

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

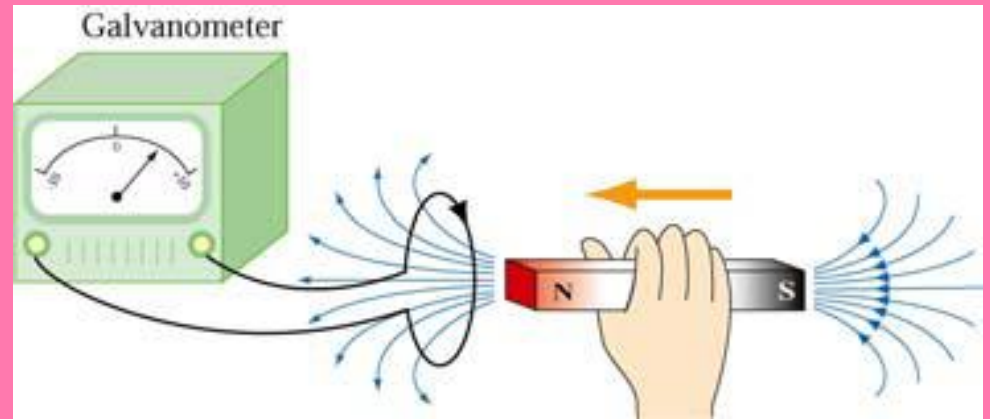
2016



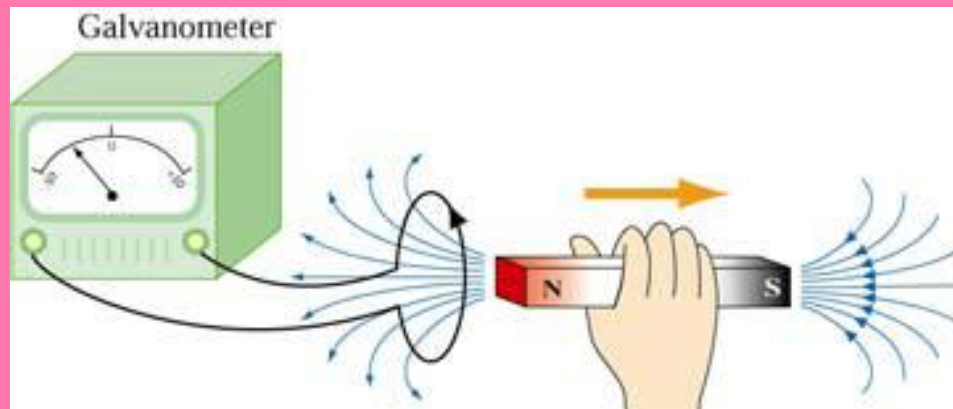
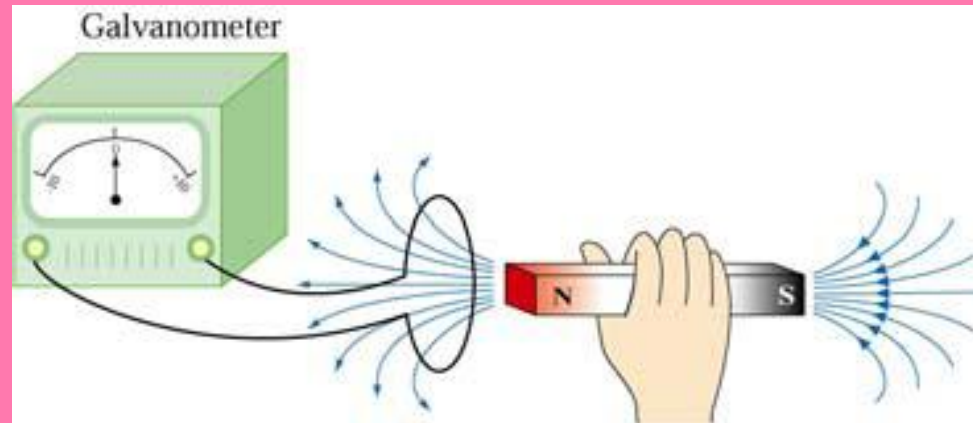
Inducción Electromagnética

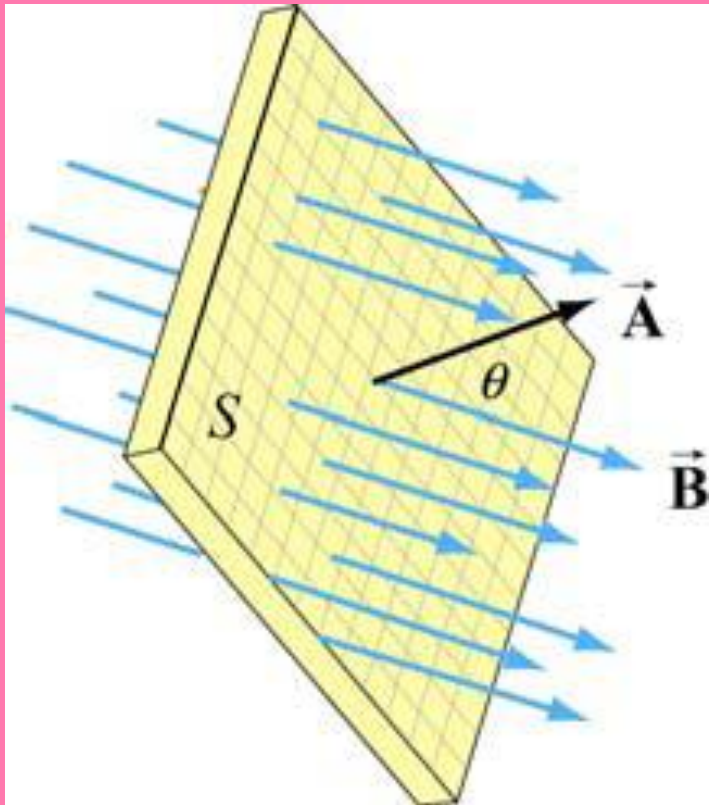


**Durante la década de 1830
Michael Faraday en Inglaterra
y Joseph Henry (1797- 1878) en
Estados Unidos**

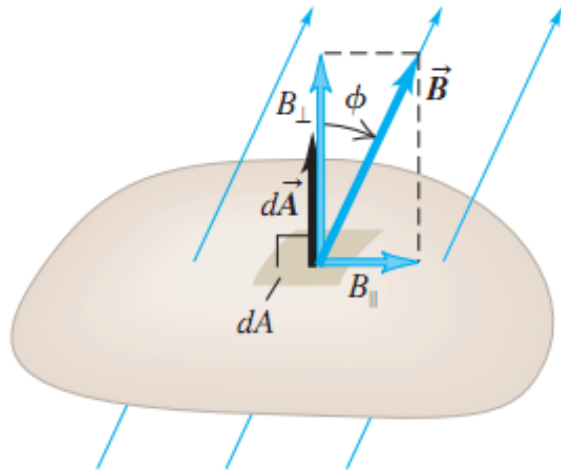


**Corriente
inducida**





**Flujo magnético a
través de una
superficie**



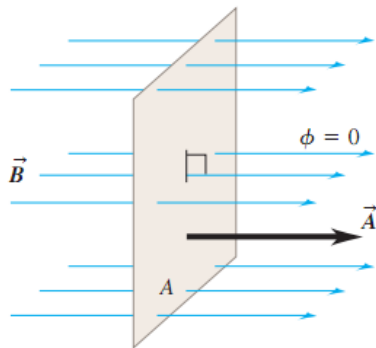
Flujo magnético a través de un elemento de área $d\vec{A}$:
 $d\Phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{A} = B_{\perp} dA = B dA \cos \phi$.

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

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

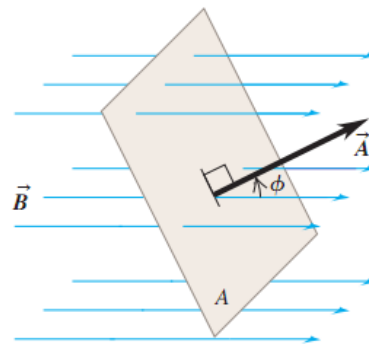
La superficie está de frente al flujo magnético:

- \vec{B} y \vec{A} son paralelos (el ángulo entre \vec{B} y \vec{A} es $\phi = 0$).
- El flujo magnético $\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA$.



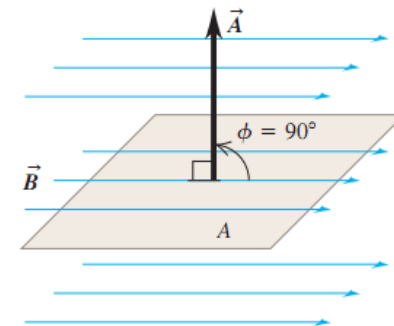
La superficie está inclinada un ángulo ϕ con respecto a una orientación de frente:

- El ángulo entre \vec{B} y \vec{A} es ϕ .
- El flujo magnético $\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \phi$.



La superficie está de perfil al flujo magnético:

- \vec{B} y \vec{A} son perpendiculares (el ángulo entre \vec{B} y \vec{A} es $\phi = 90^\circ$).
- El flujo magnético $\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos 90^\circ = 0$.

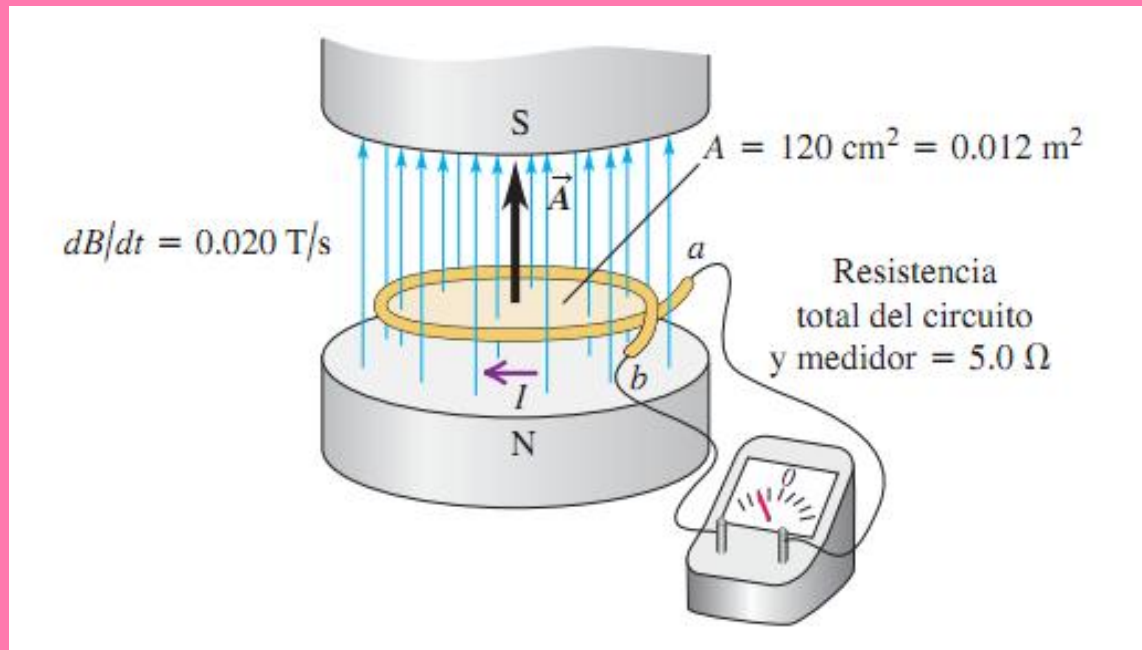


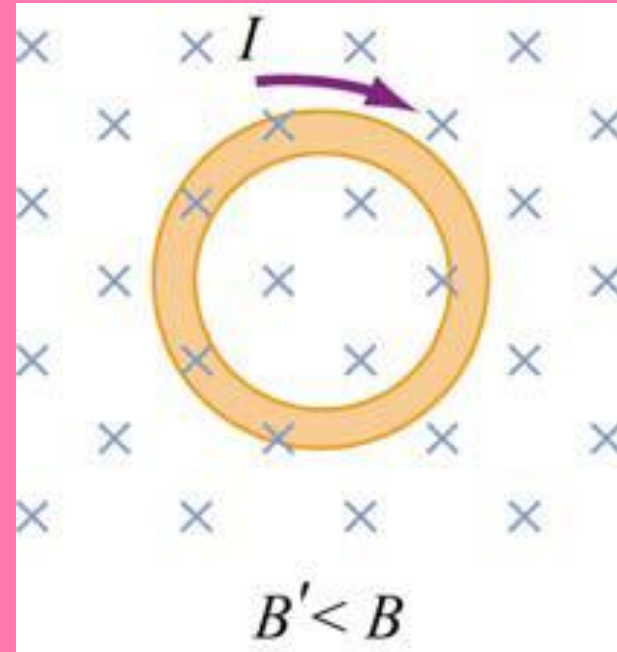
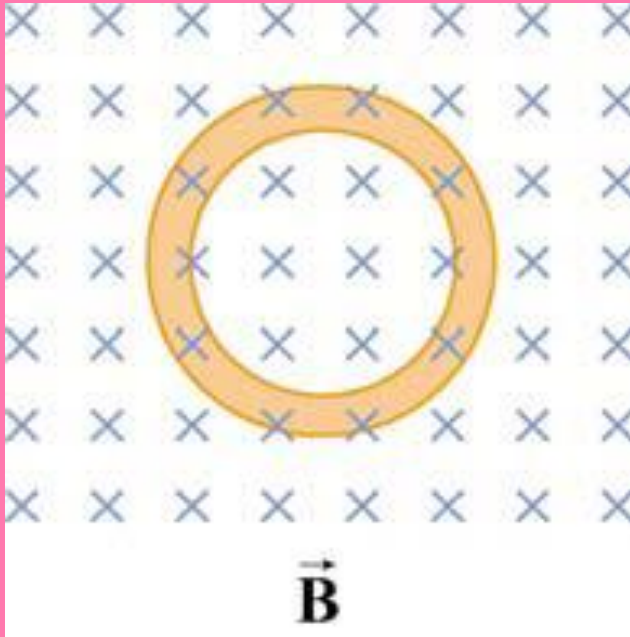
Ley de Faraday

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt},$$

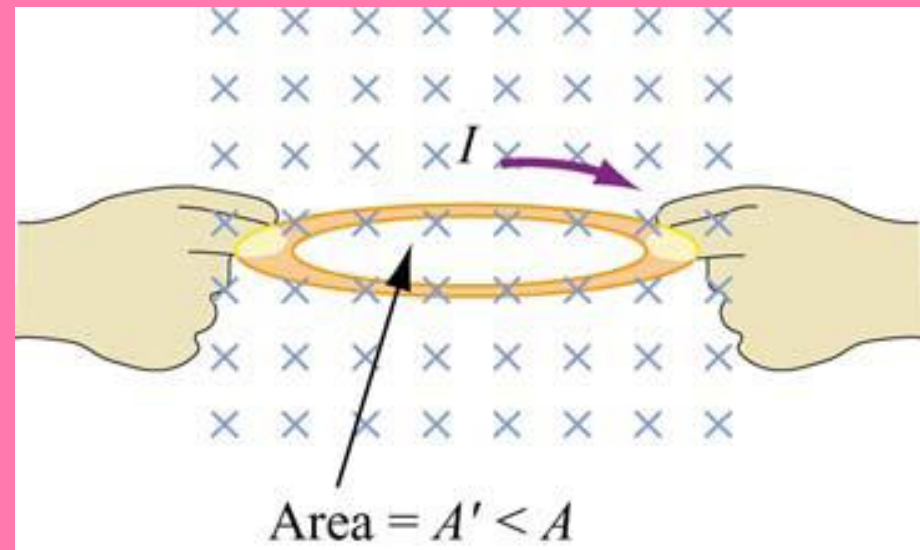
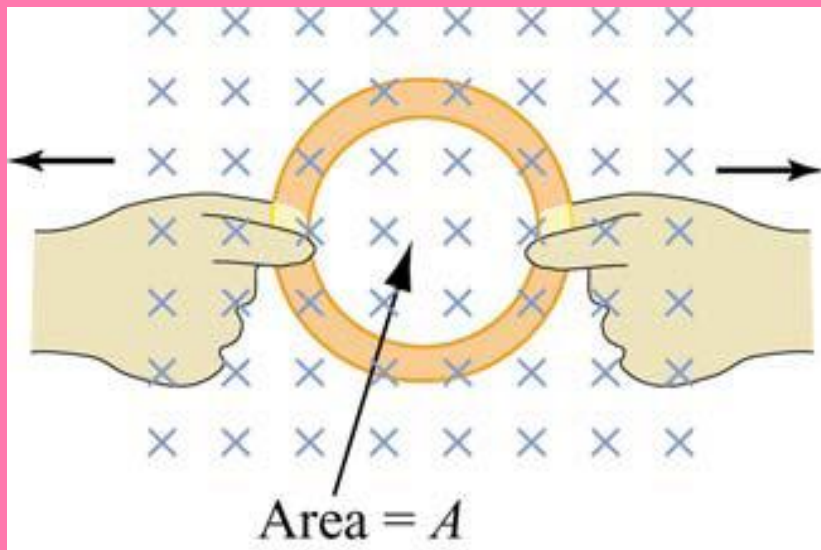
La fuerza electromotriz \mathcal{E} inducida en un circuito viene dada por la variación temporal del flujo magnético, Φ , que atraviesa dicho circuito.

El campo magnético entre los polos del electroimán de la figura es uniforme en cualquier momento, pero su magnitud se incrementa a razón de 0.020 T/s . El área de la espira conductora en el campo es de 120 cm^2 , y la resistencia total del circuito, incluyendo el medidor, es de $5.0 \ \Omega$. Encontrar la fem inducida y la corriente inducida en el circuito

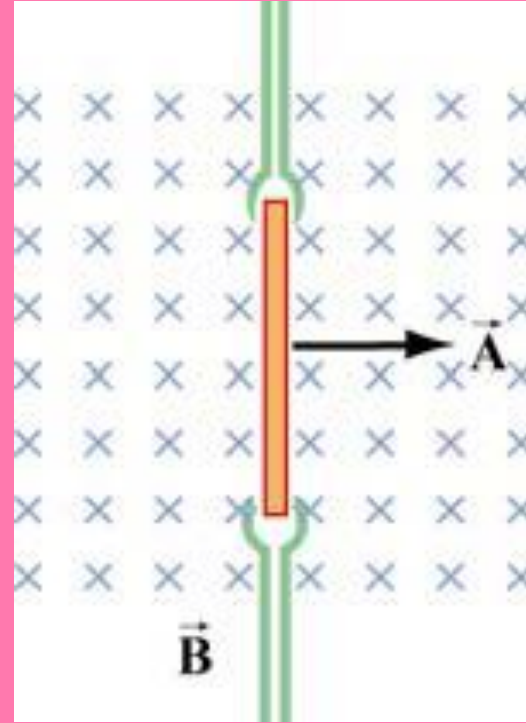




Inducción por variación de intensidad de B



Inducción por variación de área



Inducción por variación de ángulo entre B y A

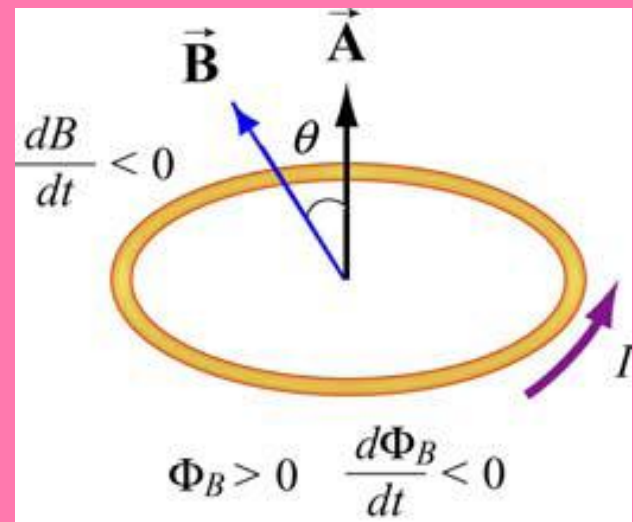
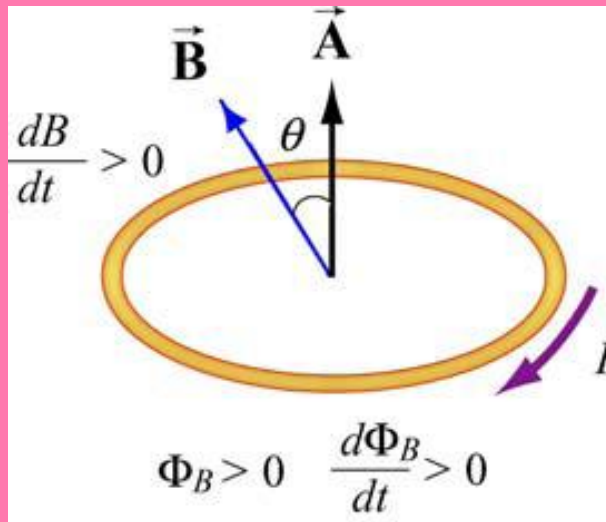
Dirección de la fem inducida

Ley de Lenz

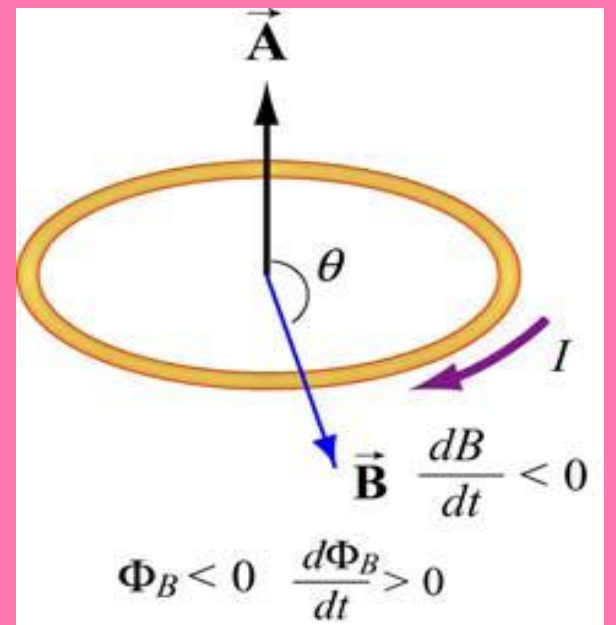
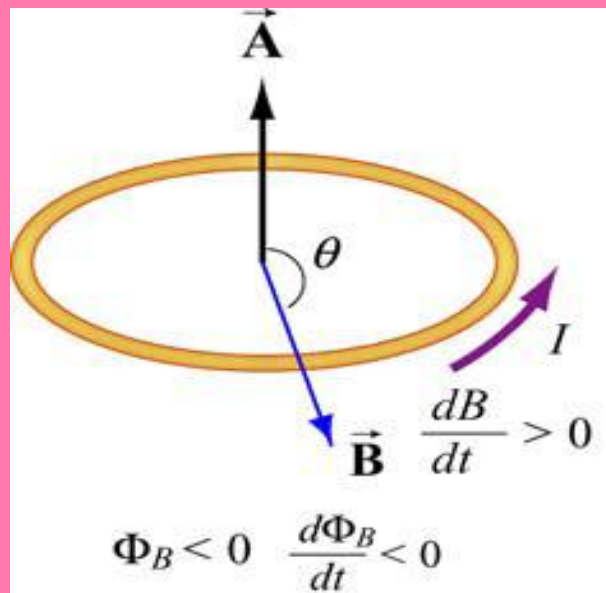
H. F. E. Lenz (1804-1865) fue un científico ruso que reprodujo de forma independiente muchos de los descubrimientos de Faraday y Henry.

La ley de Lenz establece lo siguiente:

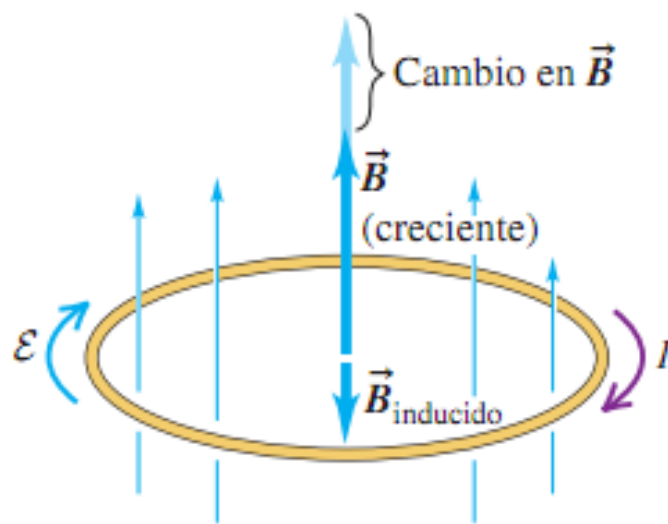
La dirección de cualquier efecto de la inducción magnética es la que se opone a la causa del efecto.



Ley de Lenz

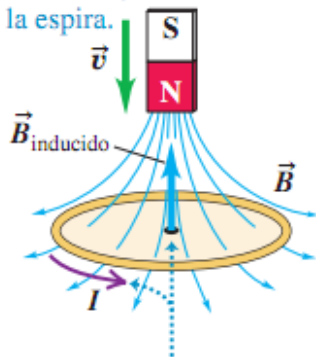


29.13 La corriente inducida debida al cambio en \vec{B} fluye en sentido horario, vista desde arriba de la espira. El campo adicional $\vec{B}_{\text{inducido}}$ originado por esta corriente es hacia abajo, en oposición al cambio en el campo \vec{B} hacia arriba.



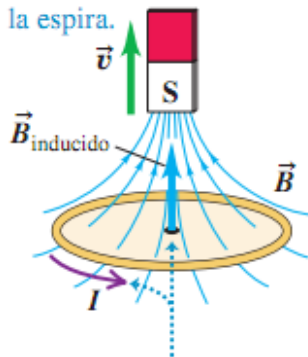
29.14 Direcciones de las corrientes inducidas conforme el imán se mueve a lo largo del eje de una espira conductora. Si el imán de barra está fijo, no hay corriente inducida.

- a) El movimiento del imán ocasiona un flujo *creciente hacia abajo* a través de la espira.

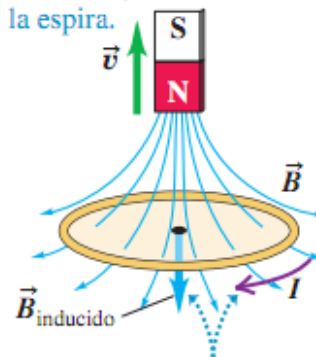


El campo magnético inducido es *hacia arriba* para oponerse al cambio del flujo. Para producir el campo inducido, la corriente inducida debe ir *en sentido antihorario*, vista desde arriba de la espira.

- b) El movimiento del imán ocasiona un flujo *decreciente hacia arriba* a través de la espira.

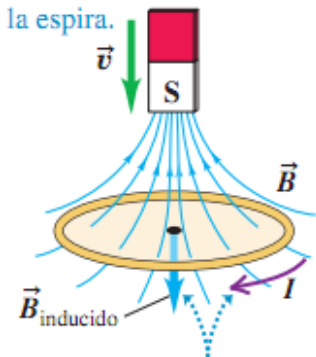


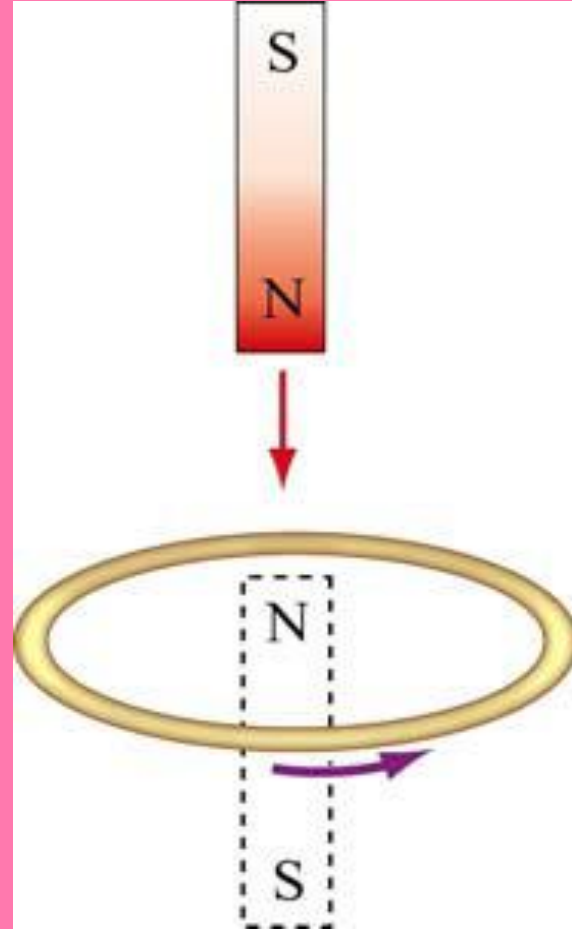
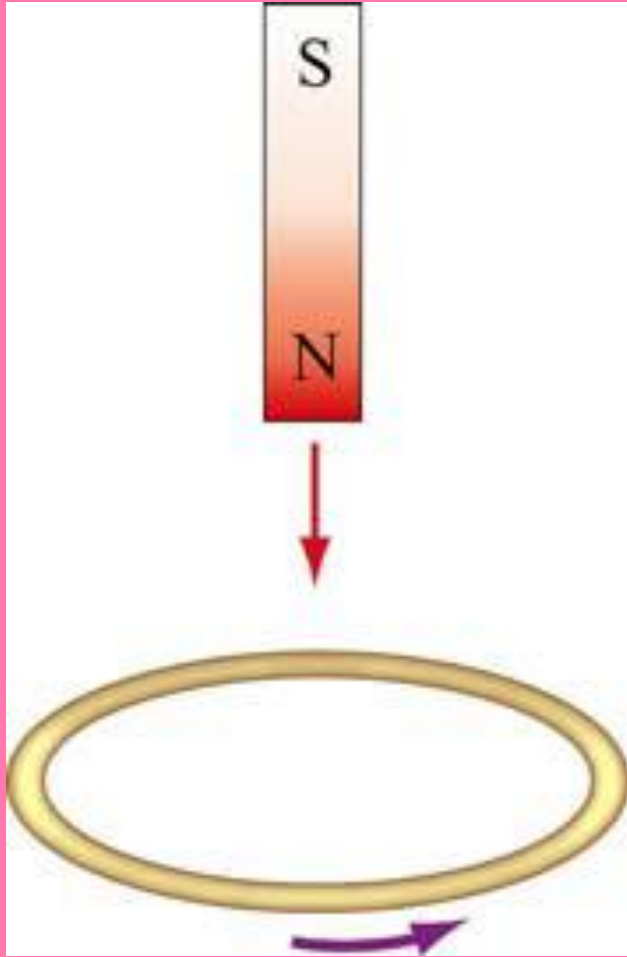
- c) El movimiento del imán produce un flujo *decreciente hacia abajo* a través de la espira.



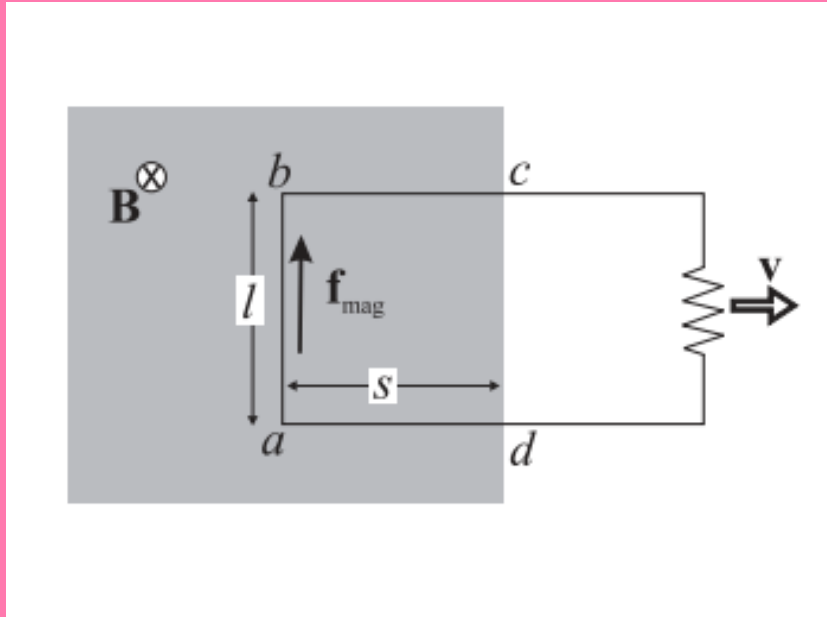
El campo magnético inducido es *hacia abajo* para oponerse al cambio del flujo. Para producir este campo inducido, la corriente inducida debe ir *en sentido horario*, vista desde arriba de la espira.

- d) El movimiento del imán ocasiona un flujo *creciente hacia arriba* a través de la espira.





FUERZA ELECTROMOTRIZ DE MOVIMIENTO



Las cargas móviles del segmento ab experimentarán la siguiente fuerza de Lorentz por unidad de carga:

$$\mathbf{f}_{\text{mag}} = \frac{\mathbf{F}_{\text{mag}}}{q} = \mathbf{v} \times \mathbf{B},$$

Este impulso dará lugar a una corriente en el circuito debida a la aparición de una fem de valor

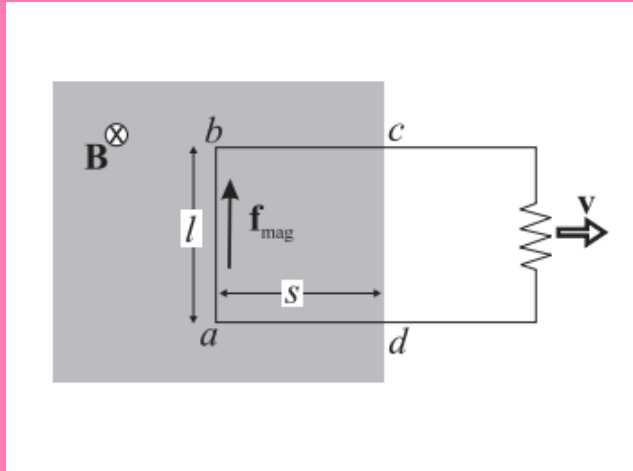
$$\mathcal{E} = \oint \mathbf{v} \times \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l},$$

En este caso....

$$\mathcal{E} = \int_a^b \mathbf{v} \times \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \int_a^b vB dl = vBl,$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{vBl}{R}.$$

Otra forma. Utilizando la Ley de Faraday



S

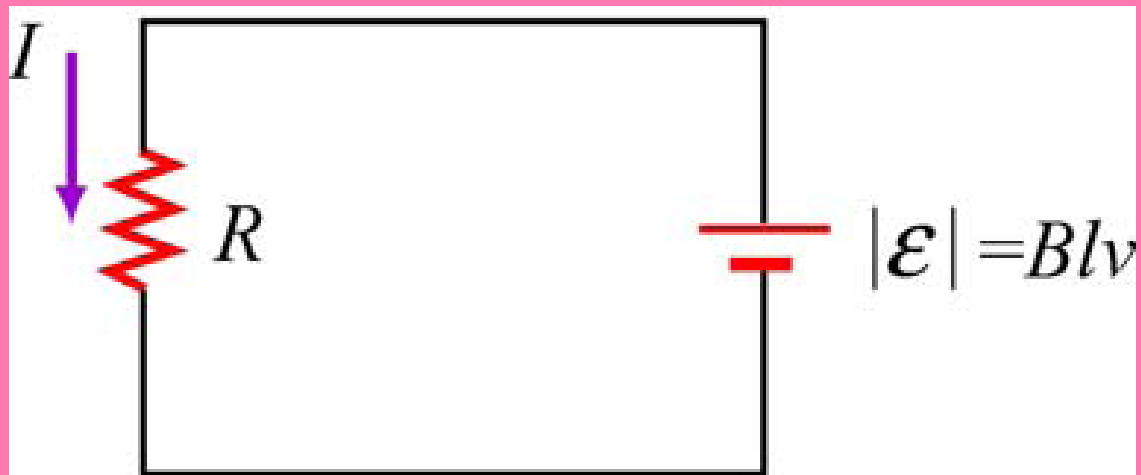
$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

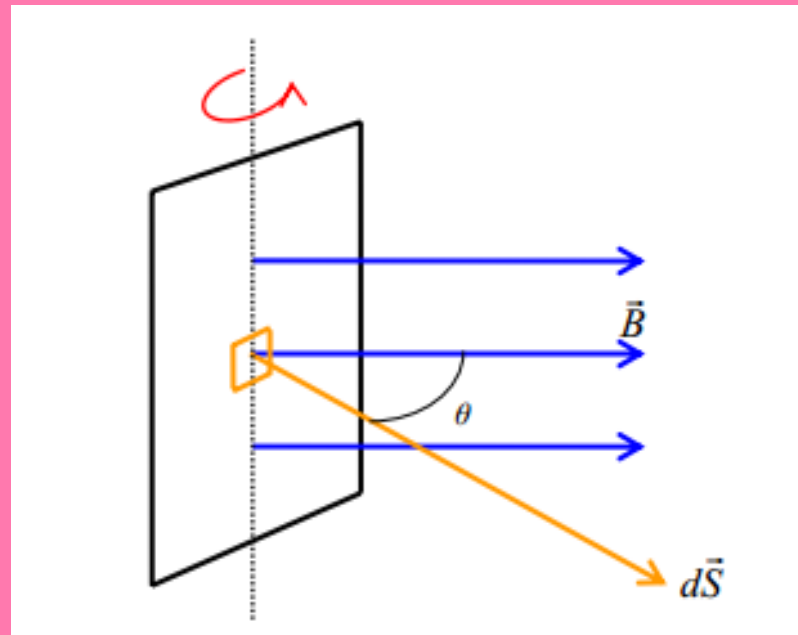
$$\Phi_m = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$

$$\Phi_m = \int_S B dS = B \int_S dS = BS = Bls,$$

$$v = -ds/dt$$

$$\frac{d\Phi_m}{dt} = \frac{d}{dt} Bls = -Blv,$$





$$d\phi_{mag} = \vec{B} \cdot d\vec{S} = B dS \cos \theta$$

$$\phi_{mag} = \int d\phi_{mag} = \int B dS \cos \theta = B \cos \theta \int dS = B \cos \theta S$$

$$\theta = \omega t$$

$$\phi_{mag} = B \cos(\omega t) S = B S \cos(\omega t)$$

Si espira consiste en N arrollamientos ...

$$\phi_{mag} = B \cos(\omega t) N S = B N S \cos(\omega t)$$

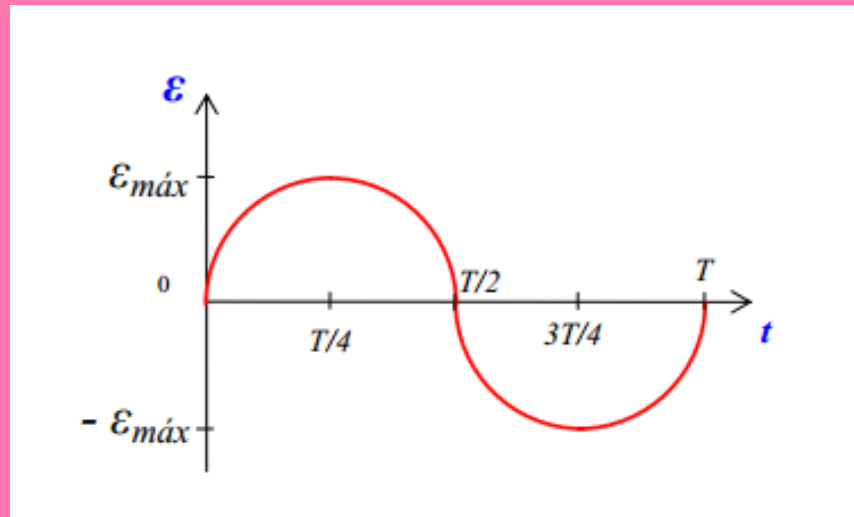
Aplicando Ley de Faraday

$$\mathcal{E}_{induc} = - \frac{d\phi_{mag}}{dt} = - B N S \omega [-\text{sen}(\omega t)] = (B N S \omega) \text{sen}(\omega t)$$

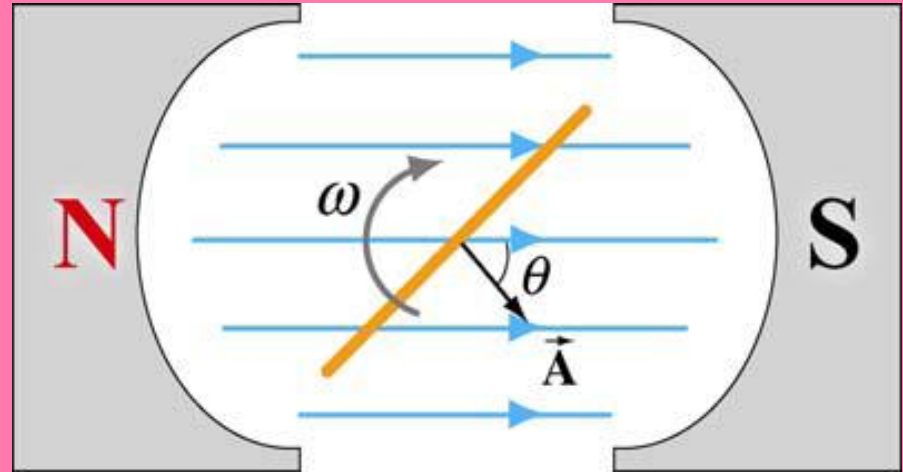
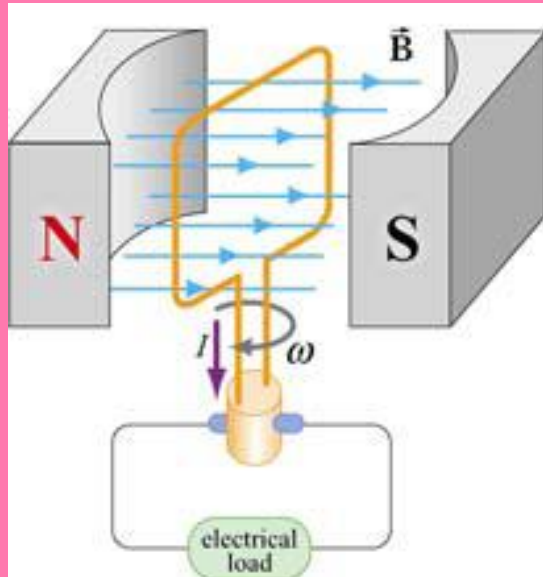
Llamando...

$$\mathcal{E}_{m\acute{a}x} = B N S \omega$$

$$\mathcal{E}_{induc} = \mathcal{E}_{m\acute{a}x} \text{sen}(\omega t)$$



$$I_{induc} = \frac{\epsilon_{induc}}{R} = \frac{\epsilon_{máx}}{R} \text{sen}(\omega t) = I_{máx} \text{sen}(\omega t)$$



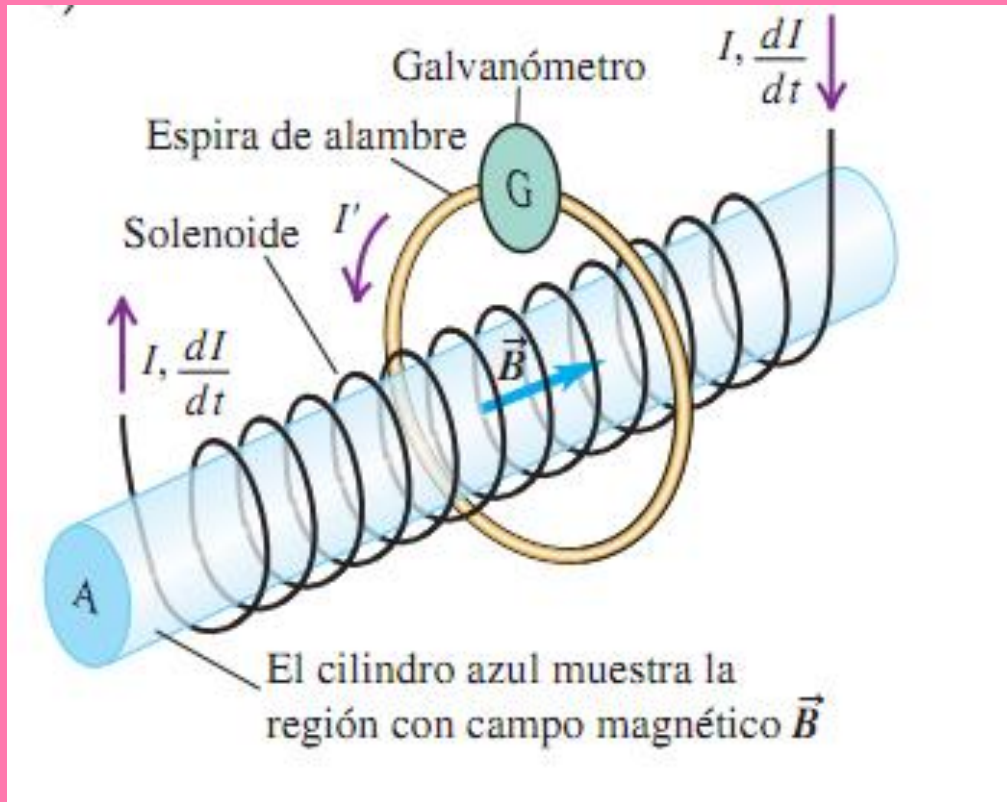
Generador de Corriente Alterna

$$\mathcal{E}_{induc} = \mathcal{E}_{m\acute{a}x} \text{sen}(\omega t)$$

$$I_{induc} = \frac{\mathcal{E}_{induc}}{R} = \frac{\mathcal{E}_{m\acute{a}x}}{R} \text{sen}(\omega t) = I_{m\acute{a}x} \text{sen}(\omega t)$$

Recordar

$$\mathbf{B}(P) = \begin{cases} \mu_0 n I \hat{\mathbf{u}} & \text{en el interior} \\ 0 & \text{en el exterior} \end{cases}$$



$$\Phi_B = BA = \mu_0 n I A$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\mu_0 n A \frac{dI}{dt}$$

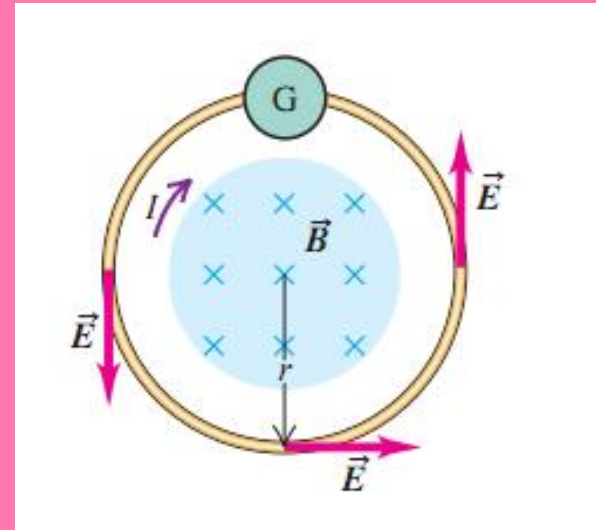
¿qué fuerza hace que las cargas se muevan alrededor de la espira?

Campo eléctrico inducido

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \mathcal{E}$$

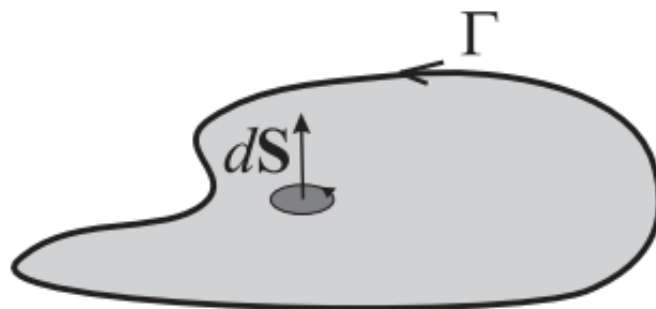
Es no conservativo

Es campo no electrostático

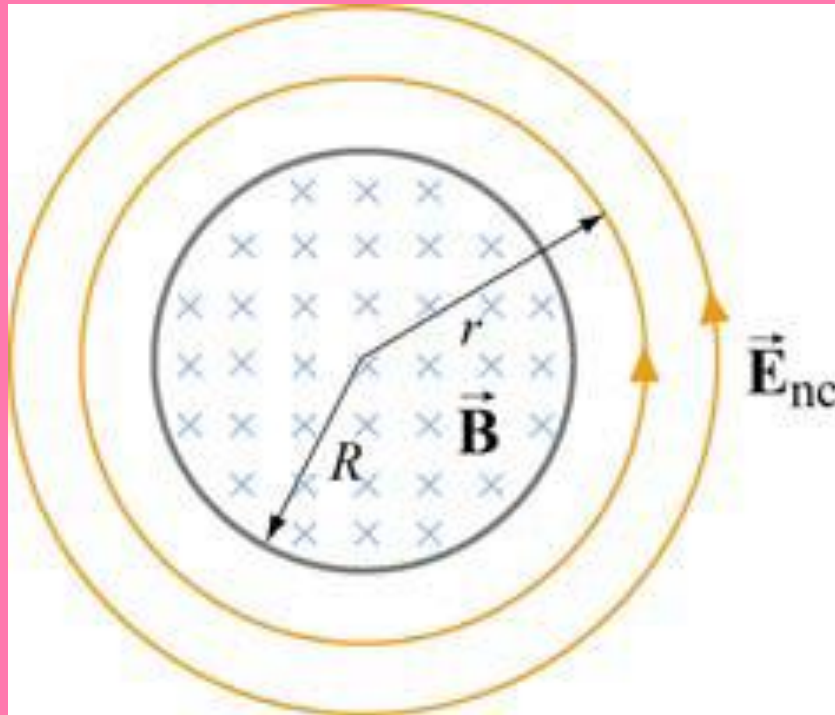


$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\oint_{\Gamma} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_{S(\Gamma)} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S},$$

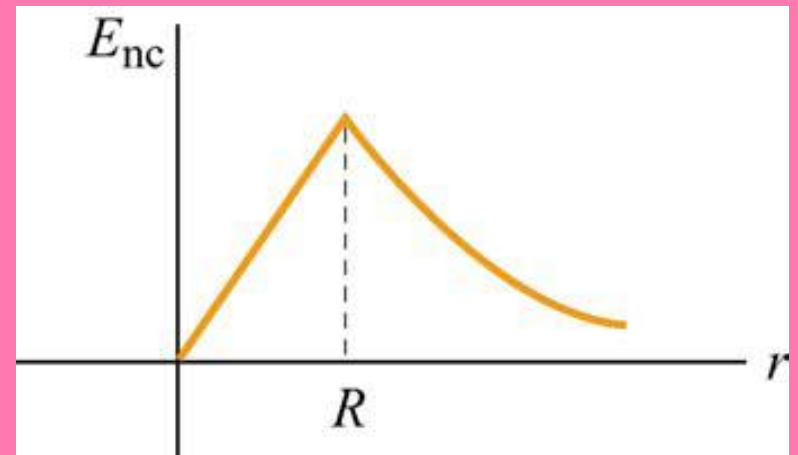


Campo eléctrico inducido



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 2\pi r E,$$



29.18 Aplicaciones de campos eléctricos inducidos. a) Los datos se almacenan en el disco duro de una computadora, en un patrón de áreas magnetizadas sobre su superficie. Para leer estos datos, se coloca una bobina sobre un brazo móvil cerca del disco giratorio. La bobina experimenta un flujo magnético cambiante, lo que induce una corriente cuyas características dependen del patrón codificado en el disco. b) Este automóvil híbrido tiene un motor de gasolina y un motor eléctrico. Cuando el vehículo se detiene, las ruedas giratorias impulsan en reversa el motor para que actúe como generador. La corriente inducida resultante se utiliza para recargar las baterías del vehículo. c) El cigüeñal en rotación de un avión con motor de pistones hace girar un imán, lo que induce una fem en una bobina adyacente y genera la chispa que enciende el combustible en los cilindros del motor. Esto mantiene en marcha al motor incluso en el caso de que llegaran a fallar otros sistemas eléctricos de la aeronave.



Las pastillas de las guitarras eléctricas usan corrientes inducidas por la vibración de cuerdas ferromagnéticas cercanas.

Los alternadores de la mayoría de automóviles usan imanes giratorios para inducir corrientes en bobinas fijas.

Y la lista continúa;

nos demos cuenta o no, los campos eléctricos inducidos magnéticamente desempeñan un papel importante en la vida cotidiana.