



FICH

UNL

UNIVERSIDAD NACIONAL  
DEL LITORAL  
Facultad de Ingeniería  
y Ciencias Hídricas

# FÍSICA II

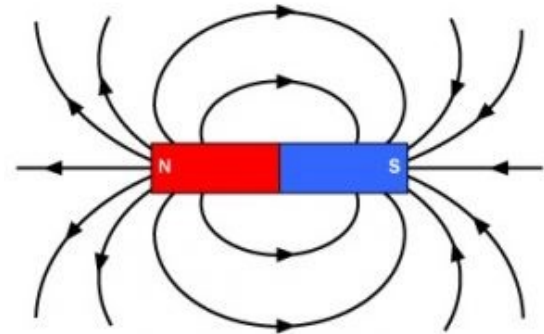
Notas sobre Campo Magnético

FICH – UNL

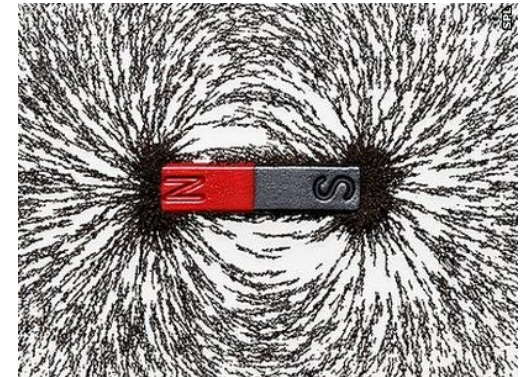
Version v.2  
2021

# Campo magnético

Las fuerzas magnéticas ocurren en dos etapas. Primero, una carga en movimiento (una corriente eléctrica) o un imán permanente produce un campo magnético. Luego, una segunda carga en movimiento responde a ese campo magnético, con lo que experimenta una fuerza magnética.



La fuerza magnética al igual que la electrostática fue descubierta hace miles de años gracias a los imanes naturales. Hoy en día los imanes son fabricados, pero el magnetismo está presente en la naturaleza. El campo magnético terrestre es generado por el movimiento del hierro fundido en la corteza externa de la tierra. Este campo es utilizado por muchas aves para orientarse en sus migraciones y por nosotros para orientar las brújulas magnéticas.

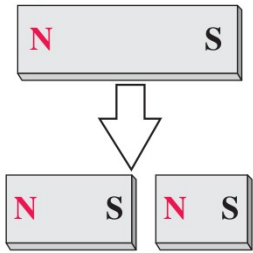


Los campos magnéticos pueden visualizarse fácilmente utilizando limaduras de hierro. Esto es análogo a lo que hacemos con el campo eléctrico y las semillas. En ambos casos, las limaduras o las semillas no son portadoras de carga ni son imanes permanentes, pero en presencia de los campos, estas se polarizan o se magnetizan para orientarse en la dirección de las líneas de campo.

Pero, hay una gran diferencia entre el campo producido por cargas eléctricas y el producido por dipolos magnéticos... la diferencia está en que es posible tener mono cargas eléctricas pero no es posible aislar un polo magnético (norte o sur).

# Campo magnético

Al romper un imán en dos ...



... se producen dos imanes, no dos polos aislados.

**Los polos magnéticos siempre se encuentran de a pares y no es posible aislarlos. Si parto en dos un imán entonces tendré dos imanes, cada uno con su polo norte y polo sur.**

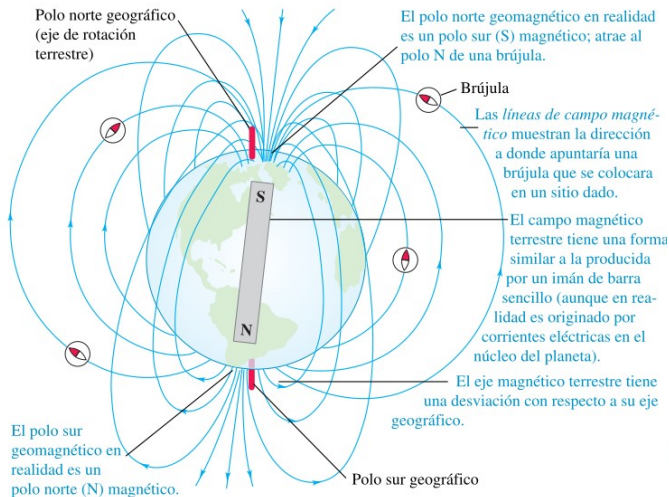
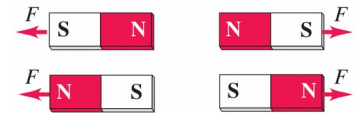
**Esto significa que no puede haber líneas de campo magnético saliendo de un polo sin ingresar a otro polo. Esto no ocurre con el campo eléctrico, donde las líneas que surgen de una carga positiva pueden perderse en el infinito.**

**Por otro lado, en magnetismo también se cumple que polos opuestos se atraen y polos iguales se repelen.**

a) Los polos opuestos se atraen



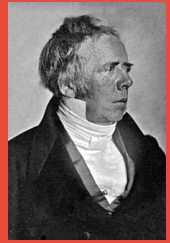
b) Los polos iguales se repelen



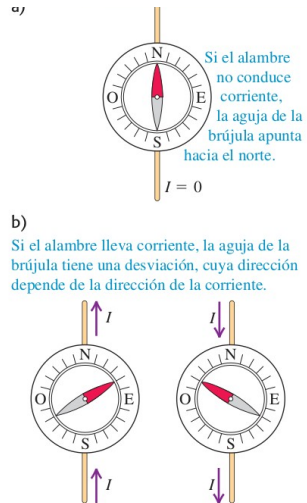
**Las auroras boreales son causadas por el campo magnético en el polo norte**



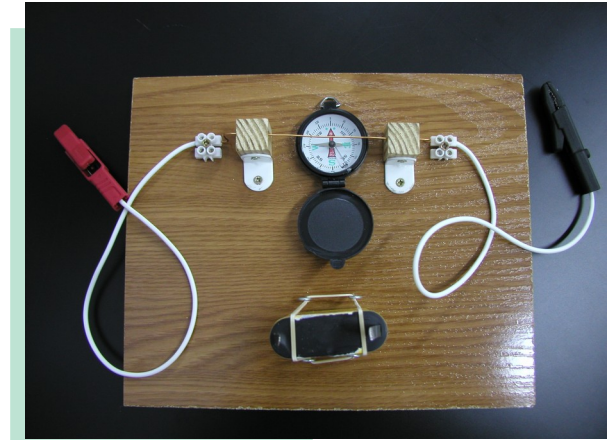
**Las fuerzas magnéticas se conocen desde hace 2500 años pero recién en el siglo IX en China se inventa la brújula con el fin de determinar las direcciones en mar abierto. Esta inicialmente consistía en una aguja imantada flotando en una vasija llena de agua.**



# Relación entre campos magnético y eléctrico



**Experimento de Ørsted (1820):** la aguja se desviá según el sentido de la corriente. Este experimento, aunque parece muy sencillo hoy en día, fue clave para determinar que existe una relación entre el campo magnético y las cargas en movimiento y vise-versa. Ørsted demostró que las cargas en movimiento generan campo magnético. Hasta este momento se creía que el magnetismo solo era causado por imanes naturales.



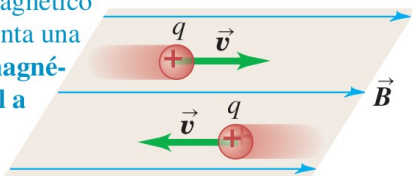
## Fuerza magnética sobre una carga en movimiento:

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

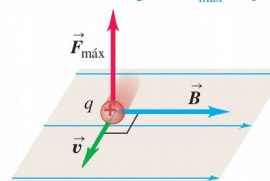
La fuerza magnética ejercida por un campo  $B$  sobre una carga  $q$  en movimiento ( $v$ ) tiene 4 características:

- 1- es proporcional a la magnitud de la carga.
- 2- es proporcional a la magnitud del campo magnético.
- 3- es proporcional a la rapidez de la partícula.
- 4-  $F$  es perpendicular tanto a  $B$  como a  $v$ .

Una carga que se mueve en forma **paralela** al campo magnético experimenta una **fuerza magnética igual a cero**.

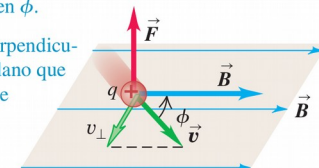


Una carga que se mueva de manera perpendicular a un campo magnético experimenta una fuerza magnética máxima con magnitud  $F_{\text{máx}} = qvB$ .



Una carga que se mueva con un ángulo  $\phi$  con respecto a un campo magnético experimenta una fuerza magnética con magnitud  $F = |q|v_{\perp}B = |q|vB \sin \phi$ .

$\vec{F}$  es perpendicular al plano que contiene  $\vec{v}$  y  $\vec{B}$ .





# Campo magnético y Flujo magnético

**La unidad para el campo magnético  $B$  es el Tesla (T), en honor a Nicola Tesla**

**Un Tesla equivale a un Newton sobre Ampere metro. Un Tesla es una cantidad de campo bastante grande**

$$T = \frac{N}{A \cdot m}$$

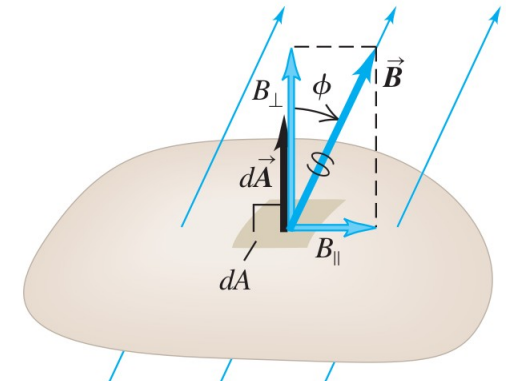
**Para campos de baja magnitud es común emplear otra unidad definida como Gauss, que equivale a la diezmilésima parte de un Tesla ( $1 \text{ G} = 1 \times 10^{-4} \text{ T}$ ). Por ejemplo, el campo magnético de la tierra varía entre 25 y 65  $\mu\text{T}$  (microtesla), lo cual equivale a 0.25 y 0.65 G**

**Muchas veces resulta necesario calcular el flujo del campo magnético. Esto es la integral de área del campo  $B$  sobre una dada superficie.**

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{a} = \int B \cos \phi da$$

**La unidad de flujo magnético es el Weber. Un Weber equivale a un Tesla por metro cuadrado**

$$[\Phi_B] = \text{weber} = \text{T m}^2$$



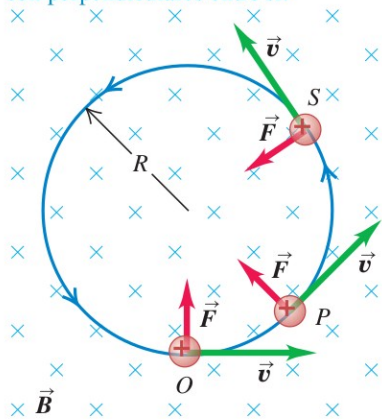
**Dado que, no existen los mono polos magnéticos, la integral de  $B$  sobre cualquier superficie cerrada es igual a 0, ya que las líneas de campo que salen por un lado de la superficie deben volver a entrar por otro lado de la superficie**

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

# Campo y fuerza magnética

Cuando una partícula con carga eléctrica se mueve en una región del espacio donde hay un campo magnético, esta experimenta una fuerza magnética dada por:  $\vec{F}_M = q \vec{v} \times \vec{B}$

Una carga que se mueve con ángulos rectos con respecto a un campo  $\vec{B}$  uniforme se mueve en círculo a rapidez constante, porque  $\vec{F}$  y  $\vec{v}$  siempre son perpendiculares entre sí.



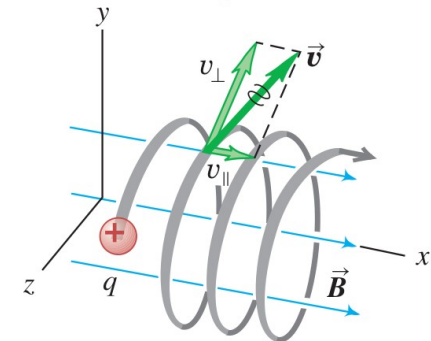
Como la fuerza es siempre perpendicular a la velocidad de la partícula, esta fuerza no puede cambiar el módulo de la velocidad, solo su dirección.

Si, por ejemplo la partícula ingresa con una velocidad perpendicular al campo  $B$  (cruces azules), entonces la partícula describe un movimiento circular con módulo constante. El radio de giro de la partícula podrá obtenerse al aplicar la segunda ley de Newton considerando a la fuerza centrípeta igual a la fuerza magnética

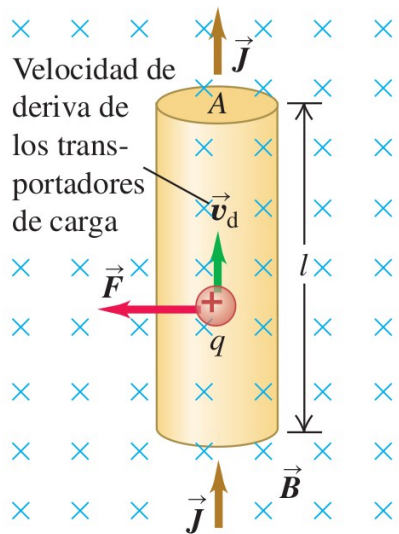
$$\sum F_r = F_M = q \vec{v} \times \vec{B} = qvB = m a_c = m \frac{v^2}{R} \quad \longrightarrow \quad R = \frac{mv}{qB}$$

Si la partícula ingresa con una velocidad que tiene una componente paralela y otra perpendicular, entonces la velocidad perpendicular será la que genere la fuerza y la paralela definirá el avance de la partícula en la dirección del campo. En definitiva, la partícula seguirá un movimiento helicoidal

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.



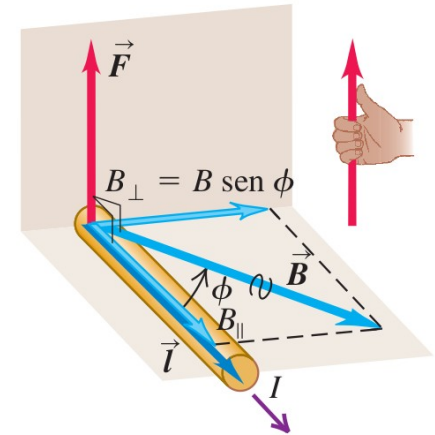
# Fuerza magnética sobre un conductor



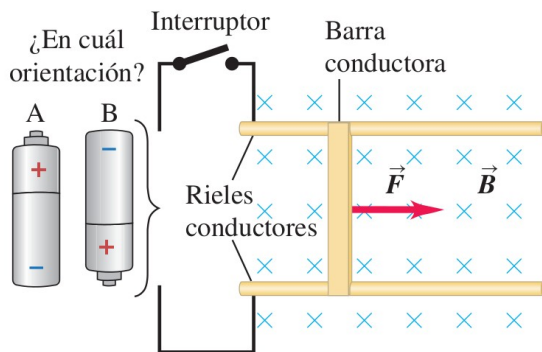
En un conductor que transporta corriente ocurre el mismo fenómeno: Es decir, cada carga en movimiento (corriente) sufre una fuerza magnética. Luego, la suma de las fuerzas sobre cada carga da una fuerza neta sobre el conductor. Para calcular la fuerza debemos utilizar la velocidad de deriva, la cual representa la velocidad neta en la dirección de la corriente.

Luego, es posible expresar a la fuerza neta en función de la corriente  $i$ , de la longitud  $l$  del conductor y del campo  $B$ .

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



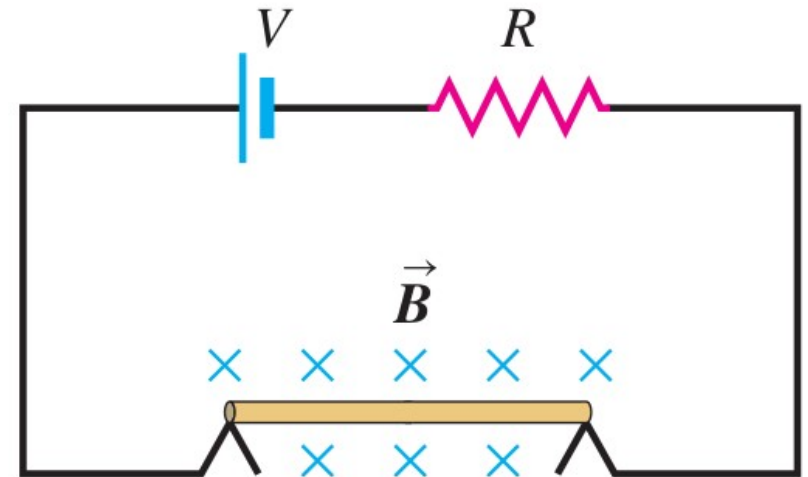
**Nuevamente la fuerza es perpendicular a la corriente, dada por la dirección del conductor**



**En el siguiente experimento, la barra desliza sobre conductores de modo que por la barra circula una corriente  $i$ . Luego, aparece una fuerza neta  $F$  que desplaza la barra hacia la derecha.**

# Fuerza magnética sobre un conductor

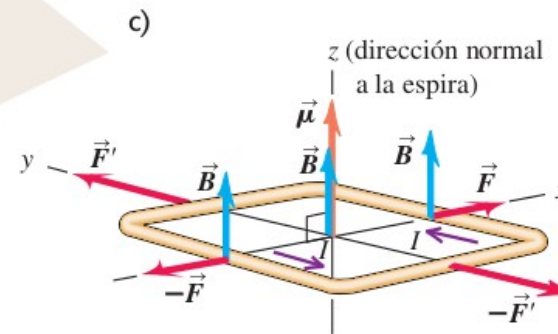
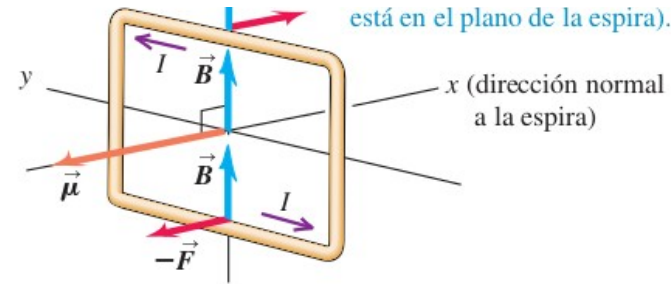
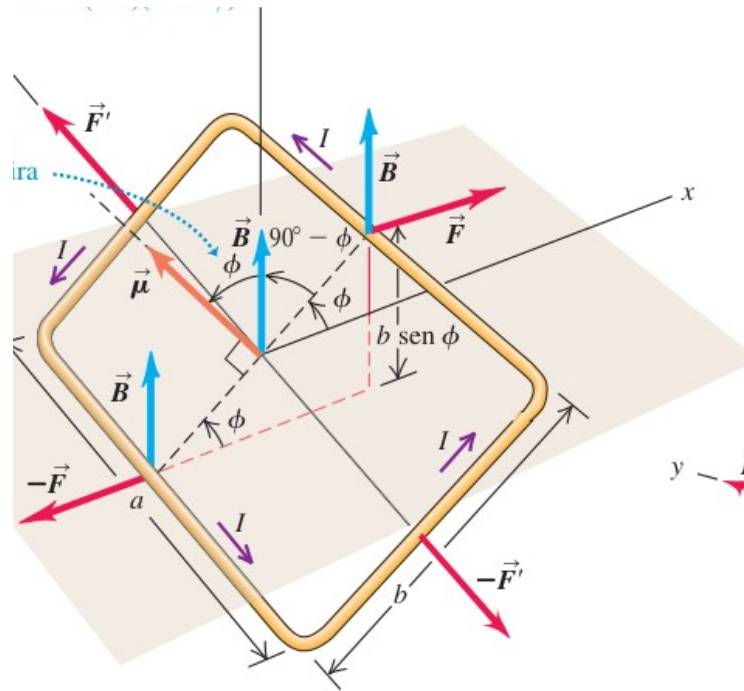
**Ejemplo:** calcular el voltaje de la pila que hará que la barra levite en presencia del campo  $B$ .





# Fuerza y par de torsión en una espira de corriente (Motor eléctrico)

El motor eléctrico funciona gracias a la fuerza que aparece cuando las cargas circulan en presencia de un campo magnético



El par de torsión es cero cuando  $\phi = 0^\circ$  (como se observa aquí) o  $\phi = 180^\circ$ . En ambos casos,  $\vec{B}$  es perpendicular al plano de la espira.

La espira está en equilibrio estable cuando  $\phi = 0^\circ$ ; y está en equilibrio inestable cuando  $\phi = 180^\circ$ .

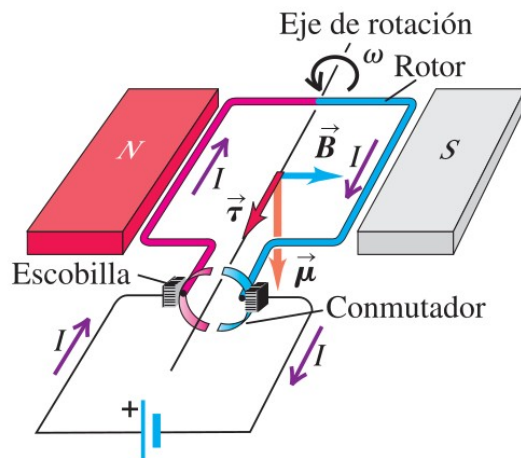
**La fuerza neta sobre una espira de corriente en un campo magnético uniforme es igual a cero. Sin embargo, el par de torsión neto en general no es igual a cero:**

$$\tau = IBA \sin \phi \quad (\text{magnitud del par de torsión en una espira de corriente})$$

# Fuerza y par de torsión en una espira de corriente (motor eléctrico)

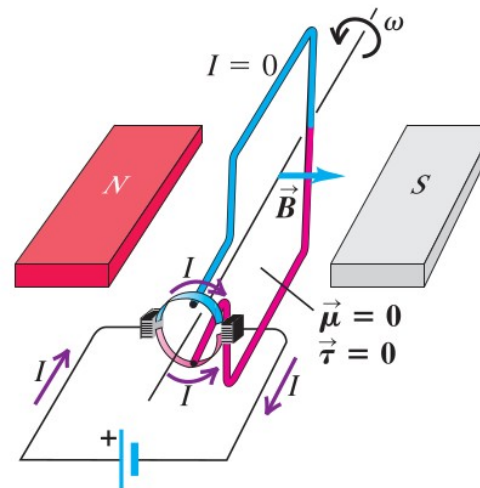
## El motor de corriente continua

a) Las escobillas están alineadas con los segmentos del conmutador



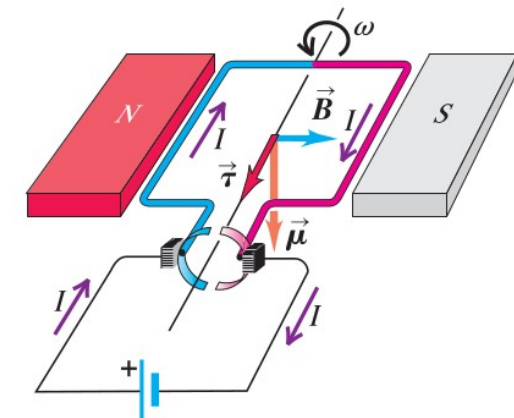
- La corriente ingresa por el lado rojo del rotor y sale por el lado azul.
- Por lo tanto, el par de torsión magnético hace que el rotor gire en sentido antihorario.

b) El rotor ha girado 90°



- Cada escobilla está en contacto con ambos segmentos del conmutador, por lo que la corriente se desvía totalmente del rotor.
- Ningún par de torsión magnético actúa sobre el rotor.

c) El rotor ha girado 180°



- Las escobillas están alineadas otra vez con los segmentos del conmutador. Esta vez la corriente entra por el lado azul del rotor y sale por el lado rojo.
- Por lo tanto, el par de torsión magnético otra vez ocasiona que el rotor gire en sentido antihorario.