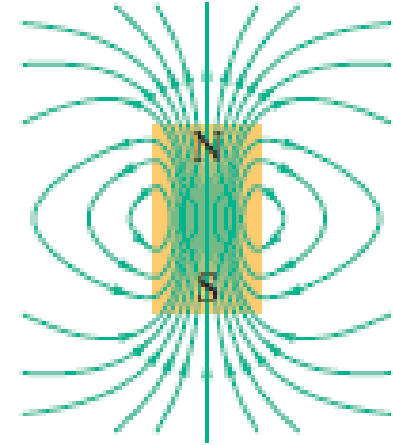


# magnetismo

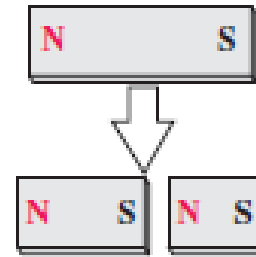


El magnetismo se conoce desde hace mas de 2500 años

Todo imán tiene dos polos sin importar forma ni tamaño

A los polos se los llama Norte y Sur

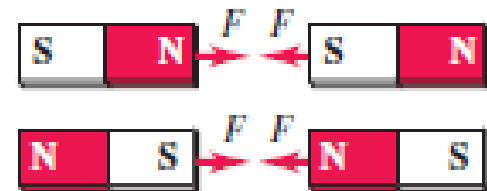
Distinto de las cargas eléctrica, no hay evidencia de monopolos magnéticos



Polos iguales se repelen

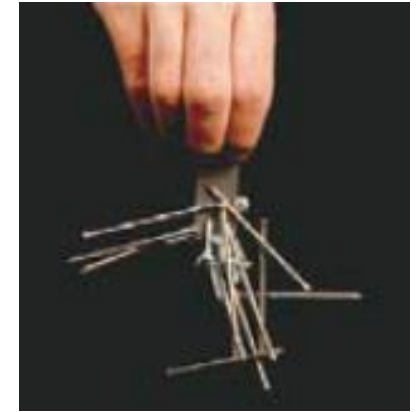
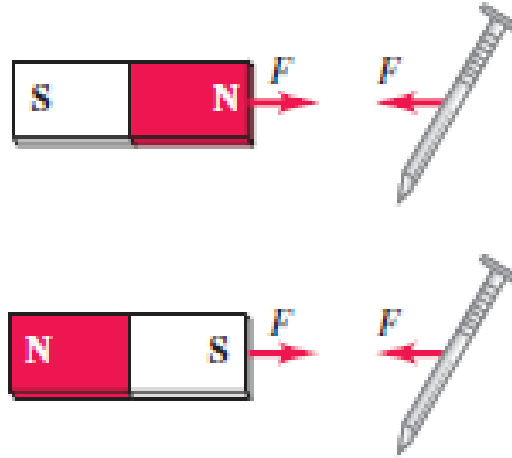


Polos distintos se atraen



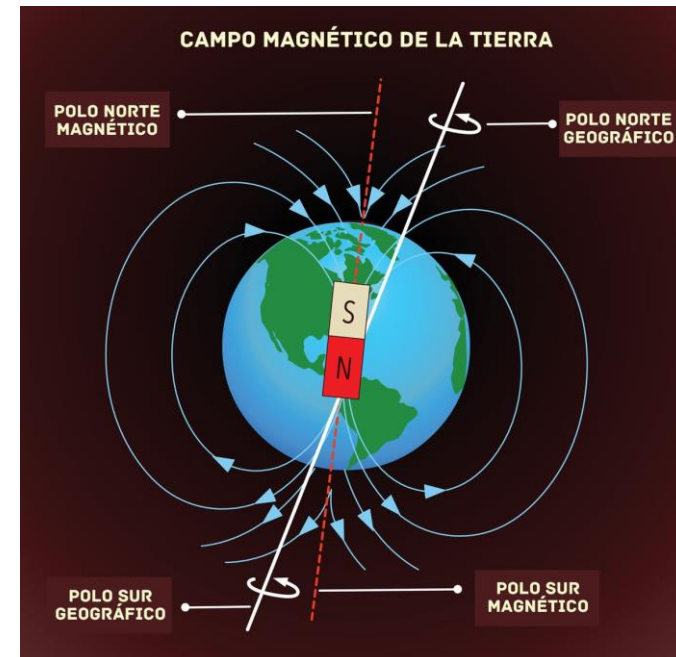
# magnetismo

Un objeto que contenga hierro y que no esté magnetizado, será atraído por cualquiera de los polos de un imán permanente



El planeta tierra es un imán natural con polos magnéticos Sur y Norte cerca de los polos geográficos Norte y Sur, resp.

El campo magnético del planeta tierra es generado por corrientes en el núcleo fundido, que cambian en el tiempo. Hay evidencia geológica que muestra que se invierten completamente cada medio millón de años, aproximadamente.



# eléctricas vs magnéticas

---

Existe una fuerte conexión entre electricidad y magnetismo

## Interacciones eléctricas

### Campo eléctrico, $E$

Una distribución de carga eléctrica en reposo crea un campo eléctrico en el espacio

### Fuerza eléctrica, $F_E$

Un campo eléctrico ejerce una fuerza sobre una carga eléctrica inmersa en este

## Interacciones magnéticas

### Campo magnético, $B$

Una carga eléctrica en movimiento, o una corriente, crea un campo magnético en el espacio

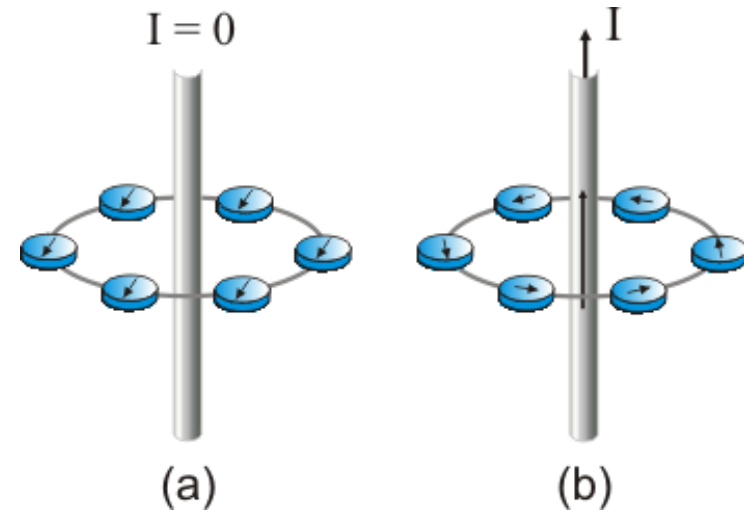
### Fuerza magnética, $F_B$

Un campo magnético ejerce una fuerza sobre una carga eléctrica en movimiento, o corriente, inmersa en este

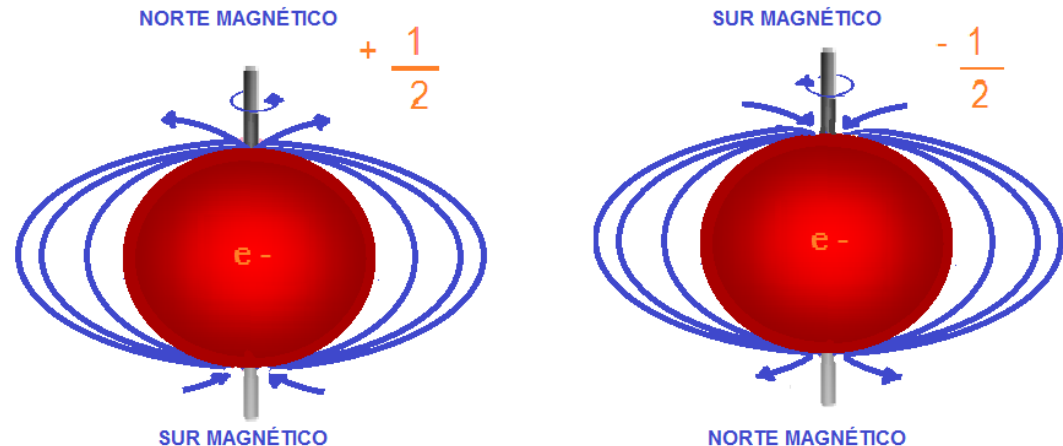
# magnetismo

Qué produce campo magnético?

El movimiento de partículas cargadas como una corriente eléctrica en un cable. En (a) las brújulas están alineadas con el campo de la Tierra mientras que en (b) están alineadas con el campo magnético generado por la corriente, que es mayor que el campo magnético de la Tierra.



Las partículas elementales, como el electrón, tienen un campo magnético intrínseco. Este es una característica como la masa y la carga eléctrica.



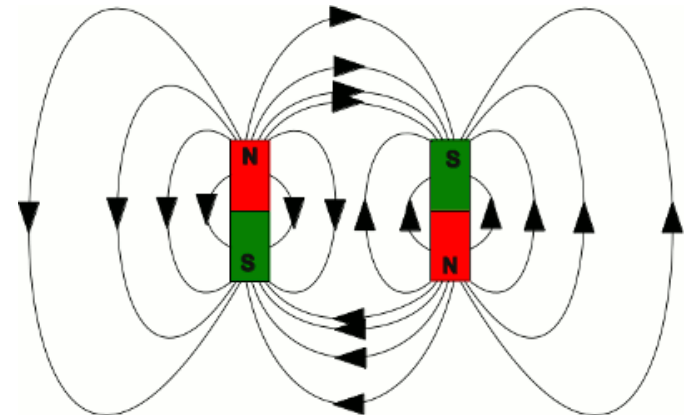
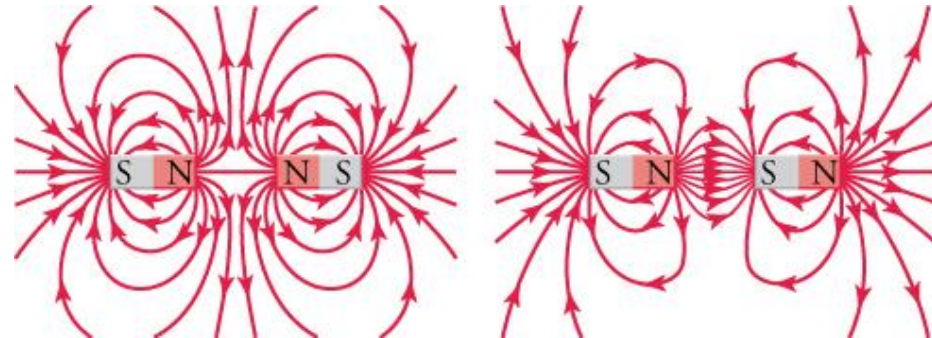
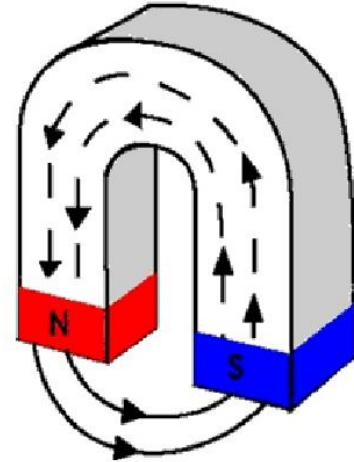
# líneas de campo magnético

Al igual que el campo eléctrico, el campo magnético puede ser representado por líneas de campo magnético

La intensidad en un punto está dada por la densidad de líneas de campo magnético cerca del punto, al igual que en el caso de campo eléctrico

Si bien el vector campo magnético es tangente a la línea de campo, no lo es el vector de fuerza magnética

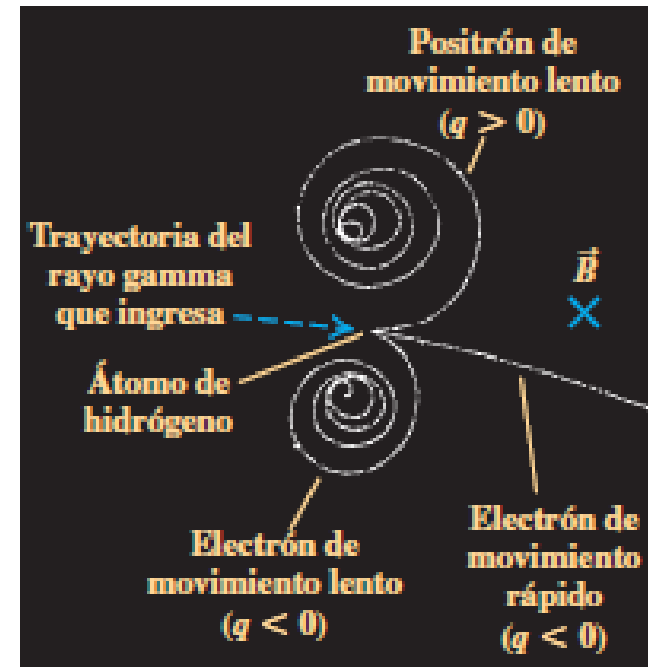
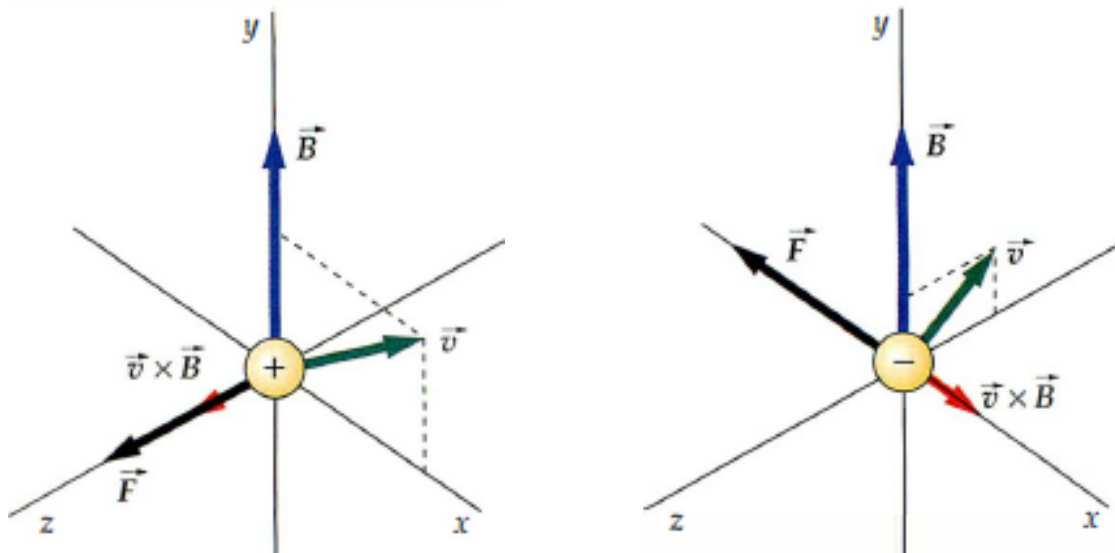
Las líneas de campo magnético son cerradas a diferencia de las de campo eléctrico que son salientes de cargas positivas y entrantes en cargas negativas



# fuerza y campo magnético

Experimentalmente se encuentra que la fuerza ejercida por un campo magnético sobre una partícula cargada en movimiento está descrita por

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



electrón y positrón en campo magnético

La unidad de campo magnético es *Tesla* (T) en el SI, también se utiliza el Gauss (G),  $1 \text{ T} = 10\,000 \text{ G}$ .

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| At surface of neutron star | $10^8 \text{ T}$    |
| Near big electromagnet     | $1.5 \text{ T}$     |
| Near small bar magnet      | $10^{-2} \text{ T}$ |
| At Earth's surface         | $10^{-4} \text{ T}$ |

# inducción, un experimento

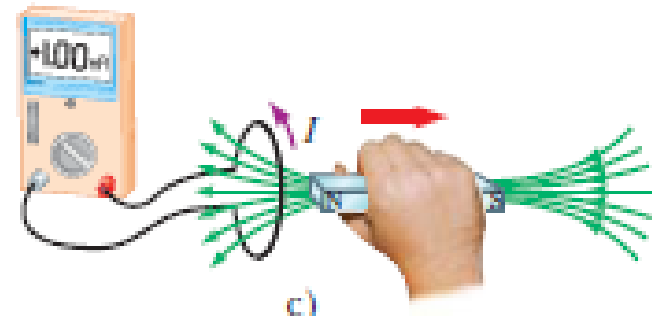
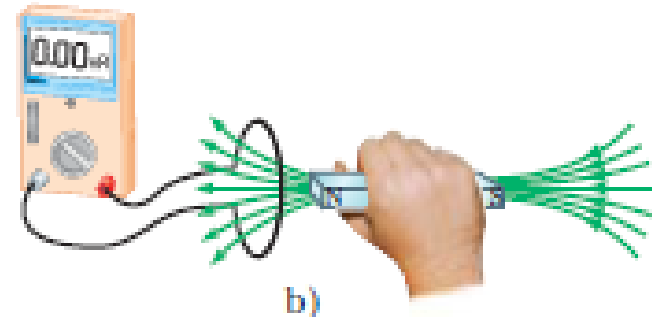
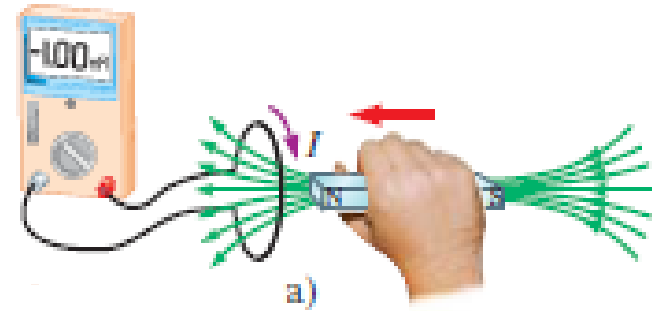
Hasta ahora los campos eléctricos estudiados eran producidos por cargas estáticas y los campos magnéticos por cargas en movimiento

La corriente inducida solo aparece si hay un movimiento relativo entre la espira y el imán sin fuente externa, sin batería. Si están en reposo la corriente desaparece.

Un movimiento relativo mas rápido genera una corriente inducida mayor

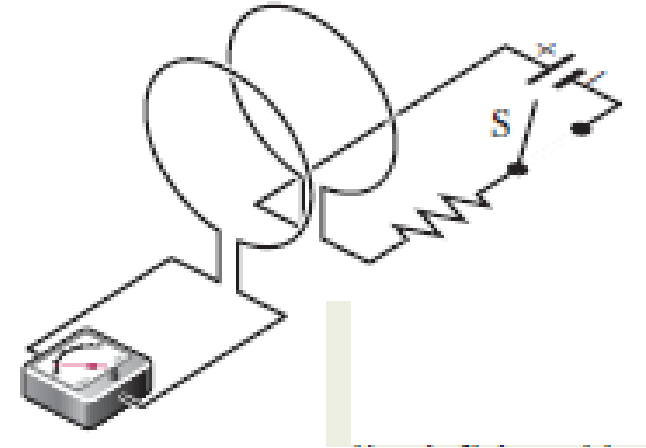
Acercar uno o el otro polo del imán genera corrientes opuestas

El trabajo por unidad de carga se denomina fuerza electromotriz (fem) inducida y el proceso se llama inducción



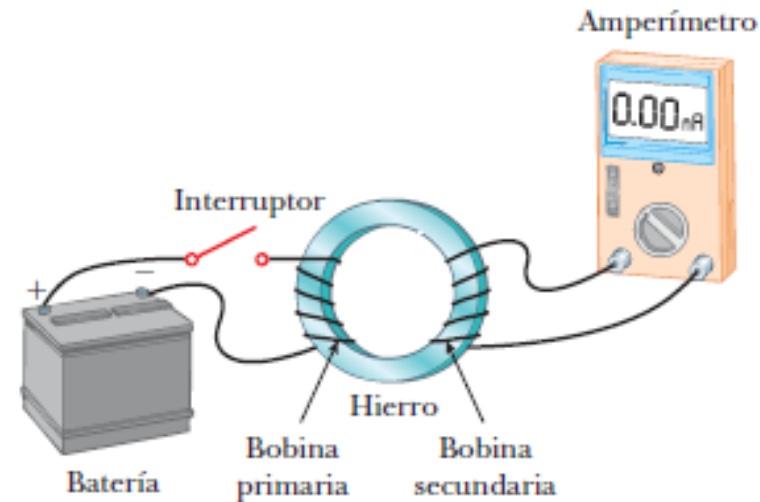
# inducción, otro experimento

Cerrando el circuito de la derecha aparece una corriente inducida breve y repentina en el circuito de la izquierda. También una fem inducida.



Cuando la corriente es estable en el circuito de la derecha desaparece la corriente inducida en el circuito de la izquierda.

Cuando se abre el circuito de la derecha aparece una corriente inducida en el circuito de la izquierda en dirección opuesta a la anterior corriente inducida.



La corriente y la fem inducidas en el circuito de la izquierda aparecen cuando cambia la corriente en el circuito de la derecha.

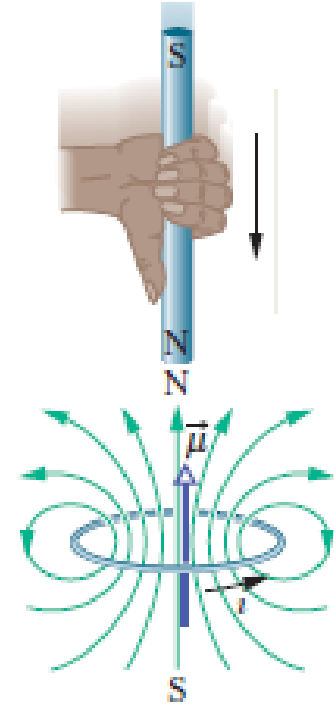


# inducción y ley de Faraday

Experimentalmente se observa que una fem y una corriente pueden ser inducidas cambiando la cantidad de campo magnético que atraviesa el lazo conductor. Cambiando el número de líneas de campo magnético.

Flujo de campo magnético

$$\Phi_B = \iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} \quad [\Phi_B] = \text{weber, Wb}$$



La ley de Faraday puede escribirse

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

El signo negativo es debida a que la fem inducida se opone al cambio de flujo de campo magnético



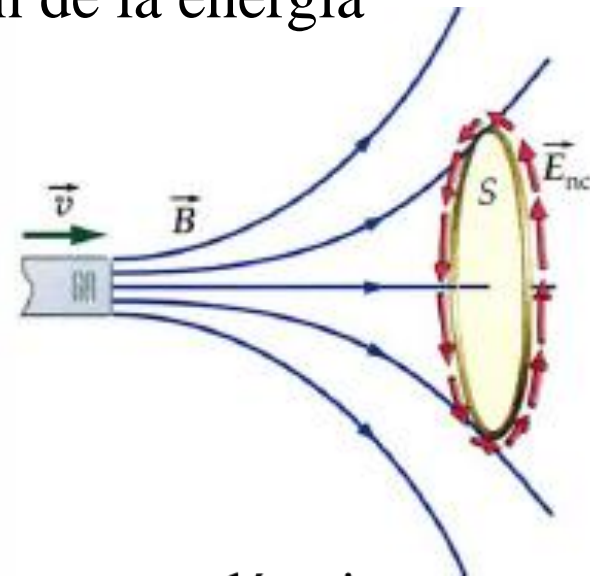
MICHAEL FARADAY  
Físico y químico inglés (1791-1867)

# inducción y ley de Faraday

La ley de Lenz establece que el sentido de la corriente inducida es tal que genera un campo magnético que se opone al cambio del flujo de campo magnético externo que es el que induce la corriente

La ley de Lenz es consecuencia de la conservación de la energía

La fem inducida es trabajo por unidad de carga para mover las cargas. El campo magnético no realiza trabajo pero aparece un campo eléctrico no conservativo que es el que realiza el trabajo de mover las cargas.



No es posible asociar un potencial eléctrico a este campo eléctrico no conservativo. La circulación del campo eléctrico generado por cargas estáticas es cero por ser un campo conservativo,  $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0$ .

La fem inducida está distribuida a lo largo de todo el lazo.