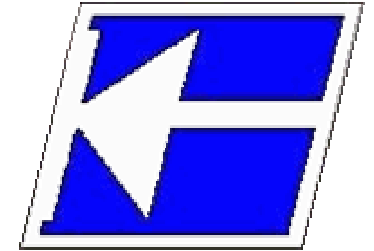


Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
Departamento de Eletrônica



Retificadores

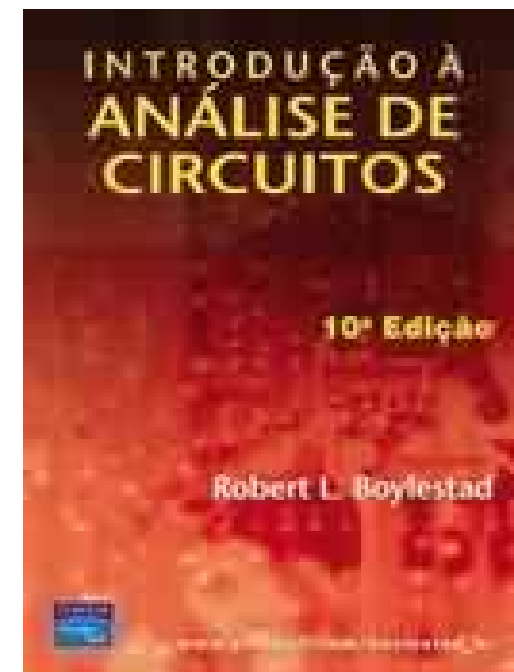


Indução eletromagnética

Clóvis Antônio Petry, professor.

Florianópolis, março de 2007.

Bibliografia para esta aula



Nesta aula

Seqüência de conteúdos:

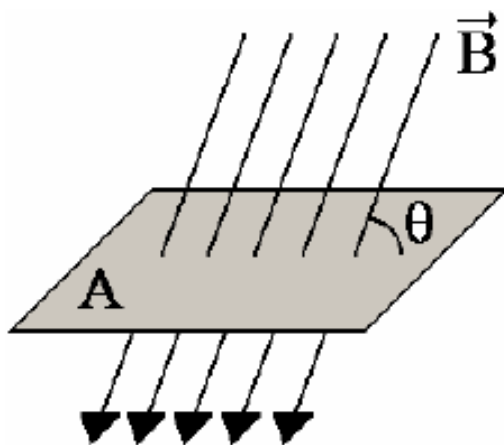
1. Variação de fluxo magnético;
2. Indução eletromagnética.

Varição de fluxo magnético

Fluxo magnético:

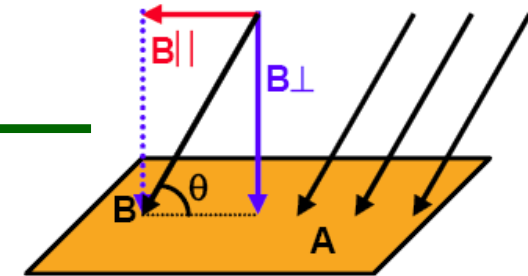
- Fluxo magnético (Φ) é o conjunto de todas as linhas de campo que atingem perpendicularmente uma área.
- Unidade é Weber [Wb];
- Um Weber corresponde a 1×10^8 linhas de campo.

Equação do fluxo: $\longrightarrow \Phi = \int \vec{B} \cdot dA$



$$B_{\perp} = B \cdot \text{sen}\theta$$

$$\Phi = B \cdot A \cdot \text{sen}\theta$$



B - vetor densidade de campo magnético [T]

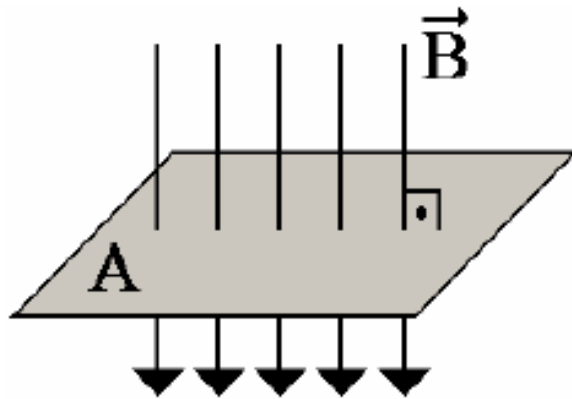
A - área de incidência das linhas [m^2]

θ - ângulo de incidência das linhas de campo com a superfície [$^{\circ}$ ou rad]

Φ - Fluxo Magnético [Wb]

Variação de fluxo magnético

Conforme o ângulo de incidência:

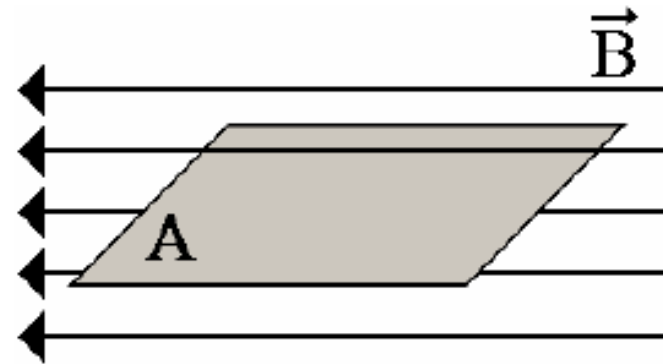


90°

$$\text{sen}(90) = 1$$



Fluxo magnético será máximo.



0° ou 180°

$$\text{sen}(0) = \text{sen}(180) = 0$$

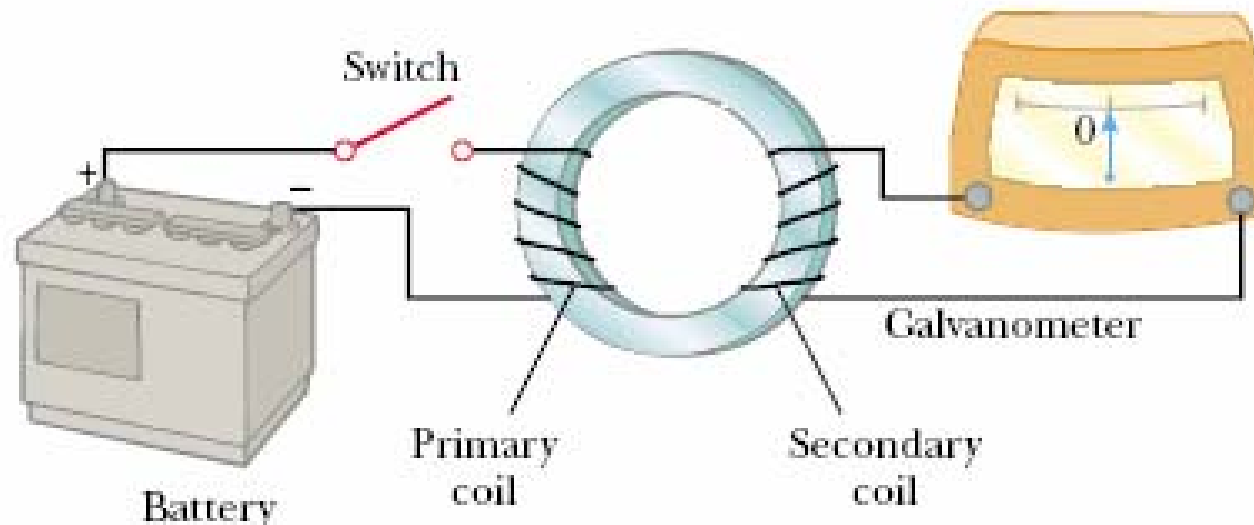


Fluxo magnético será nulo.

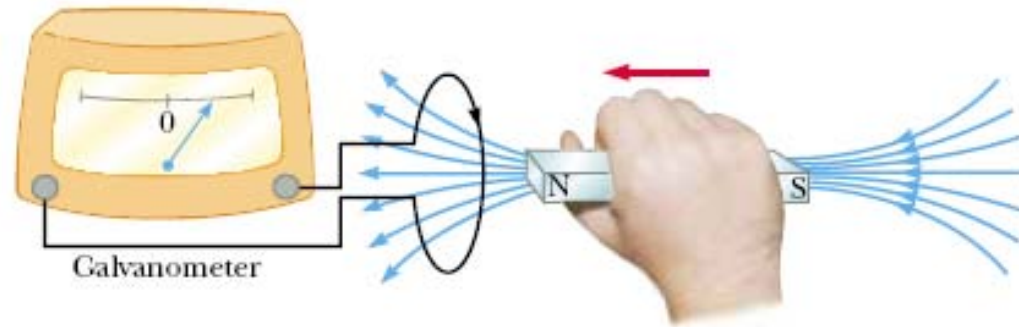
Indução eletromagnética

Experiência de Faraday:

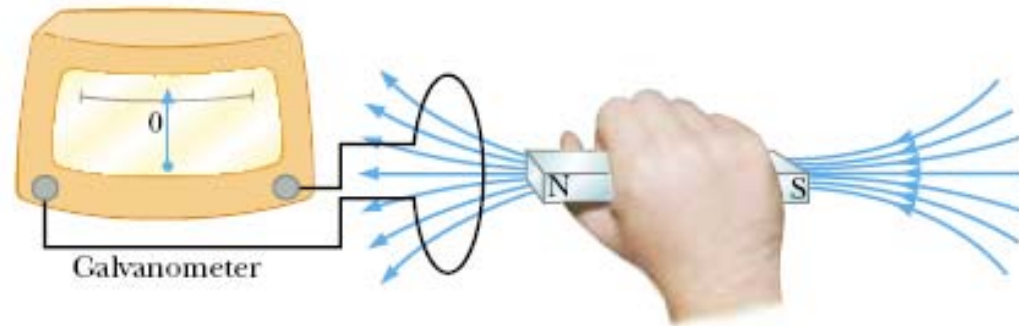
- No momento que a chave é fechada, o galvanômetro acusa uma pequena corrente de curta duração;
- Após a corrente cessar e durante tempo em que a chave permanecer fechada, o galvanômetro não mais acusa corrente;
- Ao abrir-se a chave, o galvanômetro volta a indicar uma corrente de curta duração, em sentido oposto ao observado no momento de fechamento da chave.



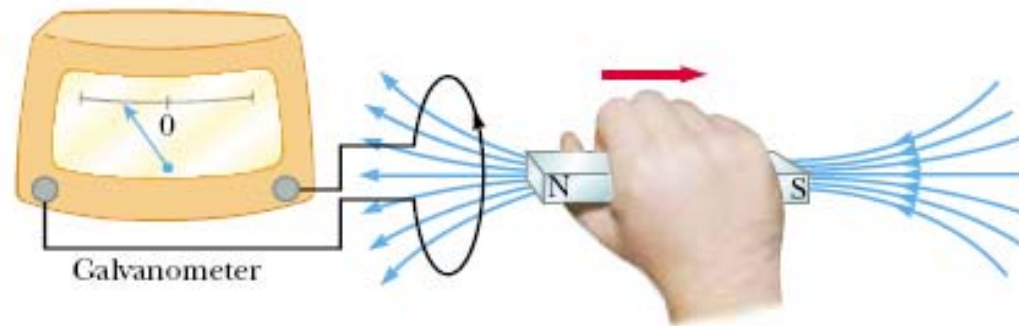
Indução eletromagnética



(a)



(b)

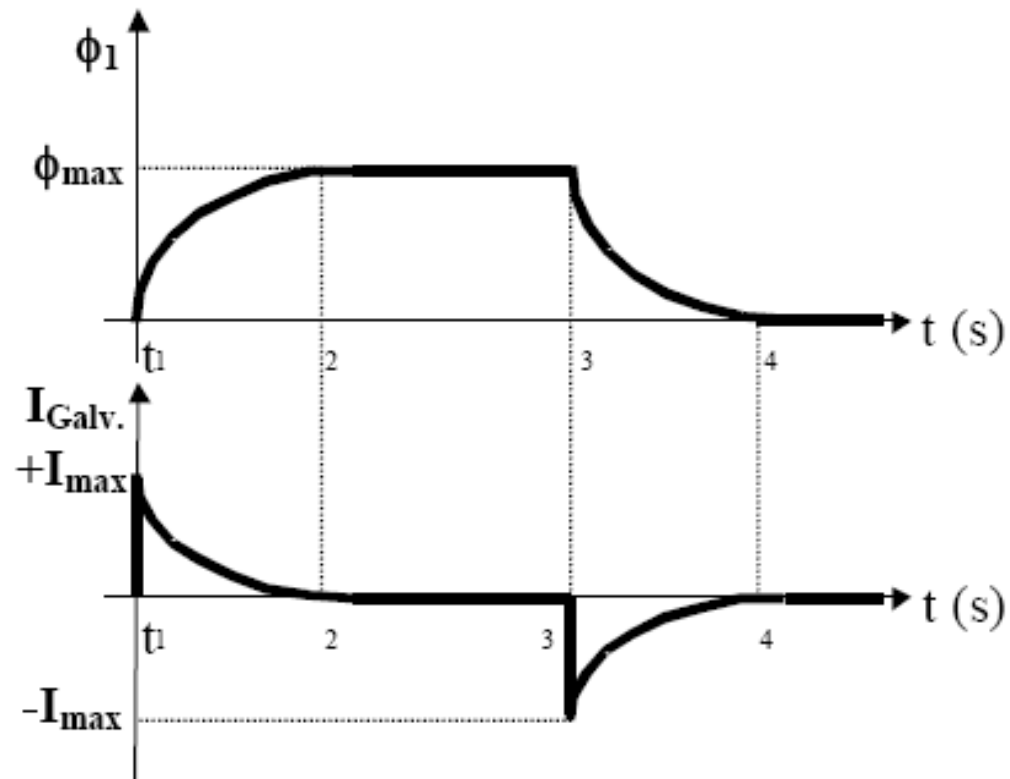


(c)

Indução eletromagnética

Observação de Faraday:

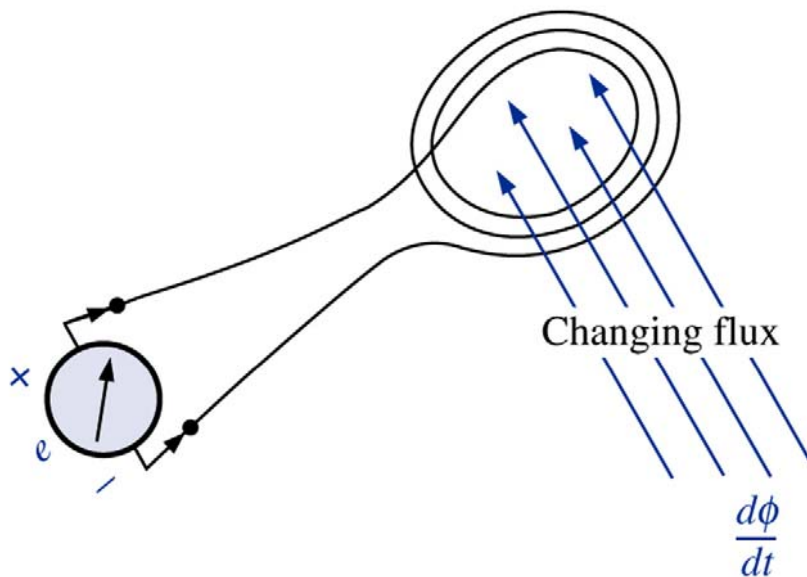
A simples presença do campo magnético não gera corrente elétrica. Para gerar corrente é necessário ocorrer variação do fluxo magnético.



Indução eletromagnética

Lei da indução eletromagnética de Faraday:

Em todo condutor enquanto sujeito a uma variação de fluxo magnético é estabelecida uma força eletromotriz (tensão) induzida.



$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \longrightarrow \Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$
$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

e - força eletromotriz induzida (tensão induzida) [V]

$d\phi/dt$ - taxa de variação do fluxo magnético no tempo [Wb/s]

N - número de espiras.

Indução eletromagnética

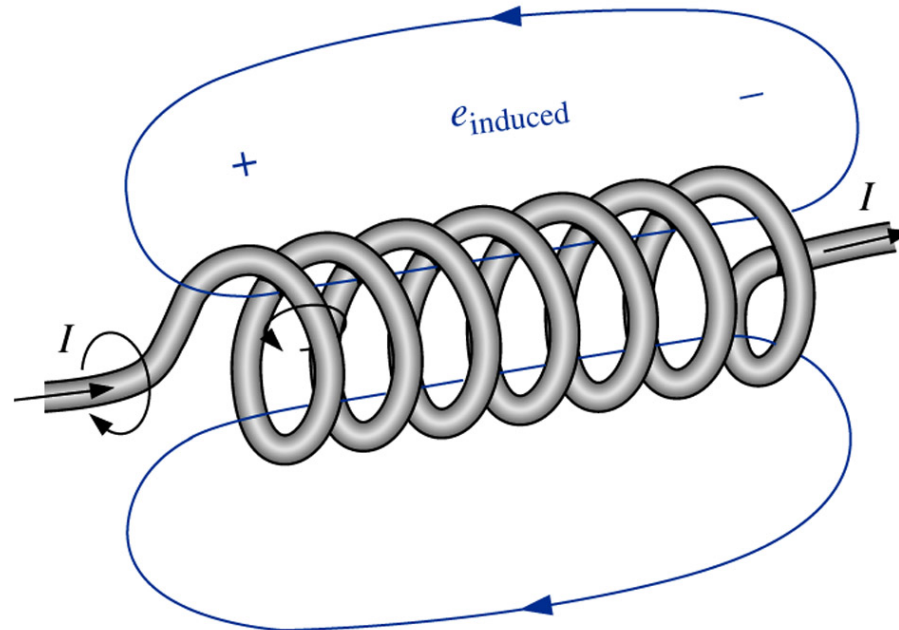
A indução eletromagnética é regida por duas leis:

- Lei de Faraday;
- Lei de Lenz.

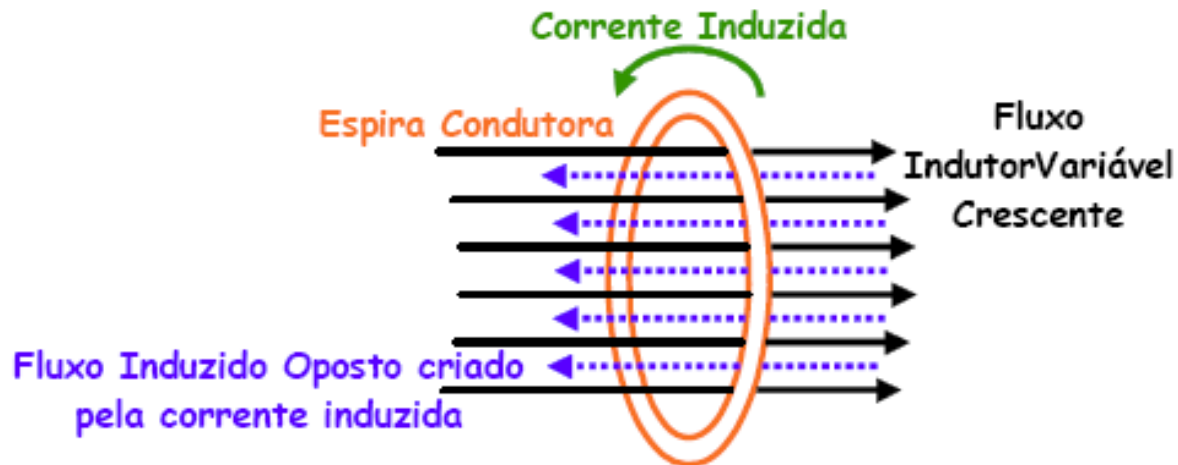
Lei de Lenz:

O sentido da corrente induzida é tal que origina um fluxo magnético induzido, que se opõe à variação do fluxo magnético indutor.

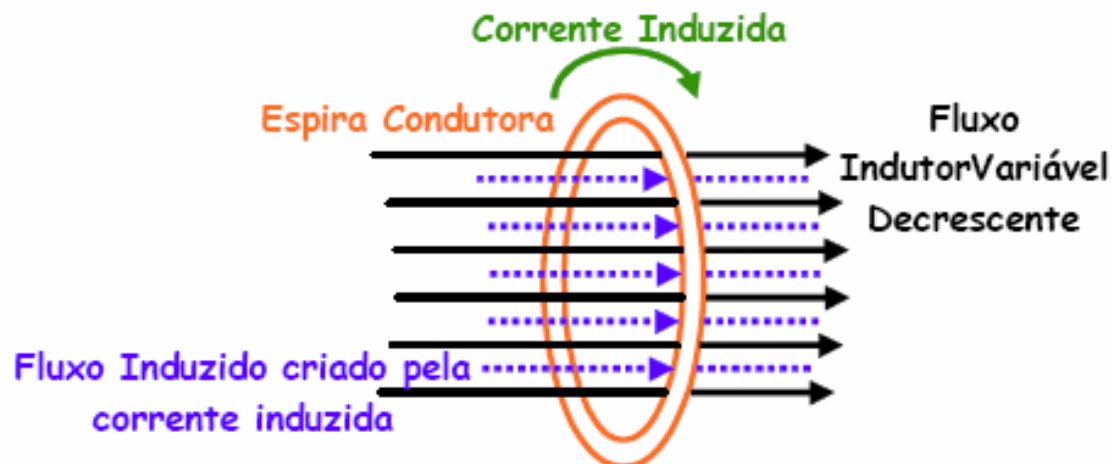
$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$



Indução eletromagnética

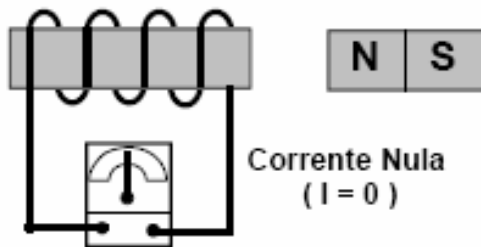


Fluxo indutor variável crescente induz uma corrente que produz um fluxo induzido oposto.

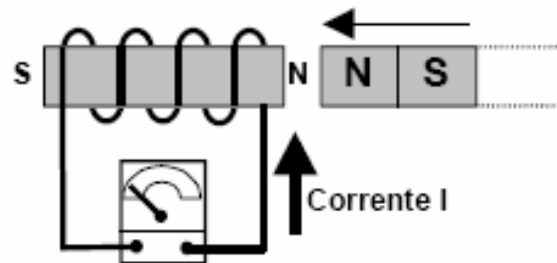


Fluxo indutor variável decrescente induz uma corrente que produz um fluxo induzido de mesmo sentido.

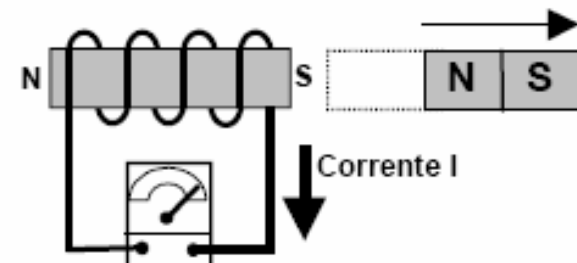
Indução eletromagnética



a) Ímã parado não induz corrente

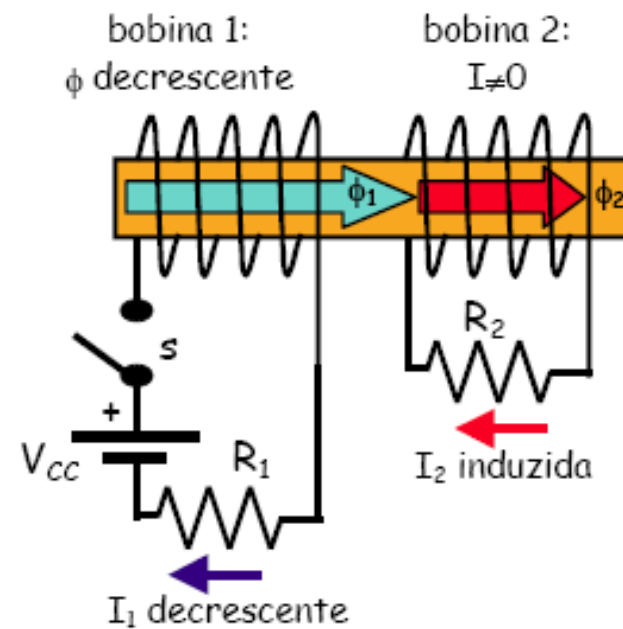
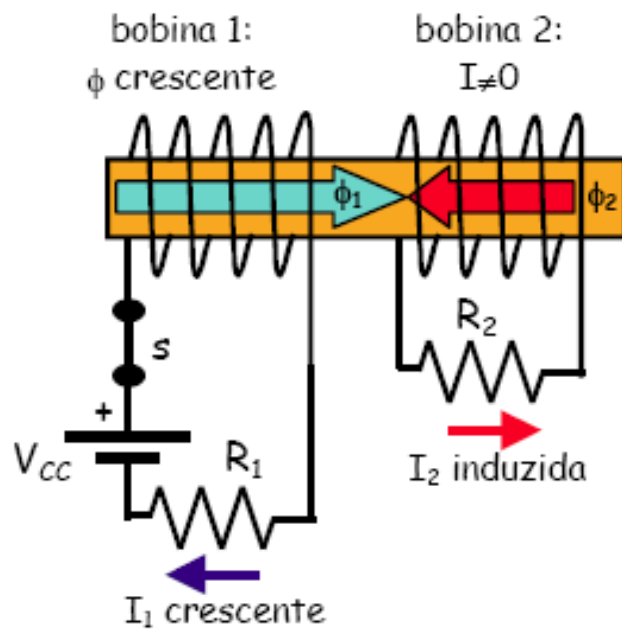
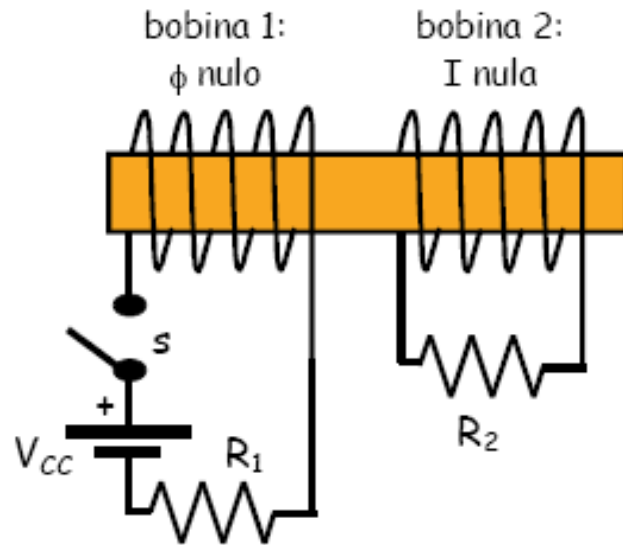


b) Ímã se aproximando



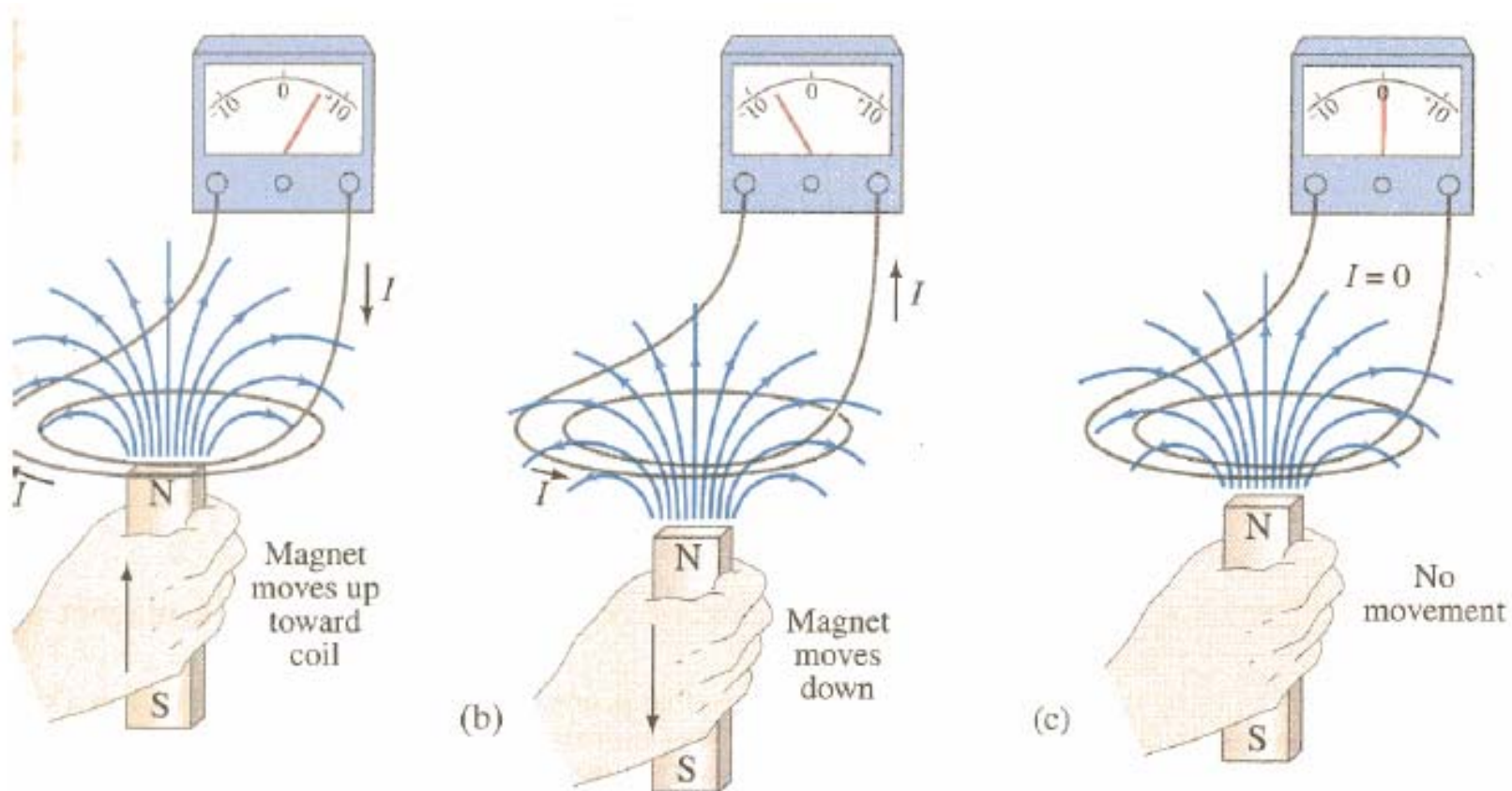
c) Ímã se afastando

Indução eletromagnética



Indução eletromagnética

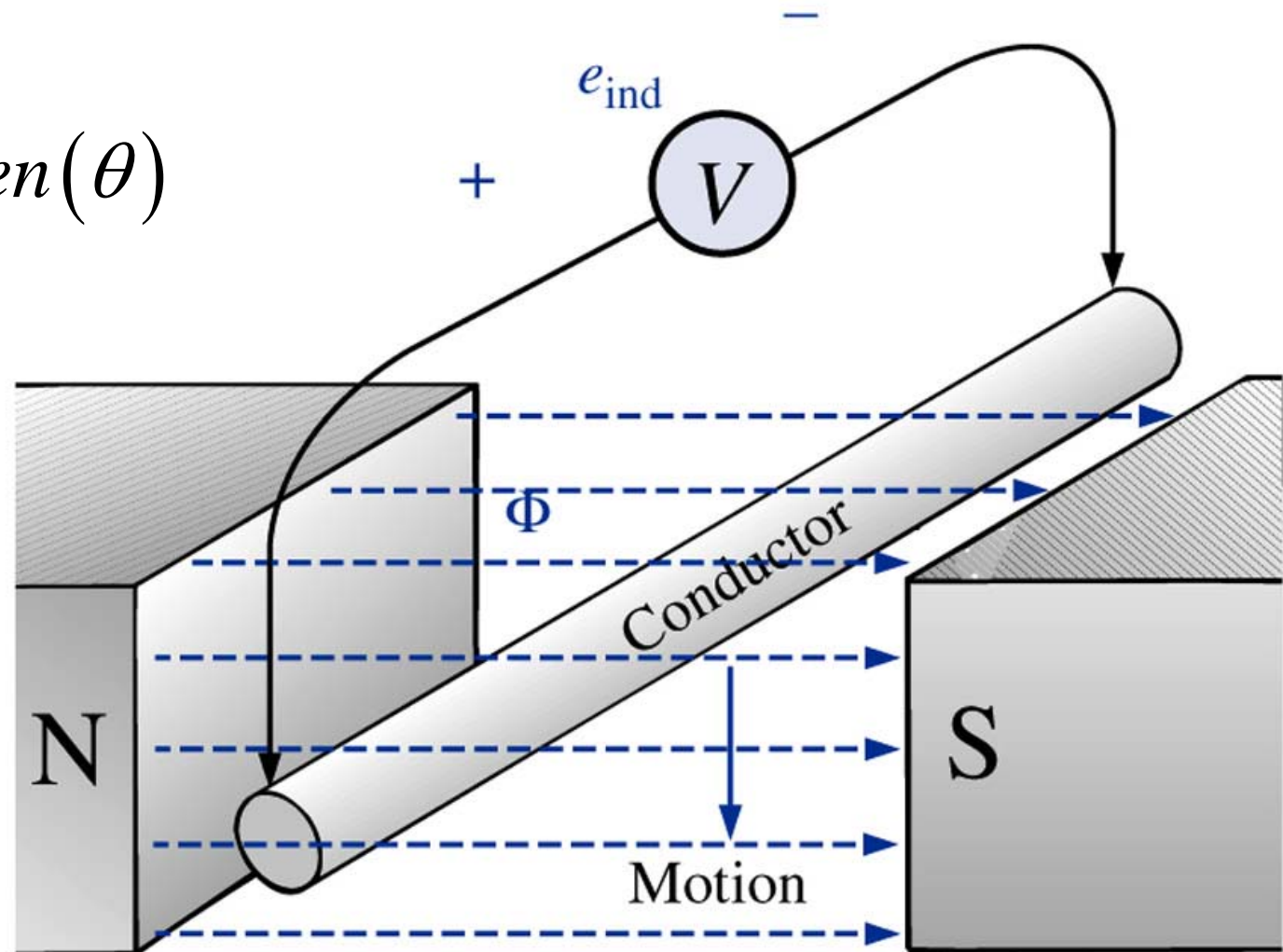
Com base nas leis da indução, explicar o comportamento do amperímetro na figura abaixo:



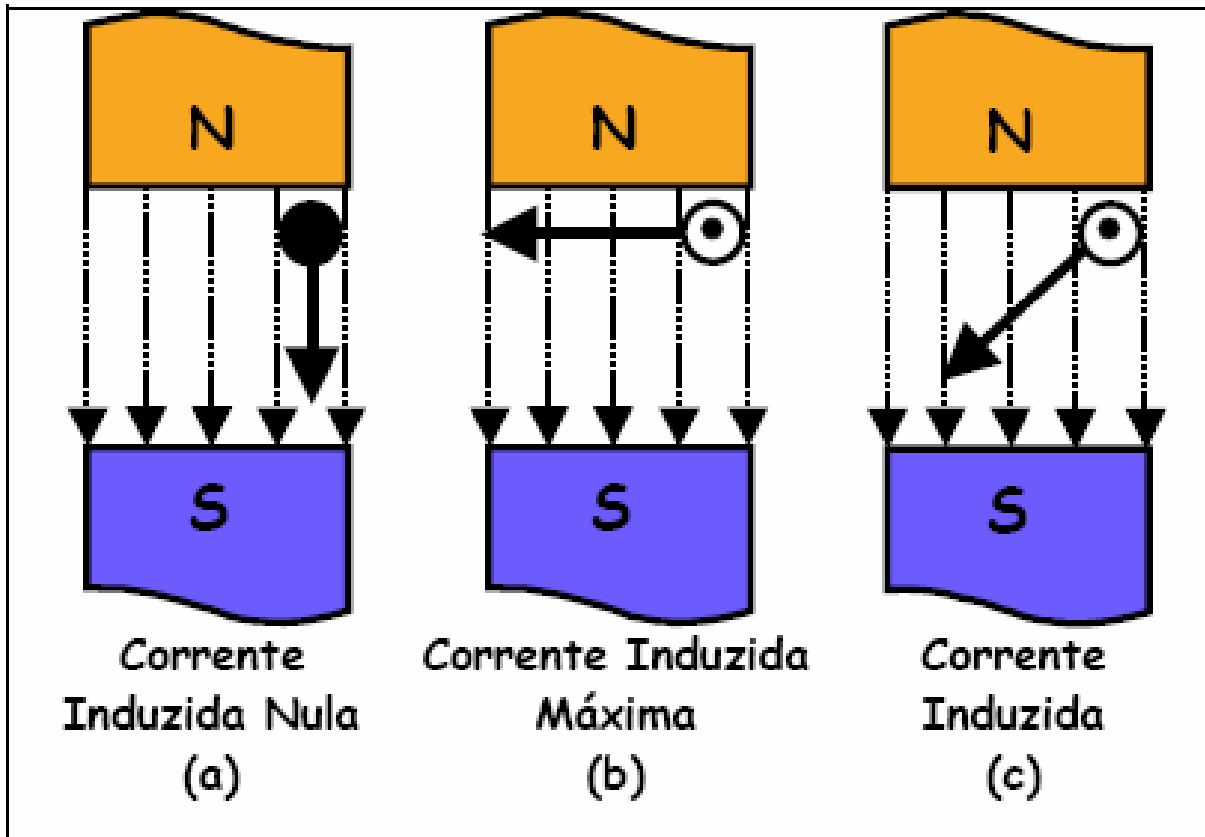
Tensão induzida em condutores num campo

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

$$\phi = B \cdot A \cdot \text{sen}(\theta)$$



Tensão induzida em condutores num campo



$$\theta = 0^\circ$$



$$\phi = 0$$

$$\theta = 90^\circ$$

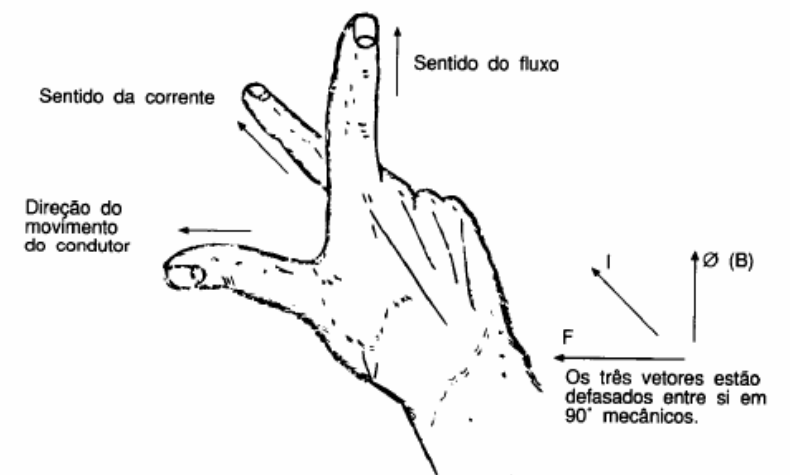


$$\phi = \phi_{\max}$$

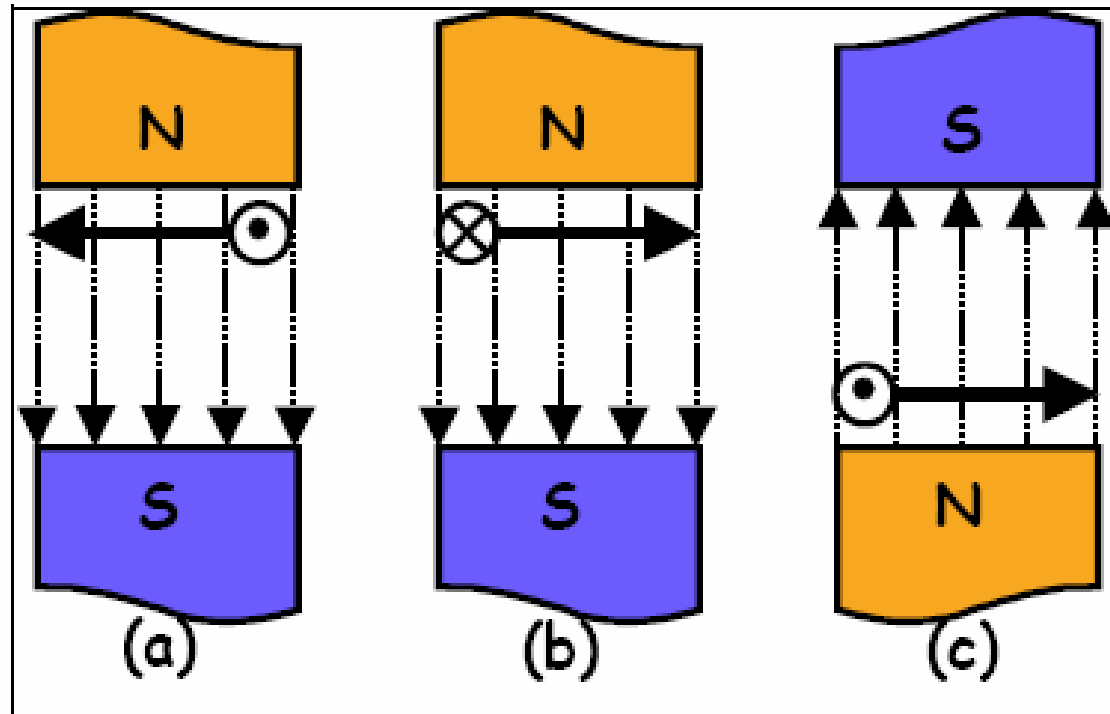
$$0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$



$$0 \leq \phi \leq \phi_{\max}$$



Tensão induzida em condutores num campo



Inversão na direção do movimento ou a polaridade do movimento, muda o sentido da corrente induzida.

Tensão induzida em condutores num campo

$$e = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\Delta\phi = B \cdot \Delta A \cdot \text{sen}90^\circ$$

$$B = \frac{\Delta\phi}{\Delta A}$$

$$e = - \frac{B \cdot \Delta A}{\Delta t}$$

$$e = - \frac{B \cdot (\Delta x \cdot \ell)}{\Delta t}$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$e = -B \cdot \ell \cdot v$$

e - Força Eletromotriz induzida num condutor que corta um campo magnético [V];

B - Densidade de Fluxo Magnético [T];

ℓ - comprimento ativo do condutor no campo magnético [m];

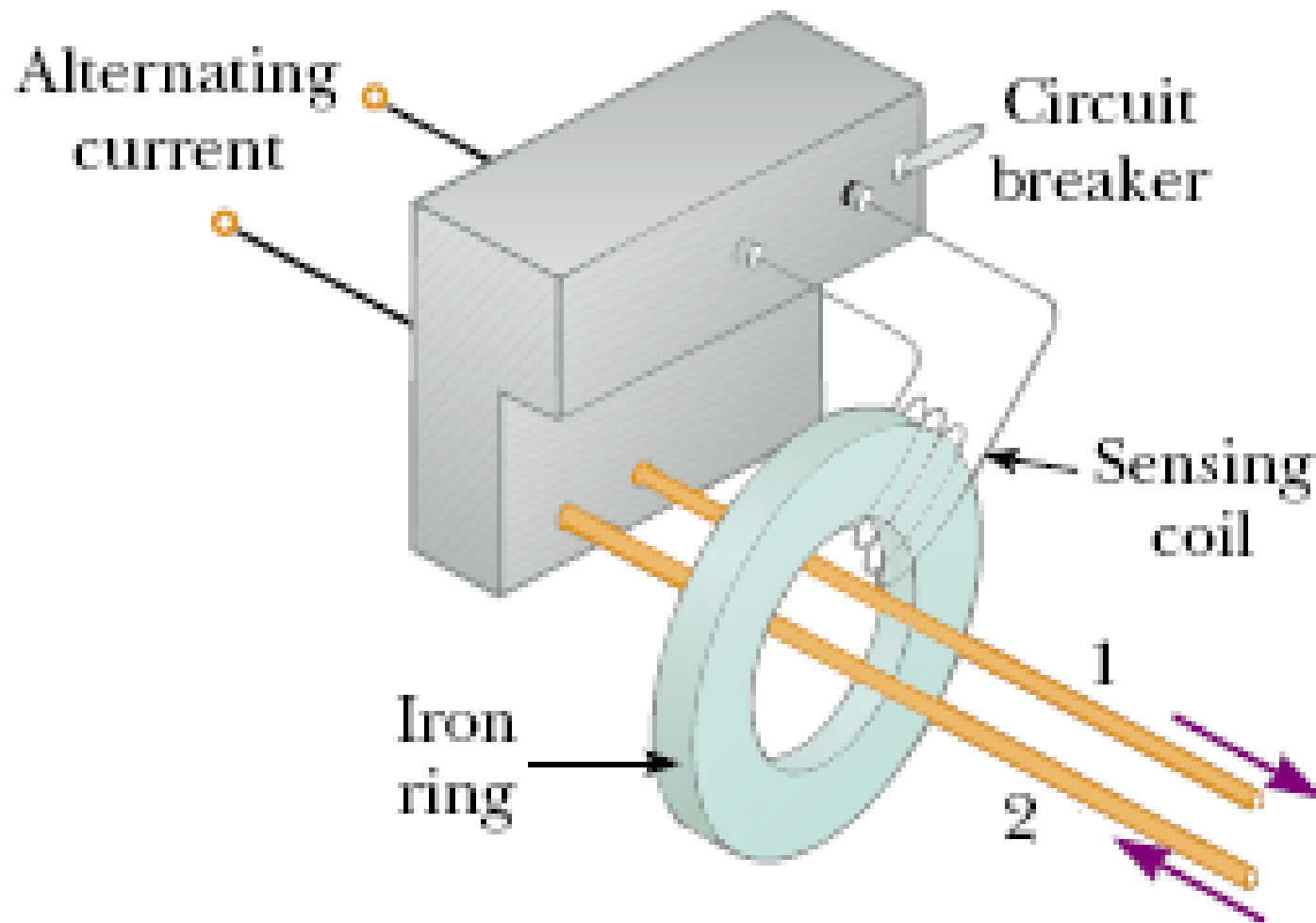
v - velocidade do condutor, perpendicular ao campo [m/s].

Tensão induzida em condutores num campo

A corrente pode ser induzida em um condutor através de três maneiras:

- a) O condutor é movido através de um campo magnético estacionário. Este princípio se aplica nos geradores de corrente contínua, por exemplo.
- b) O condutor está estacionário e o campo magnético se movimenta. Este princípio se aplica nos geradores de corrente alternada, por exemplo.
- c) O condutor e o eletroímã que gera o campo magnético estão estacionários e a corrente alternando do estado ligado para desligado causa a pulsação do campo magnético. Este princípio se aplica nas bobinas das velas de ignição nos motores dos automóveis e também nos transformadores.

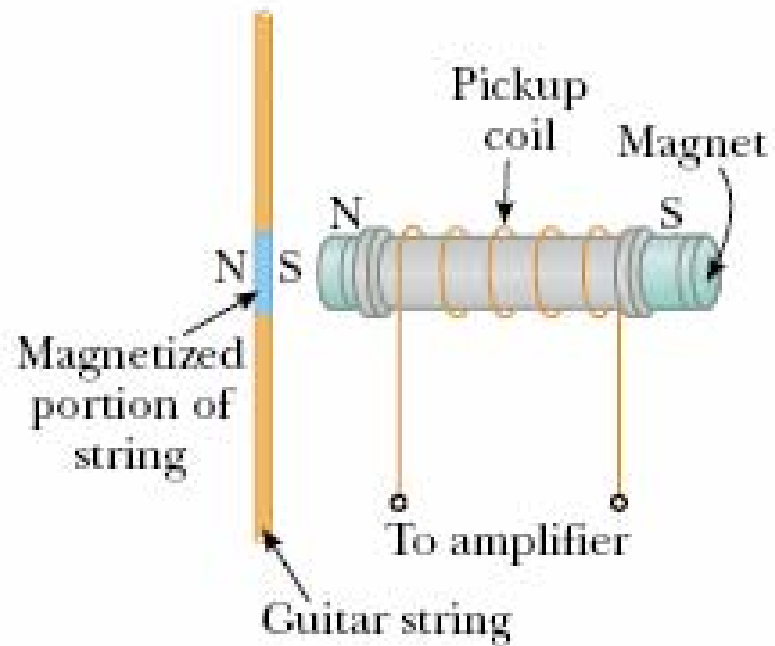
Aplicações – Disjuntor diferencial



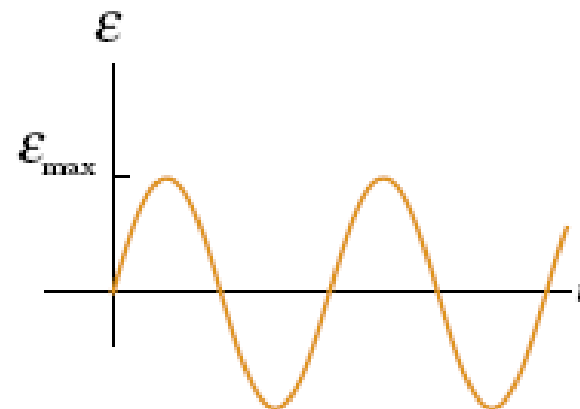
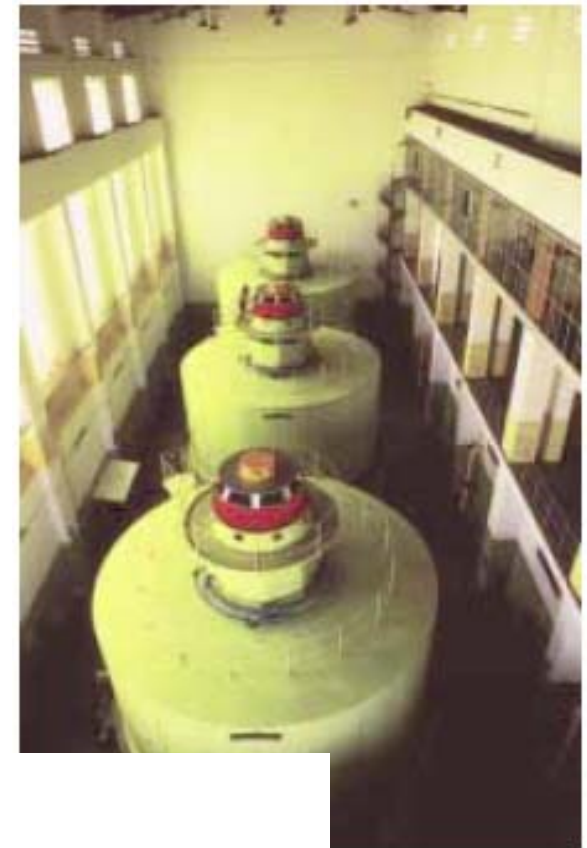
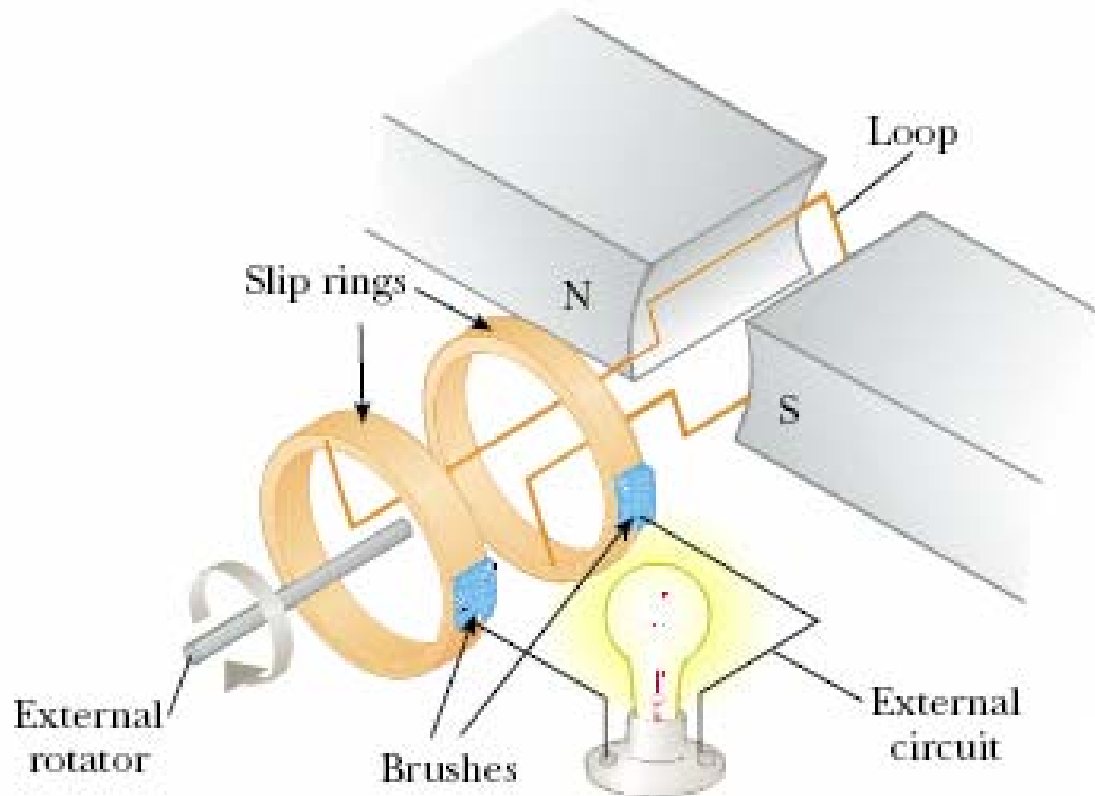
Aplicações – Forno ou panela de indução



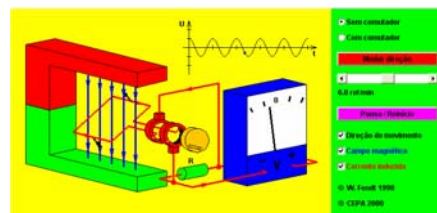
Aplicações – Guitarra elétrica



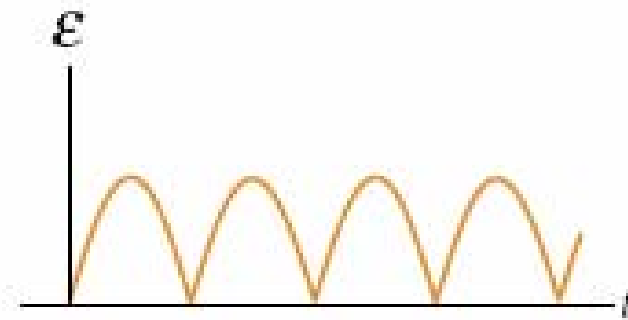
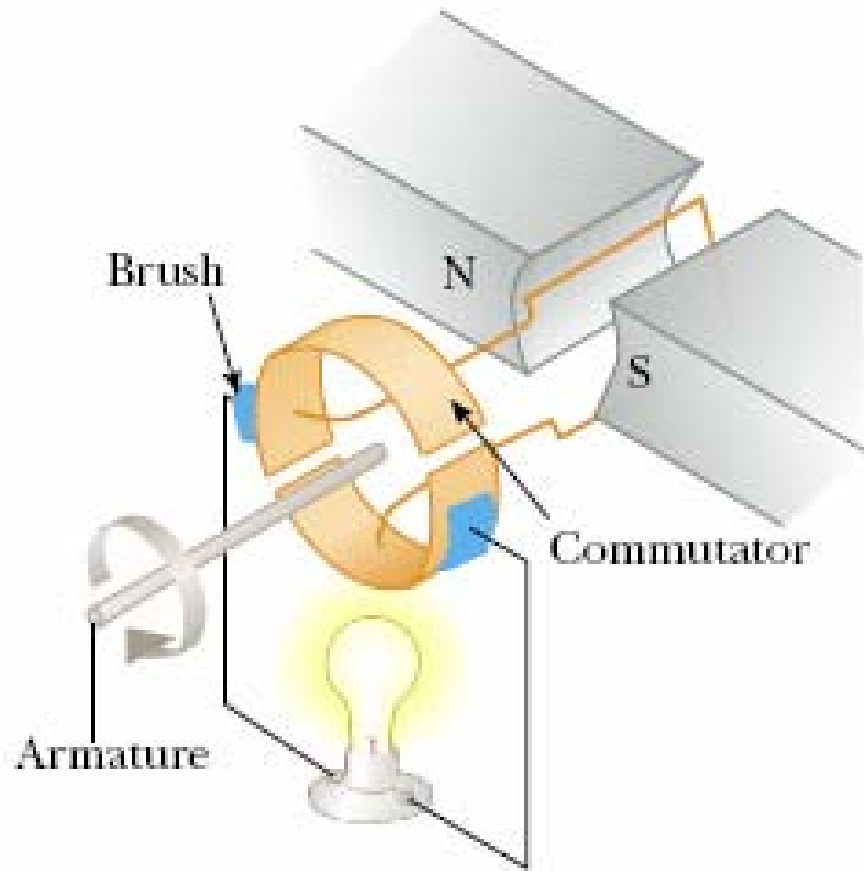
Aplicações – Geração de CA



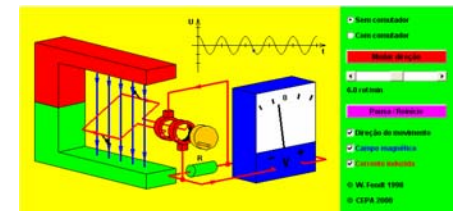
Applets em java →



Aplicações – Gerador CC



Applets em java →



Na próxima aula

Seqüência de conteúdos:

1. Auto-indução e indutância;
2. Indutores.