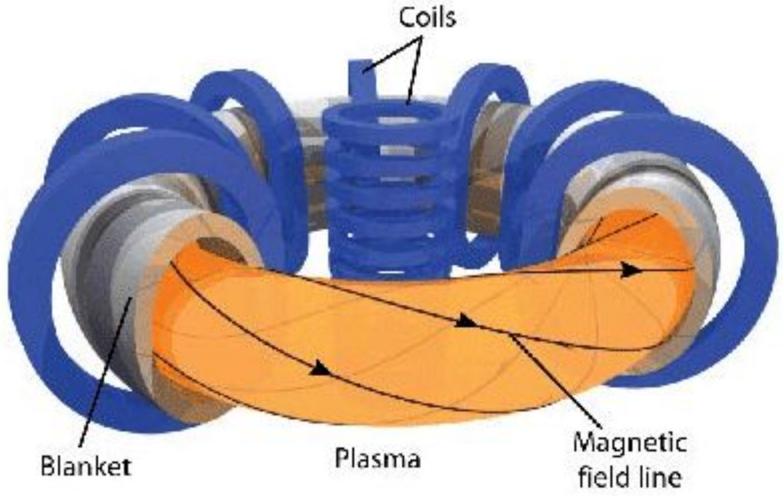
Si la velocidad forma un ángulo arbitrario con el campo, el movimiento será helicoidal. La componente de velocidad paralela al campo no experimenta fuerza, por lo que en esa dirección la velocidad es constante. En las otras dos direcciones tenemos un movimiento circular.

El movimiento de esta partícula tiene componentes tanto paralelos ($v_{\parallel}$) como perpendiculares ($v_{\perp}$) al campo magnético, por lo que se mueve en una trayectoria helicoidal.




Partículas cargadas del Sol entran al campo mag-nético terrestre
Protones atrapa-dos en cinturones de radiación interiores
Polo Norte
Polo Sur
Electrones atrapados en cinturones de radiación exteriores

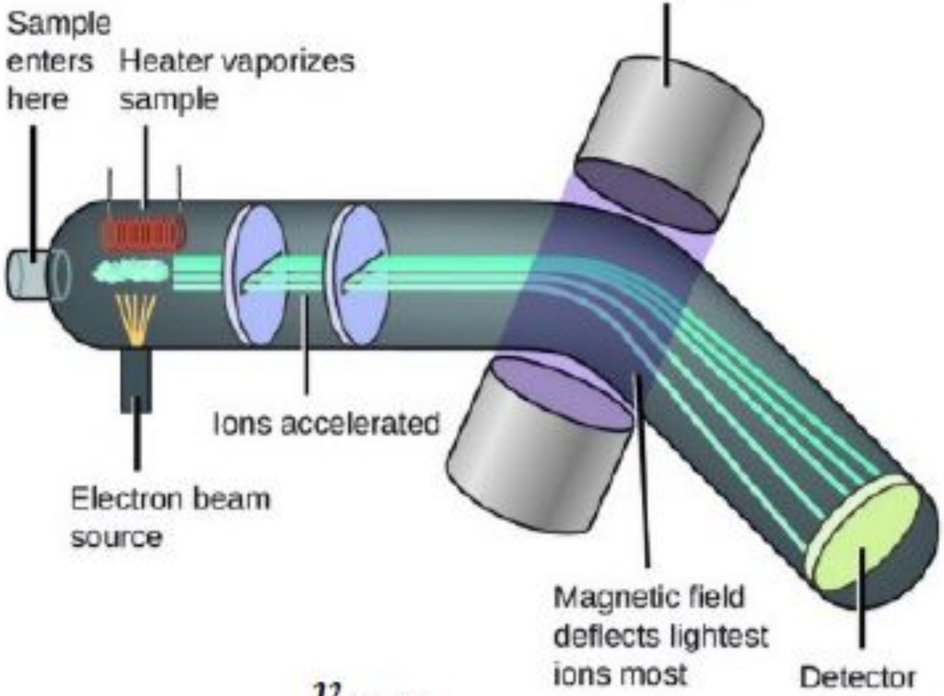

$\vec{B}$
$\vec{v}$
$\vec{F}$
I
Bobina 1
Bobina 2


Coils
Blanket
Plasma
Magnetic field line

Aplicaciones:

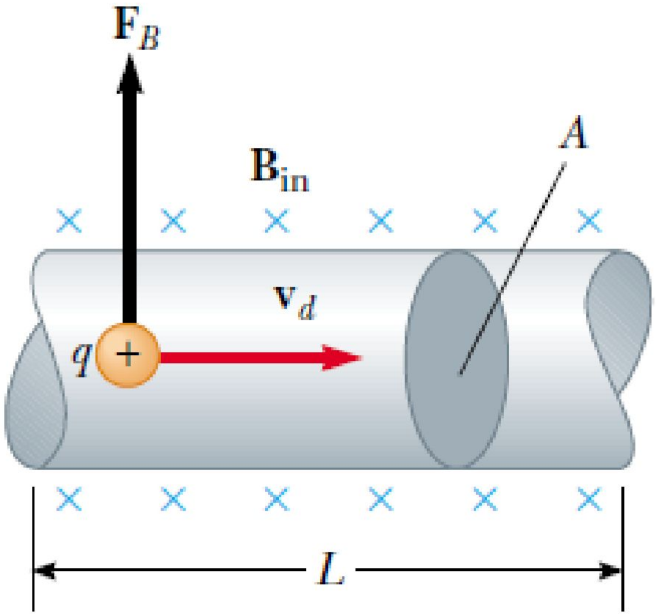
Espectrómetro de masa

(separa iones de acuerdo a su masa)



$$r_g = \frac{v_{perp}}{|q|B} m$$

En el segmento de conductor hay una cantidad nAL de cargas. La fuerza está dada por
$\vec{F} = q\overrightarrow{(v} \times \vec{B})nAL$



La fuerza será entonces

$$\vec{F} = I\,\vec{L} \times \vec{B}$$

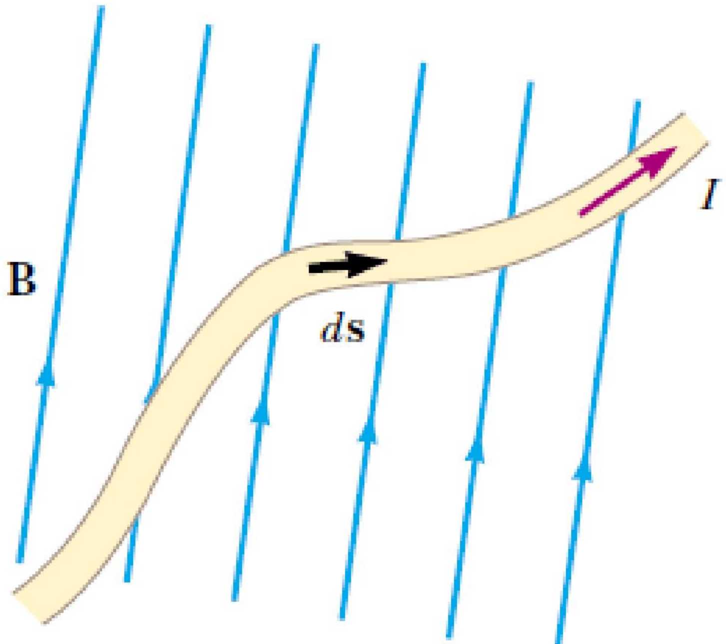
En donde $\vec{L}$ es un vector que apunta en la dirección en la que circula la corriente y cuyo módulo es igual a la longitud del conductor

Si el conductor tiene una forma arbitraria, sobre un pequeño segmento recto de longitud ds se aplicará una fuerza $d\vec{F} = I\, d\vec{s} \times \vec{B}$

La fuerza total sobre el conductor será

$$\vec{F} = I \int_a^b d\vec{s} \times \vec{B}$$

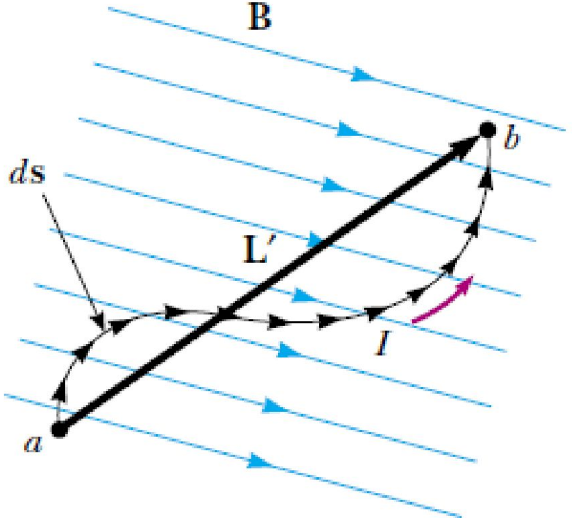
Donde a y b son los extremos del conductor



Si el campo es uniforme, podemos sacar $\vec{B}$ de la integral y se obtiene $\vec{F} = I\left(\int_a^b d\vec{s}\right) \times \vec{B}$

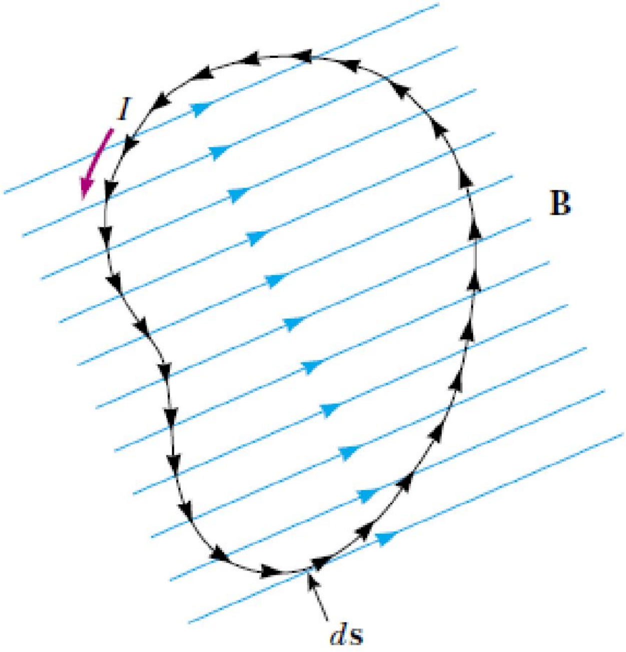
La suma vectorial de los elementos de longitud nos da un vector $\vec{L'}$ que une el punto a con el punto b.
La fuerza es: $\vec{F} = I\overrightarrow{L'} \times \vec{B}$.

La fuerza es entonces equivalente a la fuerza sobre un conductor recto que une los puntos a y b



Si el conductor es cerrado (una espira) y el campo es uniforme tendremos para la fuerza

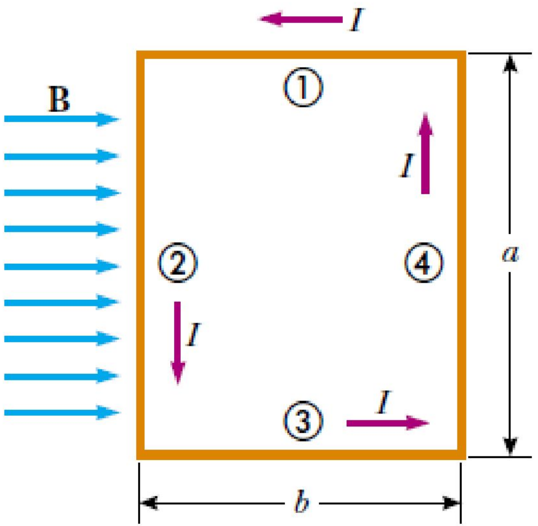
$$\vec{F} = I\left(\oint d\vec{s}\right) \times \vec{B}$$



La integral es nula por lo que la fuerza total que actúa sobre una espira inmersa en un campo magnético uniforme es nula.

$$\vec{F} = 0$$

Torque sobre una espira en un campo magnético uniforme

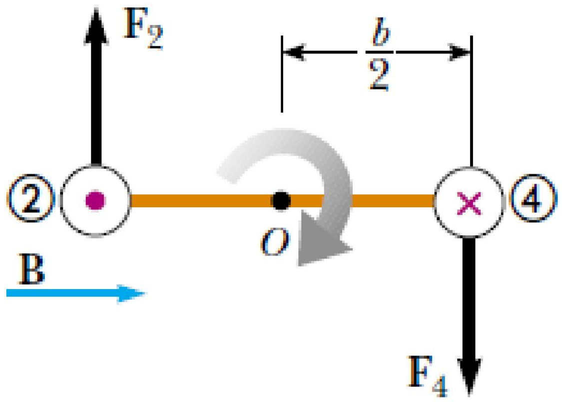


Consideramos una espira inmersa en un campo magnético uniforme. Sabemos que la fuerza neta es nula.

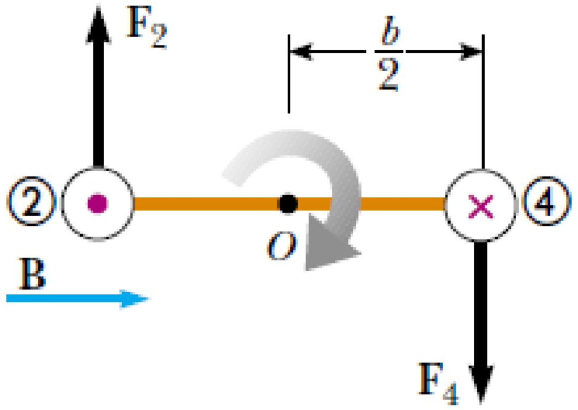
La fuerza sobre los segmentos 1 y 3 es nula.

Las fuerzas sobre los segmentos 2 y 4 son iguales y de sentido opuesto

$$F_2 = F_4 = IaB$$



Si calculamos el momento de las fuerzas con respecto al punto medio O tenemos



$$\tau_{max} = F_2 \frac{b}{2} + F_4 \frac{b}{2} = (IaB)\frac{b}{2} + (IaB)\frac{b}{2} = IabB$$

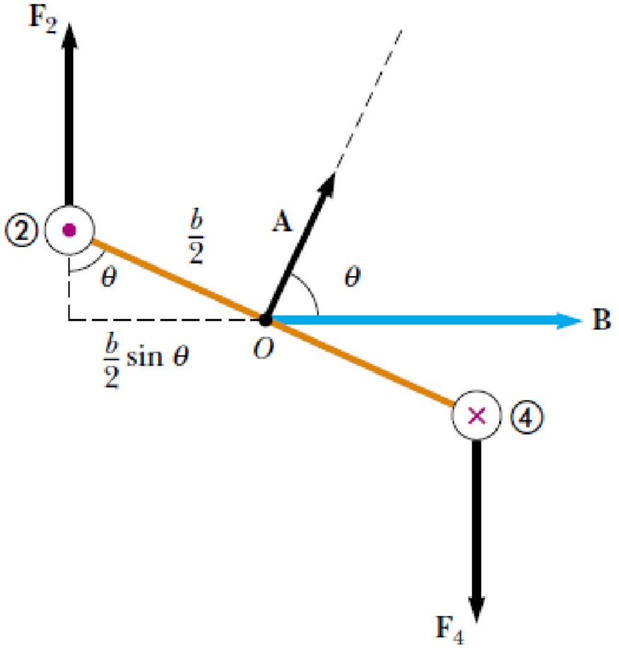
$$\boxed{\tau_{max} = IAB}$$

Si definimos $\vec{A}$ como un vector perpendicular al área de la espira tendremos

$$\tau = F_2 \frac{b}{2} \sin\theta + F_4 \frac{b}{2} \sin\theta$$

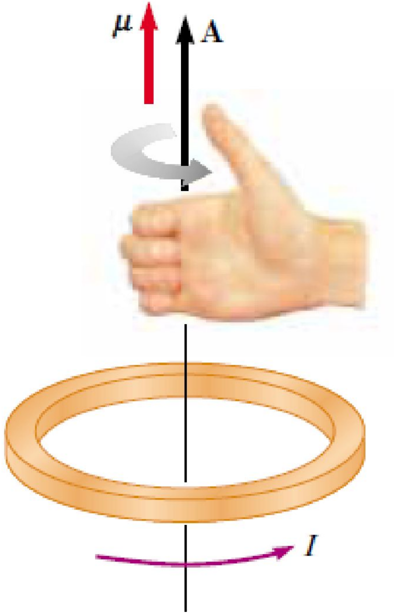
$$= IaB\left(\frac{b}{2}\sin\theta\right) + IaB\left(\frac{b}{2}\sin\theta\right) = IabB\sin\theta$$

$$= IAB\sin\theta$$



El torque es $\vec{\tau} = I\,\vec{A} \times \vec{B}$

El vector $\vec{A}$ se define usando la regla de la mano derecha:



Definimos el Momento magnético $\vec{\mu}$ de una espira que lleva una corriente I como $\vec{\mu} = I\,\vec{A}$, con unidades de Ampere $.m^2$.

El torque es entonces $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$. Este resultado no depende de la forma de la espira.

Si tenemos una bobina con N espiras, el momento magnético es

$$\vec{\mu} = N\mu_{espira}$$

Energía Potencial Magnética

La energía potencial de una espira inmersa en un campo magnético, se define de manera similar a la energía de un dipolo en un campo eléctrico:

$$U = -\vec{\mu}.\vec{B}$$