



Universidad Nacional de San Luis
Fac. Cs. Físico-Matemáticas y Naturales
Departamento de Física

APUNTES DE FISICA

Para Alumnos de las Carreras:

Analista Químico

Tecnicatura Univ. en Esterilización

Tecnicatura Univ. en Laboratorios Biológicos

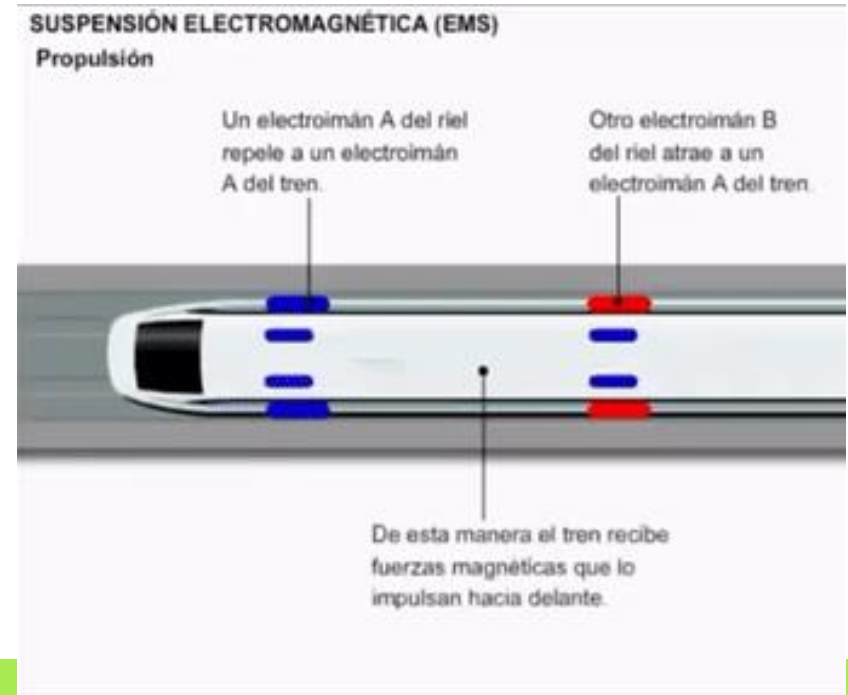
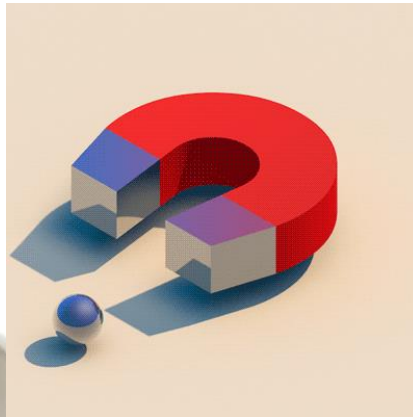
Tecnicatura Univ. en Seguridad e Higiene en el Trabajo

Capítulo 8

Magnetismo

Magnetismo

La **fuerza magnética** es una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. Si bien algunos efectos magnéticos simples fueron observados y descriptos desde la antigüedad, como por ejemplo las fuerzas de interacción entre imanes o entre imanes y algunos metales, la asociación entre electricidad y magnetismo nace en la primera mitad del siglo pasado a partir de las experiencias de Hans Oersted y la formalización teórica de Michael Faraday y Joseph Henry.



Imanes y Campo Magnético

- Un **campo magnético** es una región del espacio donde existe una fuerza sobre una carga en movimiento, aparte de la fuerza eléctrica.
- Son fuentes de campos magnéticos los imanes naturales y las corrientes eléctricas.
- Así como explorar campos eléctricos utilizábamos una carga de prueba positiva, para explorar un campo magnético utilizamos una aguja magnética o brújula, que se orienta en presencia de dicho campo.

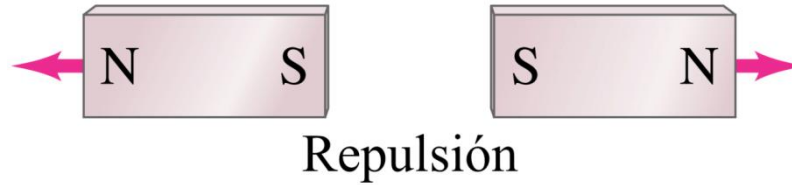
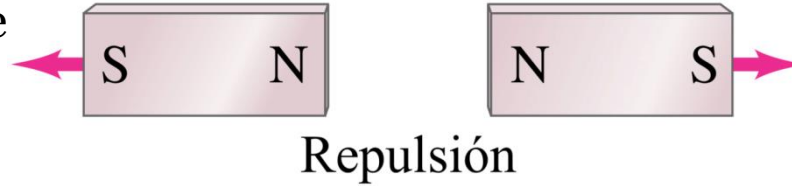


La dirección de un campo magnético en cualquier lugar es la dirección hacia donde apuntaría el norte de una brújula si ésta se colocara en ese lugar.

- Un **imán** o **barra imanada** posee la propiedad de que en la vecindad de sus extremos o polos, pequeños trozos de hierro son atraídos o repelidos, manteniendo esta propiedad magnética un tiempo indefinido.
- Los polos de un imán, denominados **norte y sur**, interactúan con los polos de otro imán. Polos iguales se repelen, polos diferentes se atraen.

Imanes y Campo Magnético

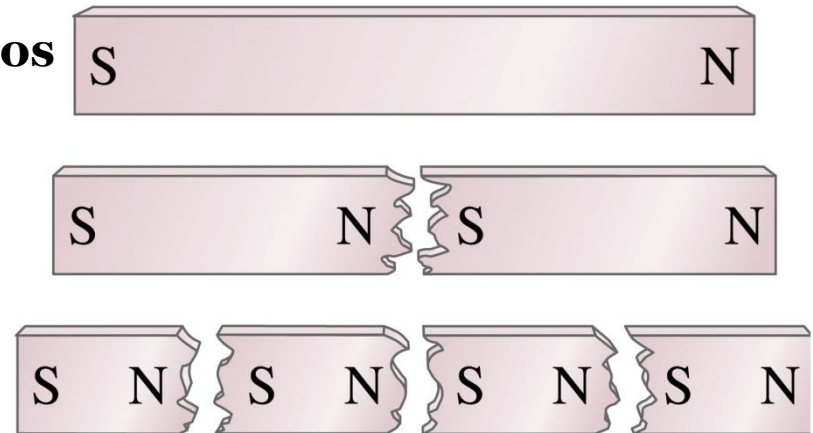
Los Imanes poseen dos polos llamados: norte y sur. Polos iguales se repelen, polos opuestos se atrae



Imposibilidad de separar polos magnéticos

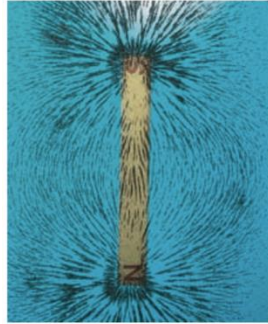
Si se parte por la mitad a un imán....

No se obtiene un polo norte y otro sur aislados... se tiene dos imanes más pequeños, es decir, cada parte se comporta como un nuevo imán con sus dos polos

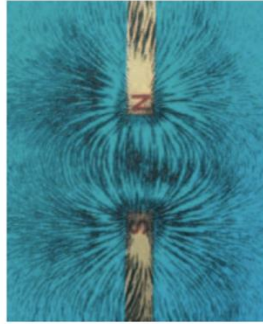


Imanes y Campo Magnético

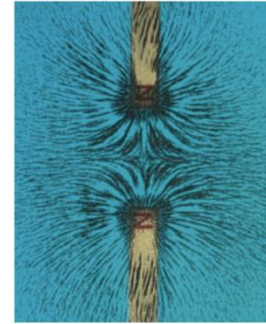
El campo magnético puede visualizarse esparciendo limaduras de hierro sobre un imán...



(a)

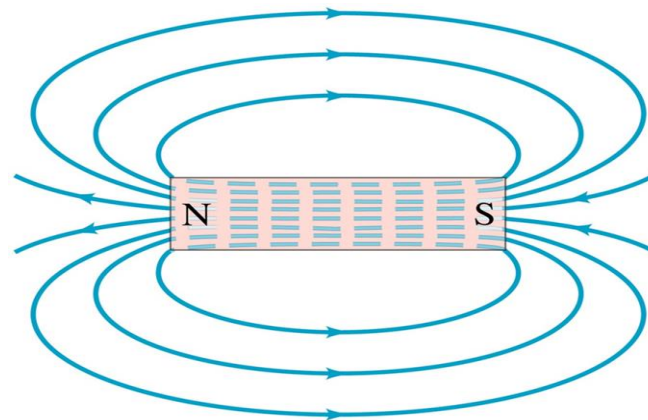
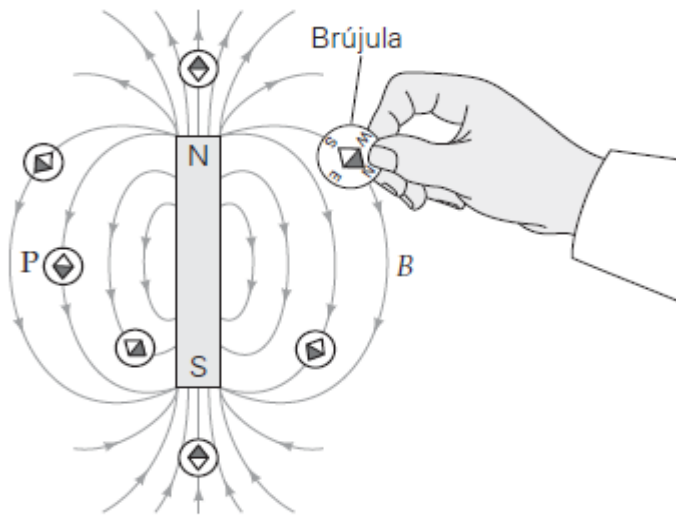


(b)



(c)

El campo magnético puede representarse usando las líneas de campo, las cuales siempre son trayectorias cerradas, y van del polo norte al sur.



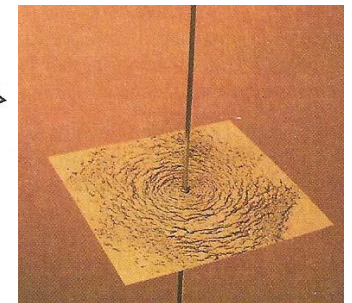
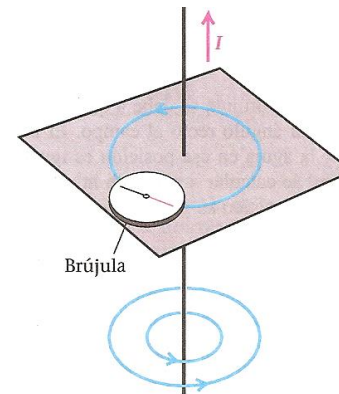
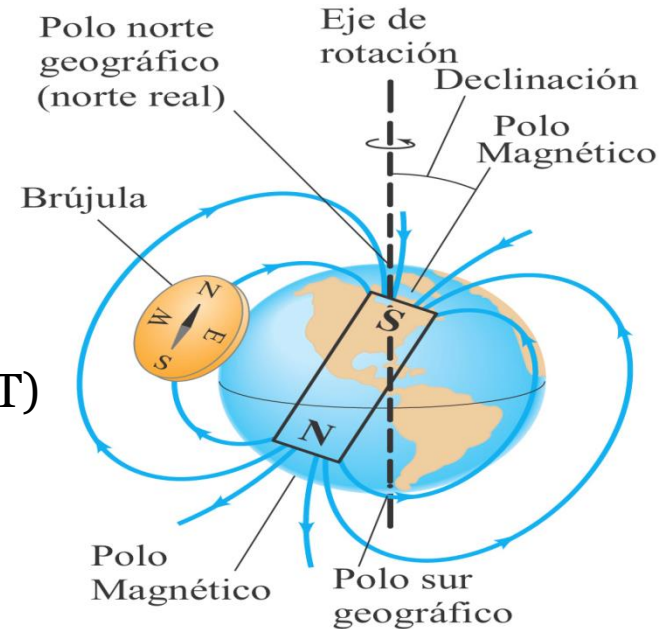
Imanes y Campo Magnético

El campo magnético de la Tierra es similar al de un imán.

Note que en realidad el polo norte Geográfico corresponde al polo sur magnético de la Tierra (atrae el norte de las brújulas, que son un pequeño imán)

La unidad de campo magnético $\vec{B}$ es el **Tesla** (T) y un submúltiplo es el **Gauss** (G), $1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$. El modulo del campo magnético terrestre es de unos 0.5 G.

Del mismo modo, podemos considerar la orientación de una brújula alrededor de una corriente eléctrica. En este caso las líneas de campo magnético son circulares con centro en el conductor.



Fuerza Magnética sobre una Carga Eléctrica

Un campo magnético puede ejercer una fuerza sobre una partícula eléctricamente cargada en movimiento.

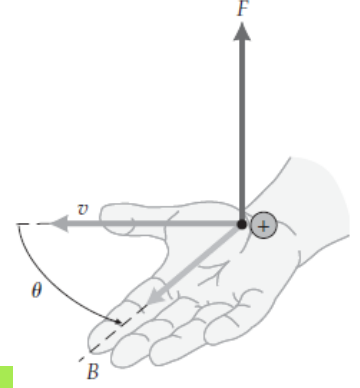
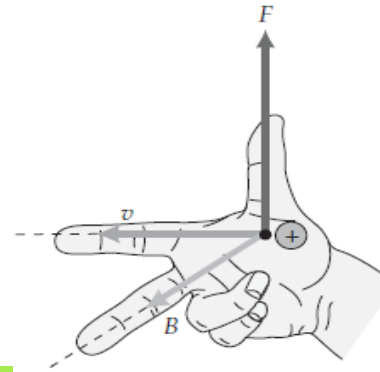
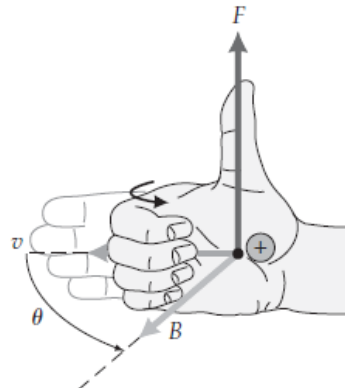
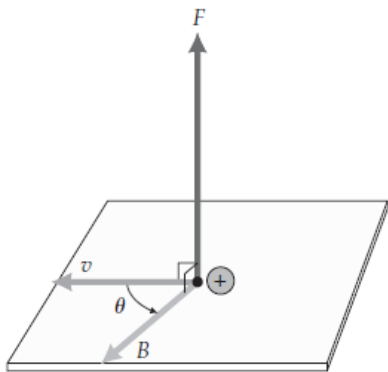
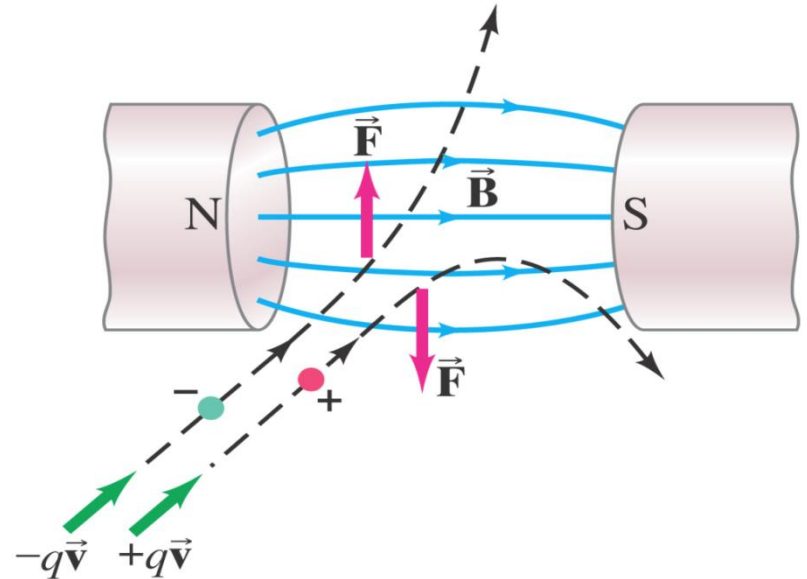
La fuerza magnética que actúa sobre una carga eléctrica en movimiento es:

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

El módulo es:

$$F = qvB \sin \theta$$

La dirección y sentido sigue la regla de la mano derecha



Fuerza Magnética sobre una Carga Eléctrica

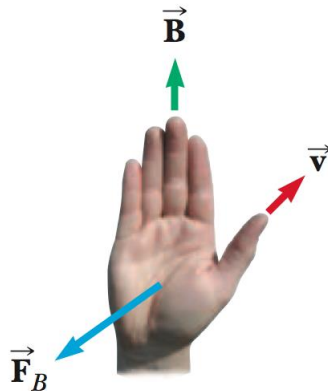
Si una partícula cargada se mueve en dirección perpendicular a un campo magnético, su trayectoria será **circular**.

Nota: cruces ($\times$) el campo es “**entrante**” y ($\bullet$) el campo es “**saliente**”

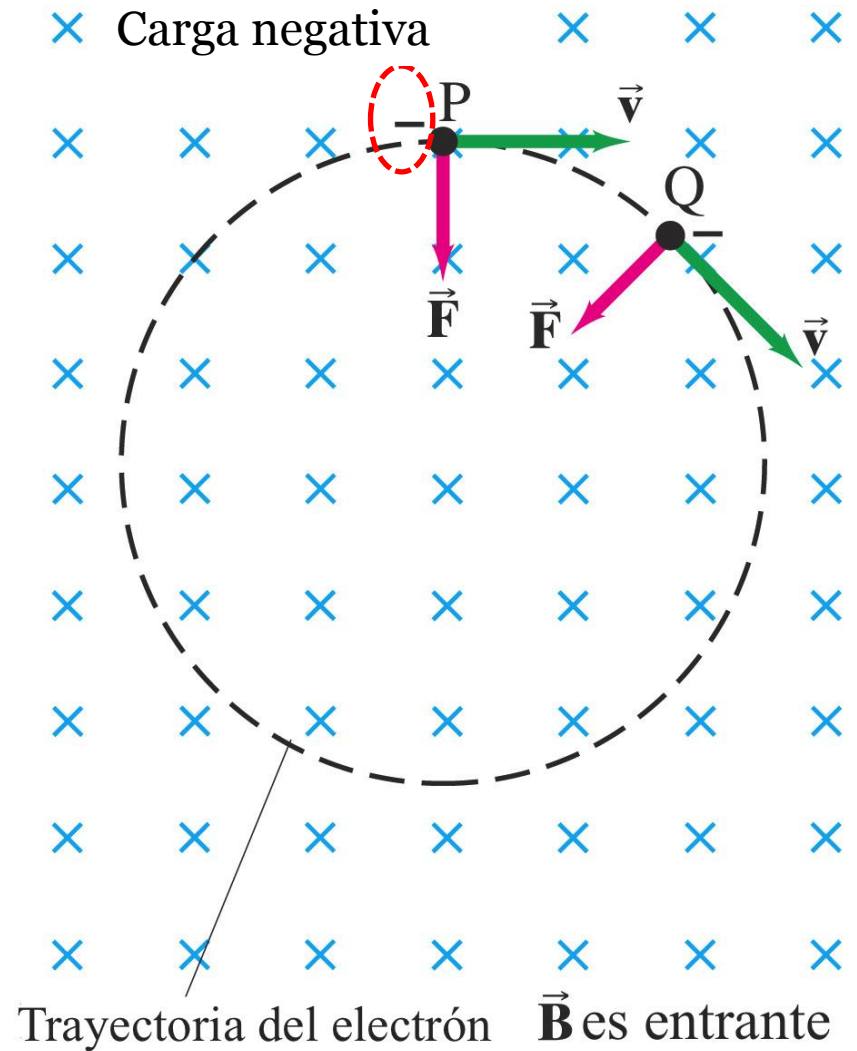
¿qué sucede con la energía cinética de la partícula?



$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \text{cte}$$



El vector velocidad cambia su dirección
Pero su módulo **no** cambia.



Espectrómetro de Masa

¿Alguna vez ha imaginado como se mide la masa de un átomo o una molécula?

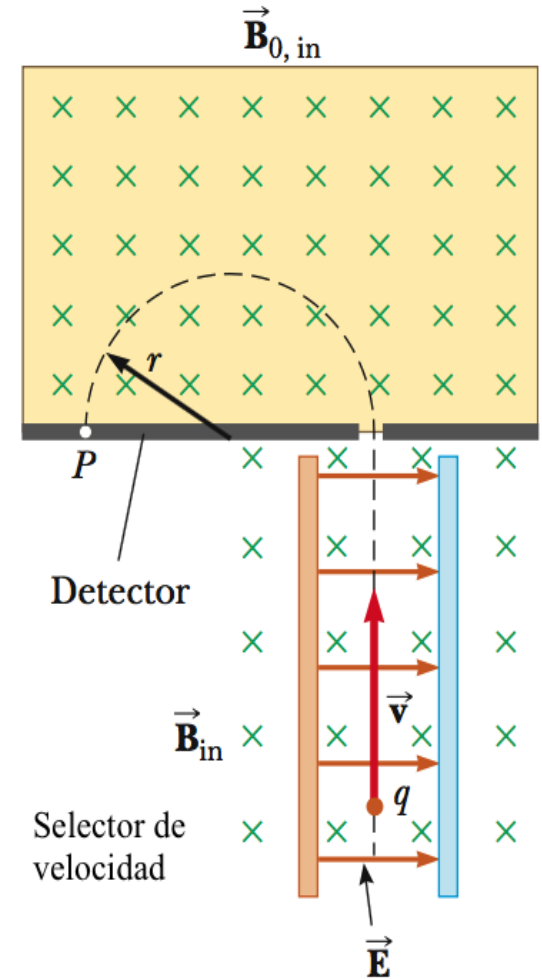


Los campos eléctricos y magnéticos permiten hacer esto gracias a un **espectrómetro de masas**.

Este instrumento consiste en un campo eléctrico y un campo magnético en ángulo recto entre si.

- Este arreglo permite que las partículas que se mueven con una velocidad única pasen.
- El campo eléctrico produce una fuerza hacia la derecha ($F_E = qE$), y el campo magnético produce una fuerza hacia la izquierda ($F_M = qvB_{in}$).
- Si el haz no se va a desviar, la fuerza resultante o neta sobre cada partícula debe ser cero.

$$F_E = F_M \quad \Rightarrow \quad qE = qvB_{in} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v = \frac{E}{B_{in}}}$$



Espectrómetro de Masa

Arriba del selector de velocidad, el haz pasa por una rendija y llega a otro campo magnético (B_0), que es perpendicular a la dirección del haz.

En este punto, el haz de partículas se flexiona y forma un arco circular.

Como la fuerza magnética es la única fuerza que actúa sobre la partícula, también es la fuerza neta.

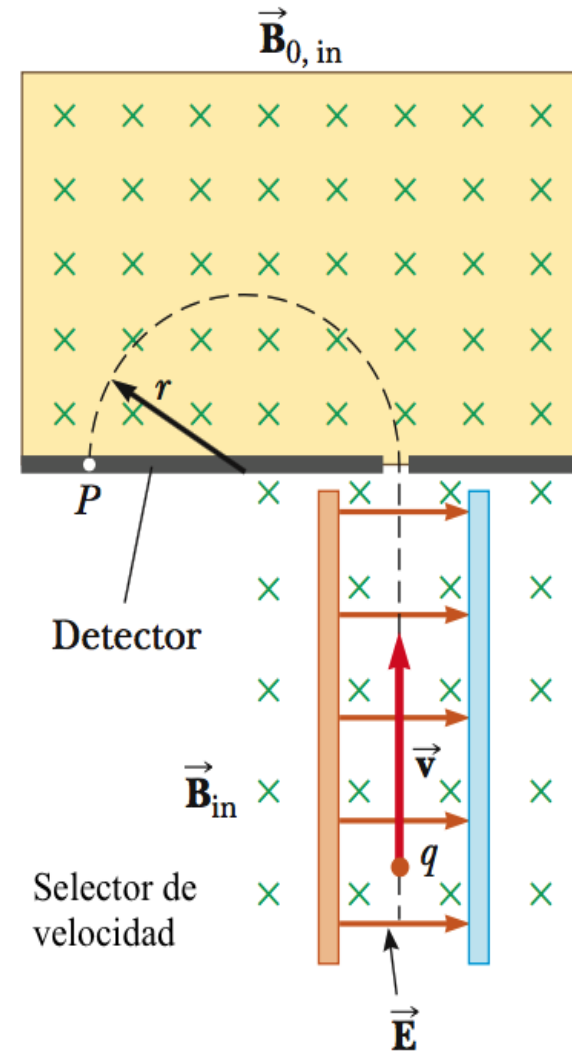
$$\text{Fuerza centrípeta} = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{Fuerza centrípeta} = \text{Fuerza magnética}$$

$$m \frac{v^2}{r} = qvB_0$$

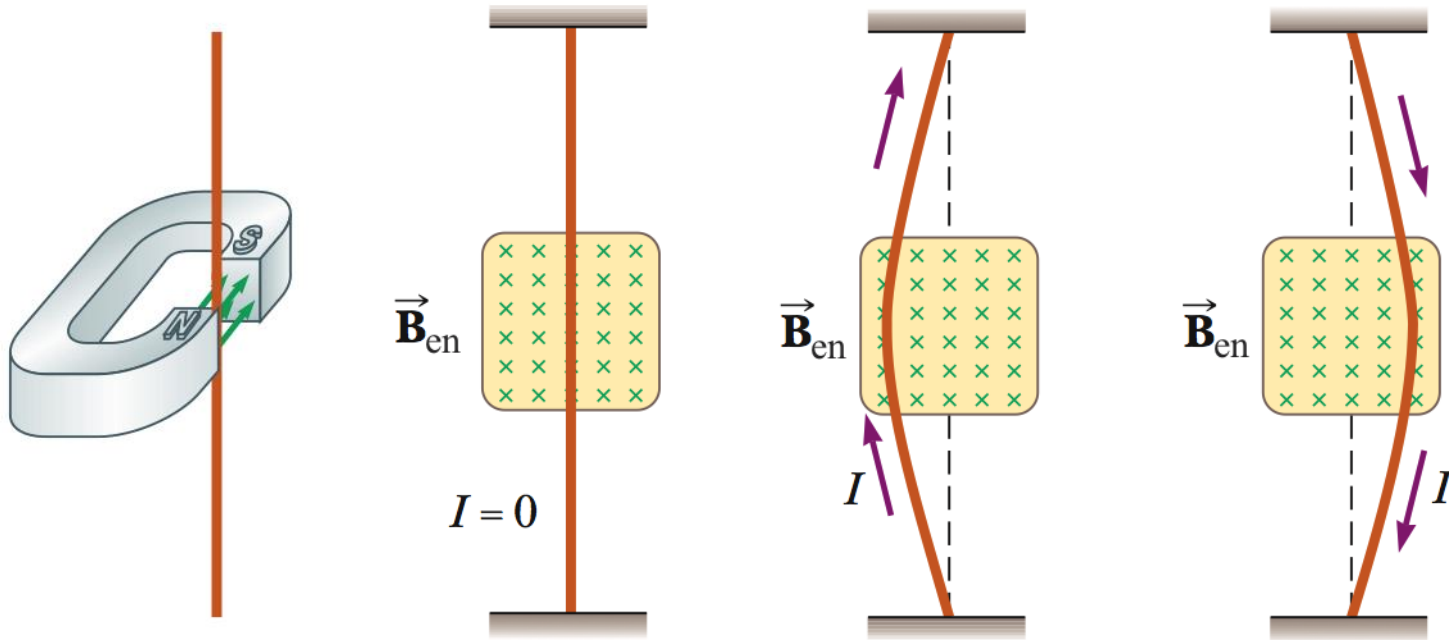
$$m = \frac{qrB_0}{v}$$

$$m = \frac{qrB_{in}B_0}{E}$$

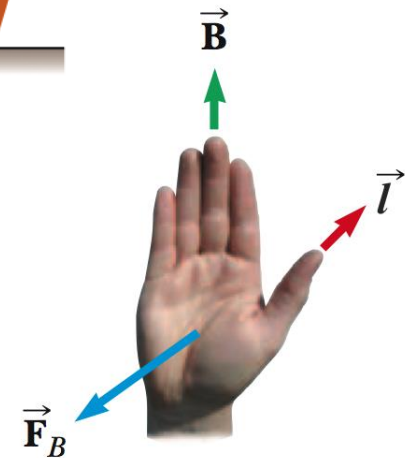


Fuerza Magnética sobre una Corriente Eléctrica

Experimentalmente se encuentra que las corrientes eléctricas son desviadas por un campo magnético.



Regla de la mano derecha



Fuerza Magnética sobre una Corriente Eléctrica

La magnitud de la fuerza magnética sobre el cable que transporta la corriente se calcula como:

$$F = ilB \sin \theta$$

La forma vectorial de escribir la fuerza magnética es:

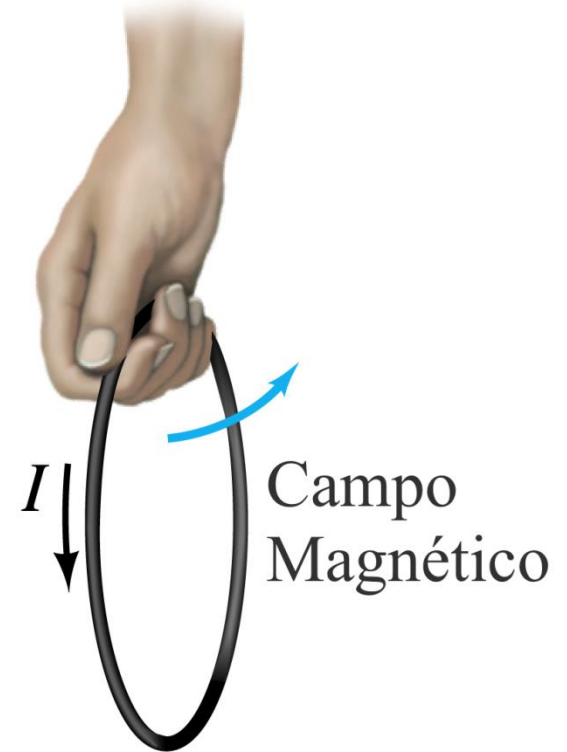
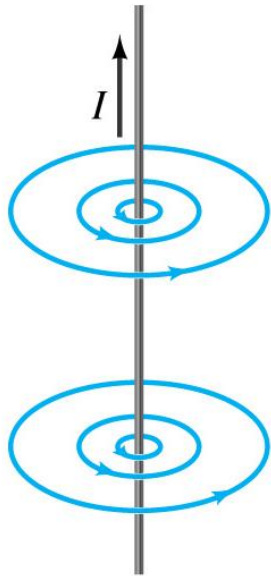
$$\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B}$$

- *la dirección de la fuerza siempre es perpendicular a la dirección de la corriente y también perpendicular a la dirección del campo magnético*

La dirección y sentido se determina por la regla de la mano derecha.

La Corriente Eléctrica Genera Campo Magnético

Los experimentos muestran que las corrientes eléctricas generan campos magnéticos.



La Corriente Eléctrica Genera Campo Magnético

La intensidad del campo magnético es proporcional a I , e inversamente proporcional a la distancia al alambre:

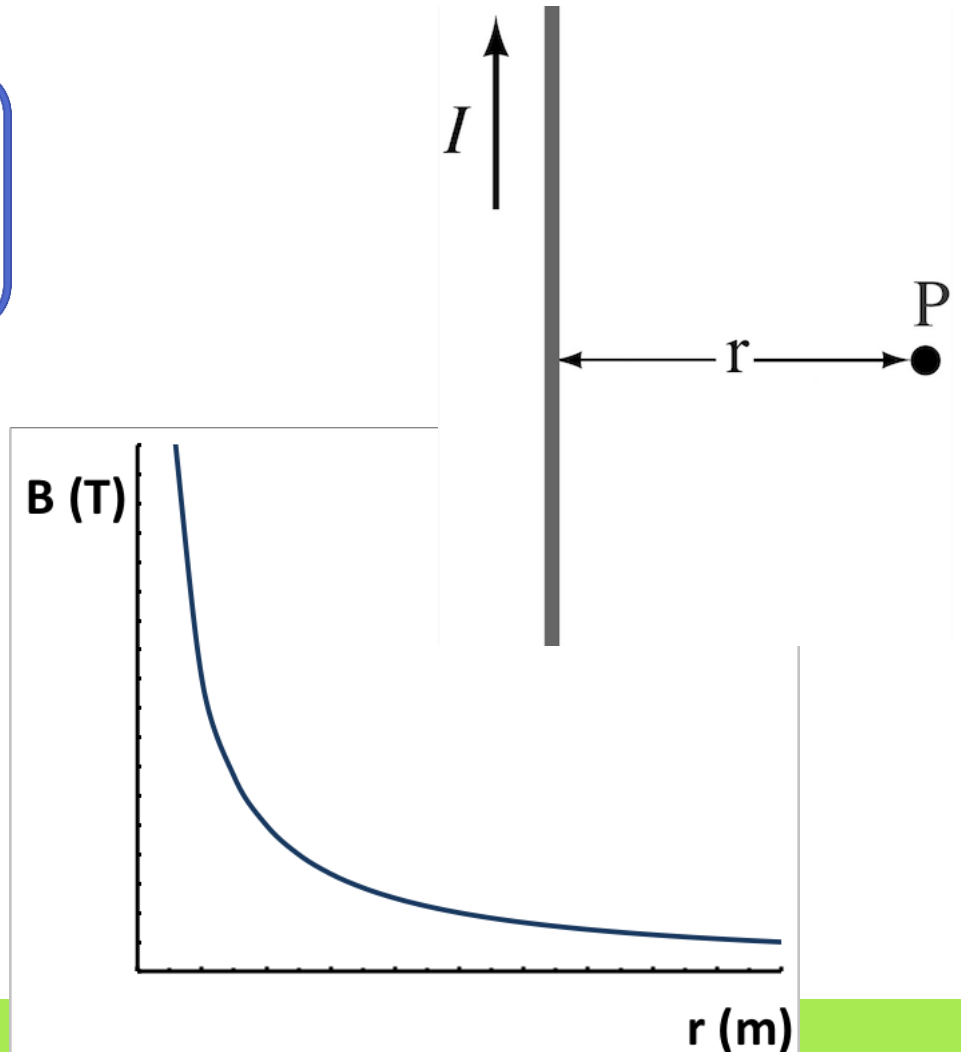
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

La constante μ_0 , se denomina permeabilidad del vacío, y es igual a:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$$

$$B = k \frac{I}{r}$$

$$k = 2 \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$$



Fuerza Magnética entre Conductores Paralelos

La corriente i_1 genera un campo magnético en la posición del cable 2:

$$B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi d}$$

La fuerza magnética que el campo B_1 ejerce sobre una longitud l (del cable 2) es:

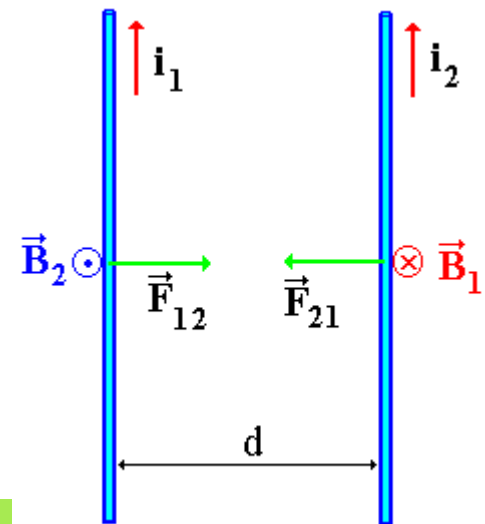
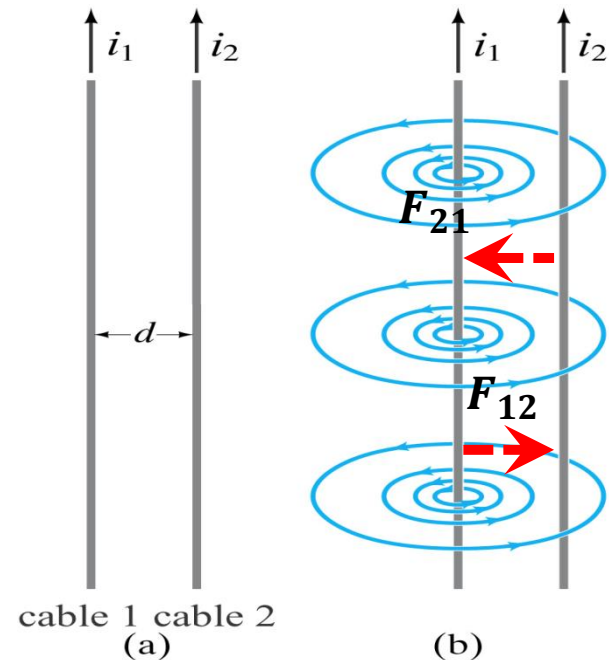
$$F_{21} = i_2 l B_1 = \frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi d}$$

Y la fuerza que el campo B_2 ejerce sobre el cable 1

$$F_{12} = i_1 l B_2 = \frac{\mu_0 i_2 i_1 l}{2\pi d}$$

Las fuerzas sobre los conductores tienen igual módulo y dirección, siendo su sentidos opuestos.

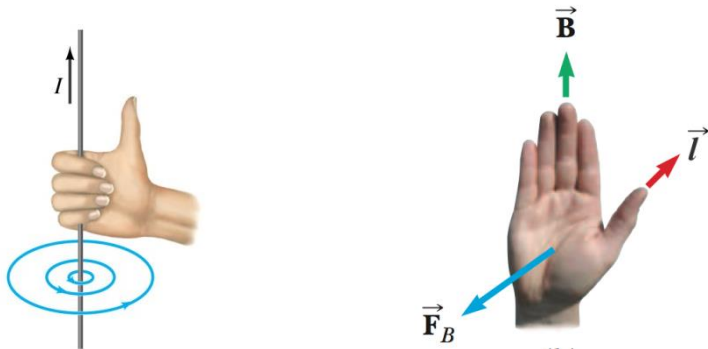
$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi d}$$



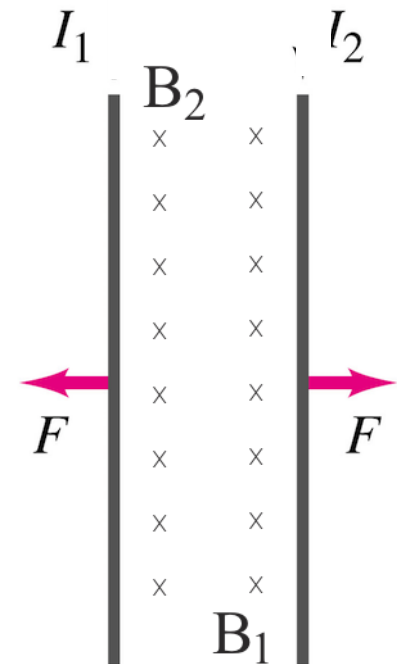
Fuerza Magnética entre Conductores Paralelos

Dos cables paralelos se “alejan” cuando circula corriente por ellos; ¿qué puede decir del sentido de las corrientes?

Siguiendo la regla de la mano derecha se determina la dirección del campo magnético y luego la de la fuerza magnética.

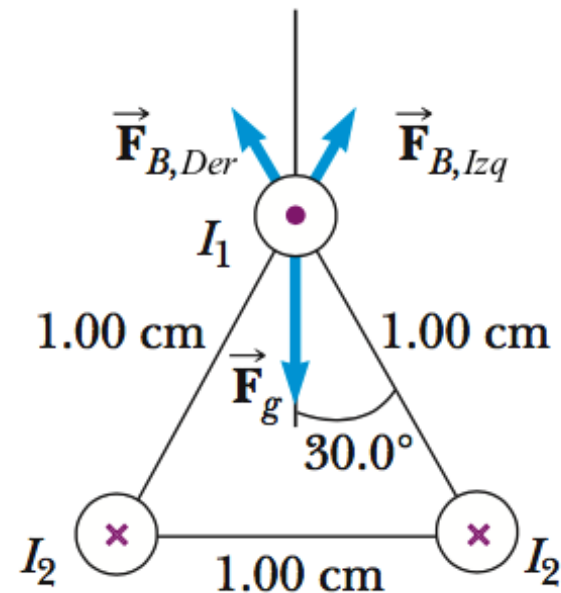
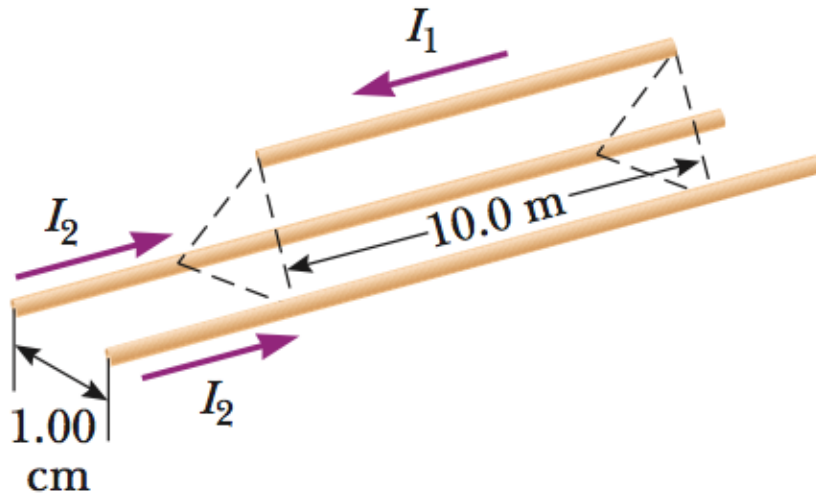


- ① En el mismo sentido
- ② En sentido opuesto
- ③ Nada



Fuerza Magnética entre Conductores Paralelos

Dos hilos infinitamente largos, son paralelos y están apoyados en el suelo separados una distancia de 1,00 cm. Un tercer alambre, de longitud de 10,0 m y masa 400 g, lleva una corriente $I_1 = 100$ A y está levitado por encima de los dos primeros hilos, en una posición justo al medio entre ellos. ¿Qué corriente (I_2) han de llevar los hilos del suelo a fin de que los tres cables formen un triángulo equilátero?



Fuerza Magnética entre Conductores Paralelos

Equilibrio
Estático sobre
La corriente I_1

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_{I1x} = F_{B,Der} \sin 30^\circ - F_{B,Izq} \sin 30^\circ = 0$$

$$F_{B,Der} = F_{B,Izq}$$

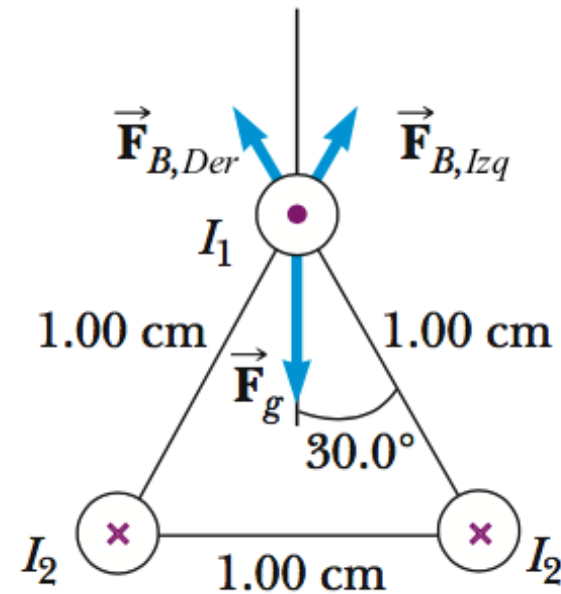
$$F_{B,Der} = i_1 l B_{i2} = i_1 l k \frac{i_2}{d}$$

$$\sum F_{I1y} = F_{B,Der} \cos 30^\circ + F_{B,Izq} \cos 30^\circ - F_g = 0$$

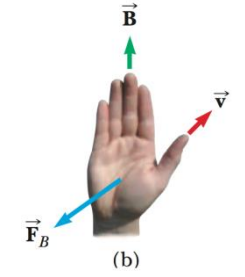
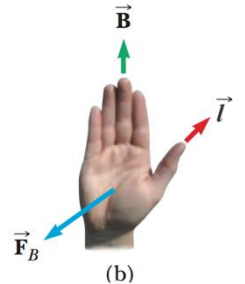
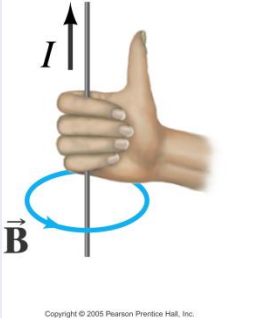
$$2F_{B,Der} \cos 30^\circ - F_g = 0 \quad \Rightarrow \quad 2F_{B,Der} \cos 30^\circ = F_g$$

$$2i_1 l k \frac{i_2}{d} \cos 30^\circ = F_g \quad \Rightarrow \quad \boxed{i_2 = \frac{F_g d}{2i_1 l k \cos 30^\circ}}$$

$$i_2 = \frac{4N(0.01m)}{2(100A)(10m)(2 \times \frac{10^{-7} Tm}{A}) \cos 30^\circ} = \boxed{115.5A}$$



Resumen Regla de la Mano Derecha

Situación Física	Ejemplo	¿Cómo orientar la mano?	Resultado
Fuerza sobre una carga positiva		El pulgar se orienta con $\mathbf{v}$, los otros dedos con $\mathbf{B}$.	La palma de la mano indica la dirección y sentido de $\mathbf{F}$.
Fuerza sobre una corriente eléctrica		El pulgar se orienta con $\mathbf{I}$, los otros dedos con $\mathbf{B}$.	La palma de la mano indica la dirección y sentido de $\mathbf{F}$.
Campo Magnético Producido por una corriente eléctrica		Enrollar los dedos alrededor del cable con el pulgar orientado en la dirección de $\mathbf{I}$.	Los dedos indican la dirección de $\mathbf{B}$.

Resumen

- ✓ Existen dos polos magnéticos: norte y sur
- ✓ Polos opuestos se atraen, polos iguales se repelen
- ✓ El campo magnético ejerce una fuerza sobre cargas eléctricas en movimiento
- ✓ Las corrientes eléctricas producen campos magnéticos
- ✓ El campo magnético ejerce una fuerza sobre una corriente eléctrica
- ✓ Corriente paralelas se atraen, corrientes antiparalelas se repelen