

Indução Magnética

Fluxo de indução magnética

Indução electromagnética

Lei de Faraday

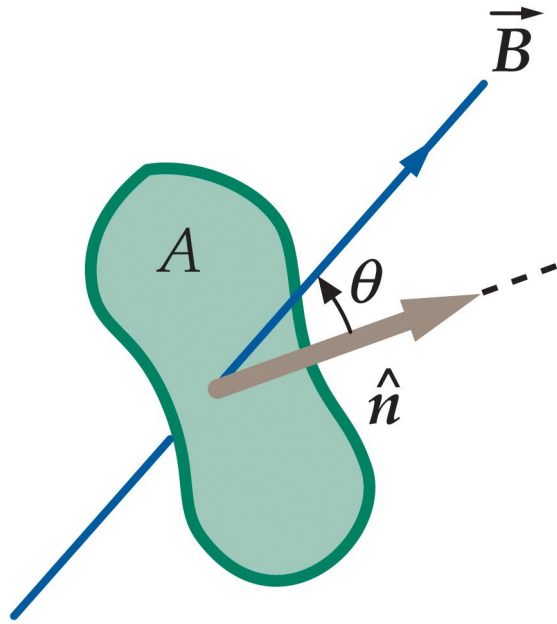
Lei de Lenz

f.e.m induzida por movimento

Indutância

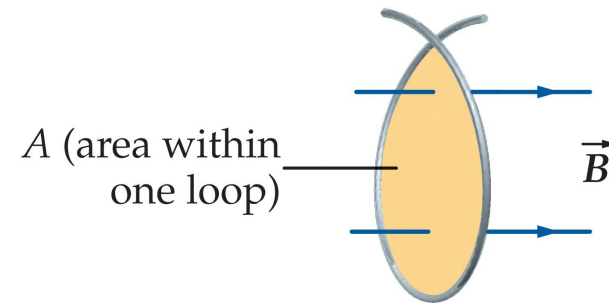
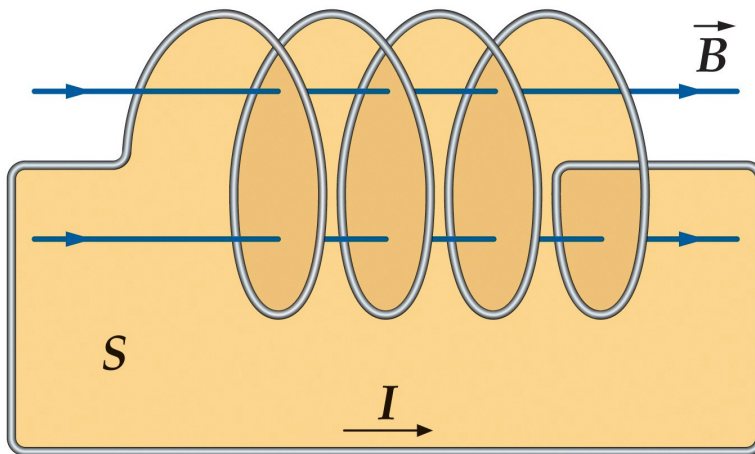
Gerador de corrente alternada. Transformador

Fluxo magnético



$$\phi_m = \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA = \int_S B_n dA$$

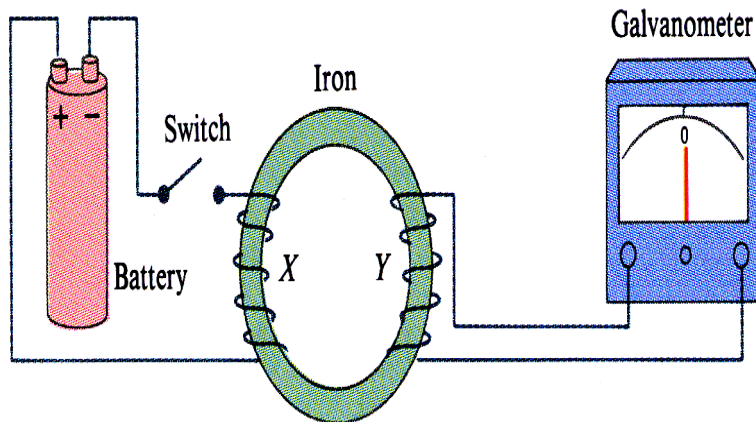
A unidade SI de fluxo de indução magnética é o **weber** [**Wb** = T·m²].



$$\phi_n = N B A \cos \theta$$

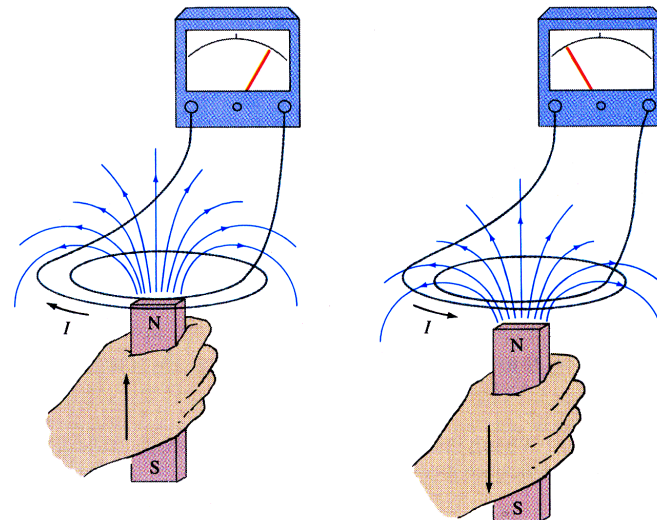
Indução Electromagnética

- Foram as experiências de Oersted que permitiram concluir que as correntes eléctricas criam campos magnéticos. Colocou-se naturalmente a questão contrária: pode um campo magnético induzir uma corrente eléctrica?
 - Em 1831 Faraday descobriu que movimentando o magnete relativamente a um circuito induzia uma corrente eléctrica no circuito. O mesmo acontece quando se movimenta o circuito relativamente ao magnete ou se deforma o circuito.
- Esta corrente é induzida pela **variação do fluxo de indução magnética** através do circuito. Falamos de um processo de **indução electromagnética**.



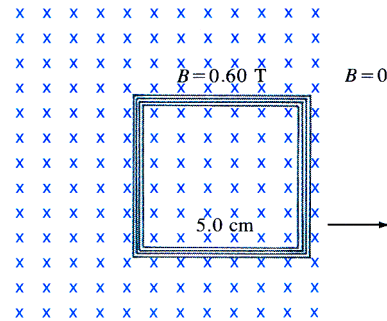
Experiência de Faraday

Não há corrente no circuito Y quando o circuito X é percorrido por uma corrente estacionária.

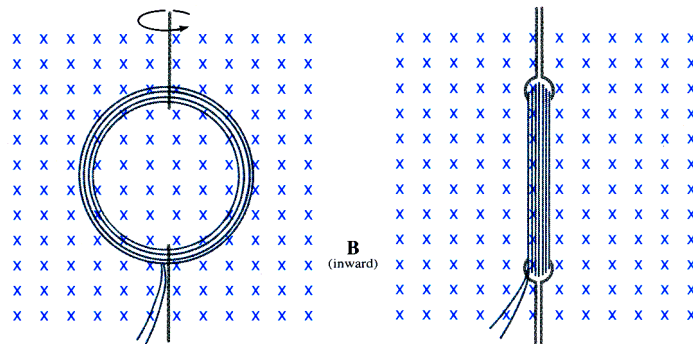


Indução Electromagnética

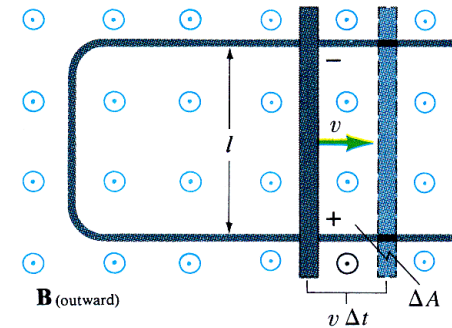
- Em todos os exemplos seguintes vai haver uma variação com o tempo do fluxo de um campo magnético uniforme através do circuito $\Rightarrow$ **indução electromagnética**.



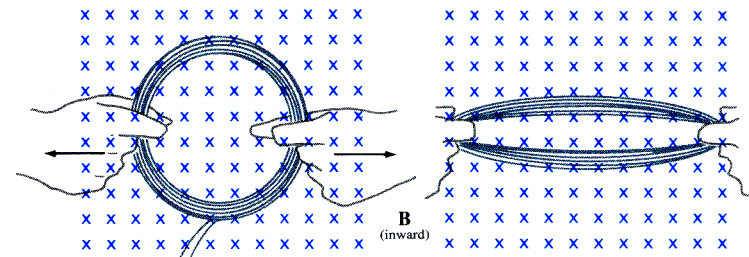
Espira a ser retirada de uma região onde existe num campo magnético



Espira a rodar num campo magnético



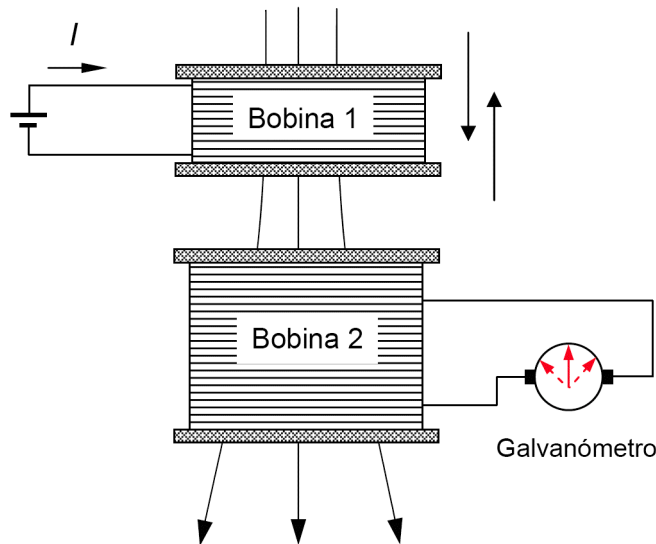
Aumento da área do circuito deslocando um condutor em contacto com um circuito em U



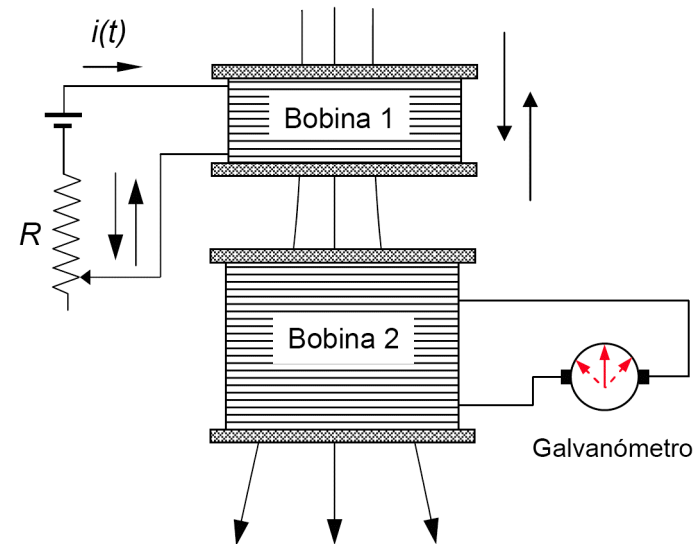
Deformação de uma espira submetida a um campo magnético

Indução Electromagnética

- As correntes induzidas podem ser geradas não apenas através de magnetes, mas **também através de correntes eléctricas**:



Corrente eléctrica induzida por uma bobina que se afasta e aproxima.



Corrente eléctrica induzida por uma bobina cuja corrente se faz variar por variação da resistência eléctrica do circuito indutor.

- Em qualquer das situações anteriores a corrente induzida pode ser entendida como devida ao aparecimento de uma **força electromotriz induzida, $\mathcal{E}_{ind}$** .

f.e.m. Induzida e lei de Faraday

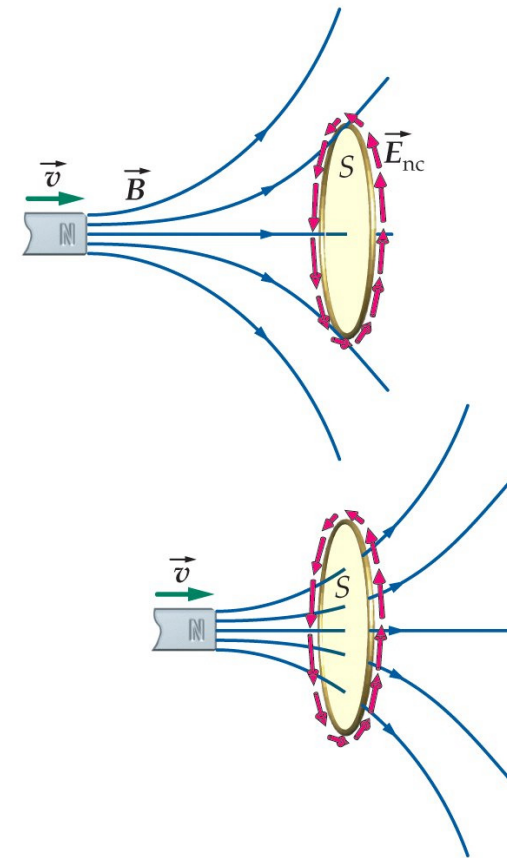
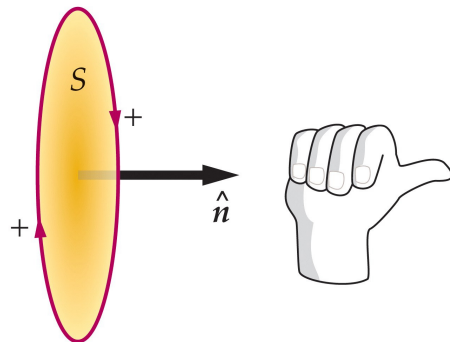
Uma força electromagnética, f.e.m., é induzida no circuito, sendo igual à taxa de variação do fluxo magnético através do (de uma superfície limitada pelo) circuito.

Lei de Faraday:

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

f.e.m. induzida num circuito estacionário
num campo magnético variável:

$$\mathcal{E} = \oint_C \vec{E}_{nc} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA = -\frac{d\phi_m}{dt}$$

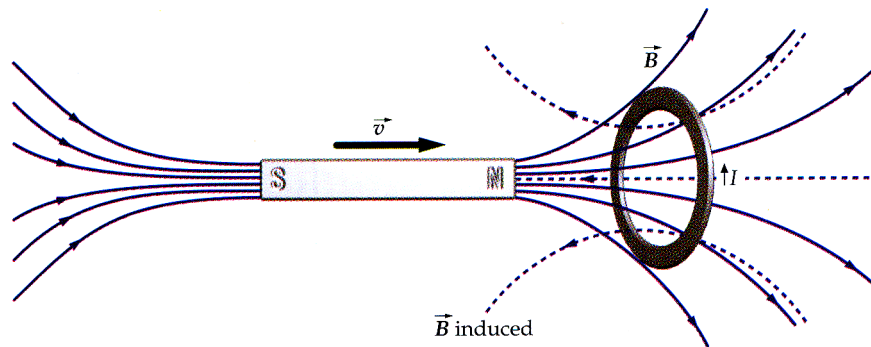


Lei de Lenz

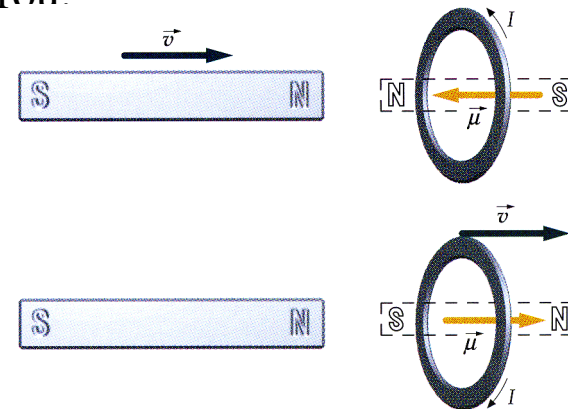
Qual o sentido da corrente eléctrica induzida?

Lei de Lenz: a f.e.m. induzida e a corrente induzida surgem com um sentido que se opõe à variação que as provocou.

A corrente induzida vai gerar um fluxo de indução magnética que se vai opor à variação de fluxo de indução magnética que a gerou.



Quando a barra se move para a espira, o fluxo magnético através da espira aumenta. A corrente aí induzida cria um campo magnético (a tracejado) cujo fluxo se vai opor ao aumento de fluxo magnético através da espira (provocado pelo movimento da barra).

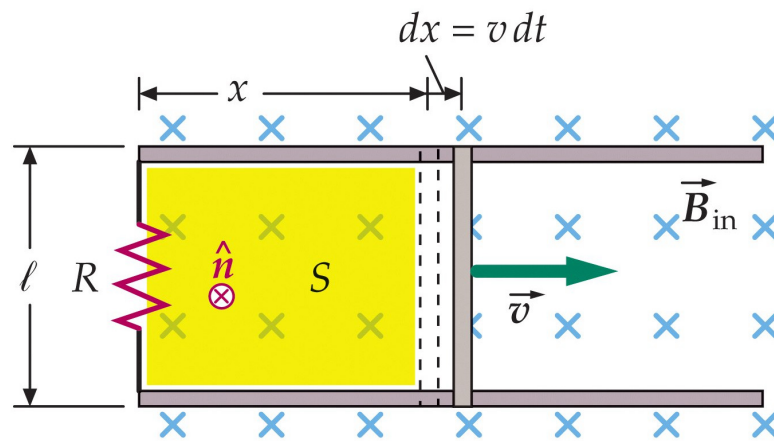


O momento magnético induzido (aqui simbolizado pelo magnete a tracejado) opõe-se ao movimento relativo entre o magnete e a espira.

- Se não se verificasse a lei de Lenz haveria uma clara **violação do princípio da conservação da energia**.

f.e.m. induzida por movimento

A f.e.m. induzida por movimento é qualquer f.e.m. induzida devido ao movimento de um condutor num campo magnético.



À medida que a haste se move para a direita a superfície S aumenta, assim como o fluxo magnético através da superfície S .

O fluxo magnético através de S é

$$\Phi_m = \vec{B} \cdot \hat{n} A = B_n A = B l x$$

Quando x aumenta de dx , a área da superfície S aumenta de $dA = l dx$ e o fluxo aumenta de $d\Phi_m = B l dx$

A taxa de variação do fluxo é $\frac{d\Phi_m}{dt} = B l \frac{dx}{dt} = B L v$ onde v é a velocidade da haste

Então,
$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -B l v$$

Indutância

Se considerarmos uma bobine transportando uma corrente I , esta corrente produz um campo magnético que varia de ponto para ponto, mas que em cada ponto é proporcional a I .

O fluxo magnético através da espira é, assim, também proporcional a I .

$$\phi_m = LI$$

L é a auto-indutância da bobine, que depende da sua forma geométrica

Unidade:

henry $1\text{H} = 1 \text{ Wb/A} = 1 \text{ Tm}^2/\text{A}$

Para uma bobine com N voltas e comprimento l ($n = N/l$, número de voltas por unidade de comprimento), transportando uma corrente I e, sendo A a área interna de cada espira

$$L = \frac{\phi_m}{I} = \mu_0 n^2 A \ell$$

Com $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$

Aplicação: Gerador de Corrente Alternada

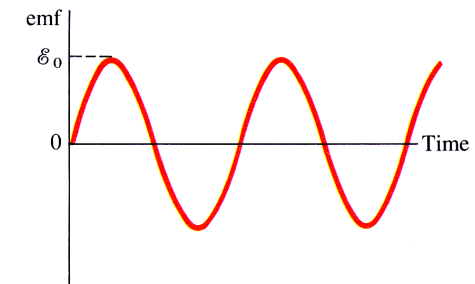
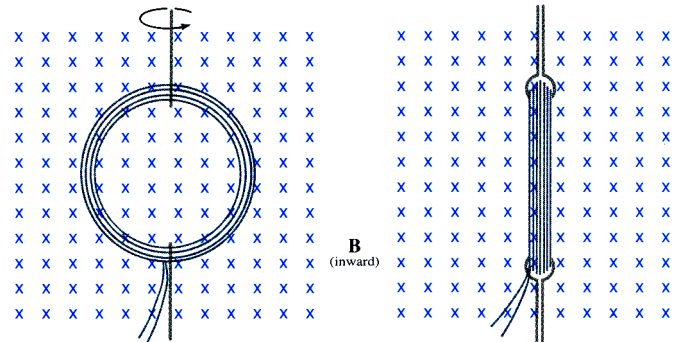
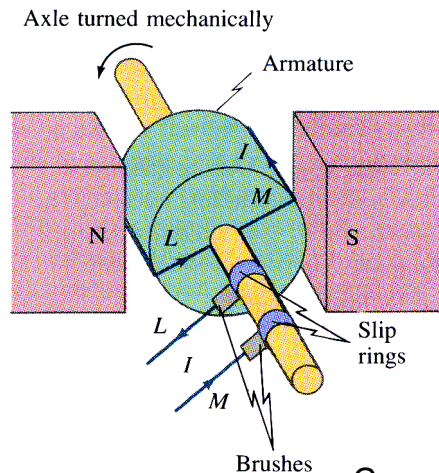
Em qualquer unidade de produção de energia eléctrica (barragem hidroeléctrica, central termoeléctrica, central nuclear, etc.) existe sempre um circuito que se coloca em rotação numa região onde existe um campo magnético.

O circuito do gerador (com área total **A**) roda com velocidade angular constante **ω** numa região com um campo magnético uniforme **B**. O **fluxo** do campo magnético vai variar de forma sinusoidal:

$$\Phi(t) = B A \cos(\omega t)$$

De acordo com a lei de Faraday a **força electromotriz** produzida pelo gerador (induzida) também vai ser sinusoidal ou **alternada** (assim como a corrente):

$$\varepsilon_{ind}(t) = \omega B A \sin(\omega t)$$



Como aumentar a produção de energia em função do consumo?

Aplicação: Transformador

- Um **transformador** é um dispositivo para modificar tensões e correntes alternadas sem perda apreciável de potência.
- Um transformador simples é constituído por dois enrolamentos em torno de um núcleo de ferro. O enrolamento que recebe a potência é o **primário**, o outro o **secundário**.
- A função do **núcleo de ferro** é orientar o campo magnético de modo que quase todo o fluxo que passe por um enrolamento passe também pelo outro.
- O núcleo é habitualmente **laminado** de modo a minimizar as perdas de energia por correntes de Foucault (correntes superficiais provocadas pelo fluxo variável).
- Se não houver fuga de fluxo magnético do núcleo de ferro e se desprezarem outras perdas de potência (efeito de Joule), o fluxo através de cada espira é o mesmo nos dois enrolamentos, obtendo-se a seguinte relação entre a tensão **V** e o número de espiras **N** em cada enrolamento:

$$\frac{V_{\text{secundário}}}{V_{\text{primário}}} = \frac{N_{\text{secundário}}}{N_{\text{primário}}}$$

- Qualquer dos enrolamentos pode ser usado como primário ou secundário: o transformador funciona nos dois sentidos.

Step-up transformer ($N_p = 4$, $N_s = 12$).

