

Campos magnéticos

Líneas de campo

Fuerza sobre
cargas

Magnitud del
campo

Ejemplo 1

Trabajo de
 F_{mag}

Aplicaciones

Selector de
velocidad

Espectrómetro
de masas

Fuerza sobre
corrientes

Ejemplo 2

Campos magnéticos producidos por corrientes

Alambre recto y
largo

Ejemplo 3

Ejemplo 4

Ejemplo 5

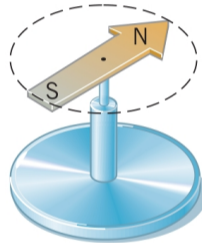
Espira circular

Ejemplo 6

Solenoides

Magnetismo

Los imanes permanentes han sido ampliamente utilizados en la construcción de brújulas para la navegación



La aguja de una brújula es un imán permanente que puede rotar libremente y se alinea con el campo magnético terrestre. El extremo del imán que apunta hacia el norte se denomina polo norte magnético (N), mientras que el opuesto se denomina polo sur magnético (S)

Campos magnéticos

Líneas de campo

Fuerza sobre cargas

Magnitud del campo

Ejemplo 1

Trabajo de F_{mag}

Aplicaciones

Selector de velocidad

Espectrómetro de masas

Fuerza sobre corrientes

Ejemplo 2

Campos magnéticos producidos por corrientes

Alambre recto y largo

Ejemplo 3

Ejemplo 4

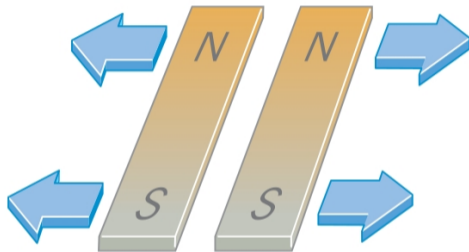
Ejemplo 5

Espira circular

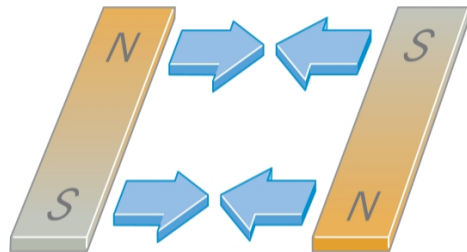
Ejemplo 6

Solenoides

El comportamiento de los polos magnéticos es similar al de las cargas eléctricas



Polos iguales se repelen



Polos distintos se atraen

Sin embargo existe una diferencia significativa entre los polos magnéticos y las cargas eléctricas. Es posible separar cargas eléctricas positivas de las negativas y obtener cargas aisladas, en contraste no se han podido obtener monopolos magnéticos

Campos magnéticos

Líneas de campo

Fuerza sobre cargas

Magnitud del campo

Ejemplo 1

Trabajo de F_{mag}

Aplicaciones

Selector de velocidad

Espectrómetro de masas

Fuerza sobre corrientes

Ejemplo 2

Campos magnéticos producidos por corrientes

Alambre recto y largo

Ejemplo 3

Ejemplo 4

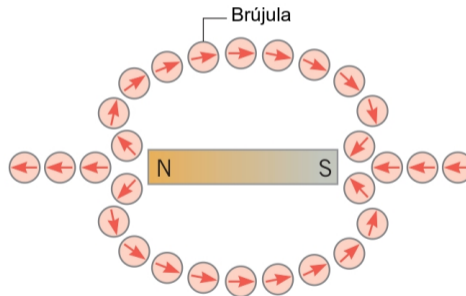
Ejemplo 5

Espira circular

Ejemplo 6

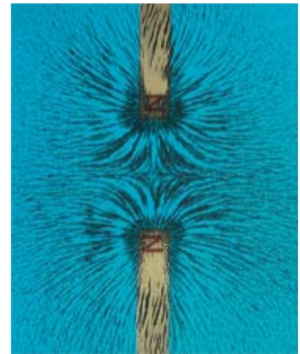
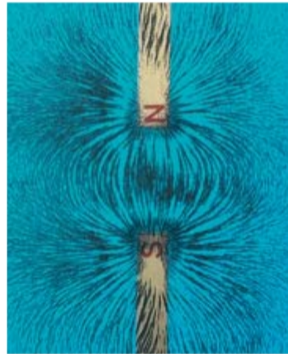
Solenoides

Al igual que las cargas eléctricas generan un campo eléctrico a su alrededor, los imanes generan un campo magnético en su entorno. Podemos visualizar la dirección de dicho campo colocando pequeñas brújulas rodeando el imán



La dirección del campo magnético en cualquier punto del espacio es la dirección indicada por el polo norte de la aguja de una pequeña brújula ubicada en ese punto

Otra forma de visualizar el campo magnético magnético experimentalmente, consiste en arrojar pequeñas limaduras de hierro sobre las cercanías de un imán



Campos magnéticos

Líneas de campo
Fuerza sobre cargas

Magnitud del campo

Ejemplo 1

Trabajo de F_{mag}

Aplicaciones

Selector de velocidad

Espectrómetro de masas

Fuerza sobre corrientes

Ejemplo 2

Campos magnéticos producidos por corrientes

Alambre recto y largo

Ejemplo 3

Ejemplo 4

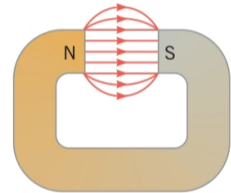
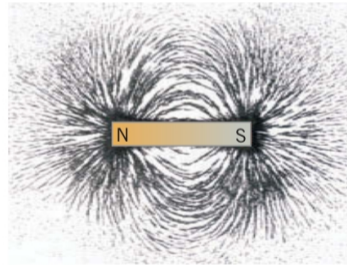
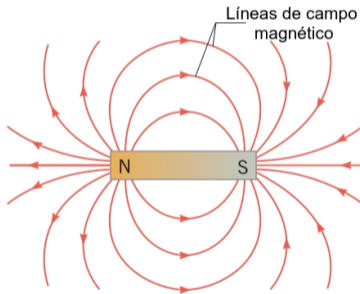
Ejemplo 5

Espira circular

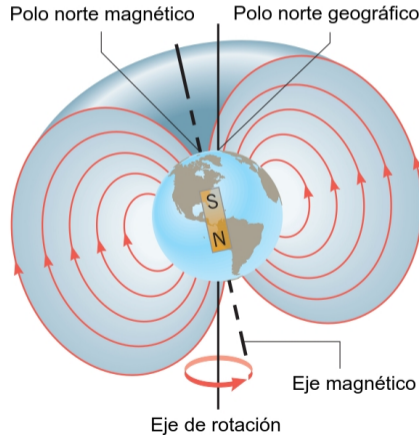
Ejemplo 6

Solenoides

Al igual que hicimos con el campo eléctrico, introducimos el concepto de **líneas de campo magnético** para ayudar en la visualización de la dirección y magnitud del campo magnético



Podemos utilizar el concepto de líneas de campo para visualizar el campo magnético terrestre



Fuerza que un campo magnético ejerce sobre una carga

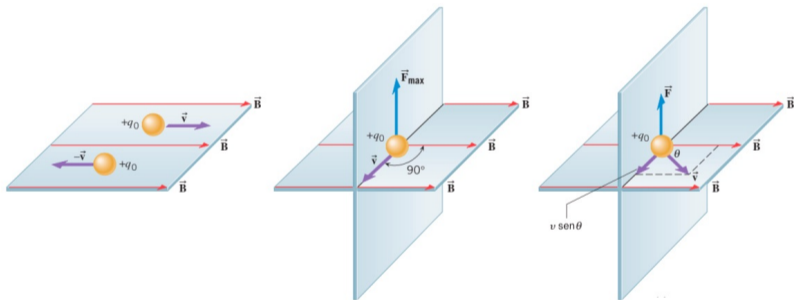
Cuando situamos una carga en un campo eléctrico esta experimenta una fuerza eléctrica como vimos anteriormente. Cuando situamos una carga en un campo magnético, esta puede experimentar una fuerza magnética.

Para que una carga experimente una fuerza magnética, cuando se la coloca en un campo magnético, esta debe cumplir las siguientes condiciones

1. La carga debe estar moviéndose.
2. La velocidad de la carga debe tener una componente perpendicular a la dirección del campo magnético

Fuerza que un campo magnético ejerce sobre una carga

En la figura podemos ver gráficamente las condiciones para que una carga eléctrica experimente fuerza magnética

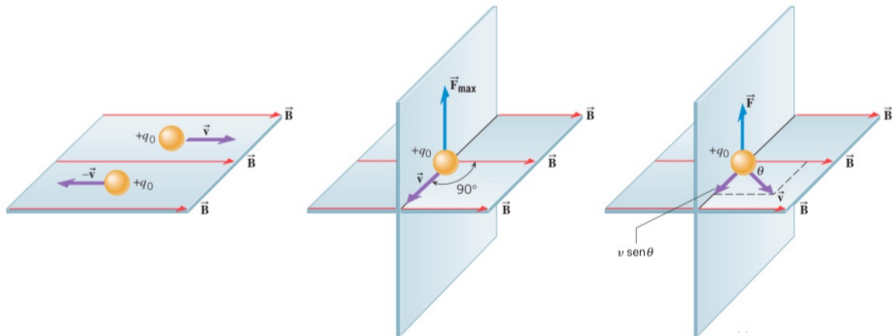


como puede apreciarse, en el caso de un campo magnético \vec{B} en la misma dirección de la velocidad de la carga, esta última no experimenta fuerza magnética. Lo mismo ocurre si la carga estuviera en reposo

Fuerza que un campo magnético ejerce sobre una carga

La magnitud de la **fuerza magnética** que experimenta la carga viene dada por

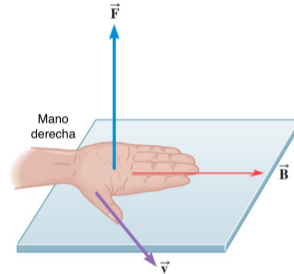
$$F_{\text{mag}} = |q| |\vec{v}| |\vec{B}| \text{sen}(\theta)$$



donde θ es el ángulo entre el vector velocidad (\vec{v}) y el vector campo magnético (\vec{B})

Fuerza que un campo magnético ejerce sobre una carga

La dirección de la **fuerza magnética** puede obtenerse a través de la denominada regla de la mano derecha I



Regla de la mano derecha I: Extender la mano derecha tal que los dedos apunten en la dirección del campo magnético (\vec{B}) y el pulgar en la dirección de la velocidad de la carga (\vec{v}). Entonces, la fuerza magnética que actúa sobre una carga positiva sale de la palma de la mano. Si la carga en movimiento es negativa, la dirección de la fuerza es opuesta a la anterior

A partir de la fuerza que experimenta una carga al moverse en un campo magnético, podemos determinar la magnitud del campo magnético como

$$F_{\text{mag}} = |q| |\vec{v}| |\vec{B}| \text{sen}(\theta) \longrightarrow B = \frac{F_{\text{mag}}}{|q| |\vec{v}| \text{sen}(\theta)}$$

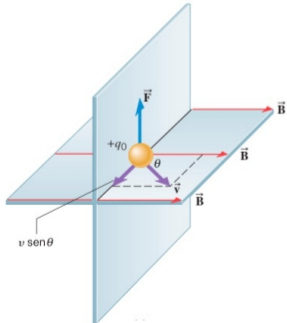
donde θ es el ángulo entre el vector velocidad (\vec{v}) y el vector campo magnético (\vec{B}). Las unidades del campo magnético en el S.I $\frac{N \cdot s}{C \cdot m} = 1 \text{ tesla}(T)$. Otra unidad frecuente de campo magnético es el gauss

$$1 \text{ gauss} = 10^{-4} \text{tesla}$$

Ejemplo 1

Un protón, en un acelerador de partículas, tiene una rapidez de $5.0 \times 10^6 \text{ m/s}$. El protón encuentra un campo magnético cuya magnitud es 0.40 T cuya dirección hace un ángulo de 30° con respecto a la velocidad del protón. Encontrar

- La magnitud y dirección de la fuerza sobre el protón
- La aceleración del protón
- ¿Cuál sería la fuerza y la aceleración si la partícula fuese un electrón?



- a) La magnitud de la fuerza sobre el protón viene dada por

$$F_{\text{mag}} = |q| |\vec{v}| |\vec{B}| \text{sen}(\theta)$$

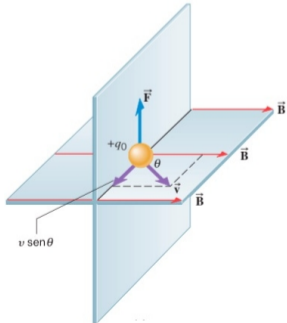
$$F_{\text{mag}} = (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(5.0 \times 10^6 \text{ m/s})(0.4 \text{ T}) \text{sen}(30^\circ)$$

$$F_{\text{mag}} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ N}$$

mientras que la dirección la determinamos con la regla de la mano derecha !

Un protón, en un acelerador de partículas, tiene una rapidez de $5.0 \times 10^6 \text{ m/s}$. El protón encuentra un campo magnético cuya magnitud es 0.40 T cuya dirección hace un ángulo de 30° con respecto a la velocidad del protón. Encontrar

- La magnitud y dirección de la fuerza sobre el protón
- La aceleración del protón
- ¿Cuál sería la fuerza y la aceleración si la partícula fuese un electrón?

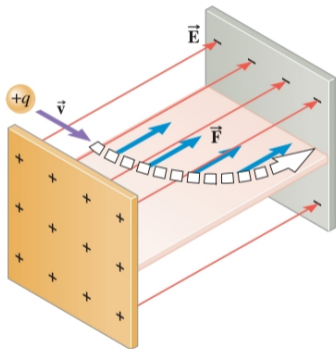


- b) La magnitud de la aceleración del protón viene dada por

$$a = \frac{F_{\text{mag}}}{m_p} = \frac{1.6 \times 10^{-13} \text{ N}}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}} = \boxed{9.6 \times 10^{13} \text{ m/s}^2}$$

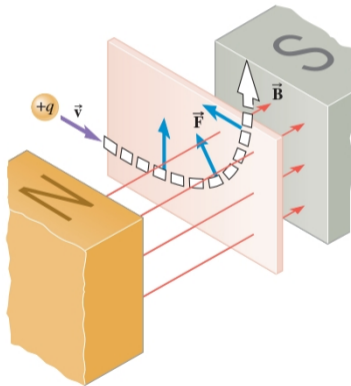
mientras que su dirección es la misma que \vec{F}_{mag}

Si una partícula cargada se mueve en un campo eléctrico, la fuerza eléctrica puede hacer trabajo sobre la partícula cargada



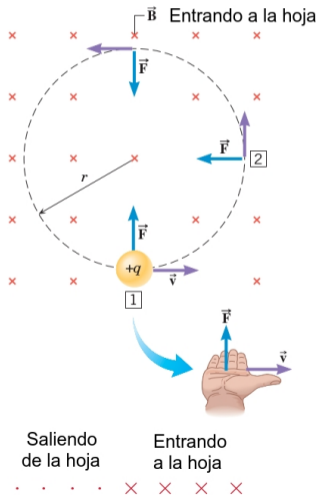
$$W = \|\vec{F}_e\| \|\vec{s}\| \cos(\theta)$$

Si una partícula cargada se mueve en un campo magnético, la fuerza magnética no puede hacer trabajo sobre la partícula cargada, dado que \vec{F}_{mag} es siempre perpendicular al desplazamiento



Esto implica que la fuerza magnética no modifica la magnitud de la velocidad, solo su dirección

Si consideramos el caso particular de una partícula cargada moviéndose en un campo magnético perpendicular a la velocidad

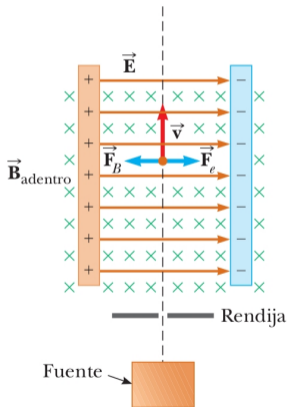


podemos apreciar que la F_{mag} es siempre perpendicular a la velocidad, esto resulta en un movimiento circular de la partícula. Recordando la definición de fuerza centrípeta, podemos calcular el radio del círculo que describe la partícula

$$F_c = m \frac{v^2}{r} \rightarrow |q| \|\vec{v}\| \|\vec{B}\| \sin(90^\circ) = m \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{qB}$$

Conocer el efecto de partículas cargadas con el campo eléctrico y magnético, permitió el desarrollo de dispositivos que permiten su manipulación. Uno de ellos es el selector de velocidades



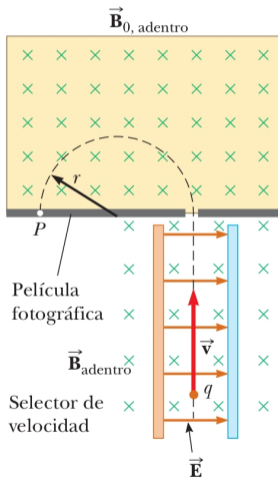
Si se eligen las magnitudes de los dos campos, de forma tal que $F_e = F_{\text{mag}}$, la partícula proveniente de la fuente con la velocidad correcta se mueve en línea recta vertical a través de las placas, dado que

$$F_e = F_{\text{mag}} \longrightarrow qE = qvB$$

$$v = \frac{E}{B}$$

las partículas que no posean esta velocidad serán deflecionadas

El espectrómetro de masas separa iones según su relación masa carga



La partícula cargada pasa primero a través de un selector de velocidades y después entra a un segundo campo magnético uniforme B_0 . Al entrar en el segundo campo magnético, las partículas se mueven en un semicírculo de radio r antes de impactar en la película fotográfica en P . Dado que conocemos v , B_0 y r , podemos determinar la relación masa carga

$$r = \frac{mv}{qB_0} \rightarrow \boxed{\frac{m}{q} = \frac{rB_0}{v}}$$

Fuerza sobre una corriente en un campo magnético

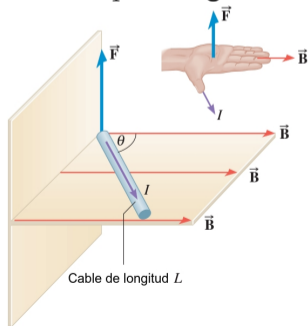
Como hemos visto una carga en movimiento en un campo magnético puede experimentar fuerza magnética. Dado que una corriente eléctrica es un conjunto de cargas en movimiento, en presencia de un campo magnético también puede experimentar fuerza magnética.

Podemos hallar la magnitud de dicha fuerza partiendo de la expresión de F_{mag} para una cantidad Δq de carga

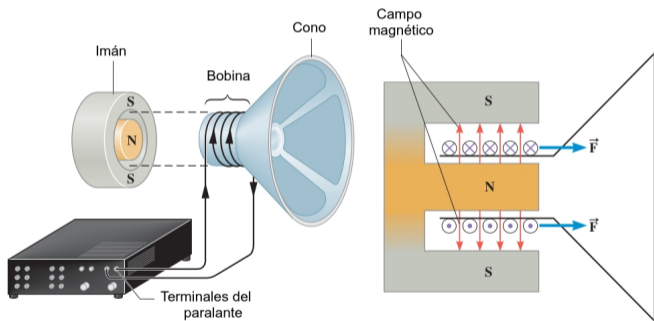
$$F_{\text{mag}} = |\Delta q| |\vec{v}| |\vec{B}| \text{sen}(\theta)$$

$$F_{\text{mag}} = \underbrace{\frac{|\Delta q|}{\Delta t}}_I \underbrace{\|\vec{v}\| \Delta t}_L \|\vec{B}\| \text{sen}(\theta)$$

$$F_{\text{mag}} = I L \|\vec{B}\| \text{sen}(\theta)$$



La bobina de un parlante tiene un diámetro de 0.0025 m , 55 vueltas de alambre y está ubicada en un campo magnético de 0.10 T . La corriente en la bobina es 2.0 A . Determinar la fuerza magnética sobre la bobina y el cono.

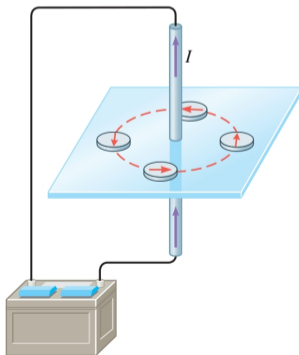


$$F_{\text{mag}} = I L \|\vec{B}\| \text{sen}(\theta) = (2 \text{ A})[55\pi(0.0025 \text{ m})](0.1 \text{ T}) = \boxed{0.86 \text{ N}}$$

Campos magnéticos producidos por corrientes

Hemos visto que un cable con corriente puede experimentar F_{mag} cuando se coloca en un campo magnético el cual es producido por una fuente externa tal como un imán permanente.

El físico danés H.C. Oersted (1777–1851) descubrió que cuando un cable transporta corriente cambian las orientaciones de las brújulas que se encuentran en su cercanía.



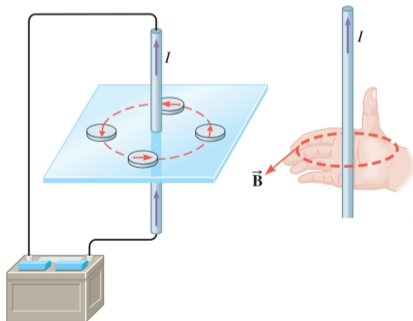
Campos magnéticos
Líneas de campo
Fuerza sobre cargas
Magnitud del campo
Ejemplo 1
Trabajo de F_{mag}
Aplicaciones
Selector de velocidad
Espectrómetro de masas
Fuerza sobre corrientes
Ejemplo 2

Campos magnéticos producidos por corrientes
Alambre recto y largo
Ejemplo 3
Ejemplo 4
Ejemplo 5
Espira circular
Ejemplo 6
Solenoides

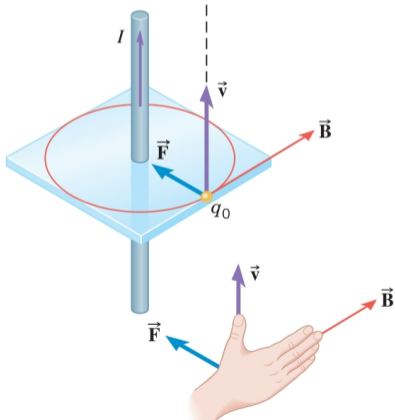
Campos magnéticos producidos por corrientes

Para encontrar la dirección del campo magnético generado por la corriente resulta útil definir la regla de la mano derecha II

Regla de la mano derecha II: Curvar los 4 dedos de la mano derecha en forma de medio círculo. Apuntar el pulgar en la dirección de la corriente I . La punta de los dedos indicará la dirección del campo magnético \vec{B}



Un alambre recto y largo lleva una corriente de 3.0 A . Una partícula tiene una carga de $6.5 \times 10^{-6} \text{ C}$ y se está moviendo, paralela al alambre, a una distancia de 0.050 m . La rapidez de la partícula es 280 m/s . Determinar la magnitud y dirección de la fuerza magnética sobre la partícula



- El campo generado por el alambre en r es

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A})(3\text{A})}{2\pi 0.05 \text{ m}} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

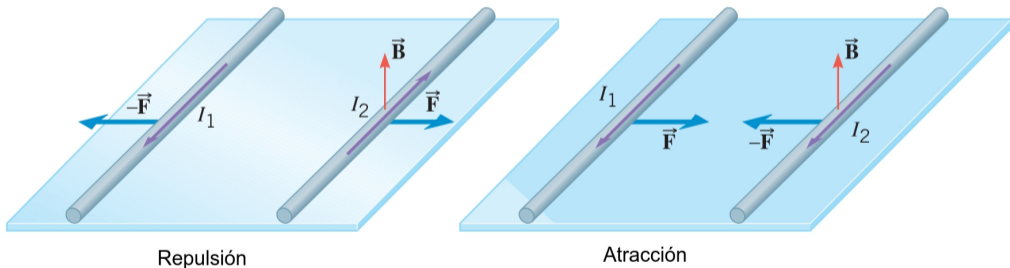
- La fuerza que experimenta la carga

$$F_{\text{mag}} = |q| |\vec{v}| |\vec{B}| \text{sen}(\theta)$$

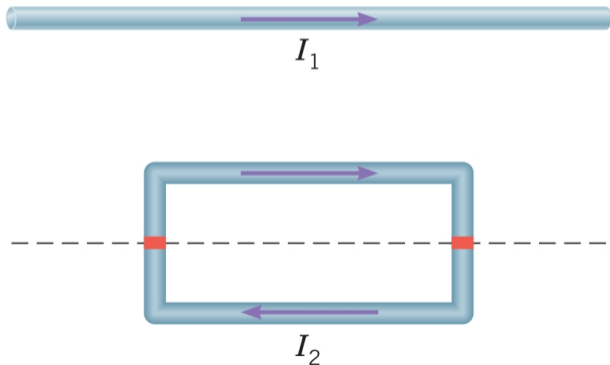
$$F_{\text{mag}} = (6.5 \times 10^{-6} \text{ C})(280 \frac{\text{m}}{\text{s}})(1.2 \times 10^{-5} \text{ T}) \text{sen}(90)$$

$$F_{\text{mag}} = 2.2 \times 10^{-8} \text{ T}$$

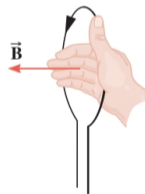
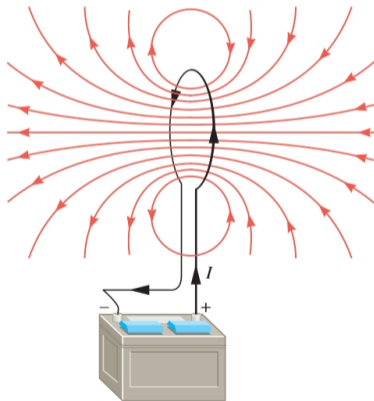
Alambres que llevan corriente pueden ejercer fuerzas uno sobre el otro



Determine si la espira es atraída o repelida por el alambre



Experimentalmente se encuentra que la magnitud del campo magnético generado por una **espira circular** en su centro, por la cual circula una corriente I viene dado por



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

Un alambre recto y largo lleva una corriente de 8.0 A y una espira circular de alambre lleva una corriente de 2.0 A y tiene un radio de 0.030 m . Encontrar la magnitud y dirección del campo magnético resultante en el centro (C) de la espira

- El campo generado por I_2 en el punto C es

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A})(2A)}{2(0.03\text{ m})} = 4.2 \times 10^{-5} T$$

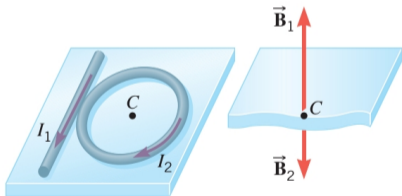
- El campo generado por I_1 en el punto C es

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A})(8A)}{2\pi(0.03\text{ m})} = 5.3 \times 10^{-5} T$$

- El campo total en el punto C es

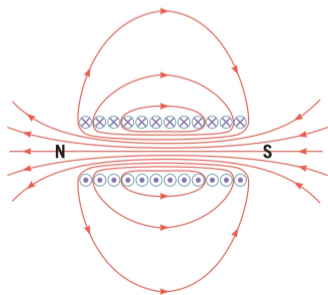
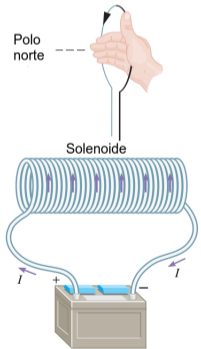
$$\vec{B}_{\text{total}} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = (5.3 - 4.2) \times 10^{-5} T \hat{y}$$

$$\boxed{\vec{B}_{\text{total}} = 1.1 \times 10^{-5} T \hat{y}}$$



Un solenoide es un alambre largo enrollado en forma de hélice. Con esta configuración, puede producirse un campo magnético uniforme en el interior del mismo.

Experimentalmente se encuentra que la magnitud del campo magnético generado en el interior de un **solenoide**, por el cual circula una corriente I viene dado por



$$B = \mu_0 n I$$

donde n es el número de vueltas por unidad de longitud

- Campos magnéticos
- Líneas de campo
- Fuerza sobre cargas
- Magnitud del campo
- Ejemplo 1
- Trabajo de F_{mag}
- Aplicaciones
- Selector de velocidad
- Espectrómetro de masas
- Fuerza sobre corrientes
- Ejemplo 2
- Campos magnéticos producidos por corrientes
- Alambre recto y largo
- Ejemplo 3
- Ejemplo 4
- Ejemplo 5
- Espira circular
- Ejemplo 6
- Solenoide