

# Potencia Electromotriz

## Profesores:

Carlos Andrés Flórez Acosta – Grupo 4

Harrison Salazar Tamayo – Grupo 23

2024-II



# Carga Eléctrica y Fuerza Eléctrica

**Carga Eléctrica ( $q$ ):** Propiedad física de los cuerpos que permite explicar los fenómenos electrostáticos.



SE REPELEN

$q > 0$ : Cuerpo cargado positivamente.  
 $q < 0$ : Cuerpo cargado negativamente.  
 $q = 0$ : Cuerpo neutro.



SE REPELEN



SE ATRAEN

Cuerpos con cargas de **igual signo se repelen** mientras que cuerpos con cargas de **signo opuesto se atraen**. Los cuerpos neutros no interactúan eléctricamente.

Fuerzas Eléctricas

# Pregunta

Una carga eléctrica A se atrae con una carga eléctrica B. La carga eléctrica B se atrae con una carga eléctrica C. Se puede afirmar que las cargas eléctricas A y C experimentan:

- a) Atracción.
- b) Atracción y repulsión.
- c) La carga eléctrica C debe ser neutra.
- d) Repulsión.

# Pregunta

Una carga eléctrica A se atrae con una carga eléctrica B. La carga eléctrica B se atrae con una carga eléctrica C. Se puede afirmar que las cargas eléctricas A y C experimentan:

- a) Atracción.
- b) Atracción y repulsión.
- c) La carga eléctrica C debe ser neutra.
- d) Repulsión.

# Pregunta

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?

- a) La fuerza eléctrica actúa a distancia mientras que la fuerza gravitacional no lo hace.
- b) La fuerza gravitacional es atractiva mientras que la fuerza eléctrica es repulsiva.
- c) La fuerza gravitacional y la fuerza eléctrica dependen de propiedades de los cuerpos.
- d) La fuerza gravitacional es repulsiva mientras que la fuerza eléctrica es atractiva.

# Pregunta

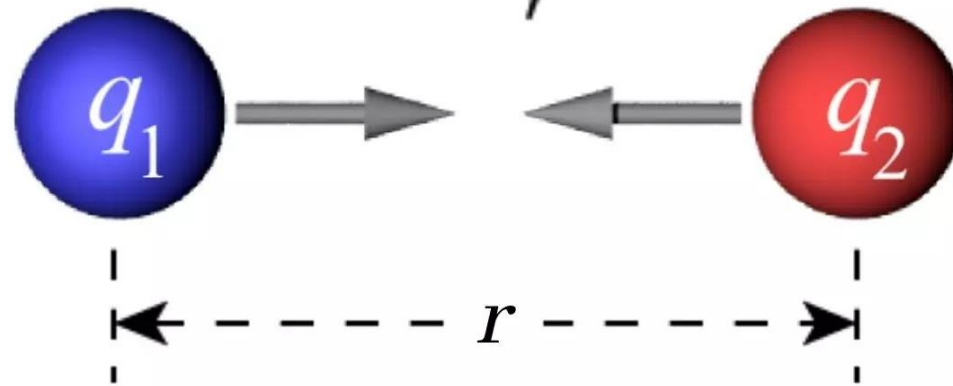
¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?

- a) La fuerza eléctrica actúa a distancia mientras que la fuerza gravitacional no lo hace.
- b) La fuerza gravitacional es atractiva mientras que la fuerza eléctrica es repulsiva.
- c) La fuerza gravitacional y la fuerza eléctrica dependen de propiedades de los cuerpos.
- d) La fuerza gravitacional es repulsiva mientras que la fuerza eléctrica es atractiva.

# Ley de Coulomb



Charles-Augustin de Coulomb (1736-1806): Físico francés.

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$


$F$ : Fuerza de repulsión o de atracción.

$q$ : Carga eléctrica  
 $[q] = C$

$r$ : distancia entre las cargas.

$K$ : Constante de Coulomb

Simulación:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_es.html)

# Pregunta

¿Cuáles son las unidades de la constante de Coulomb?

a)  $\text{m}^2 / \text{N C}^2$

b)  $\text{N C}^2 / \text{m}^2$

c)  $\text{C}^2 / \text{N m}^2$

d)  $\text{N m}^2 / \text{C}^2$



# Pregunta

¿Cuáles son las unidades de la constante de Coulomb?

a)  $\text{m}^2 / \text{N C}^2$

b)  $\text{N C}^2 / \text{m}^2$

c)  $\text{C}^2 / \text{N m}^2$

d)  $\text{N m}^2 / \text{C}^2$

# Pregunta

Dos cargas  $q_1$  y  $q_2$  están separadas una distancia  $r$ . Si la distancia se reduce una tercera parte entonces:

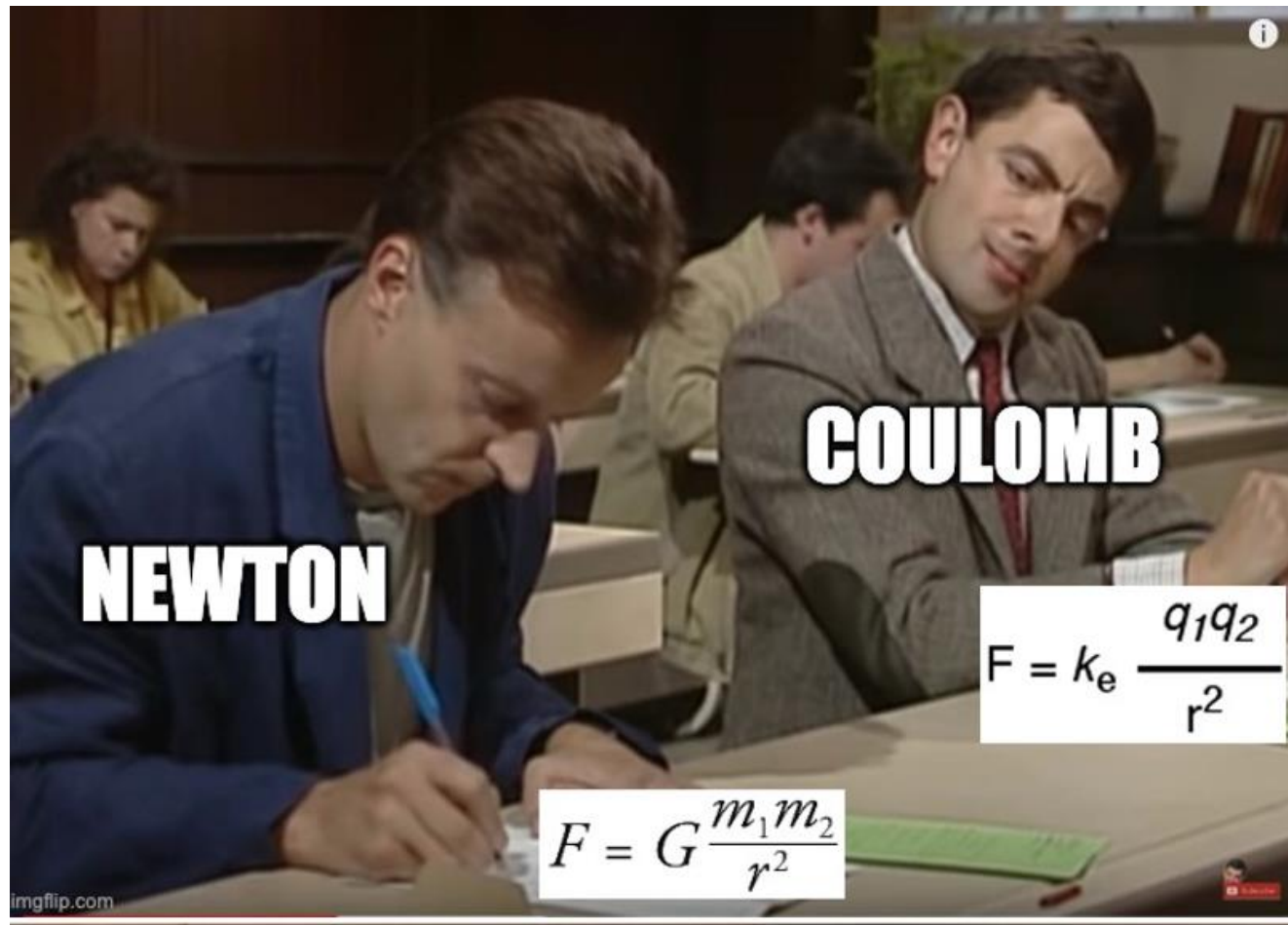
- a) La nueva fuerza eléctrica es 3 veces más grande que la fuerza original.
- b) La nueva fuerza eléctrica es 3 veces más pequeña que la fuerza original.
- c) La nueva fuerza eléctrica es 9 veces más grande que la fuerza original.
- d) La nueva fuerza eléctrica es 9 veces más pequeña que la fuerza original.

# Pregunta

Dos cargas  $q_1$  y  $q_2$  están separadas una distancia  $r$ . Si la distancia se reduce una tercera parte entonces:

- a) La nueva fuerza eléctrica es 3 veces más grande que la fuerza original.
- b) La nueva fuerza eléctrica es 3 veces más pequeña que la fuerza original.
- c) La nueva fuerza eléctrica es 9 veces más grande que la fuerza original.
- d) La nueva fuerza eléctrica es 9 veces más pequeña que la fuerza original.

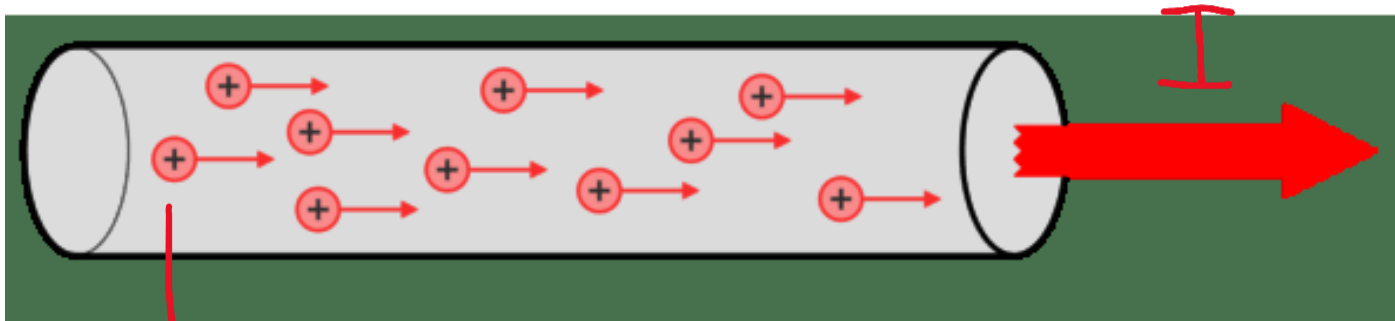
# Ley de Coulomb vs Ley de Gravitación Universal



1. Ambas fuerzas tienen la **misma estructura matemática**
2. La fuerza gravitacional actúa sobre las **masas** mientras que la fuerza eléctrica actúa sobre las **cargas eléctricas**.
3. La fuerza gravitacional es **siempre atractiva** mientras que la fuerza eléctrica **puede ser atractiva o repulsiva**.

# Corriente

Definimos la cantidad física Corriente Eléctrica ( $I$ ):

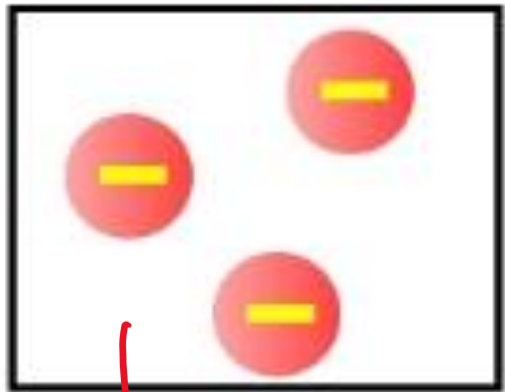


$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Movimiento de  
cargas por unidad  
de tiempo.

↓ Cable conductor !

$[I] = \text{Amperio} \Rightarrow I = 2.5 \text{ A}$



↓ Cargas en reposo

**Problema:** Las cargas eléctricas pueden moverse a través de la materia. Sin embargo, para mover las cargas y generar una corriente se requiere de “algo” que las mueva.

¿Cómo evitamos la repulsión electrostática?  
↳ Nueva cantidad física?

# Voltaje

Potencial Eléctrico = Potencial = Diferencia de Potencial = Tensión = Voltaje (V)



**Voltaje:** Medida de la cantidad de energía (trabajo) que se requiere para mover cargas eléctricas.

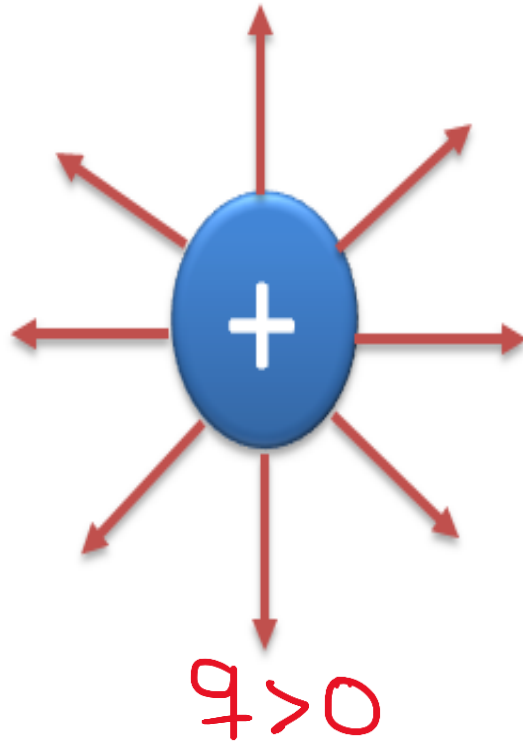
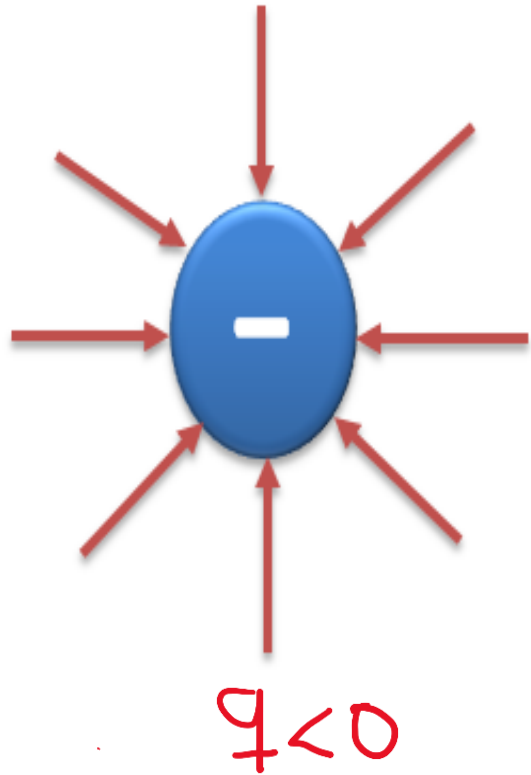
1. Una pila permite aplicar un voltaje para generar una corriente.
2. Una pila es un dispositivo que almacena energía. La energía de la pila se utiliza para mover cargas eléctricas.

La energía almacenada en la pila depende del tamaño de la pila.

$[V] = \text{Voltio} \Rightarrow V = 13.2 \text{ V}$

# Campo Eléctrico

Para entender los fenómenos eléctricos y magnéticos se requiere introducir el concepto de **Campo Eléctrico** y **Campo Magnético**.



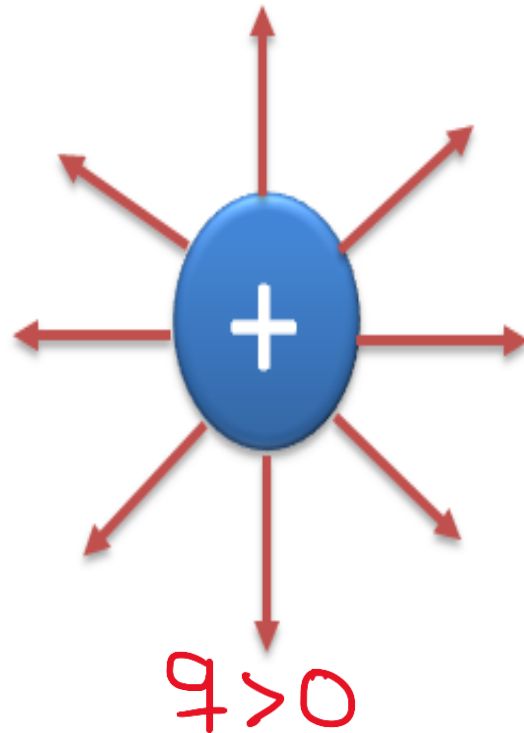
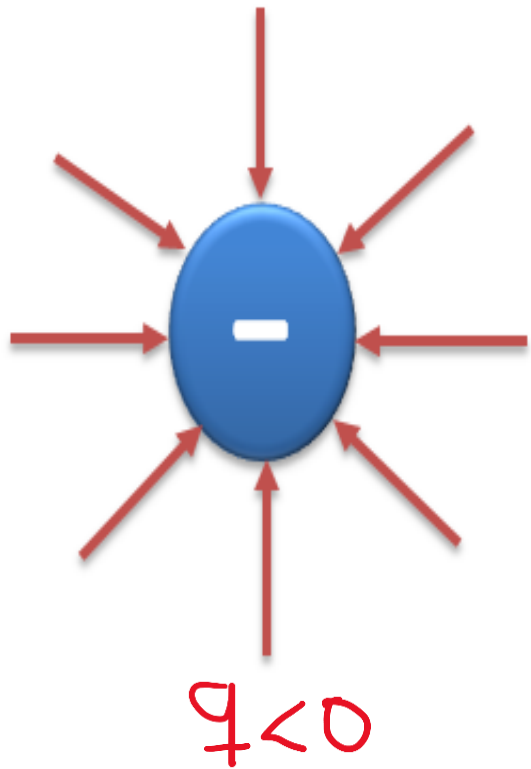
Los **campos eléctricos** son generados por las cargas eléctricas. Una carga eléctrica por el simple hecho de existir genera un **campo eléctrico**.

El **campo eléctrico** se puede representar gráficamente a través de **líneas de campo**.

Simulación: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/charges-and-fields>

# Campo Eléctrico

El **campo eléctrico** es una cantidad vectorial, es decir, tiene magnitud y dirección.



Magnitud del Campo Eléctrico:

$$E = k \frac{q}{r^2}$$

$q$ : Carga eléctrica que genera el campo eléctrico.

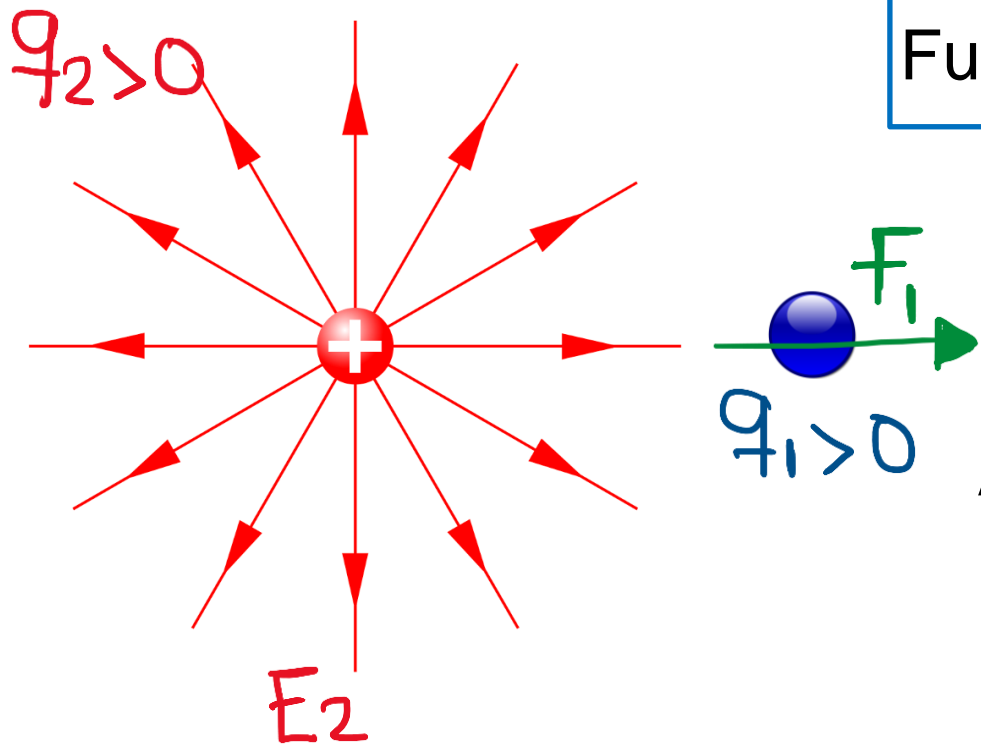
**Cuidado:** Sólo se requiere una carga eléctrica para generar un **campo eléctrico**.

1. ¿Cómo podríamos detectar un **campo eléctrico** si no lo podemos ver?
  2. ¿Qué pasa si una carga eléctrica se encuentra en un **campo eléctrico** generado por otra carga eléctrica?
- } Estudi-  
antes



# Fuerza Eléctrica

Si una carga eléctrica  $q_1$  se encuentra en un **campo eléctrico** generado por otra carga eléctrica  $q_2$  entonces  $q_1$  experimentará una fuerza eléctrica.



Fuerza Eléctrica:  $\vec{F}_1 = q_1 \vec{E}_2$

Analizar sub-  
índices 1 y 2.

La dirección de la fuerza sobre  $q_1$  dependerá de su signo y de la dirección del **campo eléctrico**.

Aumentando el nivel:  $F_1 = (q_1) \left( \frac{k q_2}{r^2} \right)$

$$F_1 = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

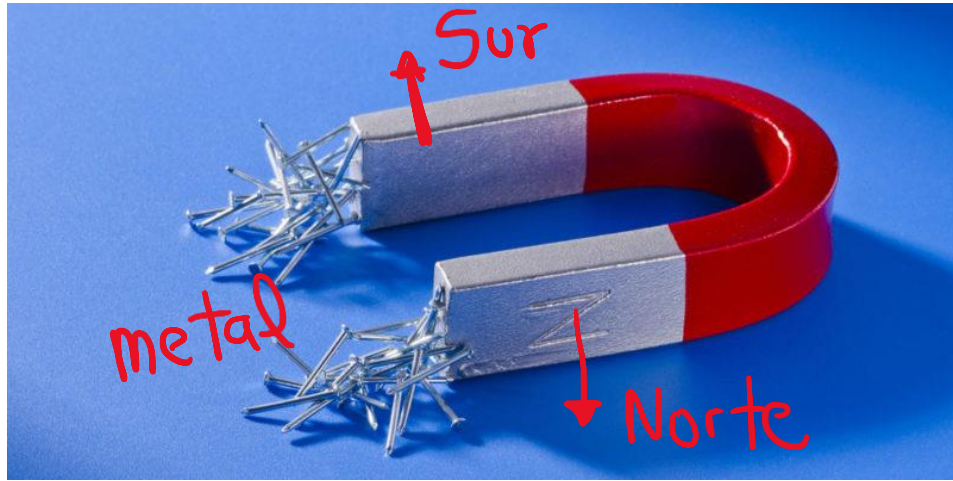
Ley de  
Coulomb!

¿Perspectiva  
de  $q_2$ ?

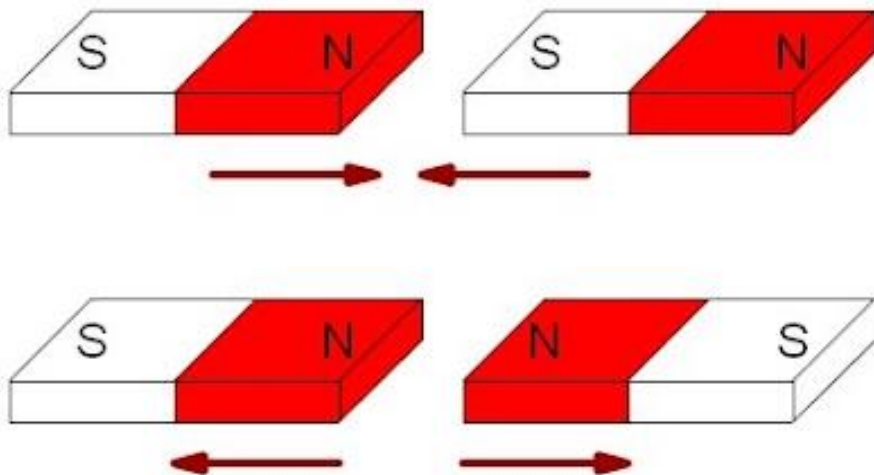
La fuerza eléctrica (Ley de Coulomb) corresponde a la interacción eléctrica entre una carga eléctrica  $q_1$  y el **campo eléctrico** generado por otra carga  $q_2$ .

# Magnetismo

A partir de este punto nos vamos a concentrar en otro tipo de **fenómenos relacionados con el magnetismo**.



1. Un imán puede atraer cuerpos ferrosos (metales).
2. Un imán tiene dos polos magnéticos (**Norte y Sur**).

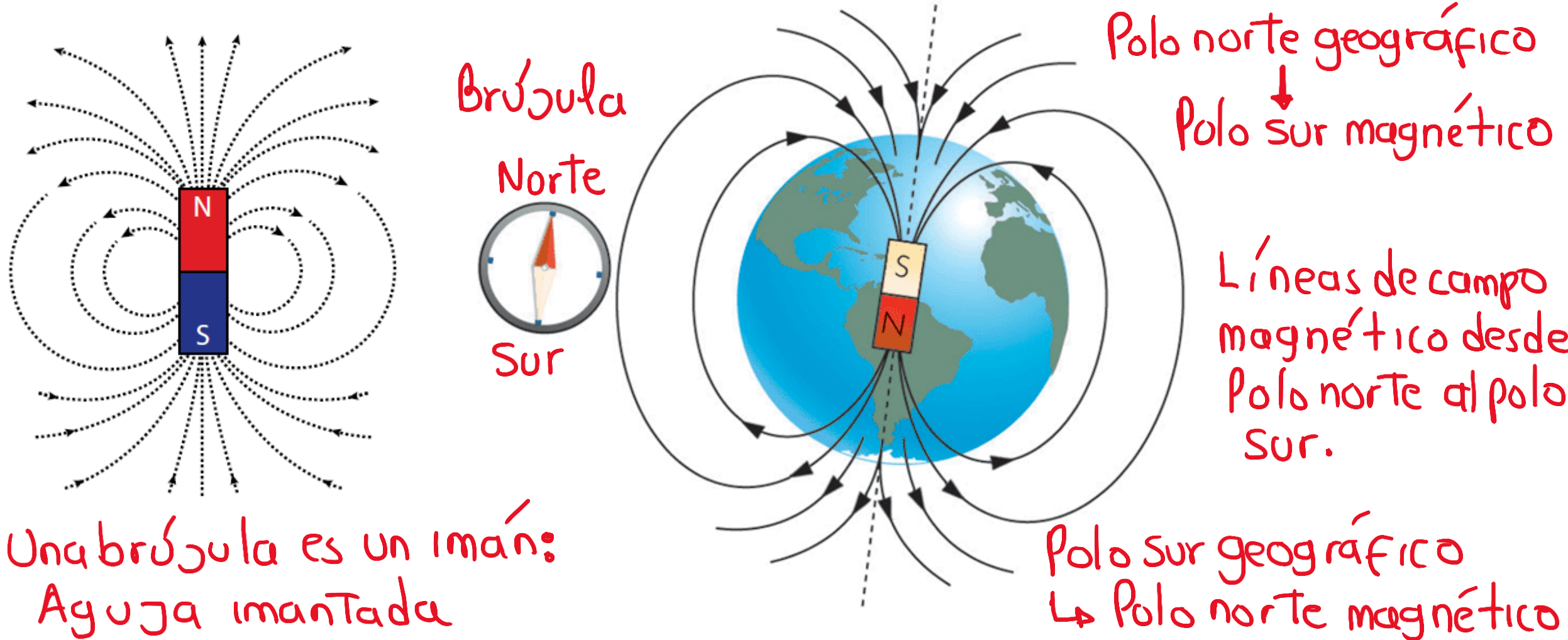


3. Los imanes pueden atraerse o repelerse entre sí **dependiendo de sus orientaciones**. **Polos opuestos se atraen, polos iguales se repelen.**

↓  
**Similar a la electricidad!**

# Campo Magnético de la Tierra

Un imán es un material magnetizado que genera algo llamado **Campo Magnético**. Las líneas de campo salen del polo norte y llegan al polo sur.



# Pregunta

Una brújula siempre apunta al norte geográfico porque el...

- a) Polo norte de la brújula es atraído por el polo sur magnético de la Tierra.
- b) Polo norte de la brújula es atraído por el polo norte magnético de la Tierra.
- c) Polo sur de la brújula es atraído por el polo sur magnético de la Tierra.
- d) La brújula es un invento del demonio.

# Pregunta

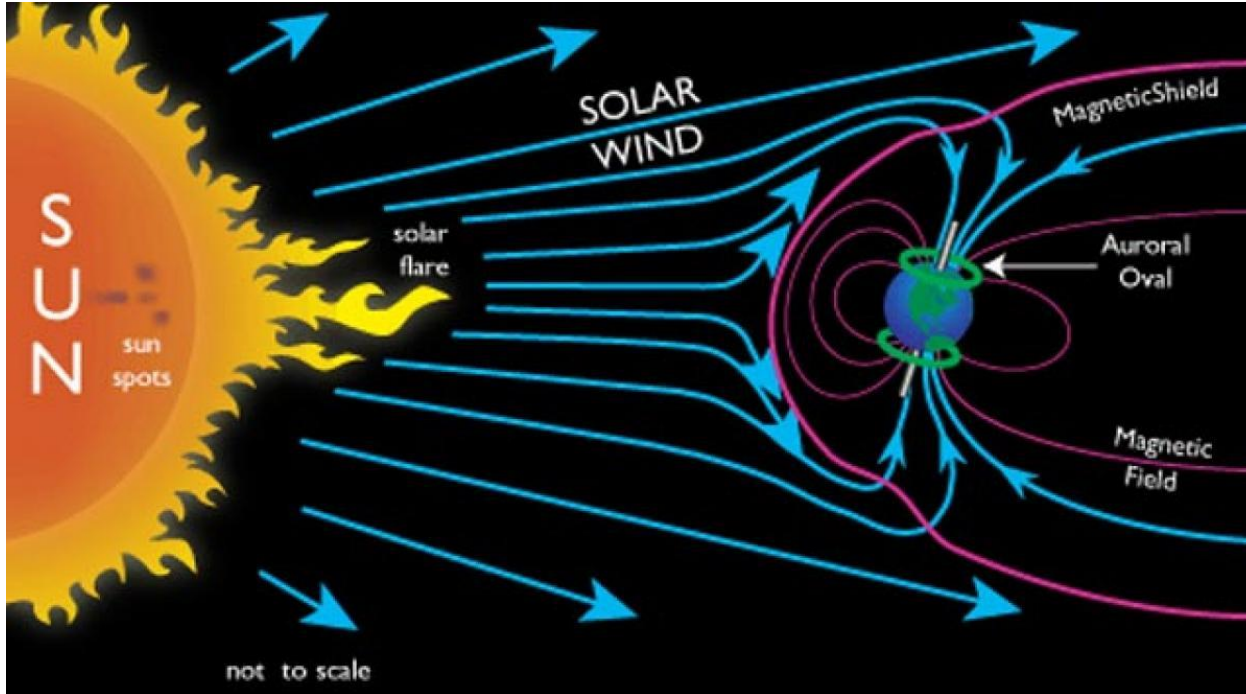
Una brújula siempre apunta al norte geográfico porque el...

- a) Polo norte de la brújula es atraído por el polo sur magnético de la Tierra.
- b) Polo norte de la brújula es atraído por el polo norte magnético de la Tierra.
- c) Polo sur de la brújula es atraído por el polo sur magnético de la Tierra.
- d) La brújula es un invento del demonio.



# Auroras Boreales.

El **campo magnético** de la tierra es un **escudo protector** contra el viento solar (partículas cargadas de alta energía).



En los polos geográficos el **campo magnético** de la tierra es muy débil. **La interacción de las partículas cargadas con la atmósfera de la tierra** da lugar a las auroras boreales.

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=uhRfyCdGC7c> (0:00-3:38)

# Origen de los Campos Magnéticos



Si el origen de los campos eléctricos son las cargas eléctricas entonces el origen de los campos magnéticos son las ~~cargas magnéticas~~.

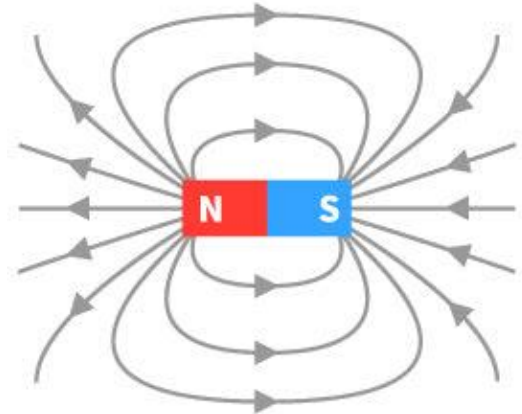
Las cargas magnéticas no existen.

¿Origen de los campos magnéticos?

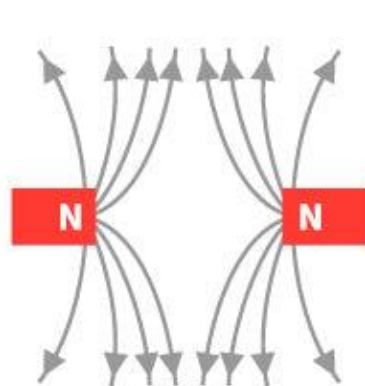
¿Cómo podríamos detectar un campo magnético si no lo podemos ver?

} Estud-  
antes

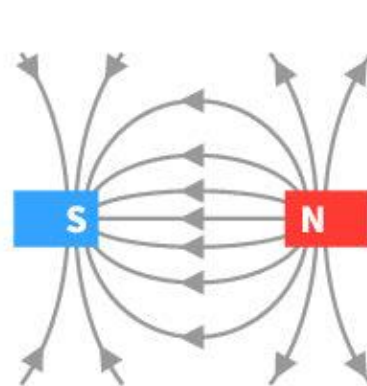
Bar magnet



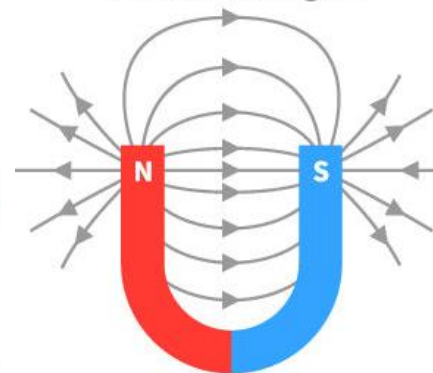
Like poles repel



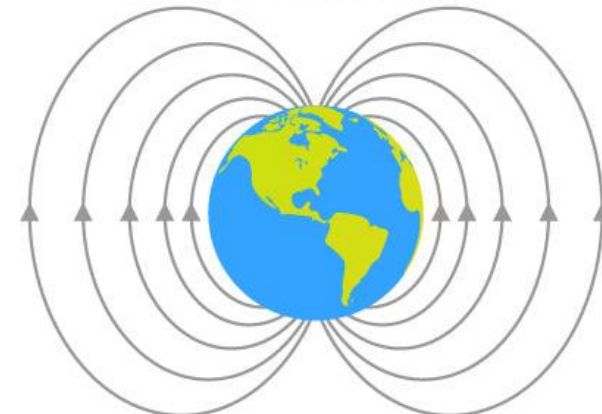
Unlike poles attract



Horseshoe magnet



Earth's magnetic field



# Pregunta

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta sobre el origen de los campos eléctricos y magnéticos?

- a) Los campos eléctricos solo se generan por cargas en reposo, mientras que los campos magnéticos se generan por cargas en movimiento.
- b) Los campos eléctricos y magnéticos se generan por cualquier tipo de carga, esté en reposo o en movimiento.
- c) Los campos eléctricos son generados por cargas eléctricas, tanto en reposo como en movimiento, mientras que los campos magnéticos solo se generan por cargas eléctricas en movimiento.
- d) Tanto los campos eléctricos como los magnéticos se generan exclusivamente por cargas eléctricas en reposo.

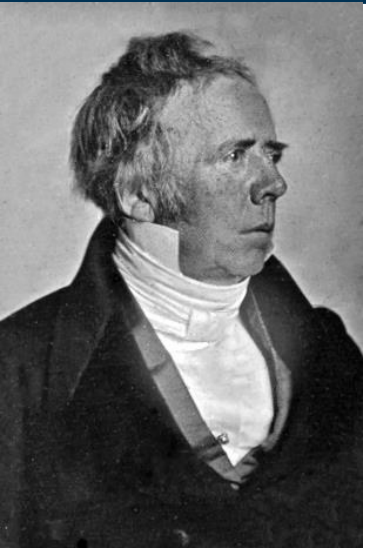


# Pregunta

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta sobre el origen de los campos eléctricos y magnéticos?

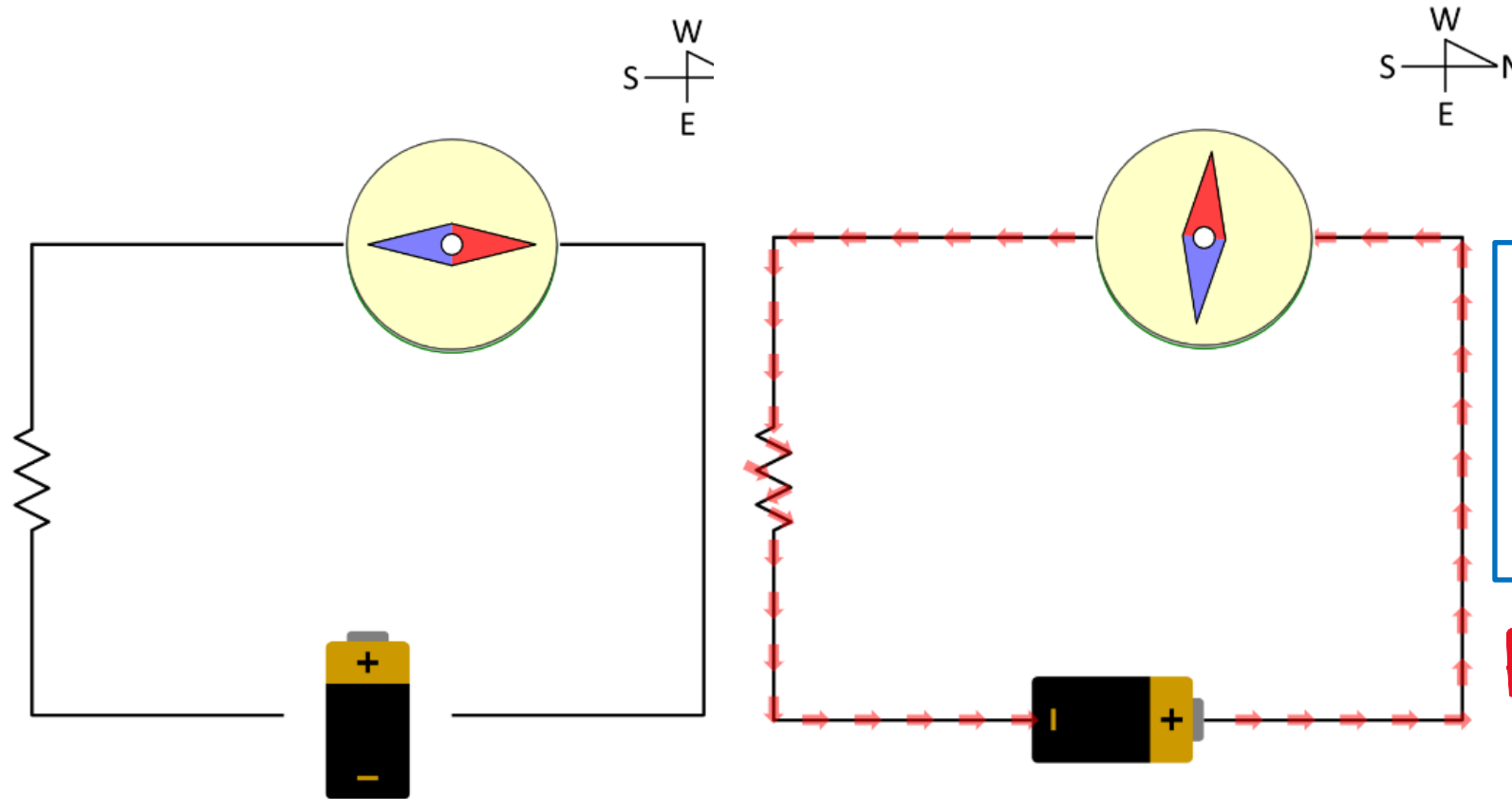
- a) Los campos eléctricos solo se generan por cargas en reposo, mientras que los campos magnéticos se generan por cargas en movimiento.
- b) Los campos eléctricos y magnéticos se generan por cualquier tipo de carga, esté en reposo o en movimiento.
- c) Los campos eléctricos son generados por cargas eléctricas, tanto en reposo como en movimiento, mientras que los campos magnéticos solo se generan por cargas eléctricas en movimiento.
- d) Tanto los campos eléctricos como los magnéticos se generan exclusivamente por cargas eléctricas en reposo.

# Experimento de Orsted



El físico danés Hans Christian Orsted (1777-1851) descubrió de **forma accidental** (1820) que una brújula se desviaba cuando estaba cerca de un alambre que transportaba una corriente.

Las brújulas permiten detectar campos magnéticos.



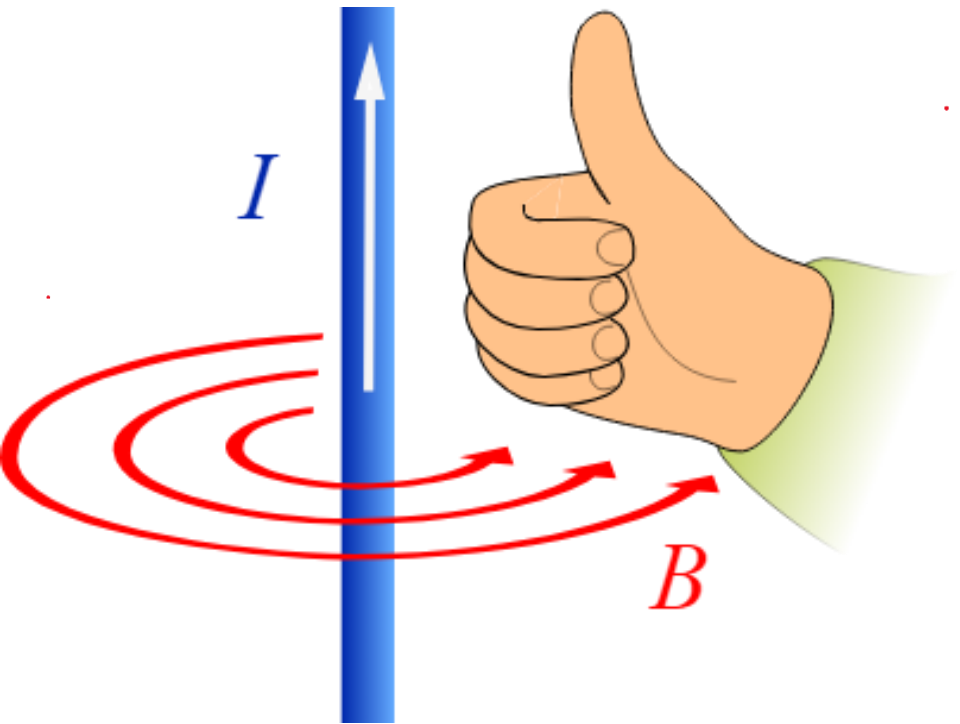
Las corrientes pueden crear campos magnéticos.

Resultado muy importante

Simulación: [https://javalab.org/en/oersteds\\_experiment\\_en/](https://javalab.org/en/oersteds_experiment_en/)

# Origen de los Campos Magnéticos

El campo magnético generado por una corriente que fluye en un alambre recto son circunferencias concéntricas.



1. Las **corrientes eléctricas** generan campos magnéticos.
2. Las cargas eléctricas **en movimiento** generan campos magnéticos.
3. El origen de los campos eléctricos y magnéticos es el mismo, **las cargas eléctricas**.
4. **Es posible generar magnetismo a partir de electricidad.**
5. La electricidad y el magnetismo **no son fenómenos aislados** están relacionados a través de las cargas eléctricas.

Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=wLA9VySWkCU>

# Pregunta

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta sobre las líneas de campo eléctrico y magnético?

- a) Las líneas de campo eléctrico son cerradas y las líneas de campo magnético son abiertas.
- b) Las líneas de campo eléctrico son abiertas y las líneas de campo magnético también son abiertas.
- c) Las líneas de campo eléctrico son abiertas y las líneas de campo magnético son cerradas.
- d) Las líneas de campo eléctrico son cerradas y las líneas de campo magnético son cerradas.

# Pregunta

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta sobre las líneas de campo eléctrico y magnético?

- a) Las líneas de campo eléctrico son cerradas y las líneas de campo magnético son abiertas.
- b) Las líneas de campo eléctrico son abiertas y las líneas de campo magnético también son abiertas.
- c) Las líneas de campo eléctrico son abiertas y las líneas de campo magnético son cerradas.
- d) Las líneas de campo eléctrico son cerradas y las líneas de campo magnético son cerradas.

# Fuerza Magnética

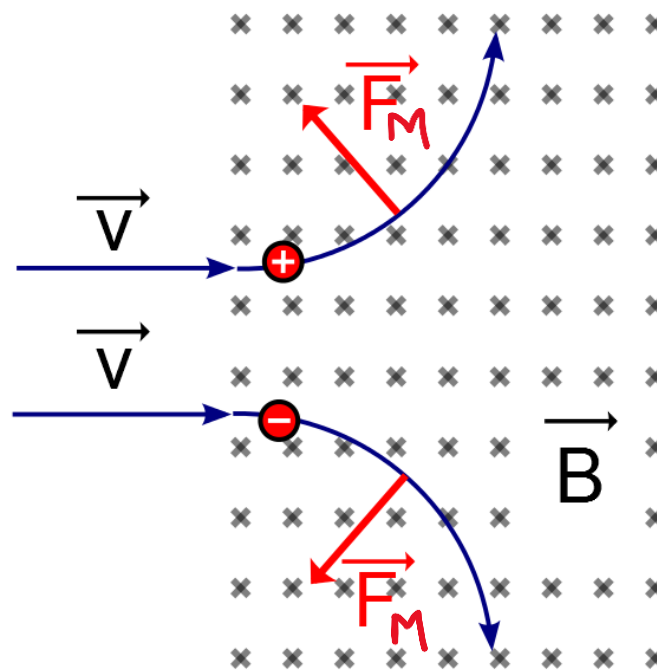
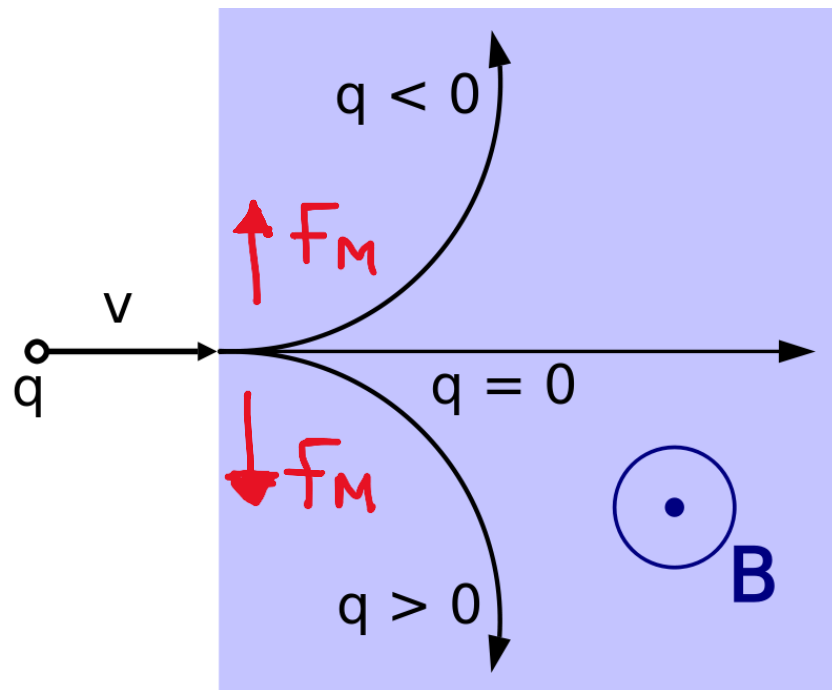
Si una carga eléctrica  $q$  se encuentra en un **campo eléctrico externo  $E$**  entonces experimentará una **fuerza eléctrica**:

$$\vec{F}_E = q \vec{E}$$

Si una carga eléctrica  $q$  se mueve en un **campo magnético externo  $B$**  entonces experimentará una **fuerza magnética**:

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

;  $\vec{v}$ : Velocidad



La carga eléctrica se desvía de su trayectoria.

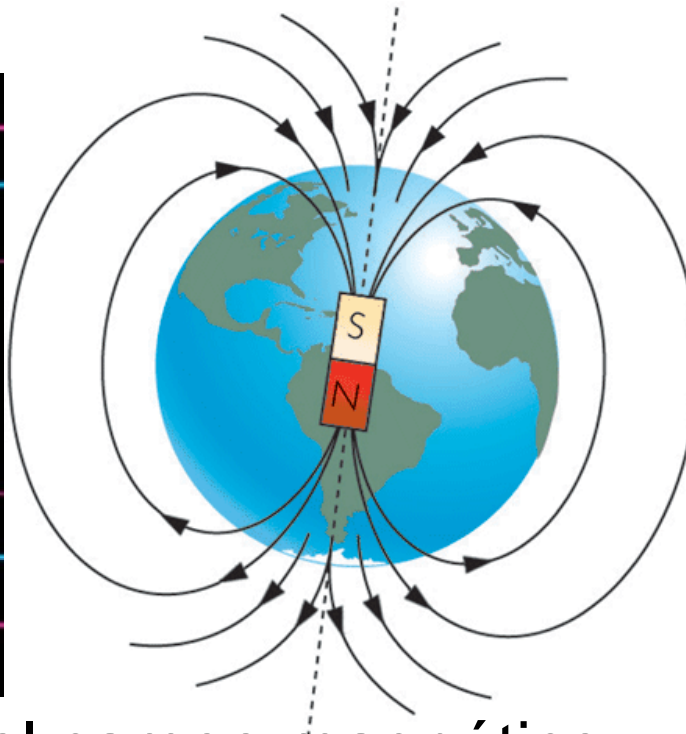
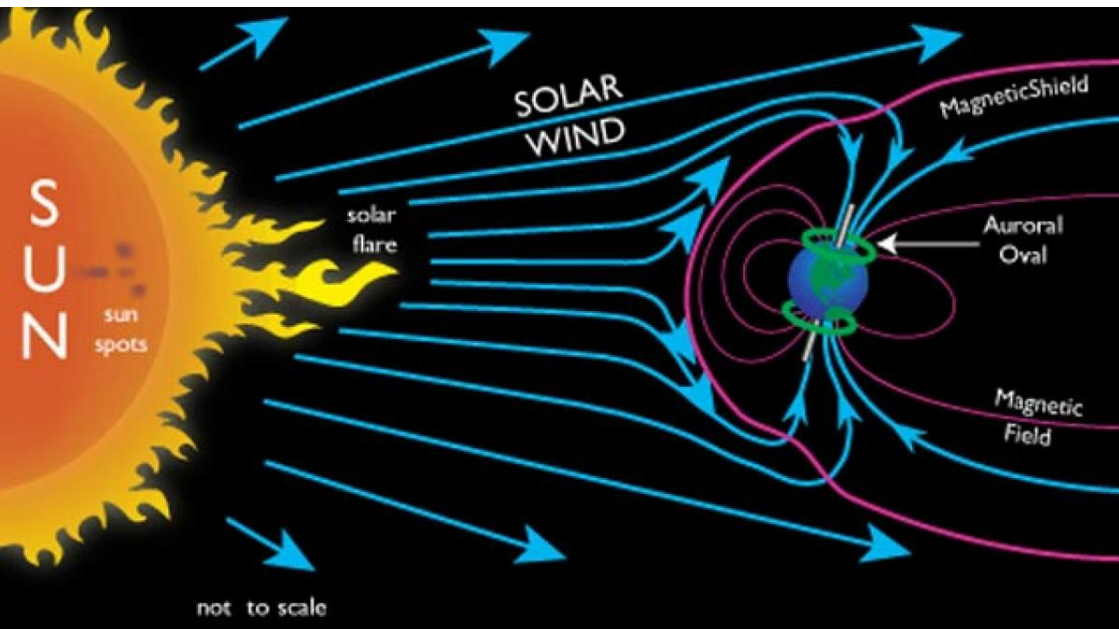
Si la carga eléctrica está en reposo ( $v=0$ ) no hay fuerza magnética.

⊙  $B$  sale de la hoja

⊗  $B$  entra a la hoja

# Fuerza de Lorentz

Si una carga eléctrica  $q$  se mueve en un **campo eléctrico externo  $E$**  y en un **campo magnético externo  $B$**  entonces experimentará una **fuerza eléctrica** y una **fuerza magnética**



Fuerza de Lorentz:

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

*Electric force*      *Magnetic force*

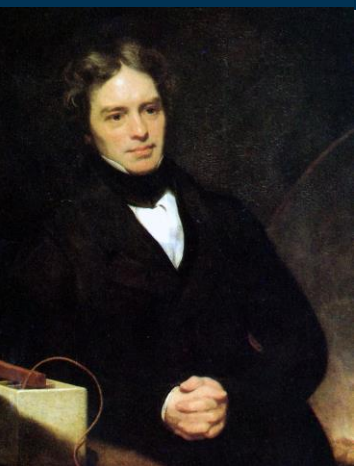
La fuerza de Lorentz corresponde a la fuerza total que experimenta una partícula cargada.

Partículas cargadas desviadas por el campo magnético.

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=dwZuKaexAJ0>



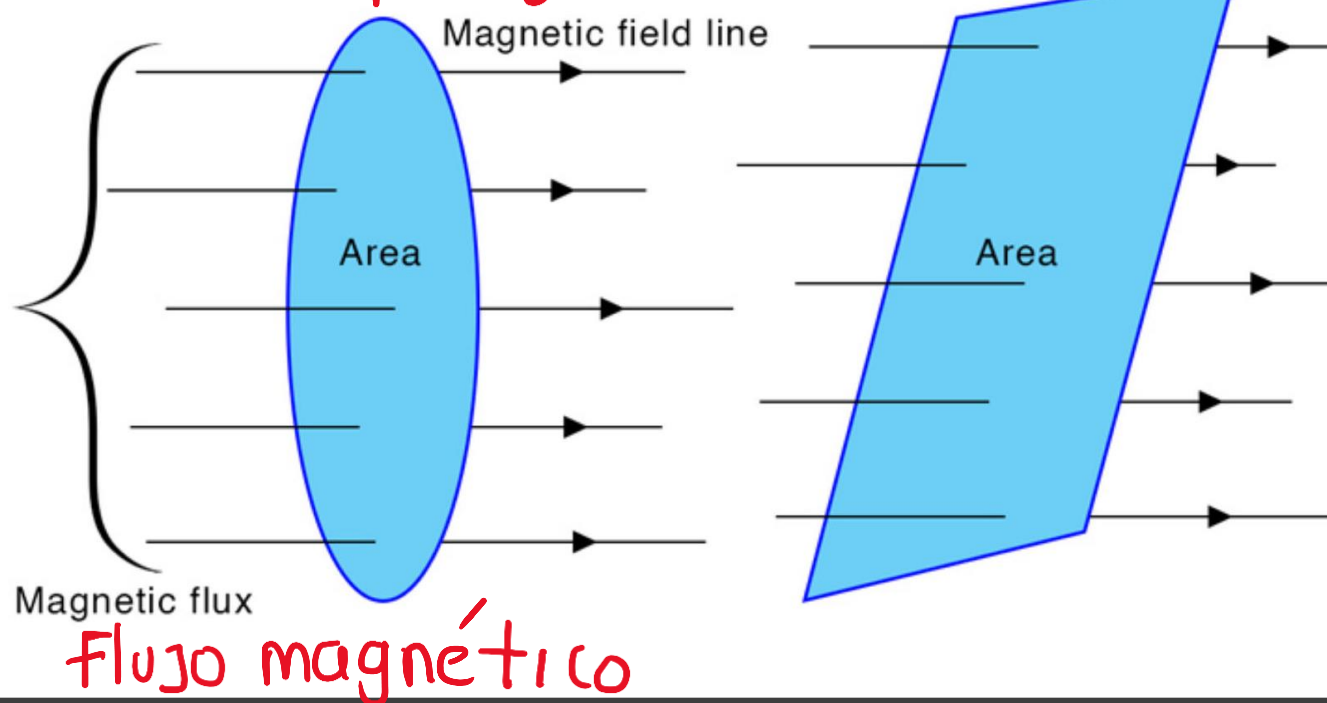
# Flujo Magnético



El físico británico Michael Faraday (1791-1867) descubrió en 1821 que era posible **inducir** una corriente eléctrica en un alambre conductor usando campos magnéticos.

Definamos **flujo magnético ( $\Phi$ )**:

**Campo magnético**



Considerando casos simples, definimos el flujo magnético:

$$\Phi = B A$$

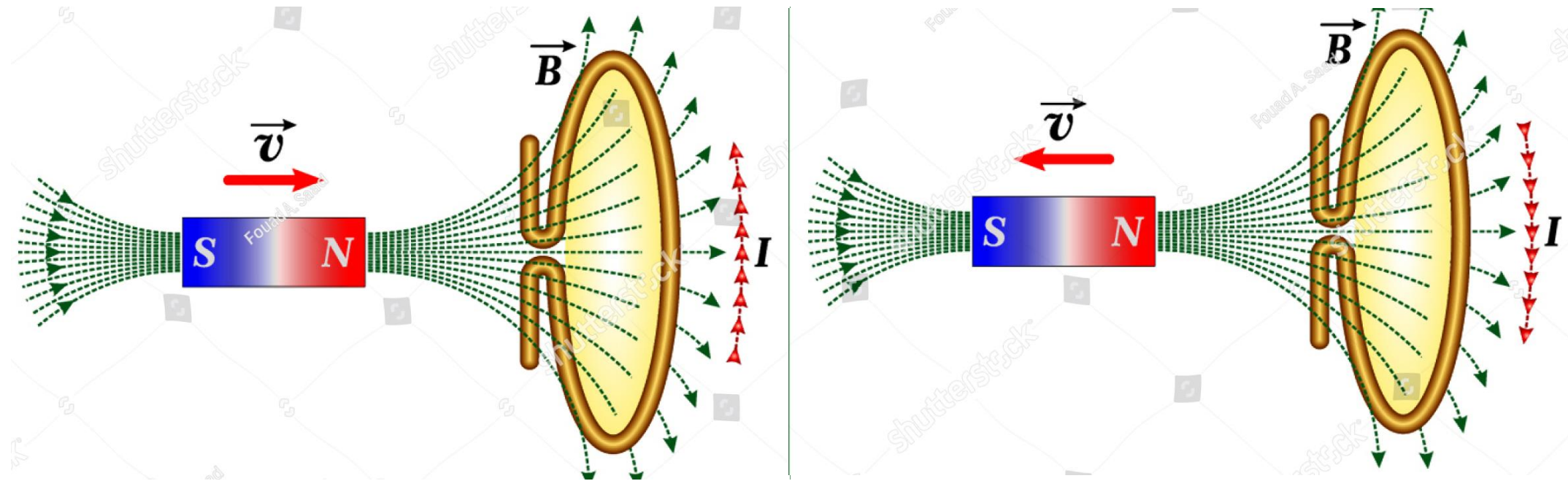
Entre mayor sea el campo magnético  **$B$**  y el área  **$A$**  mayor es el flujo magnético  **$\Phi$**

Líneas de campo magnético están atravesando cierta área.



# Ley de Inducción de Faraday

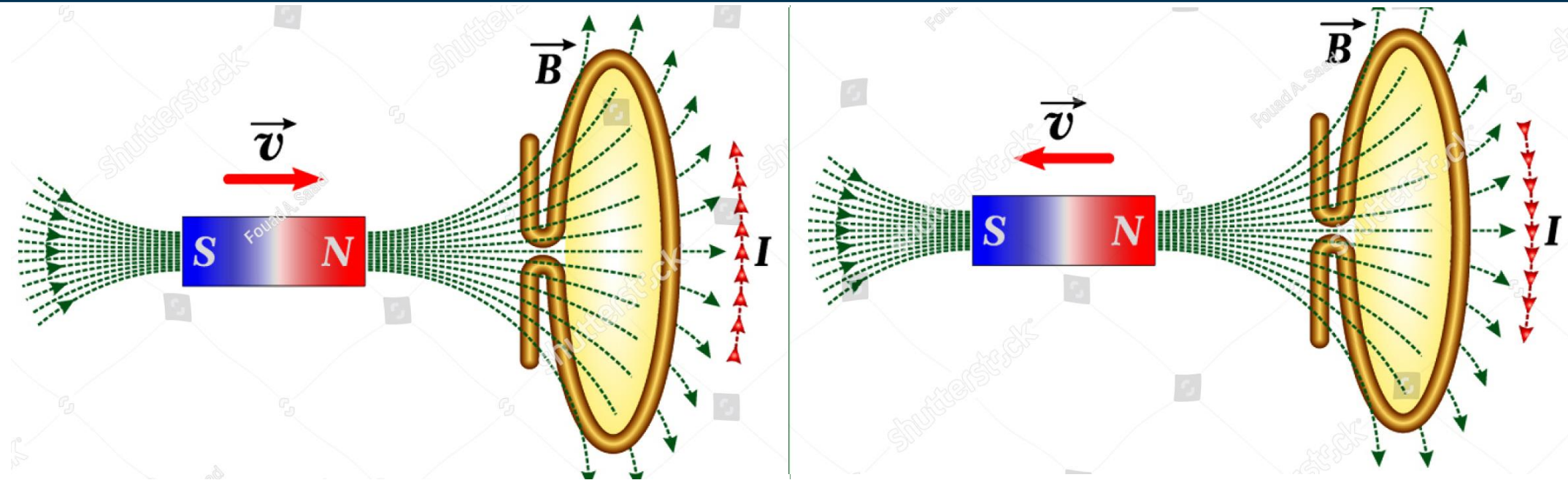
Faraday descubrió que si el flujo magnético cambia con el tiempo, es decir, **si el campo magnético ( $B$ ) o el área ( $A$ ) cambia con el tiempo** entonces se induce un voltaje y por ende una corriente en un alambre conductor.



**Clave:** La cantidad de líneas de campo que atraviesa el área debe cambiar con el tiempo.

↳ Voltaje inducido  $\Rightarrow$  Corriente inducida

# Ley de Inducción de Faraday



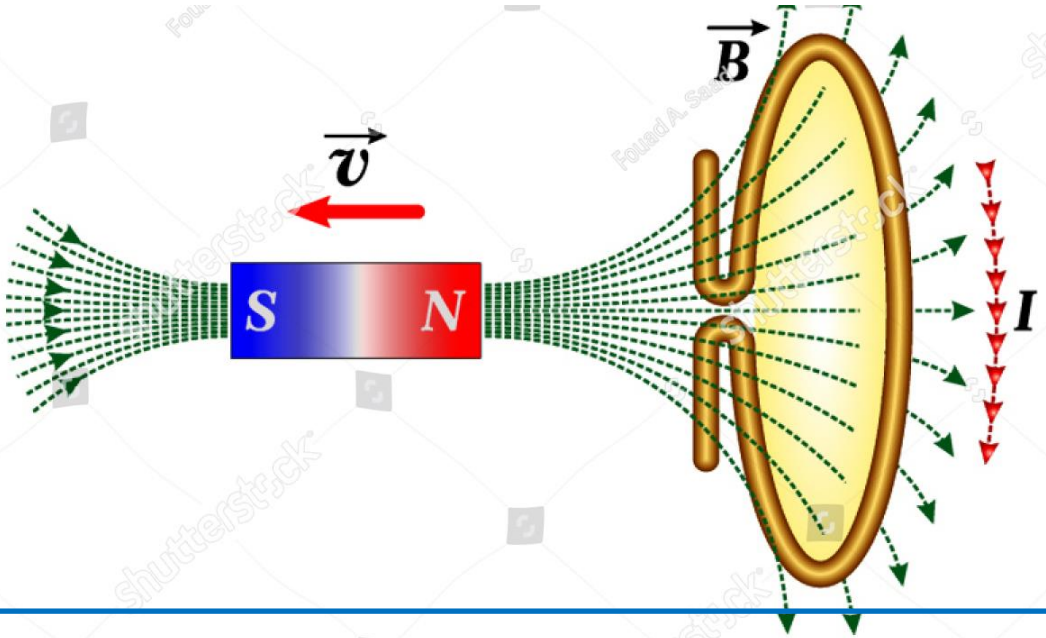
Al voltaje inducido se le llama (lastimosamente) fem (fuerza electromotriz):

$$fem = \varepsilon = -\frac{d}{dt} \Phi = -\frac{d}{dt} (BA)$$

No se complique, si B ó A cambia con el tiempo entonces hay fem (voltaje inducido).

Simulaciones: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/circuit-construction-kit-dc>  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_all.html)

# Ley de Inducción de Faraday

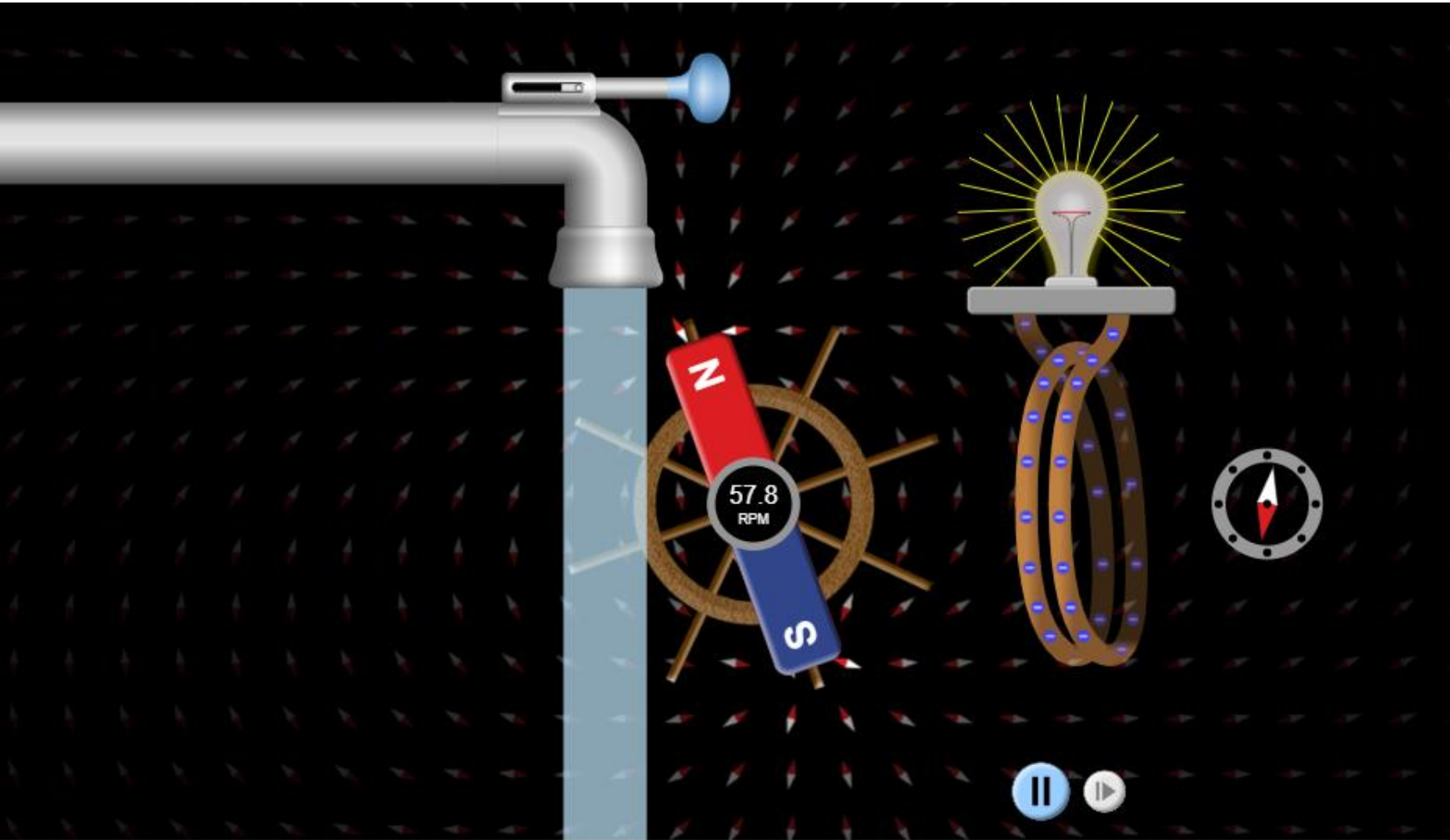


1. Los campos magnéticos pueden generar **corrientes eléctricas**.
2. Es posible generar electricidad a partir de magnetismo.

**Conclusión Final:** Es posible generar magnetismo partiendo de la electricidad (Experimento de Orsted) y es posible generar electricidad partiendo del magnetismo (Ley de Inducción de Faraday).

La electricidad y el magnetismo no son fenómenos físicos aislados, sino que están relacionados. Son dos caras de la misma moneda.

# Aplicación: Generador Eléctrico



Es posible generar electricidad provocando el **movimiento** de un material que presente magnetismo.

Se requiere una **entrada mecánica** como por ejemplo la caída de agua en una hidroeléctrica.

Simulación:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/generator/latest/generator\\_all.html?locale=es/](https://phet.colorado.edu/sims/html/generator/latest/generator_all.html?locale=es/)