UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Electricidad y Magnetismo

Unidad 3: Campo Magnético

Fuerza magnética

Profesora Rosa Corona

DEPARTAMENTO DE FÍSICA
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Contenidos

- 1-Imanes
- 2- Campo magnético
- 3- Fuerza magnética sobre cargas eléctricas en movimiento
- 4- Fuerza magnética sobre conductores filiformes
- 5- Fuerza magnética sobre espiras.
-

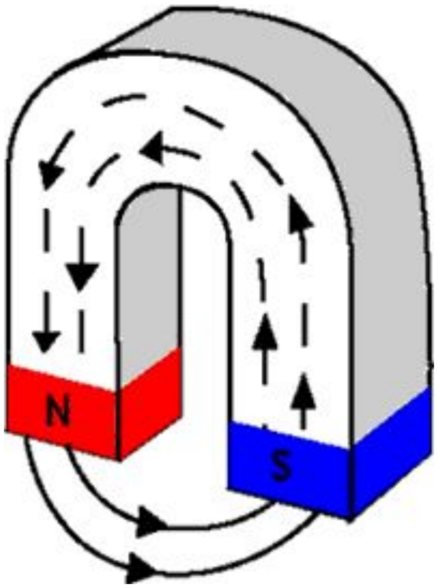
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

1. Imanes

Un imán es un cuerpo fabricado de un material que posee propiedades ferromagnéticas, atrayendo o repeliendo a otros cuerpos del mismo tipo.

Algunos materiales ferromagnéticos son:

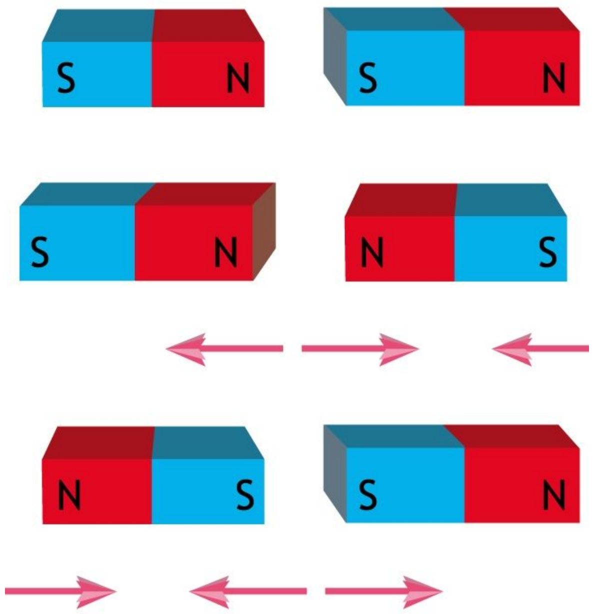
- hierro
- cobalto
- níquel



Los imanes pueden estar magnetizados temporalmente o permanentemente.

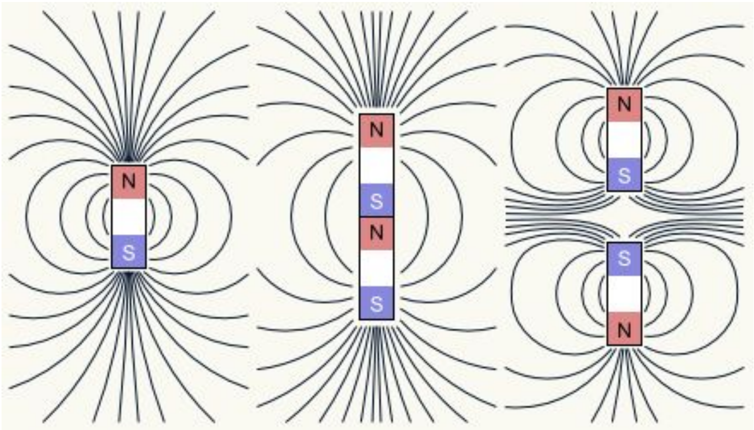
1. Imanes

Los imanes poseen dos polos, conocidos como polo norte (N) y polo sur (S).



Imanes que interactúan mediante sus **polos iguales**, se **repelen**.

Imanes que interactúan mediante sus **polos opuestos**, se **atraen**.



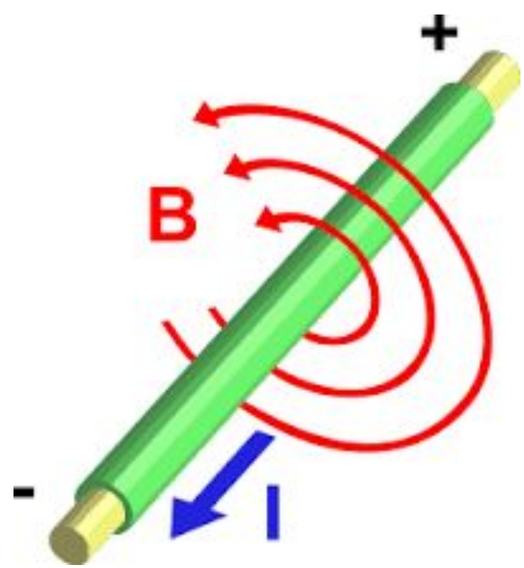
El efecto de atracción y repulsión están relacionados con las líneas de campo magnéticas. Las líneas van del polo Norte (N) al polo Sur (S).

UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO
DE CHILE

2. Campo Magnético

El campo magnético en cualquier punto está definido por su magnitud, dirección y sentido, por lo tanto es un campo vectorial.

Los campos magnéticos son producidos por cualquier carga eléctrica en movimiento y por el momento magnético intrínseco de las partículas elementales (espín).



Unidad del campo magnético

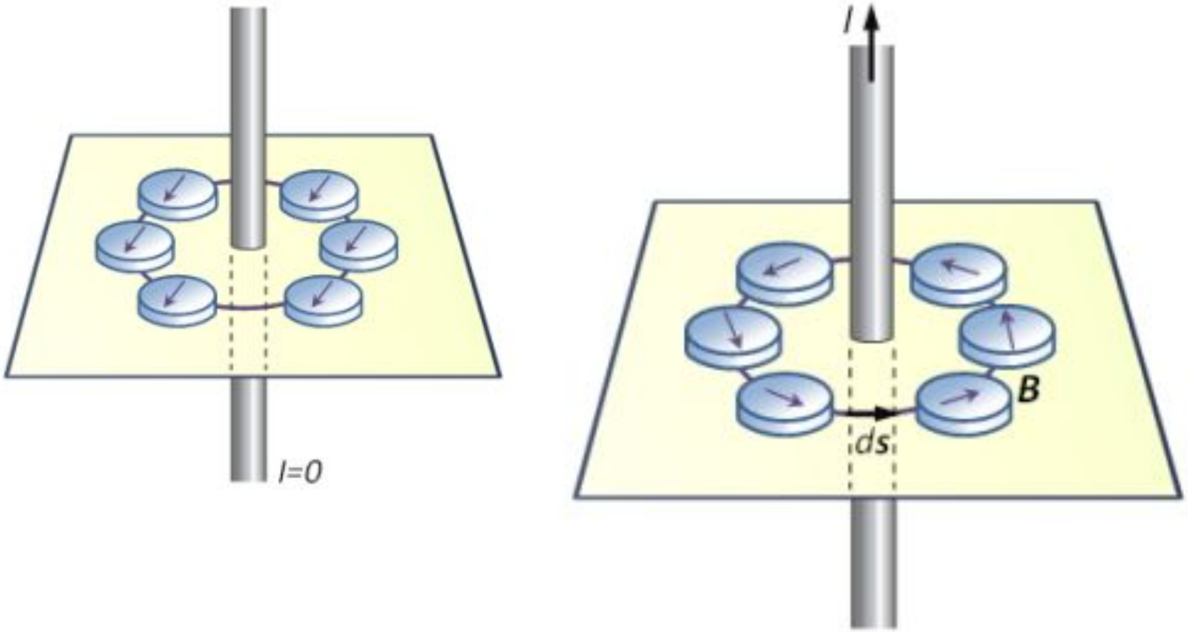
Unidad: Tesla o Gauss (SI)
Símbolo: [T] o [G]

$$1\,T = 10^4\,G$$

En honor al físico Nikola Tesla

2. Campo Magnético

Oersted en 1819 descubrió que las agujas de las brújulas se desviaban alrededor de un conductor que transporta una corriente I.



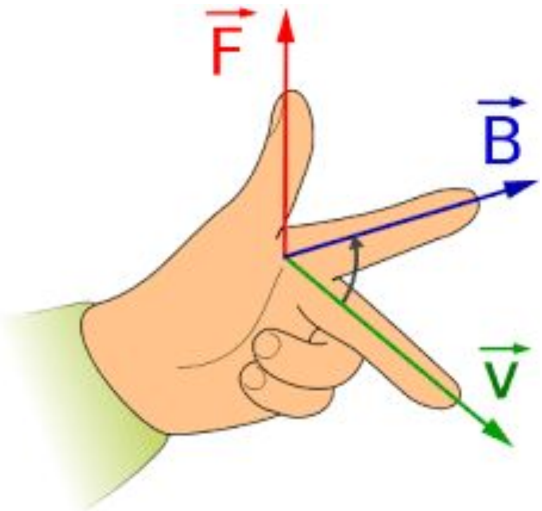
3. Fuerza sobre cargas en movimiento

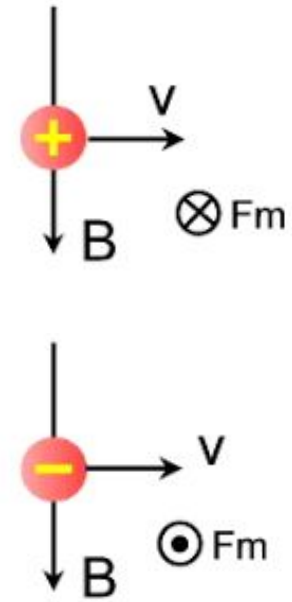
Una carga eléctrica en movimiento dentro de un campo magnético sufre una fuerza, conocida como fuerza magnética. La dirección de la fuerza es perpendicular a la velocidad de la carga, es decir:

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

La magnitud de la fuerza magnética es:

$$\left|\vec{F}_B\right| = F_B = |q|vB\sin\phi$$





3. Fuerza sobre cargas en movimiento

Ejemplo: Un protón se desplaza dentro de un campo magnético uniforme, de intensidad B = 0.8 [T], orientado según el eje y, en sentido positivo. Obtener la fuerza (módulo, dirección y sentido) que actúa sobre el protón cuando se desplaza con velocidad:

a) $\vec{v} = 2 \times 10^6 \ \hat{k} \ [\mathrm{m/s}]$

b) $\vec{v} = 4 \times 10^6 \ \hat{\imath} \ [\mathrm{m/s}]$

c) $\vec{v} = 3,5 \times 10^6 \ \hat{\jmath} \ [\mathrm{m/s}]$

3. Fuerza sobre cargas en movimiento

Solución:

La fuerza magnética sobre una carga en movimiento es:

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

La carga de un protón es: $q = 1,6 \times 10^{-19}$ [C]

El campo magnético es $\vec{B} = 0,8\ \hat{\jmath}$ [T]

a) $\vec{v} = 2 \times 10^{6}\ \hat{k}$ [m/s] con esta velocidad, la fuerza es:

$$\vec{F} = 1,6 \times 10^{-19} \left(2 \times 10^{6} \cdot 0,8\right) \underbrace{(\hat{k} \times \hat{\jmath})}_{-\hat{\imath}}$$

entonces $\vec{F} = -2,56 \times 10^{-13}\ \hat{\imath}$ [N]

3. Fuerza sobre cargas en movimiento

La fuerza magnética sobre una carga en movimiento es:

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

La carga de un protón es: $q = 1,6 \times 10^{-19}$ [C]

El campo magnético es $\vec{B} = 0,8\ \hat{\jmath}$ [T]

b) $\vec{v} = 4 \times 10^{6}\ \hat{\imath}$ [m/s] con esta velocidad, la fuerza es:

$$\vec{F} = 1,6 \times 10^{-19} \left(4 \times 10^{6} \cdot 0,8\right) \underbrace{(\hat{\imath} \times \hat{\jmath})}_{\hat{k}}$$

entonces: $\vec{F} = 5,12 \times 10^{-13}\ \hat{k}$ [N]

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

3. Fuerza sobre cargas en movimiento

La fuerza magnética sobre una carga en movimiento es:

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

La carga de un protón es: $q = 1,6 \times 10^{-19}$ [C]

El campo magnético es $\vec{B} = 0,8\ \hat{\jmath}$ [T]

c) $\vec{v} = 3,5 \times 10^{6}\ \hat{\jmath}$ [m/s] con esta velocidad, la fuerza es:

$$\vec{F} = 1,6 \times 10^{-19}\left(3,5 \times 10^{6} \cdot 0,8\right)\underbrace{(\hat{\jmath} \times \hat{\jmath})}_{\vec{0}}$$

entonces: $\vec{F} = \vec{0}$ [N]

4. Fuerza sobre conductores filiformes

En un hilo conductor que es recorrido por una corriente I, en donde cada elemento diferencial de carga en un hilo conductor se ejercerá una fuerza como:

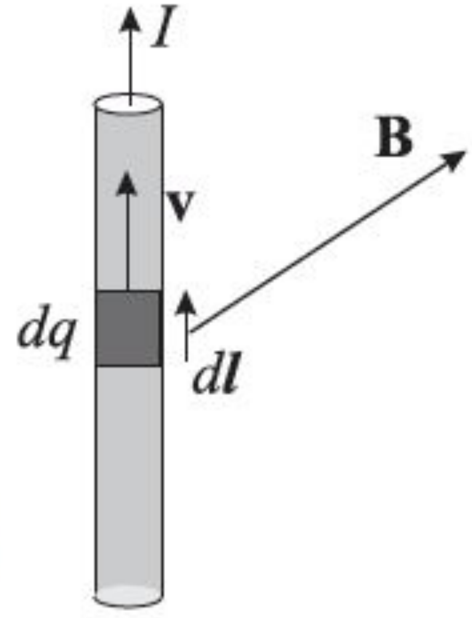
$$d\vec{F} = dq\ \vec{v} \times \vec{B}$$

por otro lado, sabemos que dq = I dt, y el diferencial de longitud viene dado por:

$$d\vec{l} = \vec{v}dt$$

entonces:

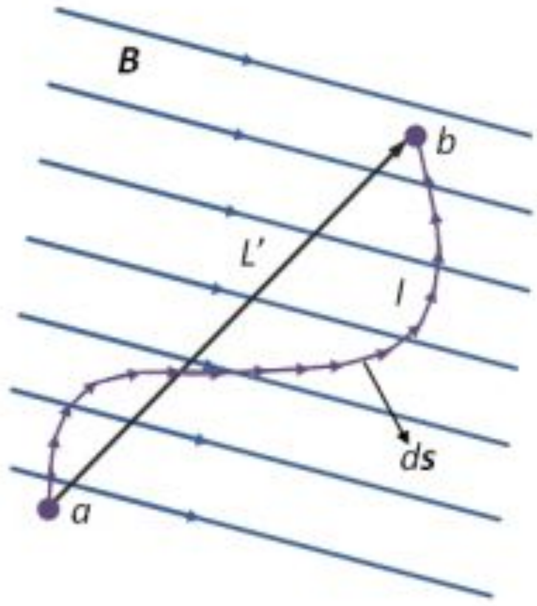
$$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B} \quad \Rightarrow \quad \vec{F} = I \oint_{E} d\vec{l} \times \vec{B}$$



UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

4. Fuerza sobre conductores filiformes

En un hilo curvo que transporta una corriente I y está localizado en un campo magnético uniforme, la fuerza es:



$$\vec{F} = I\left(\int_a^b d\vec{l}\right) \times \vec{B} \quad \Rightarrow \quad \vec{F} = I\vec{L}' \times \vec{B}$$

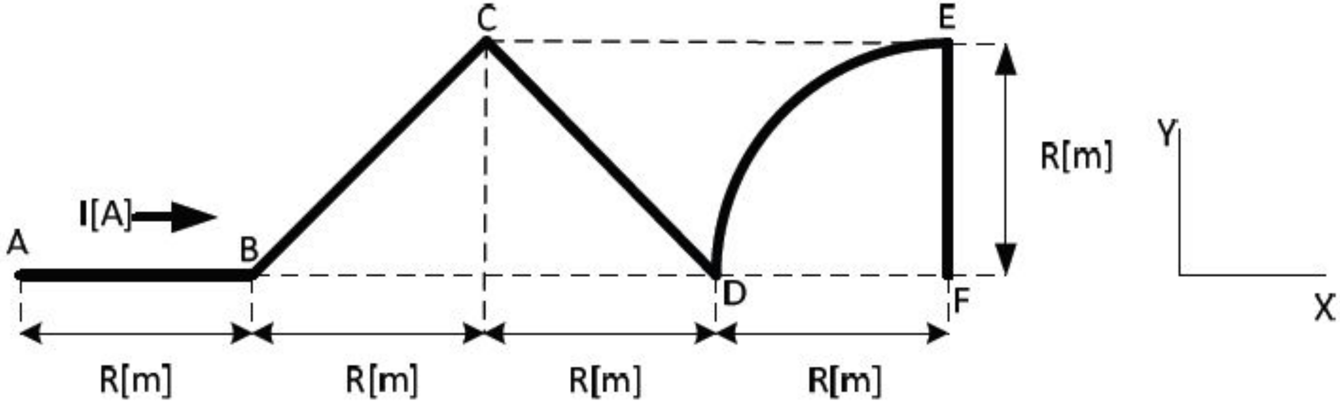
La *fuerza magnética* ejercida sobre un ***alambre curvo*** que transporta corriente es **igual** a la ejercida sobre un **alambre** recto que conecta los puntos extremos y que conduce la **misma corriente**.

4. Fuerza sobre conductores filiformes

Ejemplo: Hallar la fuerza resultante sobre el conductor que se muestra en la figura. En la región hay un campo de inducción magnético

$$\vec{B} = B_0\hat{\imath} + 4B_0\hat{\jmath} + 6B_0\hat{k}\ [\mathrm{T}]$$

donde B_0 es una constante positiva. El conductor lleva una corriente eléctrica de magnitud I [A] en el sentido indicado en la figura.



4. Fuerza sobre conductores filiformes

Solución:

La fuerza magnética sobre un conductor:

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

luego, tenemos que la longitud efectiva es: $L' = \int_A^F d\vec{\ell}$

$$L' = \int_0^{4R} dx\hat{\imath} = x\hat{\imath}\Big|_0^{4R} = 4R\hat{\imath}$$

entonces:

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

$$\vec{F} = I4R\hat{\imath} \times (B_0\hat{\imath} + 4B_0\hat{\jmath} + 6B_0\hat{k})$$

4. Fuerza sobre conductores filiformes

Finalmente:

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

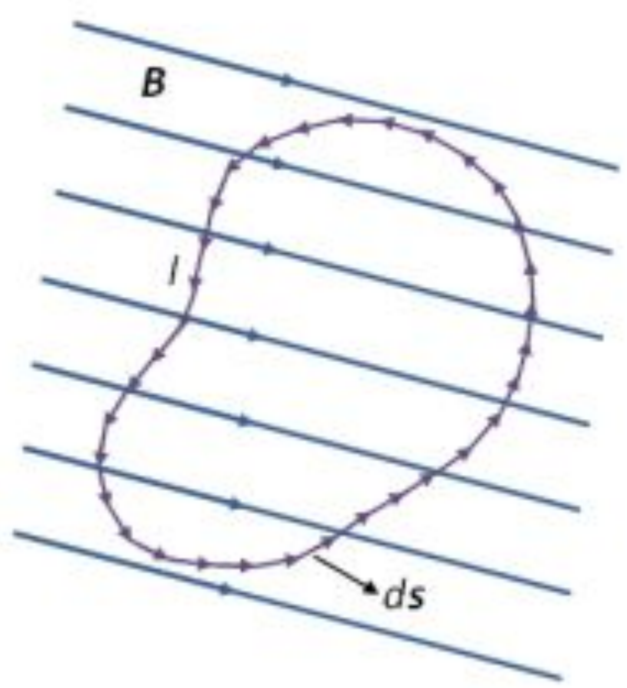
$$\vec{F} = I4R\hat{\imath} \times (B_0\hat{\imath} + 4B_0\hat{\jmath} + 6B_0\hat{k})$$

$$\vec{F} = 4IR\left[\underbrace{(\hat{\imath} \times \hat{\imath})}_{0} + 4\underbrace{(\hat{\imath} \times \hat{\jmath})}_{\hat{k}} + 6\underbrace{(\hat{\imath} \times \hat{k})}_{-\hat{\jmath}}\right]$$

$$\boxed{\vec{F} = 8IRB_0(-3\hat{\jmath} + 2\hat{k})\ [\mathrm{N}]}$$

5. Fuerza sobre espiras

En el caso de una espira (hilo cerrado) con corriente eléctrica I, la fuerza viene dada por:



$$\vec{F} = I \oint_{\mathrm{E}} d\vec{l} \times \vec{B}$$

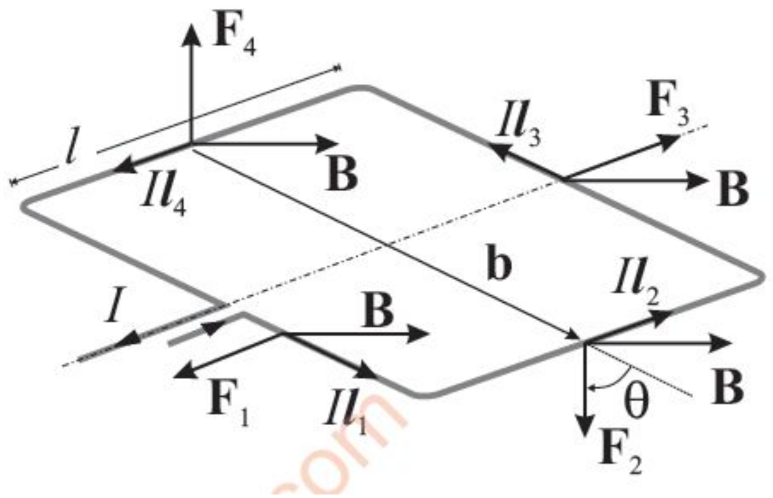
$$\oint_{\mathrm{E}} d\vec{l} = 0$$

$$\vec{F} = 0$$

la fuerza magnética sobre cualquier lazo cerrado de corriente en un campo magnético uniforme es igual a cero.

5. Fuerza sobre espiras

Que la fuerza en la espira sea cero no quiere decir que la espira no pueda moverse, la espira puede realizar un movimiento de rotación (siempre que el momento dinámico sea distinto de cero).



$$\vec{M} = \vec{b} \times \vec{F}$$

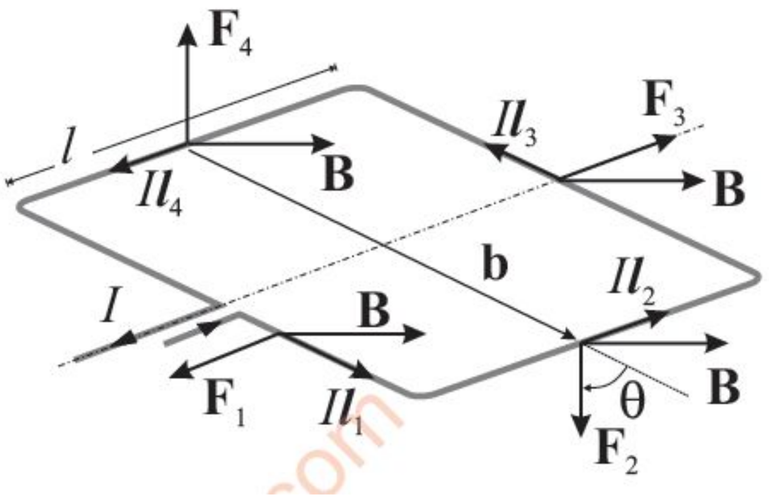
$$M = bF\sin\theta = bILB\sin\theta$$

Siendo M el momento dinámico, b el brazo y F la fuerza debido al campo magnético.

5. Fuerza sobre espiras

Si consideramos que S=lb entonces:

$$\vec{m} = S\vec{I} \quad \Rightarrow \quad \vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$$



Si tenemos n espiras, entonces: $\vec{m} = nS\vec{I}$

Estas expresiones son válidas para cualquier tipo de espiras, y considerando siempre que el campo magnético es uniforme.

Resumen

Fuerza Eléctrica

Sobre cargas en movimiento

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

Sobre un conductor que lleva corriente I

$$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B} \quad \Rightarrow \quad \vec{F} = I \oint_{E} d\vec{l} \times \vec{B}$$