

Indución eletromagnética

- A experiencia de Oersted púso de manifesto a relación entre campo eléctrico e campo magnético.
- Establecíase que unha corrente eléctrica continua, tiña como efecto a aparición de campos magnético.
- A Lei de Ampère era a súa culminación:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I$$

- 1) De esquerda a dereita di que o campo magnético non é conservativo.
- 2) De dereita a esquerda di que unha corrente continua, xera un campo magnético.

Indución eletromagnética

- A mediados do século XIX, un grupo de científicos de distintas nacionalidades, descubren experiencias que indican que certas variacións do fluxo magnético xeran eletricidade.
- As experiencias de Faraday, Henry e outros indican que é posíbel inducir unha diferenza de potencial por medio de campos magnéticos.
- Recorda as experiencias de laboratorio, e fai un resumo delas.

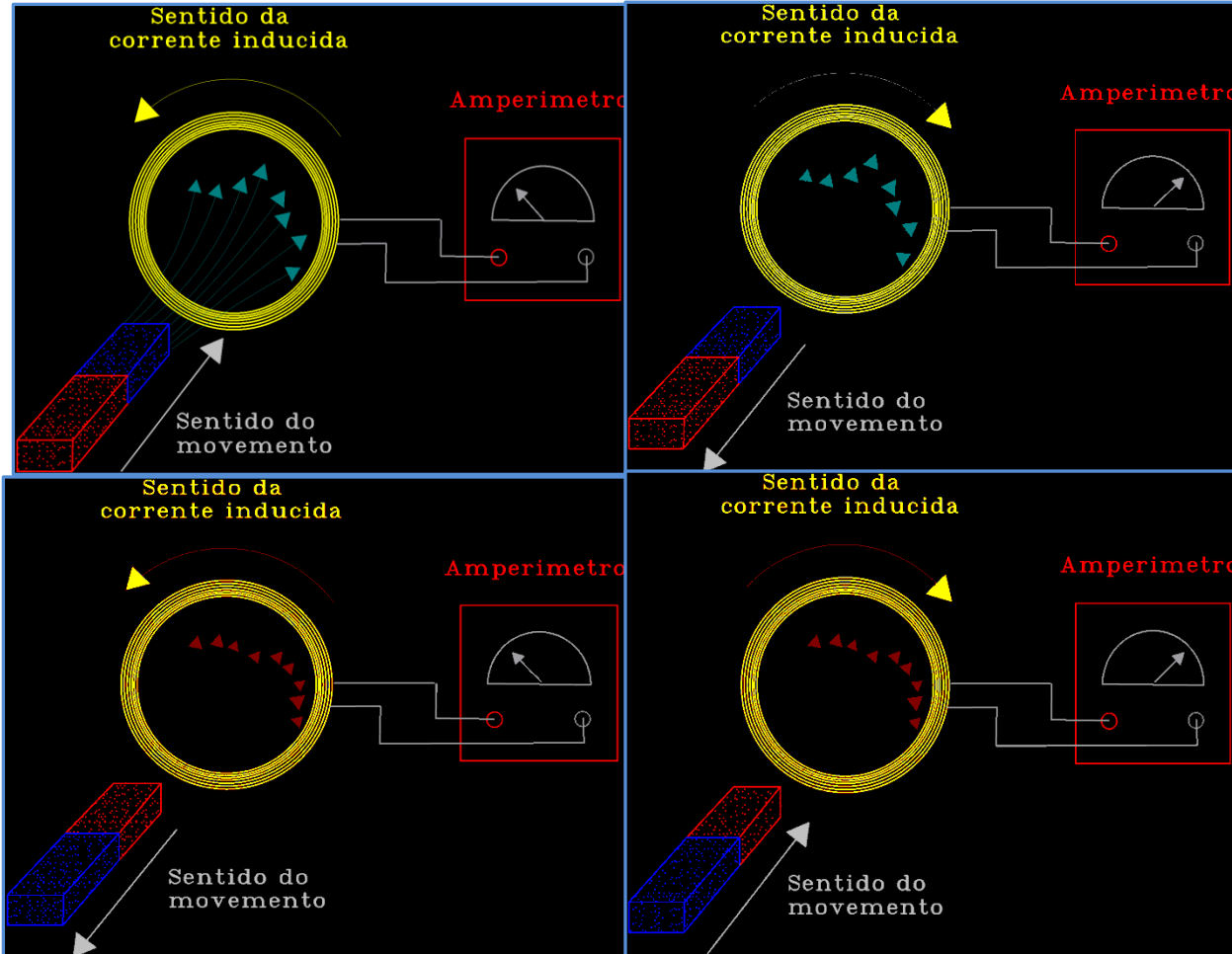
Inducción eletromagnética: experiencias de Faraday-Henry (ver vídeo)

- <https://youtu.be/7r4qXFo35mA>

A variación do fluxo magnético que atravesa a bobina, como explicación das experiencias de Faraday-Henry (ver video)

- <https://youtu.be/TdQgeAAIA80>

Indución eletromagnética: dedución da Lei de Faraday-Henry-Lenz



- Ao introducir un Norte, a corrente inducida avanta en sentido antihorario, xerando un norte na cara da bobina.
- Se extraemos un sul, a consecuencia é a mesma.
- Ao introducir un Sul, a corrente inducida avanta en sentido horario xerando un sul na cara da bobina.
- Se extraemos un norte, a consecuencia é a mesma.

Lei de Faraday-Henry-Lenz

- A variación do fluxo magnético que atravesa a espira, xera a aparición de correntes eléctricas inducidas na bobina.
- A corrente inducida na bobina, opon-se á causa que a provoca.
- A corrente inducida virá xerada por unha forza eletromotriz (f.e.m) producida pola variación do fluxo magnético.
- A estes efectos, a f.e.m é unha diferenza de potencial, representarémolo como ε e a súa unidade no S.I é o voltio.
- Os electróns non teñen desprazamento neto, senon que vibran por efecto dun potencial que cambia continuamente.
- Debemos ter en conta ademais, o número de espiras da bobina.

Lei de Faraday-Henry-Lenz

- Para unha espira:

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

- Para N espiras :

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

- Lembra que:

$$\phi_M = \vec{B} \cdot \vec{S}$$

Analise da Lei de Faraday-Henry-Lenz

1. Como ε é un potencial e este está relacionado co campo eléctrico, podemos escribir:

$$\varepsilon = V = \frac{W}{q} = \oint \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{q} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

2. Por outra banda: $\phi_M = \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}$

3. Como: $\varepsilon = -\frac{d\phi_M}{dt}$

4. Enton: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{r} = -\frac{d \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}}{dt}$ 4ª Lei de Maxwell

5. De dereita á esquerda indica que a variación do fluxo magnético xera un campo eléctrico, de esquerda á dereita indica que o campo eléctrico xerado, non é conservativo.

Xeración da f.e.m

- De acordo coa lei de Faraday-Henry-Lenz:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_M}{dt}$$
 que indica que a corrente

inducida é directamente proporcional ao ritmo de cambio do fluxo magnético .

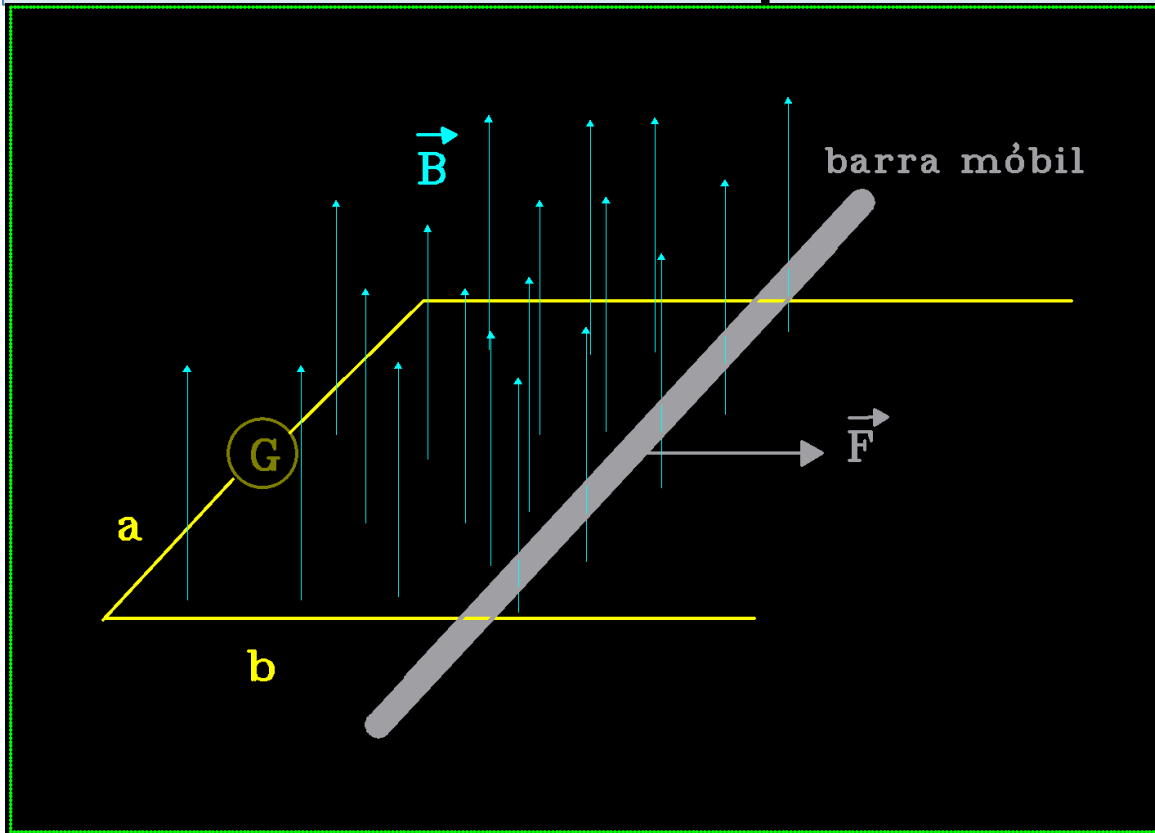
- Ademais: $\phi_M = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos\theta$, enton podemos escribir:

$$\varepsilon = -N \frac{d(B \cdot S \cdot \cos\theta)}{dt} \quad (1)$$

Xeración da f.e.m por variación do campo magnético

- De acordo coa ecuación (1), mantemos constantes todos os termo agás B, e polo tanto:
$$\varepsilon = -N \frac{S \cdot \cos\theta \cdot d(B)}{dt} = N \cdot S \cdot \cos\theta \cdot \frac{dB}{dt}$$
- Mantendo constante N (nº de espiras), S (a superficie efetiva) e θ (o ángulo que formen B e S), será o ritmo de cambio do campo magnético o que determine a f.e.m inducida.

Xeración da f.e.m por variación da superficie



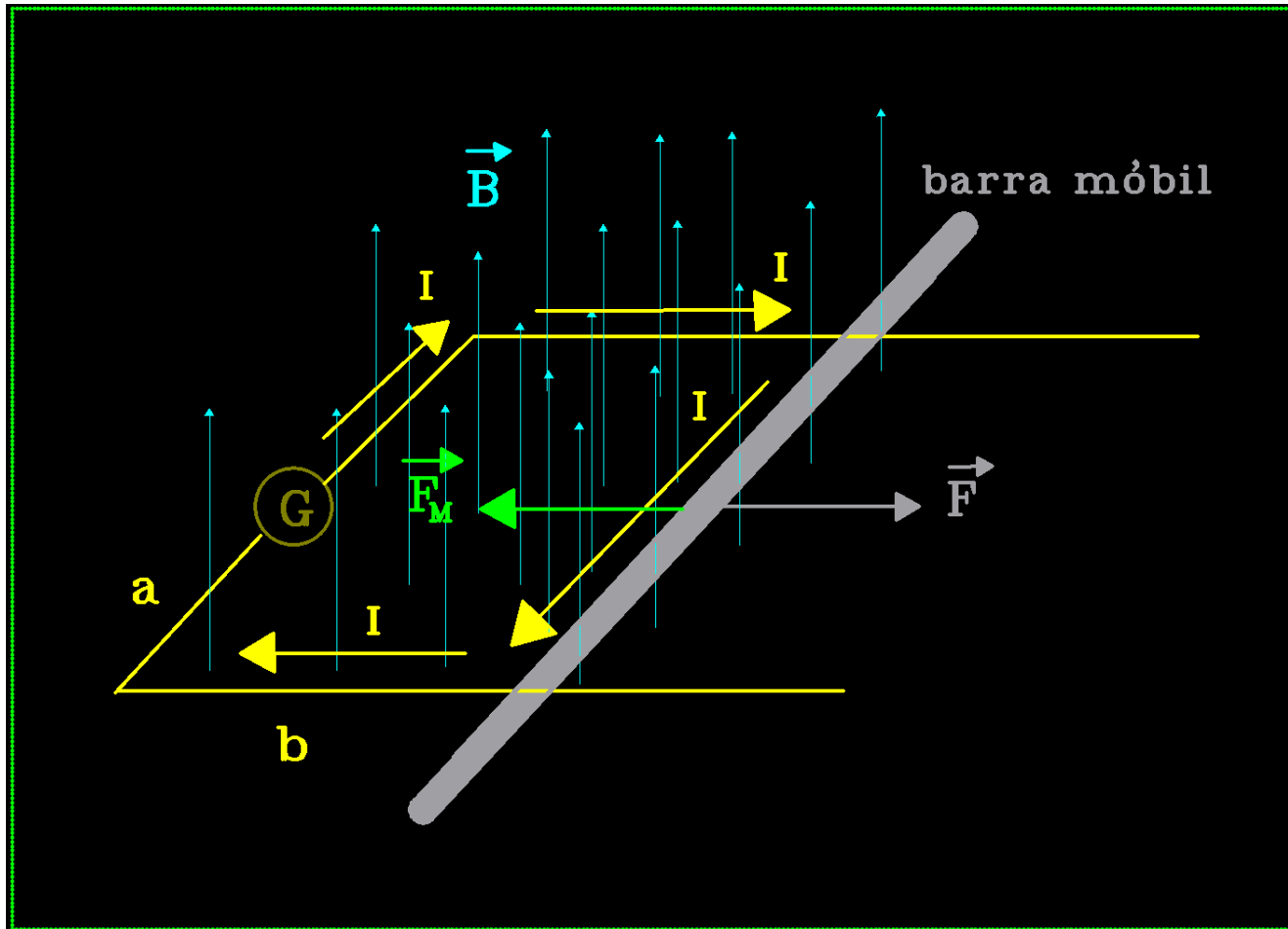
- A forza F tira da barra.
- A barra móbil deslízase sobre o circuito.
- Ao deslizarse aumenta o lado b , aumentando a superficie.
- Ao aumentar a superficie xérase unha corrente que será detetada polo galvanómetro.
- O sentido da corrente será tal que produza unha forza sobre a barra igual a F, máis de sentido contrario.

$$\varepsilon = -N \frac{d(B \cdot S \cdot \cos\theta)}{dt} = -N \cdot B \cdot \cos\theta \cdot \frac{dS}{dt} \text{ como : } dS = a \cdot db$$

$$\varepsilon = -N \cdot B \cdot \cos\theta \cdot a \cdot \frac{db}{dt} = -N \cdot B \cdot \cos\theta \cdot a \cdot v$$

onde **a** = lonxitude da barra e **v** = velocidade da barra

Xeración da f.e.m por variación da superficie



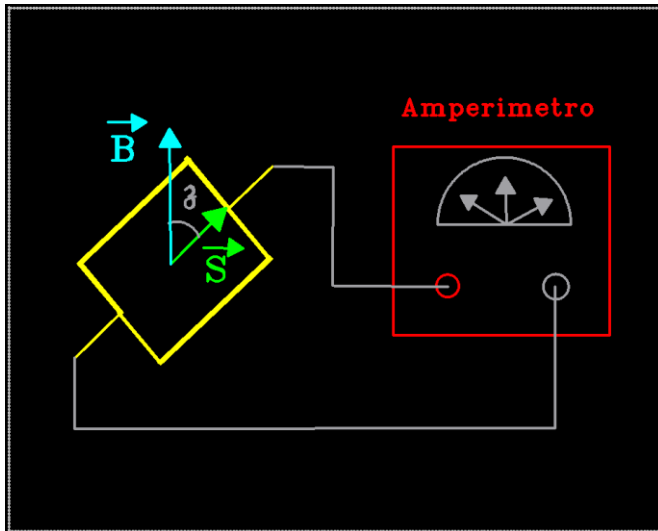
Observa:

O resultado está de acordo coa Lei de Laplace: $\vec{F}_M = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$

Xeración da f.e.m facendo xirar a bobina nun campo magnético (ver vídeo)

- <https://youtu.be/XTKwYqGUIOE>

Xeración da f.e.m facendo xirar a bobina nun campo magnético



- Neste caso o que cambia é o ángulo que forman o campo magnético e a superficie da bobina:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d(B \cdot S \cdot \cos\theta)}{dt} \text{ e polo tanto:}$$

$$\varepsilon = -N \cdot B \cdot S \cdot \frac{d(\cos\theta)}{dt} \text{ e si } \theta = \omega \cdot t$$

$$\varepsilon = -N \cdot B \cdot S \cdot \frac{d(\cos\omega t)}{dt} \text{ e derivando obtemos:}$$

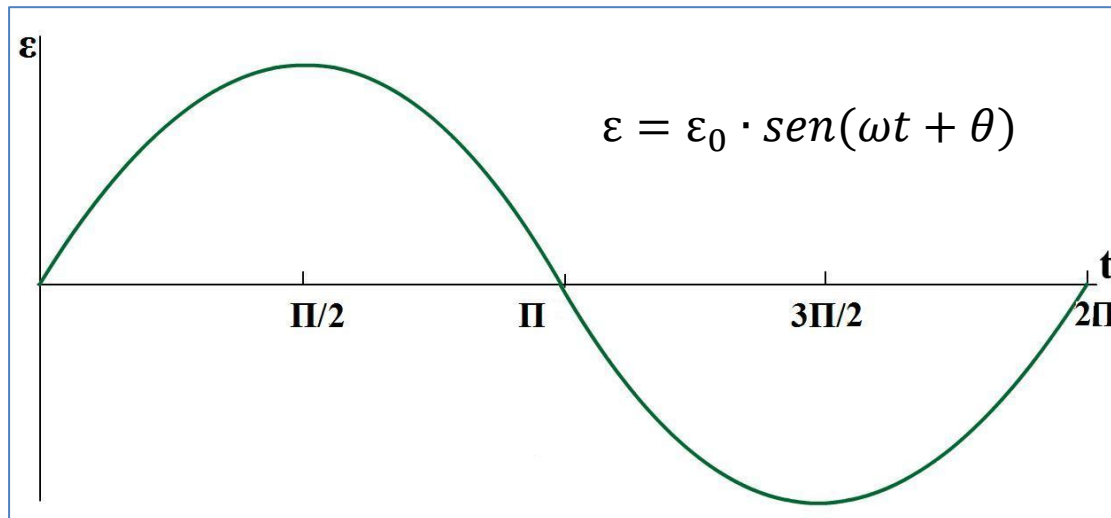
$\varepsilon = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \text{sen}\omega t$, que podemos xeralizar aceptando unha fase inicial (un ángulo inicial) θ :

$$\varepsilon = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega t + \theta)$$

Xeración da f.e.m facendo xirar a bobina nun campo magnético

$$\varepsilon = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega t + \theta)$$

- Se $(\omega t + \theta) = 0$ enton $\varepsilon = 0$, o valor mínimo.
- Se $(\omega t + \theta) = 90^\circ$ enton $\varepsilon = N \cdot B \cdot S \cdot \omega = \varepsilon_{\text{Máximo}} = \varepsilon_0$
- Se $(\omega t + \theta) = 180^\circ$, enton o valor será $\varepsilon = 0$
- Se $(\omega t + \theta) = 270^\circ$, enton $\varepsilon = -N \cdot B \cdot S \cdot \omega = -\varepsilon_{\text{Máximo}} = -\varepsilon_0$

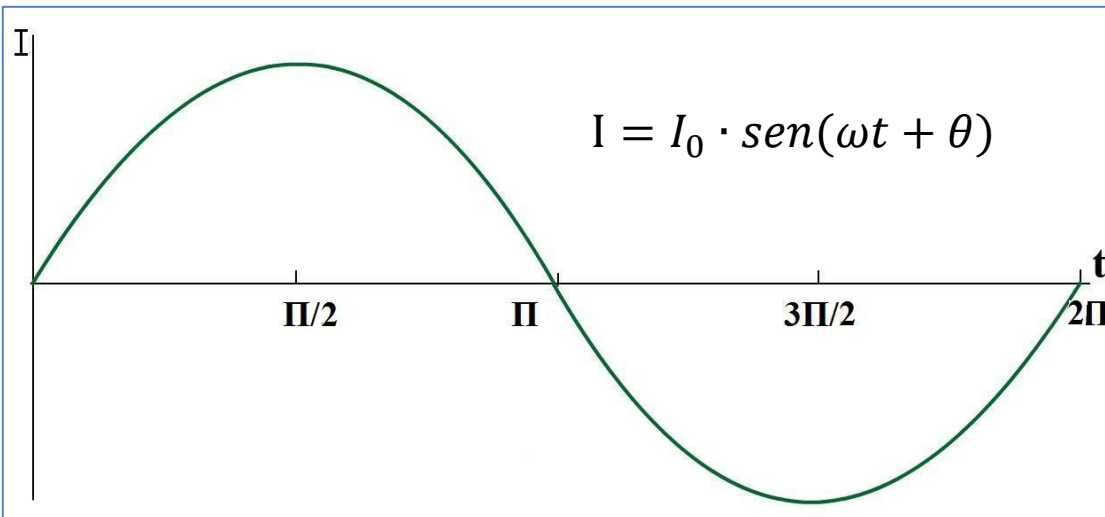


Intensidade da corrente xerada facendo xirar a bobina nun campo magnético

- Como $V = I \cdot R$ enton $I = \frac{V}{R} = \frac{\varepsilon}{R}$ e enton:

$$\frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_0}{R} \cdot \text{sen}(\omega t + \theta) \text{ e enton:}$$

$$I = I_0 \cdot \text{sen}(\omega t + \theta)$$



Esta é a corrente alterna.

Nela non hai unha corrente neta de electróns, senon que vibran arredor dunha posición de equilibrio