

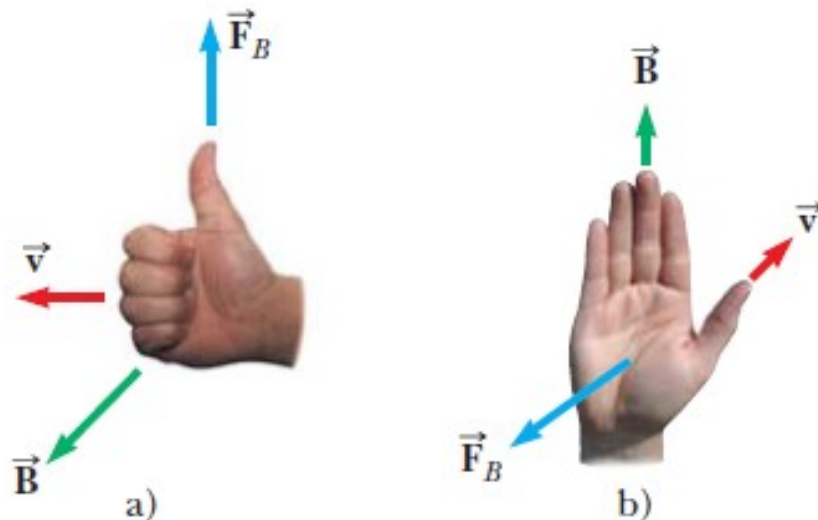
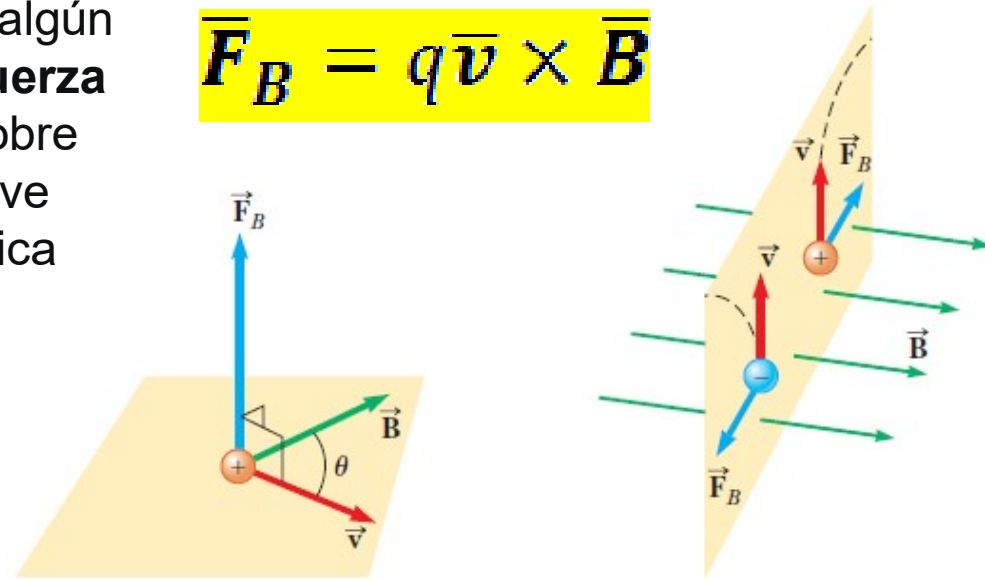
Repaso de clases anteriores

Definimos el campo magnético \vec{B} en algún punto en el espacio en función de la **fuerza magnética** \vec{F}_B que ejerce el campo sobre una partícula con **carga** q que se mueve con una **velocidad** \vec{v} , la cual se identifica como el objeto de prueba.

$$F_B = |q|vB \sin \theta$$

$$\text{Tesla (T)} \quad 1T = 1 \frac{N}{C \cdot m/s} = 1 \frac{N}{A \cdot m}$$

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

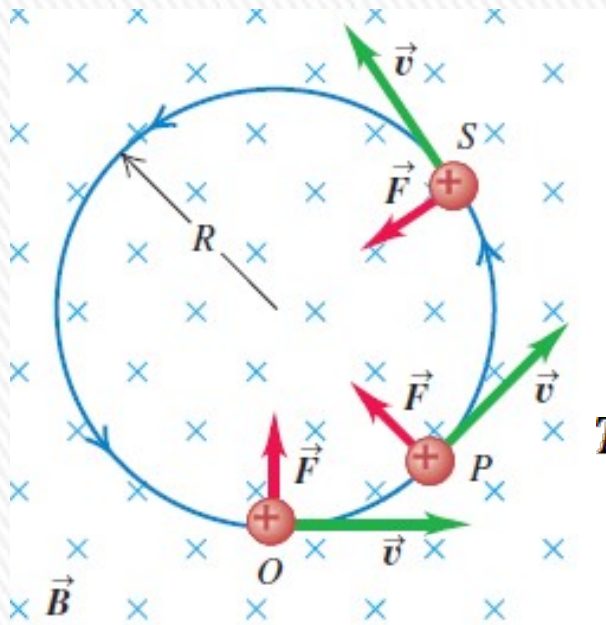


Diferencias entre fuerzas eléctrica (F_E) y magnética (F_B)

- F_E actúa a lo largo de la dirección de E , en tanto que F_B actúa perpendicularmente a B .
- F_E actúa sobre una partícula con carga sin importar si ésta se encuentra en movimiento, F_B actúa sólo si la partícula con carga está en movimiento.
- F_E efectúa trabajo al desplazar una partícula con carga, F_B no efectúa trabajo cuando se desplaza una partícula.
- F_E modifica la energía cinética de una carga en movimiento, F_B no.

Repaso de clases anteriores

Movimiento de partículas cargadas en un campo magnético uniforme



$$F = qvB = m \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB}$$

$$\omega = \frac{qB}{m}$$

frecuencia de ciclotrón

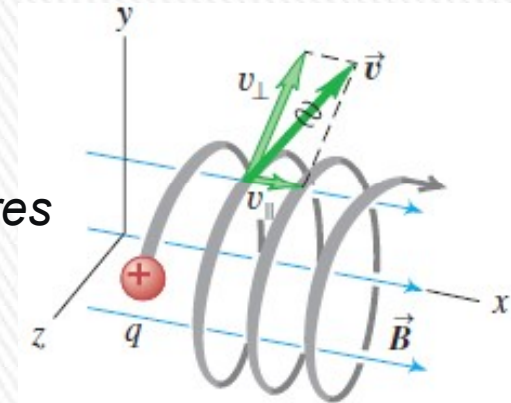
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB}$$

Si B y v no son perpendiculares

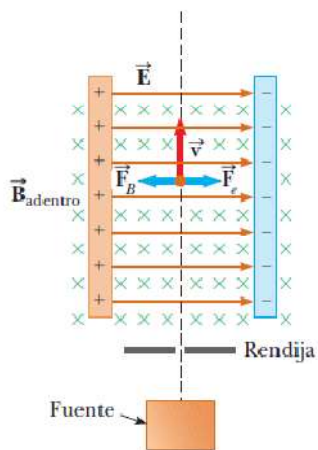
$$v_{\perp} = v \cdot \sin \theta$$

$$v_{\parallel} = v \cdot \cos \theta$$

Trayectoria **helicoidal**



$$\text{paso} = v_{\parallel} T = v \cos \theta T$$



Selector de velocidad

$$qE = qvB$$

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

Repaso de clases anteriores

Espectrómetros de masas

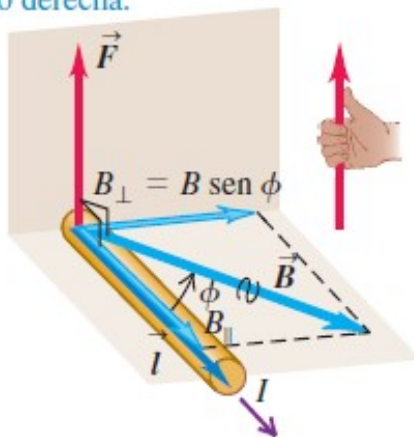
$$\frac{m}{q} = \frac{B'R}{v} \quad v = E/B$$

Permitió el descubrimiento de **isótopos de elementos.**

Fuerza magnética sobre un conductor que transporta corriente

Fuerza \vec{F} sobre un alambre recto que conduce corriente positiva y está orientado a un ángulo ϕ con respecto al campo magnético \vec{B} :

- La magnitud es $F = I l B_{\perp} = I l B \sin \phi$.
- La dirección de \vec{F} está dada por la regla de la mano derecha.



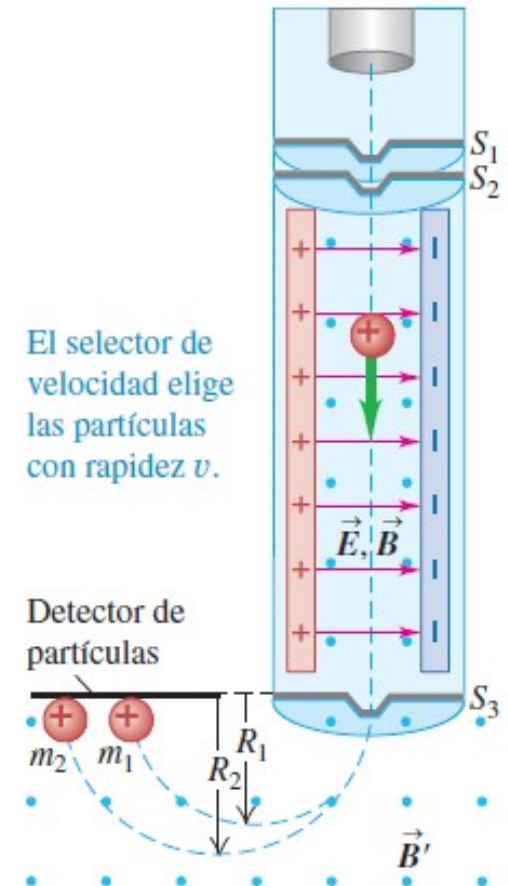
$$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$$

$$F = I l B_{\perp} = I l B \sin \Phi$$

Se prueba que:

La fuerza magnética neta que actúa sobre cualquier espira de corriente cerrado en un B uniforme es cero.

La fuerza magnética sobre un alambre con corriente curvo en un B uniforme es igual a la de un alambre recto que conecta los puntos finales y porta la misma corriente.



El selector de velocidad elige las partículas con rapidez v .

Detector de partículas

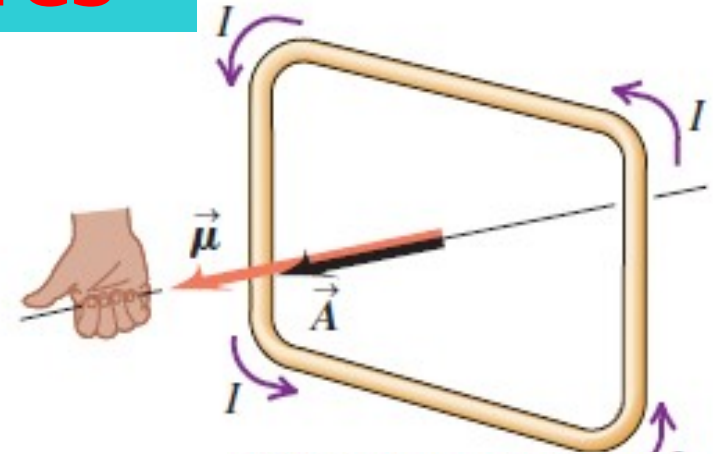
El campo magnético separa las partículas por masa; cuanto más grande sea la masa de una partícula, mayor será el radio de su trayectoria.

Repaso de clases anteriores

$\mu = IA$ *momento dipolar magnético* o *momento magnético* de la espira.

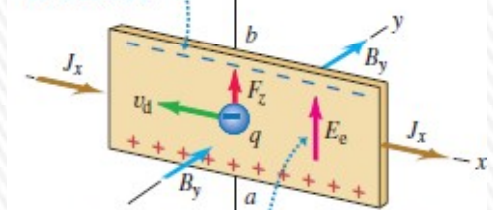
Torque en una espira de corriente

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$



a) Portadores de carga negativa (electrones)

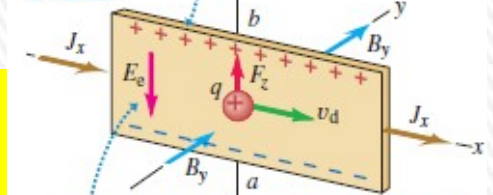
Los portadores de carga son empujados hacia la parte superior de la banda...



... por lo que el punto a tiene un potencial mayor que el punto b.

b) Portadores de carga positiva

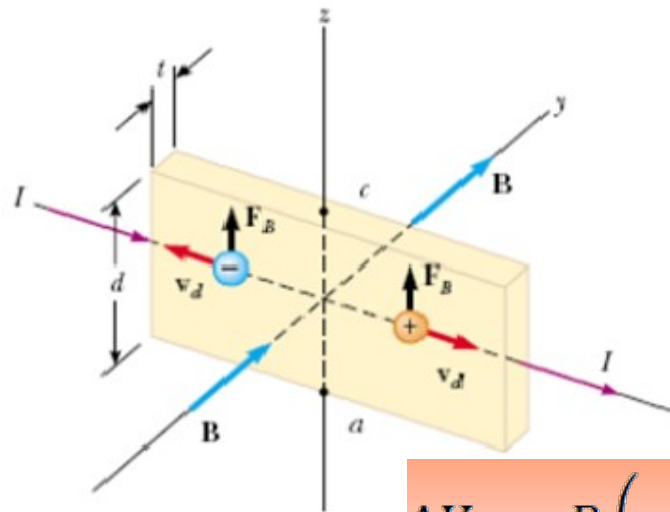
Los portadores de carga otra vez son empujados hacia la parte superior de la banda...



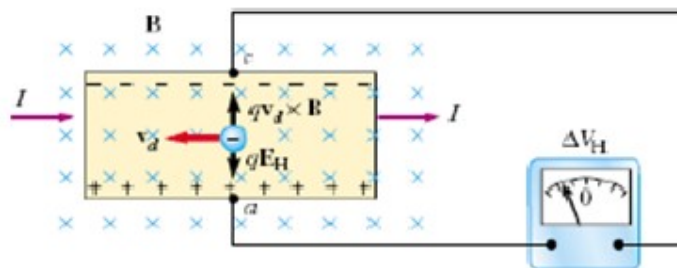
... de modo que la polaridad de la diferencia de potencial es opuesta a la de los portadores de carga negativa.

EFECTO HALL

ΔV_H el voltaje Hall



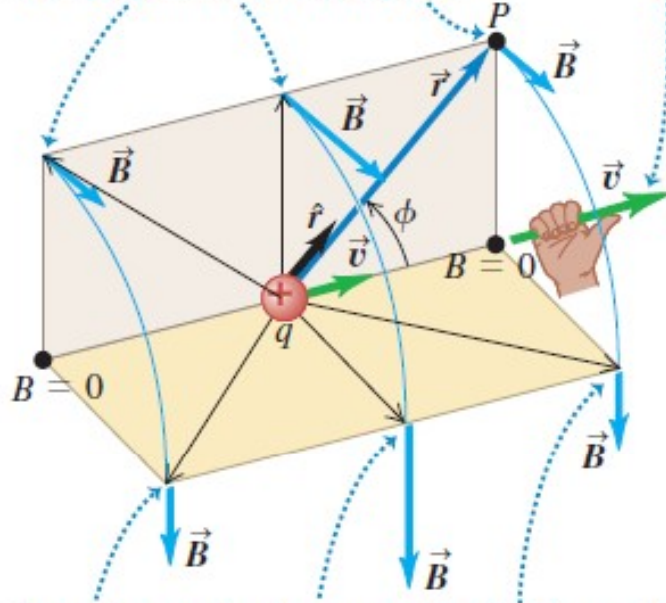
$$\Delta V_H = B \left(\frac{I}{Anq} \right) d = Bd \frac{I}{nq(d \cdot t)} = \frac{BI}{nqt}$$



Los portadores de carga en un conductor metálico tienen carga negativa.

Repaso de la clase anterior

Para estos puntos de campo, \vec{r} y \vec{v} están en el plano color beige, y \vec{B} es perpendicular a este plano.



Para estos puntos de campo, \vec{r} y \vec{v} están en el plano color dorado, y \vec{B} es perpendicular a este plano.

Campo magnético de una carga en movimiento

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 q \vec{v} \times \hat{r}}{4\pi r^2} \quad B = \frac{\mu_0 |q| v \sin \phi}{4\pi r^2}$$

μ_0 es una constante denominada **permeabilidad del vacío**, valor en el S.I. es: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$

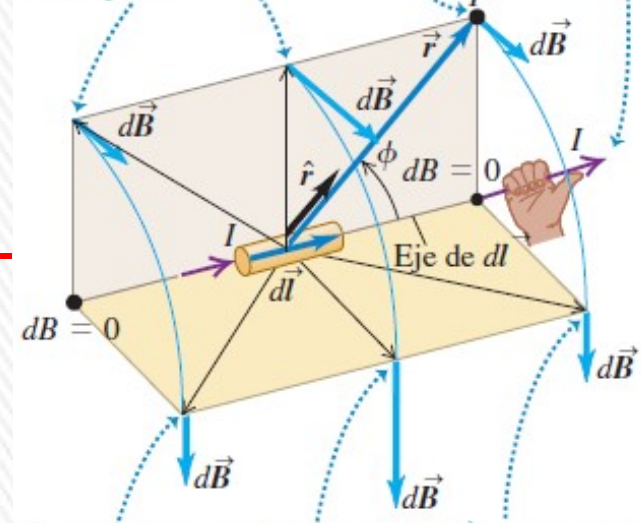
Campo magnético de elemento de corriente – Ley de BIOT-SAVART

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$dB = \frac{\mu_0 Idl \sin \phi}{4\pi r^2}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{Id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

Para estos puntos de campo, \vec{r} y $d\vec{l}$ están en el plano color beige, y $d\vec{B}$ es perpendicular a este plano.



Para estos puntos de campo, \vec{r} y $d\vec{l}$ encuentran en el plano color dorado, y $d\vec{B}$ es perpendicular a este plano.

Repaso de la clase anterior

Campo magnético de conductor recto con corriente



$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{-a}^a \frac{x dy}{(x^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi x \sqrt{x^2 + a^2}} 2a$$

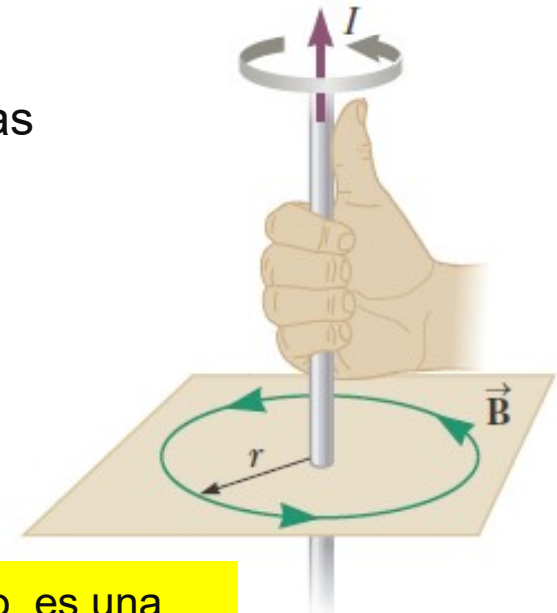
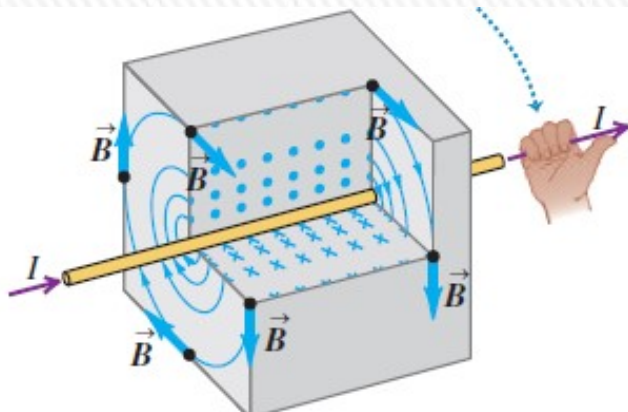
si $a \gg x$ entonces: $\sqrt{x^2 + a^2} \approx a$

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

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

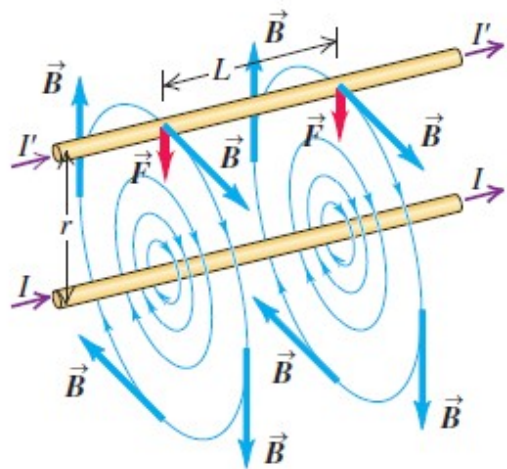
$$B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \left(2,00 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \right) \frac{I}{r}$$

Las líneas de campo magnético son circunferencias concéntricas al alambre. El sentido del campo está dado por la regla de la mano derecha.



ATENCIÓN: Resultado exacto de la longitud del alambre es infinito, es una buena aproximación cuando la distancia donde se calcula el campo es mucho menor que la longitud del alambre y se desprecian los efectos de borde.

Repaso de la clase anterior

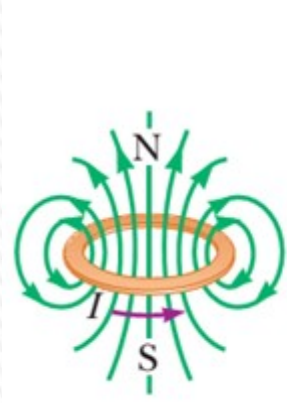


$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I I'}{2\pi r}$$

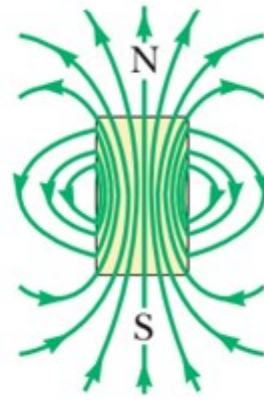
Conductores paralelos que llevan corrientes en un mismo sentido se atraen, conductores paralelos que llevan corrientes en sentidos opuestos se repelen.

Campo magnético de una espira circular de corriente

$$B_x = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}}$$



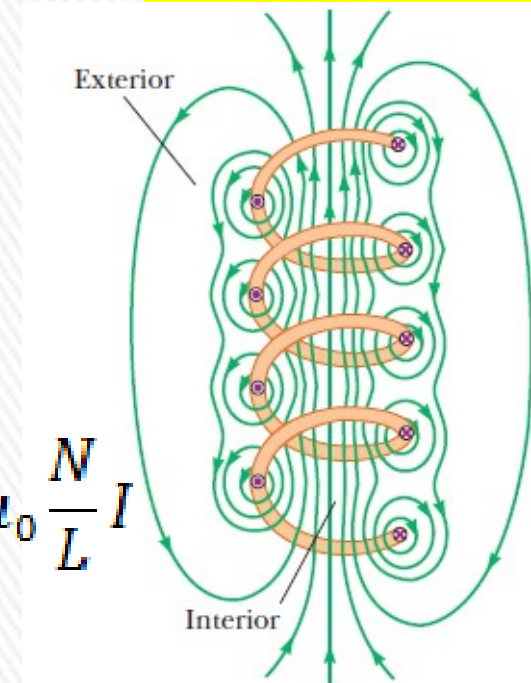
© Richard Megna, Fundamental Photographs



Campo magnético creado por un solenoide

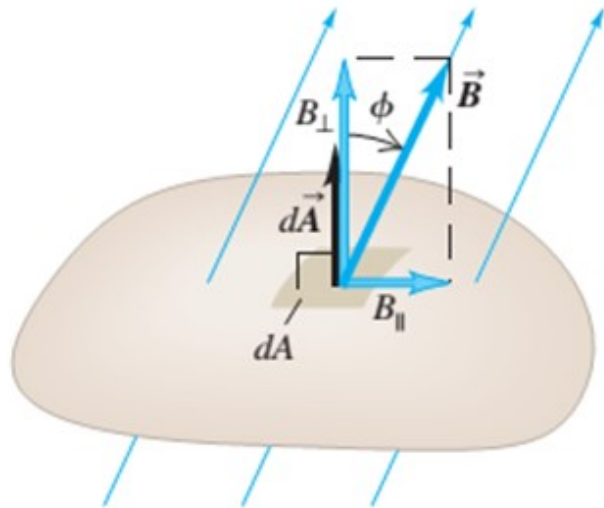
En el interior el campo es uniforme y vale: $B = \mu_0 n I = \mu_0 \frac{N}{L} I$

Y en el exterior: $B=0$.



Repaso de clases anteriores

8



Flujo magnético a través de un elemento de área $d\vec{A}$:
 $d\Phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{A} = B_{\perp} dA = B dA \cos \phi$.

Causa de la inducción electromagnética: cambio del **flujo magnético** en el tiempo a través de un circuito.

Flujo magnético:

$$d\Phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{A} = B_{\perp} dA = B dA \cos \phi$$

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int B dA \cos \phi$$

Si \vec{B} es uniforme sobre un área plana \vec{A}

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \phi$$

Ley de Faraday de la inducción:

La fem inducida (ε) en un circuito es igual a menos la derivada respecto al tiempo del flujo magnético (Φ_B) a través del circuito (es decir al negativo de la velocidad con que cambia con el tiempo el flujo magnético).

Ley de Faraday

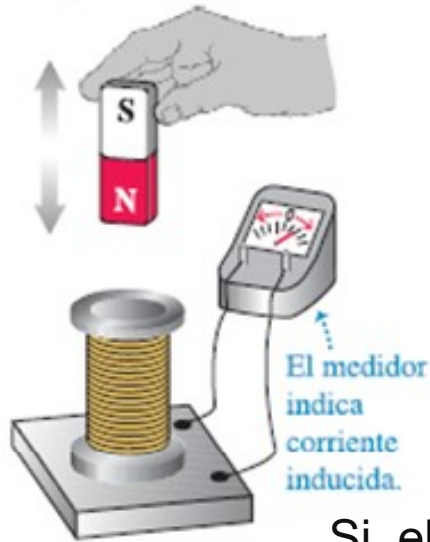
$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Repaso de clases anteriores

a) Un imán fijo NO induce una corriente en una bobina.



b) Mover el imán acercándolo o alejándolo de la bobina.



La corriente generada se llama **corriente inducida**, y la fem correspondiente que se requiere para generarla recibe el nombre de **fem inducida**.

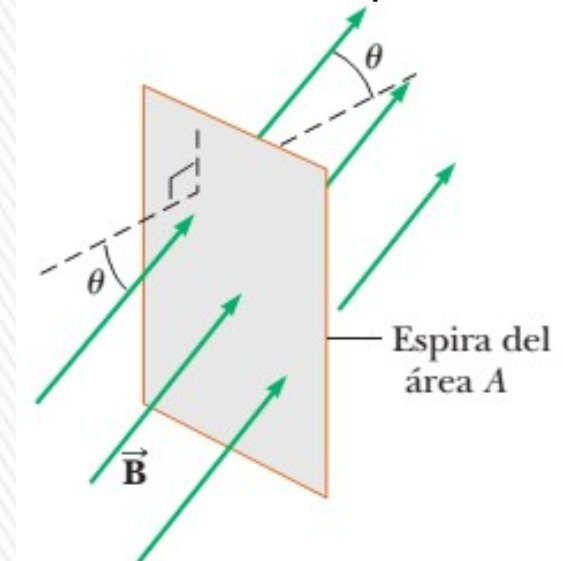
$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Si el campo B es uniforme en un área plana A:

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt} (BA \cos \phi)$$

¿cómo se puede generar una fem?

Variando el campo B
Modificando el área A
O variando el ángulo θ



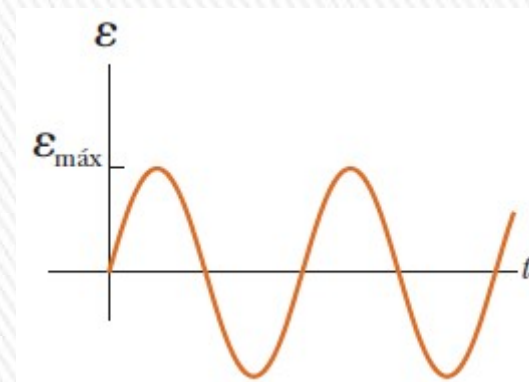
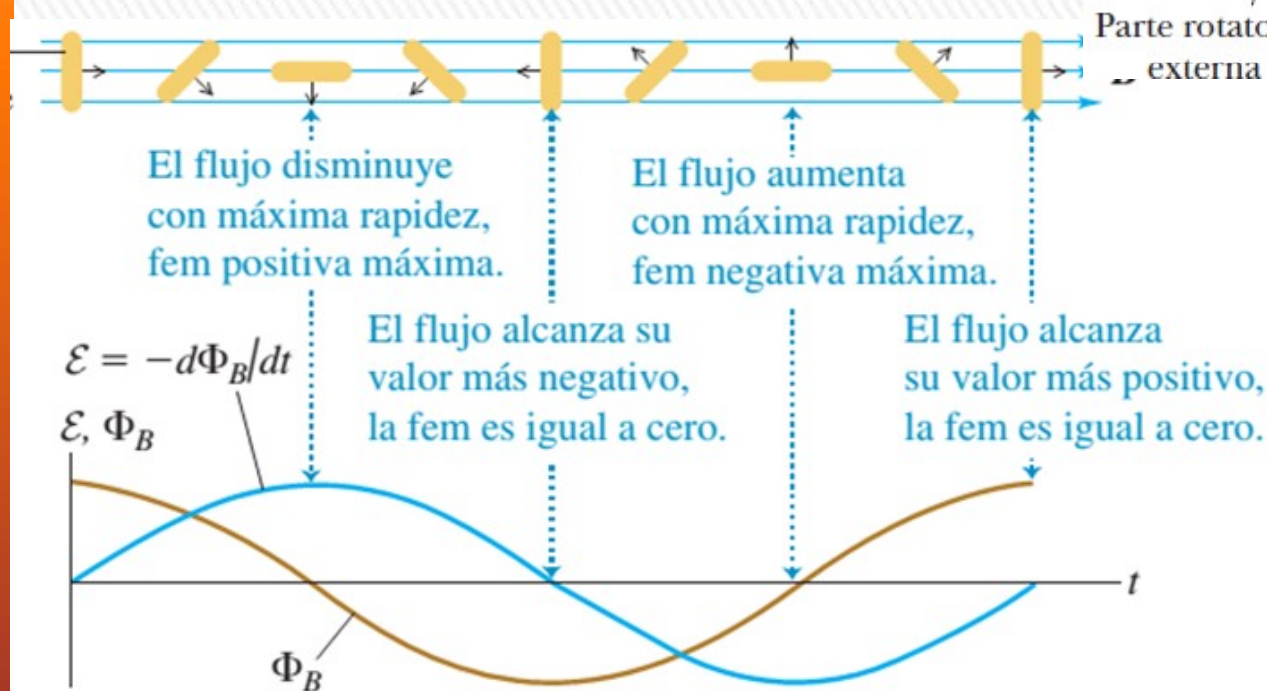
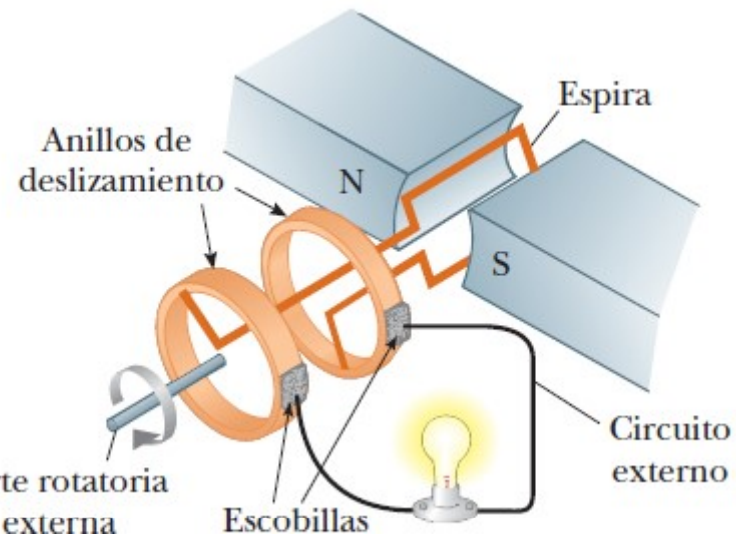
Repaso de clases anteriores

Versión sencilla de un **alternador**, un dispositivo que genera una fem.

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \phi = BA \cos \omega t$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(BA \cos \omega t) = \omega BA \sin \omega t$$

$$\varepsilon_{MAX} = \omega BA$$



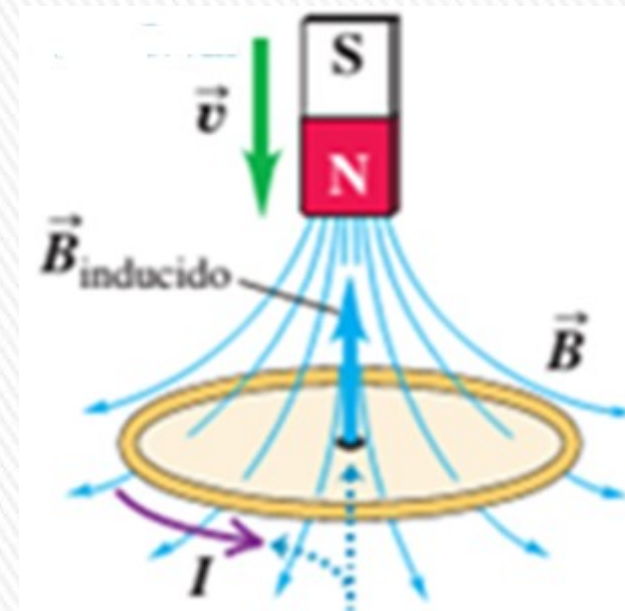
Repaso de clases anteriores

Ley de Lenz: Método alternativo conveniente para **determinar el sentido de una corriente o una fem inducidas**.

No es un principio independiente: se puede obtener de la ley de Faraday, pero es más fácil de usar y es consecuencia del principio de conservación de la energía.

La dirección de cualquier efecto de la inducción magnética es la que se opone a la causa del efecto.

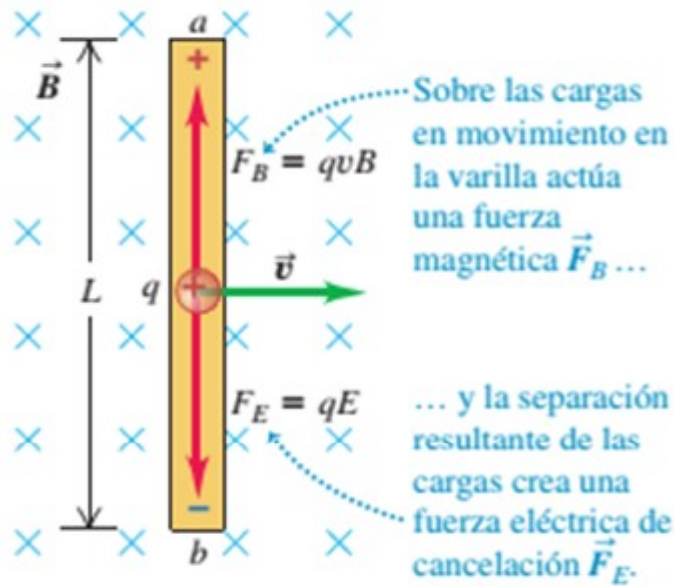
La corriente o fem inducida siempre tiende a oponerse al cambio que la generó, o a cancelarlo.



Repaso de clase anterior

FUERZA ELECTROMOTRIZ (fem) DE MOVIMIENTO

a) Varilla aislada en movimiento



$$qE = qvB$$

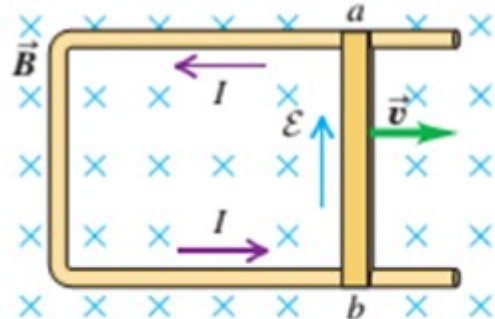
$$V_{ab} = V_a - V_b = E \cdot L = vBL$$

El campo eléctrico establece una corriente en el sentido que se indica.

La varilla móvil se ha vuelto una fuente de fuerza electromotriz

Esta fem se denomina **fuerza electromotriz de movimiento**, $\varepsilon = vBL$ y se denota con ε .

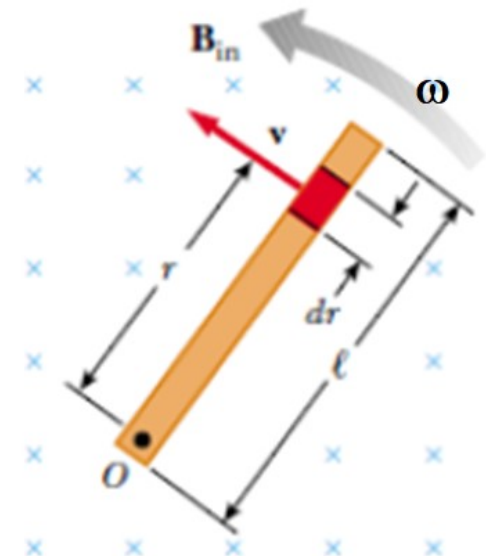
b) Varilla conectada a un conductor fijo



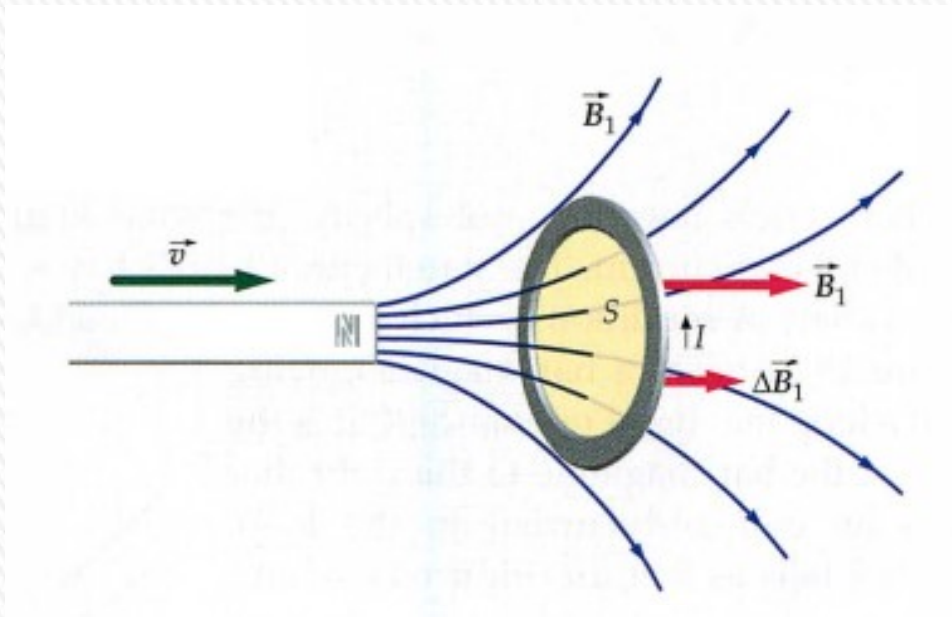
La fem ε en la varilla móvil crea un campo eléctrico en el conductor fijo.

Fem de movimiento inducida en una barra giratoria

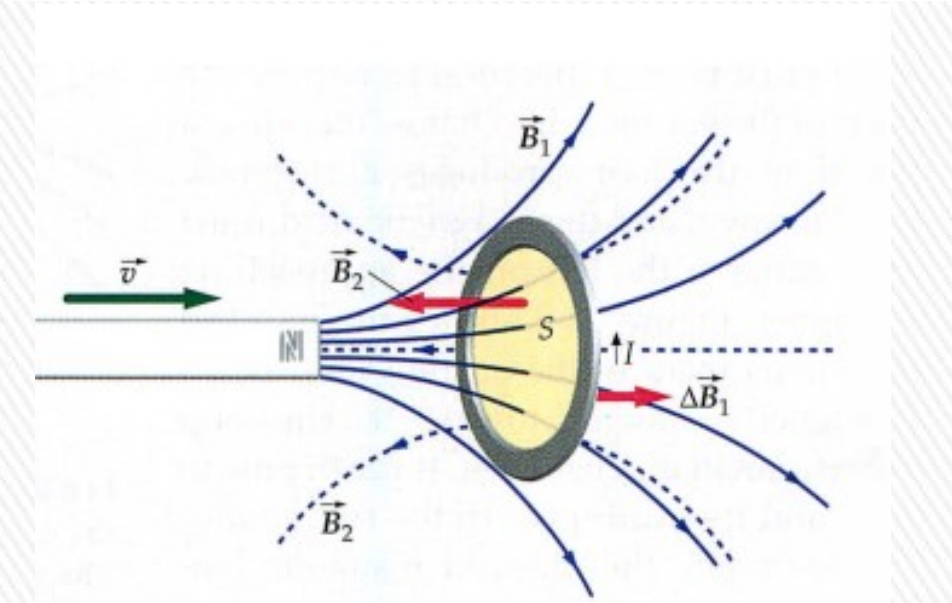
$$\varepsilon = \frac{B\omega l^2}{2}$$



QUICK QUIZ - CUESTIONARIO RÁPIDO



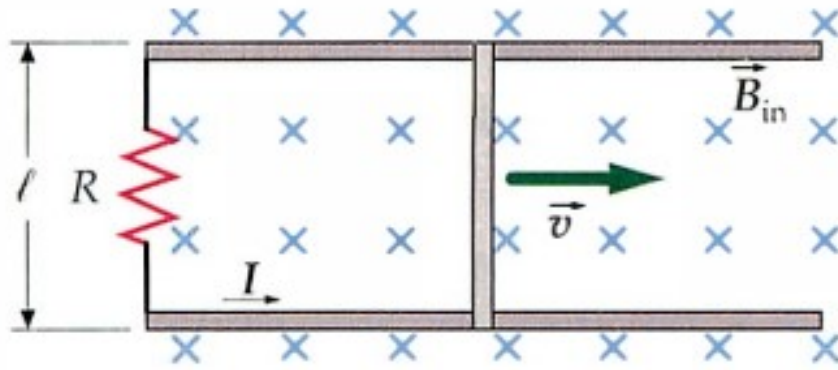
Se acerca el polo norte de un imán de barra hacia una espira.
¿Cuál es el sentido de la corriente inducida?



En sentido antihorario, como se muestra en la figura.
El sentido de B_2 inducido se debe oponer al de B_1 , ya que el flujo magnético debido a éste va aumentando a medida que acerco el imán a la espira.



QUICK QUIZ - CUESTIONARIO RÁPIDO



Hay un campo magnético uniforme entrante a la pantalla, y la barra se desplaza hacia la derecha con rapidez v .

¿Cuál es el sentido de la corriente inducida por la barra?

En la barra es de abajo hacia arriba.

En la espira cerrada con R , la corriente inducida se mueve en sentido antihorario.

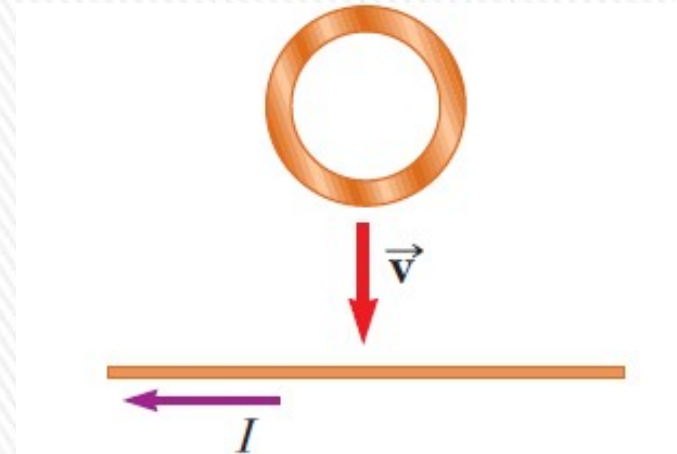
Genera una fuerza magnética que se opone al movimiento de la barra.



QUICK QUIZ - CUESTIONARIO RÁPIDO

La figura muestra una espira redonda de alambre que cae hacia un alambre que conduce corriente hacia la izquierda. La dirección de la corriente inducida en la espira es:

- a) en sentido de las manecillas del reloj,
- b) opuesta a las manecillas del reloj,
- c) cero,
- d) imposible de determinar.



El campo magnético que crea el alambre crece a medida que se está más cerca del mismo, y en la región donde está la espira es entrante. Por tanto a medida que cae la espira, aumenta el flujo magnético entrante en la espira.

Por la ley de Lenz la corriente inducida se debe oponer a esto, por tanto debe producir un campo magnético saliente.

El sentido de la corriente inducida en la espira debe tener sentido antihorario.

QUICK QUIZ - CUESTIONARIO RÁPIDO

Responda a cada pregunta sí o no. Suponga que los movimientos y las corrientes mencionadas están a lo largo del eje x y campos se encuentran en la dirección y .

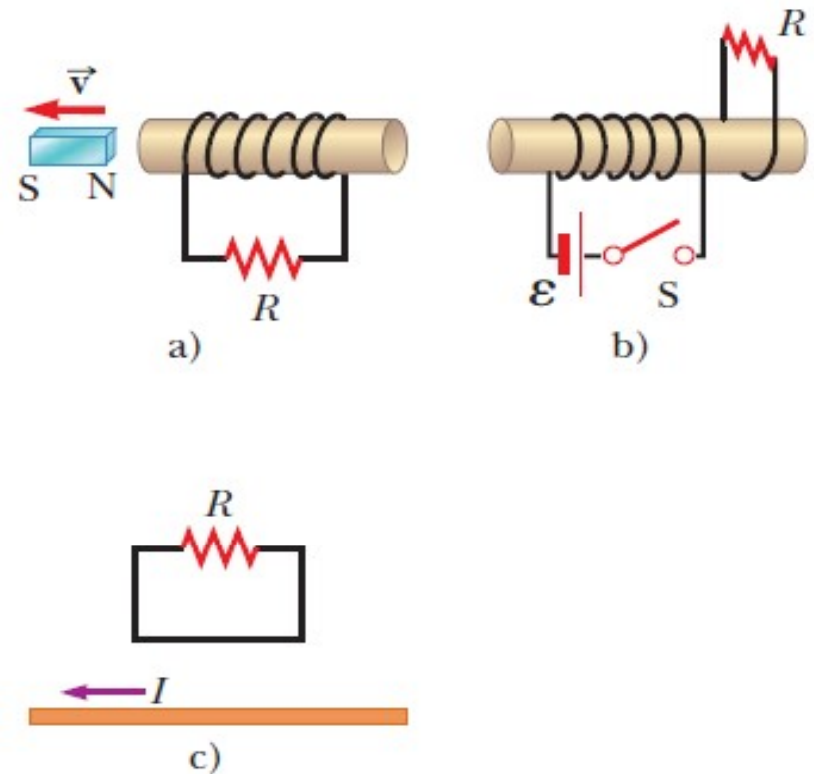
- a) ¿Un campo eléctrico ejerce una fuerza sobre un objeto inmóvil cargado? **SI**
- b) ¿Un campo magnético puede hacerlo? **NO**
- c) ¿Un campo eléctrico ejerce una fuerza sobre un objeto que se mueve cargado? **SI**
- d) ¿Un campo magnético puede hacerlo? **SI, salvo que se mueva paralelamente al campo**
- e) ¿Un campo eléctrico ejerce una fuerza sobre un cable recto conductor de corriente? **NO**
- f) ¿Un campo magnético puede hacerlo? **SI, salvo que la corriente sea paralela al campo**
- g) ¿Un campo eléctrico ejerce una fuerza sobre un haz de electrones que se mueven? **SI**
- h) ¿Un campo magnético puede hacerlo?
SI, salvo que los electrones se muevan paralelos al campo

EJEMPLO: ejercicio de repartido

5.6 (A) - a) ¿Cuál es la dirección de la corriente inducida en la resistencia R en la figura **a)** cuando el imán se mueve hacia la izquierda?

b) ¿Cuál es la dirección de la corriente inducida en la resistencia R en la figura **b)** inmediatamente luego de cerrar el interruptor S ?

c) ¿Cuál es la dirección de la corriente inducida en la resistencia R en la figura **c)** cuando la corriente I disminuye rápidamente a cero?



a) En el interior de la bobina, el Φ_B entrante disminuye, por tanto la corriente inducida debe crear un campo similar al del imán: circula de izquierda a derecha.

b) Al cerrar el interruptor la corriente genera un campo tal que el flujo Φ_B aumenta con un B hacia la izquierda. El campo inducido se debe oponer, por tanto la corriente inducida se dirige desde atrás hacia adelante.

c) El flujo entrante en la espira disminuye, al disminuir I , por tanto la corriente inducida en la espira debe tener sentido antihorario.