



**CAMPO MAGNETICO.
(TEMA 6)**

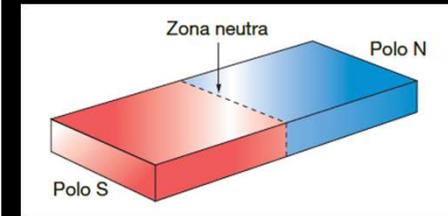
Fernando Escudero Ramos/I.E.S. Fernando de los Ríos

1. Propiedades generales de los imanes. Desarrollo del electromagnetismo

Existen Imanes naturales y artificiales, y todos tienen unas características similares:

Imanes

- Todo imán presenta la máxima atracción (o repulsión, como ya veremos) en los extremos, que reciben el nombre de **polos magnéticos**. Existe una zona neutra desde la que el imán no ejerce ninguna atracción (Fig. 6.1).
- Un imán tiene dos polos que se conocen con los nombres de norte y sur, porque se orienta según los polos magnéticos de la Tierra, que es un imán natural.
- Los polos, aunque son distintos, no se pueden separar. Un imán, por pequeño que sea, siempre presenta los dos polos.
- Los polos del mismo nombre se repelen y los polos de distinto nombre se atraen.

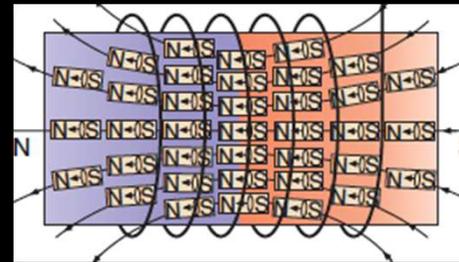
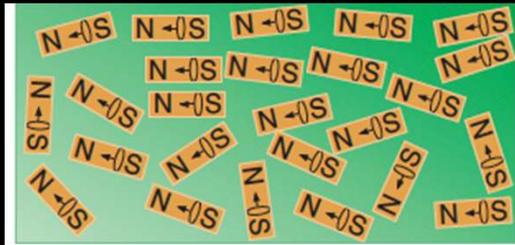


Puntos básicos del electromagnetismo:

1. Cargas eléctricas en movimiento producen una interacción de tipo magnético, además de la interacción eléctrica dada por la ley de Coulomb. Producen, pues, una interacción electromagnética.
2. Toda carga en movimiento produce un campo magnético.
3. Un campo magnético actúa sobre cargas solamente cuando estas están en movimiento y se cumplen, además, ciertas condiciones, como veremos más adelante.
4. Se dice que en un punto existe un campo magnético si una carga móvil colocada en él (y que cumpla las condiciones indicadas) experimenta una fuerza. Desarrollaremos estas ideas a lo largo de la unidad.

2. Explicación del magnetismo natural

Las propiedades magnéticas de los imanes naturales también son consecuencia de las cargas móviles: un imán natural tiene una gran cantidad de átomos, en cada uno de los cuales existen electrones, estos electrones producen minúsculos campos magnéticos, dipolos magnéticos, cuya resultante puede producir un magnetismo exterior.

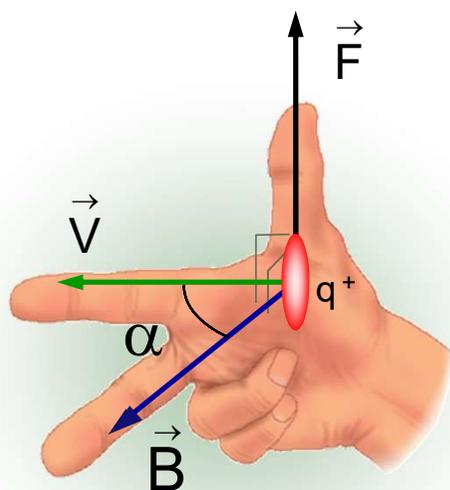


Las sustancias atendiendo a su comportamiento, se pueden clasificar como:

- Ferromagnéticas
- Diamagnéticas
- Paramagnéticas

3 CAMPO MAGNÉTICO.

Regla de la mano derecha y unidades de medida



Fuerza sobre una carga eléctrica positiva en un campo magnético

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

La ley de Lorentz

Para determinar el sentido de la fuerza magnética, puede recurrirse a la llamada “**regla de la mano derecha**”. Cuando el dedo índice de la mano derecha apunta en la dirección de v y el dedo corazón en la de B , el pulgar apunta en la dirección y sentido de F para una carga positiva. Cuando la carga es negativa, el sentido de F es el contrario.

$Z \rightarrow +$

$Z \rightarrow -$

Hacia fuera del papel

Hacia dentro del papel

•	•	•	•	x	x	x	x
•	•	•	•	x	x	x	x
•	•	•	•	x	x	x	x

Representación simbólica

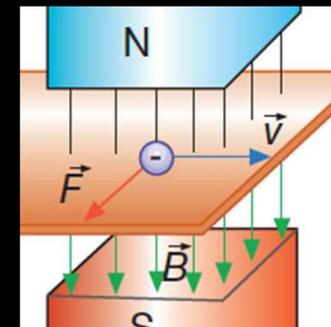
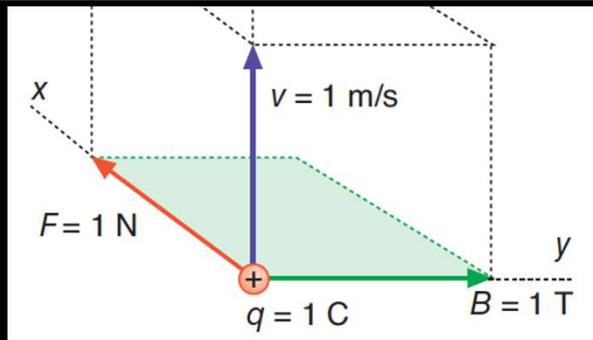
Unidades de medida

- La unidad de inducción magnética en el S.I. es el **tesla (T)**
- Un **tesla** es el valor de la inducción magnética de un campo que ejerce una fuerza de **1 N** sobre una carga eléctrica de **1 C** que se mueve con una velocidad de **1m/s** perpendicular al campo

3. Campo Magnético

El campo magnético viene determinado por el vector **B**, que recibe el nombre de **inducción magnética o intensidad de campo magnético**.

Inducción del campo magnético en un punto es la fuerza que ejerce el campo sobre una unidad de carga que se mueve con una unidad de velocidad en dirección perpendicular al campo.



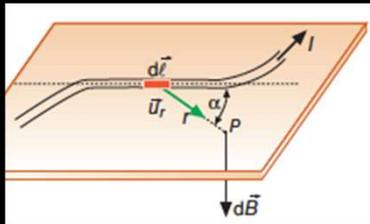
La unidad del campo magnético en el SI es el tesla (T)

Tesla es la inducción de un campo magnético que ejerce una fuerza de un newton sobre una carga de un culombio cuando se mueve con la velocidad de un metro por segundo, en el interior del campo, y perpendicularmente a las líneas de inducción (Fig. 6.8).

4. Fuentes del campo magnético. Creación de campos magnéticos por cargas en movimiento

4.1. Campo magnético creado por un elemento de corriente. Ley de Biot y Savart

Elemento de corriente $d\vec{\ell}$ es un vector elemental que tiene la dirección del conductor y el sentido de la corriente.

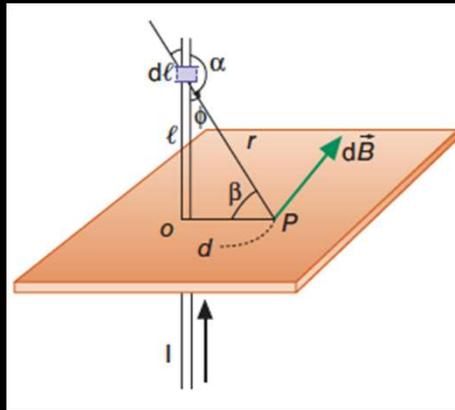


$$d\vec{B} = K' \frac{I}{r^2} (d\vec{\ell} \times \vec{u}_r)$$

1. El vector $d\vec{B}$ es perpendicular tanto a $d\vec{\ell}$ (el cual tiene la dirección de la corriente, línea de puntos de la figura) como al vector unitario \vec{u}_r , dirigido desde el elemento al punto P .
2. El módulo de $d\vec{B}$ es inversamente proporcional a r^2 , donde r es la distancia del elemento al punto.
3. El módulo de $d\vec{B}$ es proporcional a la intensidad de la corriente y a $d\ell$.
4. El módulo de $d\vec{B}$ es proporcional al seno del ángulo formado por los vectores $d\vec{\ell}$ y \vec{u}_r .

4.2. Campo magnético producido por una corriente recta e indefinida.

Aplicando la ley de Biot Savart a una corriente recta e integrando llegamos a:

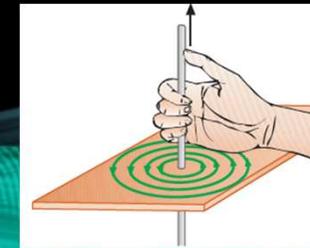


$$B = \int_{-\infty}^{+\infty} K' \frac{I d\ell \sin \alpha}{r^2} = 2 \int_0^{\pi/2} K' I \frac{\frac{d\beta}{\cos^2 \beta} d}{d^2} \cos \beta =$$
$$= \frac{2 K' I}{d} \int_0^{\pi/2} \cos \beta d\beta = \frac{2 K' I}{d} [\sin \beta]_0^{\pi/2} = \frac{2 K' I}{d}$$

Finalmente llegamos a que el módulo del campo viene dado por la siguiente expresión:

$$B = \frac{2 K' I}{d} = \frac{\mu_0 I}{2 \pi d}$$

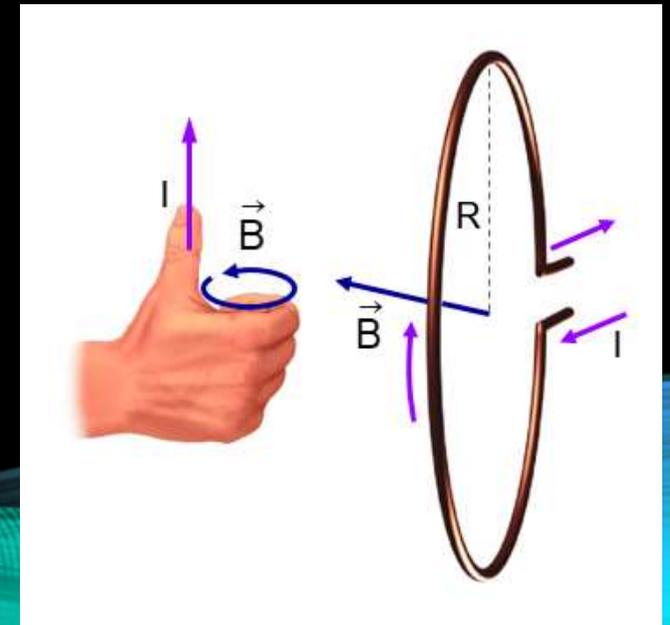
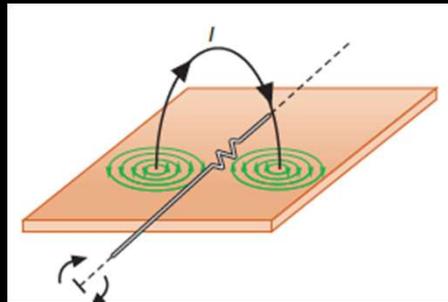
La dirección es circular en torno al conductor, y el sentido según la regla de la mano derecha.



4.3. Campo magnético creado por una corriente circular

Si aplicamos la ley de Biot Savart a una espira circular, llegamos a :

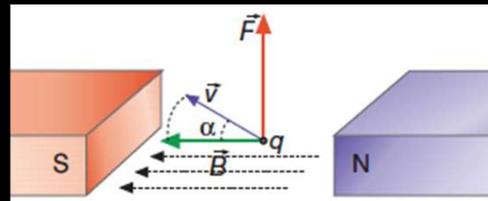
$$B = \int_0^{2\pi r} K' \frac{I \, d\ell \, \sin \alpha}{r^2} = K' \frac{I}{r^2} \int_0^{2\pi r} d\ell = \frac{2 \pi K' I}{r} = \frac{\mu_0 I}{2 r}$$



5. Fuerzas sobre cargas móviles situadas en campos magnéticos. Ley de Lorentz

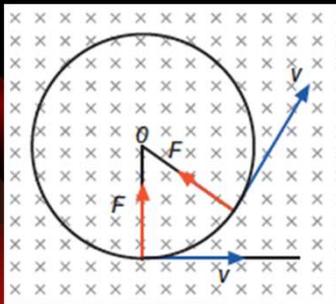
La Ley de Lorentz nos habla de la acción de un campo sobre una carga en movimiento.

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



Las aplicaciones de la Ley de Lorentz son muchísimas; cabe la pena destacar los aceleradores de partículas:

Si \mathbf{v} es perpendicular a \mathbf{B} , la partícula describirá una órbita circular.



Igualando fuerza de Lorentz a la fuerza normal :

$$F_m = F_c$$

$$q v B = \frac{m v^2}{R}$$

Obtenemos las características del movimiento:

$$R = \frac{m v}{q B}$$

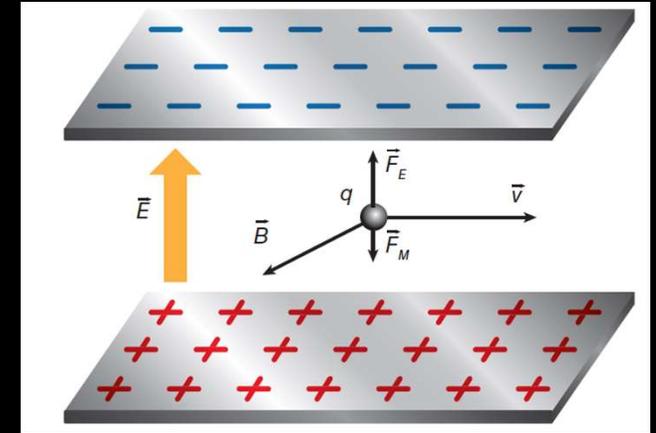
$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{q B R}{m R} = \frac{q}{m} B$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{q B}$$

5.2 Ley general de Lorentz

La Ley general de Lorentz se describe cuando una carga se mueve en una región del espacio con un campo eléctrico y otro magnético:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_E + \vec{F}_M = q \vec{E} + q (\vec{v} \times \vec{B})$$

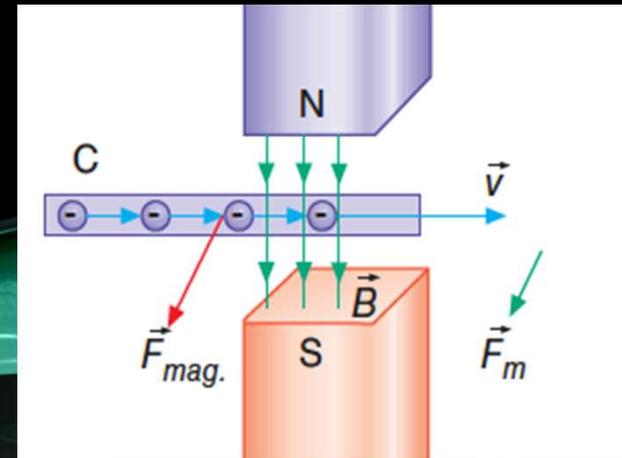


5.3. Fuerza magnética sobre corrientes eléctricas

Fuerza magnética sobre un conductor rectilíneo:

$$\vec{F} = I (\vec{\ell} \times \vec{B})$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

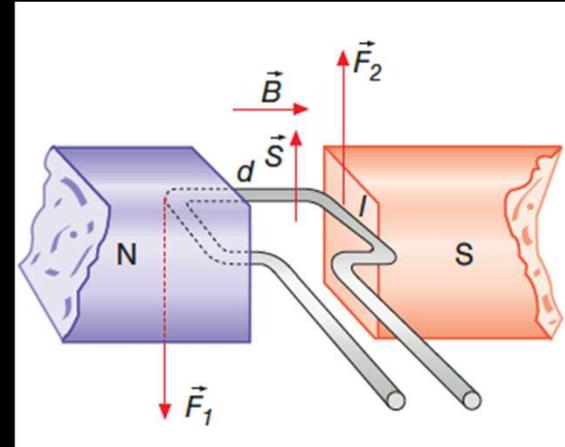


5.3. Fuerza magnética sobre corrientes eléctricas

Fuerza magnética sobre una espira:

Aplicando la fórmula solo a los módulos

$$F_1 = F_2 = I \ell B$$



Llegamos a obtener el momento de torsión o del par de fuerzas:

$$M = F d = I \ell B d = I B S$$

6. FUERZAS MAGNÉTICAS ENTRE DOS CONDUCTORES RECTILÍNEOS.

- El primer conductor genera un campo cuya inducción magnética en un punto cualquiera del segundo conductor es, según Biot y Savart:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

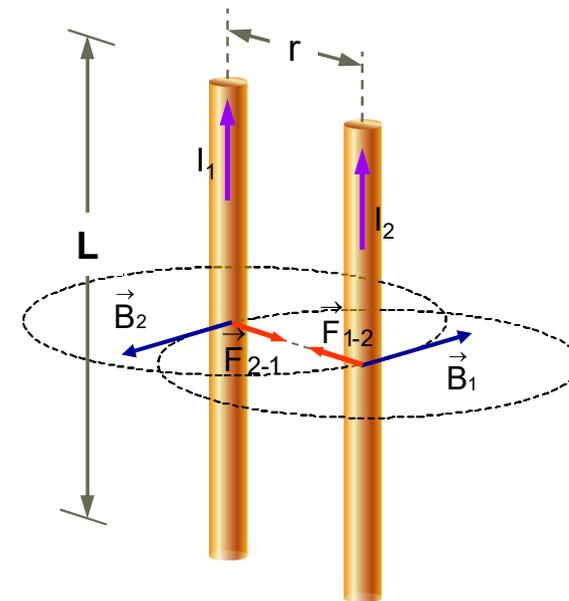
- B_1 es perpendicular al segundo conductor y al plano en el que se encuentran ambos conductores, y ejerce una fuerza magnética:

$$F_{1-2} = I_2 L B_1 \sin 90$$

$$F_{1-2} = I_2 L \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} = \frac{\mu_0 L I_1 I_2}{2\pi r}$$

- De forma análoga se calcula F_{2-1} que ejerce el segundo conductor sobre el primero

- Si ambas corrientes tienen el mismo sentido, las fuerzas atraen entre sí a los conductores; si son de sentido contrario, los repelen



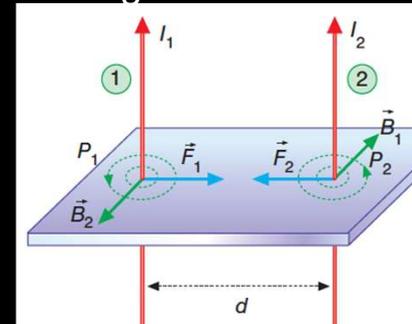
Fuerza magnética entre dos conductores

6. Fuerzas entre corrientes paralelas. Definición de amperio

Dos corrientes paralelas interactúan entre ellas de la siguiente forma:

$$F_1 = I_1 \ell_1 \frac{\mu_0 I_2}{2 \pi d} = \frac{\mu_0}{2 \pi d} I_1 I_2 \ell_1$$

$$F_2 = \frac{\mu_0}{2 \pi d} I_1 I_2 \ell_2$$



- Dos conductores paralelos e indefinidos por los que circulan corrientes del mismo sentido se atraen.
- Dos conductores por los que circulan corrientes en sentido contrario se repelen.

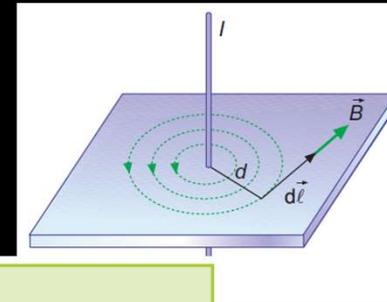
Del anterior experimento obtenemos la definición de amperio (A).

Amperio es la corriente que, circulando por dos conductores paralelos e indefinidos separados una distancia de un metro en el vacío, produce sobre cada conductor una fuerza de $2 \cdot 10^{-7}$ N por metro de longitud de conductor.

7. Ley de Ampère

Un alambre largo y recto por el que circula una corriente I produce un campo magnético cuyo valor en un punto viene dado por:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi d}$$



De forma general :

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \Sigma I \quad (\text{Es la ley de Ampère})$$

Aplicación de la ley de Ampère: El campo magnético creado por un solenoide en su interior, es un campo uniforme de sentido según la regla de la mano derecha, con la siguiente expresión matemática:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell}$$

N = Número de espiras.

I = Intensidad de la corriente en A.

ℓ = Longitud del solenoide en m.

