

Indução Eletromagnética

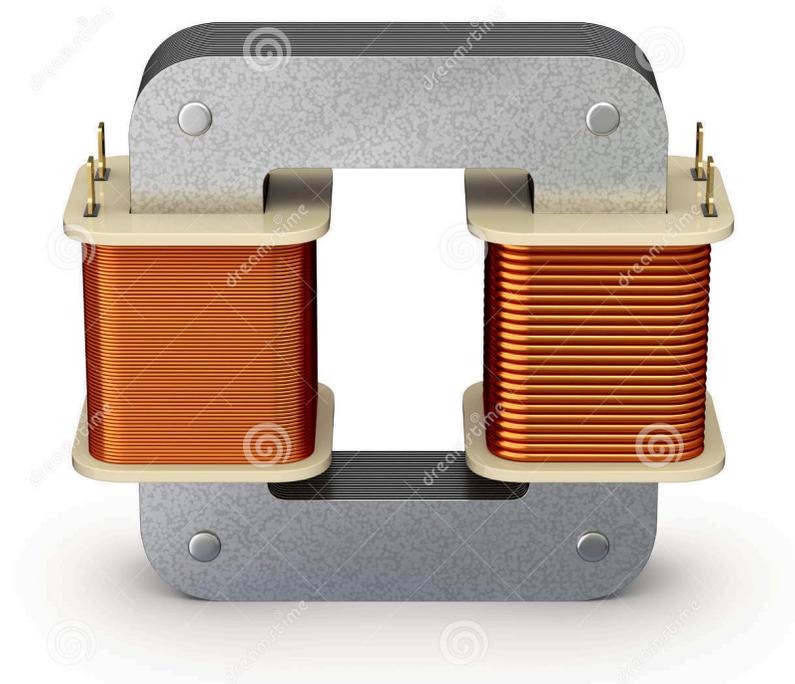
Prof. Simões

Objetivos dessa aula

- Entender o que diz a Lei de Faraday
- Entender como ela é complementada pela Lei de Lenz
- Compreender sua aplicação nos geradores elétricos
- Compreender sua aplicação dos transformadores de energia
- Calcular a tensão surgida em uma espira
- Entender o princípio básico do dimensionamento de um transformador elétrico

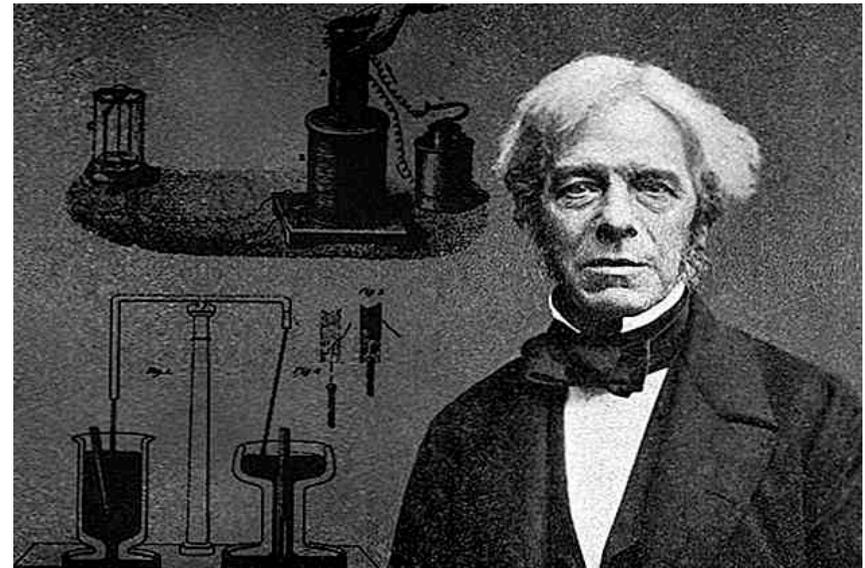
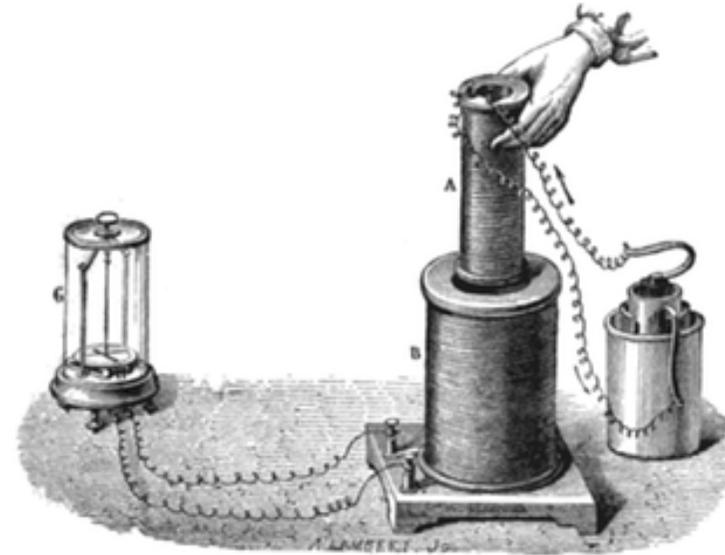
Problema exemplo

É necessário construir um transformador que altere a tensão de 110 V para 220V. A bobina primária (que será ligada em 110 V) tem 2000 espiras. (a) Quantas espiras deverá ter a bobina secundária? (b) Supondo que a corrente de entrada foi de 10 A, qual será a corrente de saída?



Lei de Faraday

- Em 1831, Michael Faraday demonstrou que um campo magnético em movimento induz o surgimento de uma corrente elétrica em um condutor

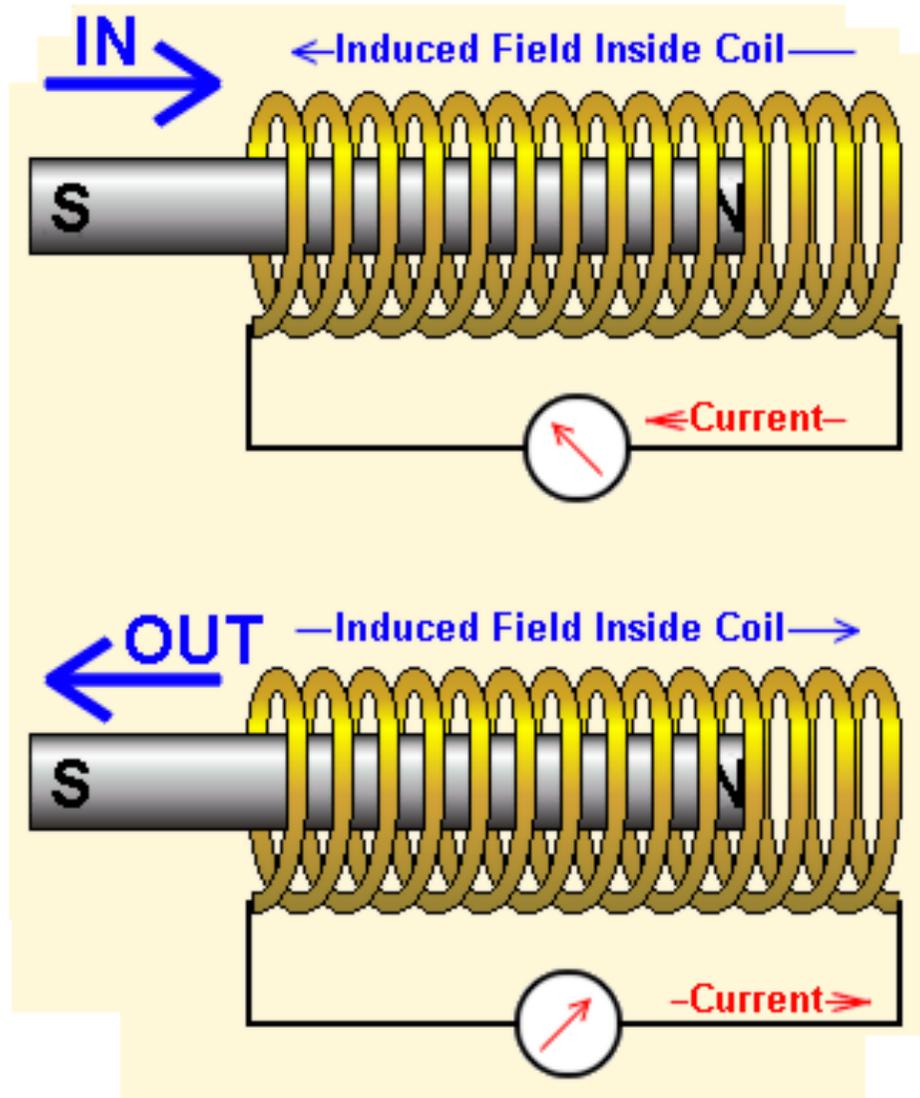


Lei de Faraday

$$|\mathcal{E}_m| = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

Se o fluxo do campo magnético que atravessa um circuito varia, ele fará surgir nesse circuito uma corrente elétrica.

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \mathbf{E} &= \rho \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{J}\end{aligned}$$



Fluxo magnético

- É a quantidade de campo magnético que atravessa uma seção

$$\phi_B = B \cdot A_{ef}$$

ou

$$\phi_B = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$



$\phi_B \Rightarrow$ Fluxo magnético, $T \cdot m^2$, ou Wb (Weber)

Fluxo magnético

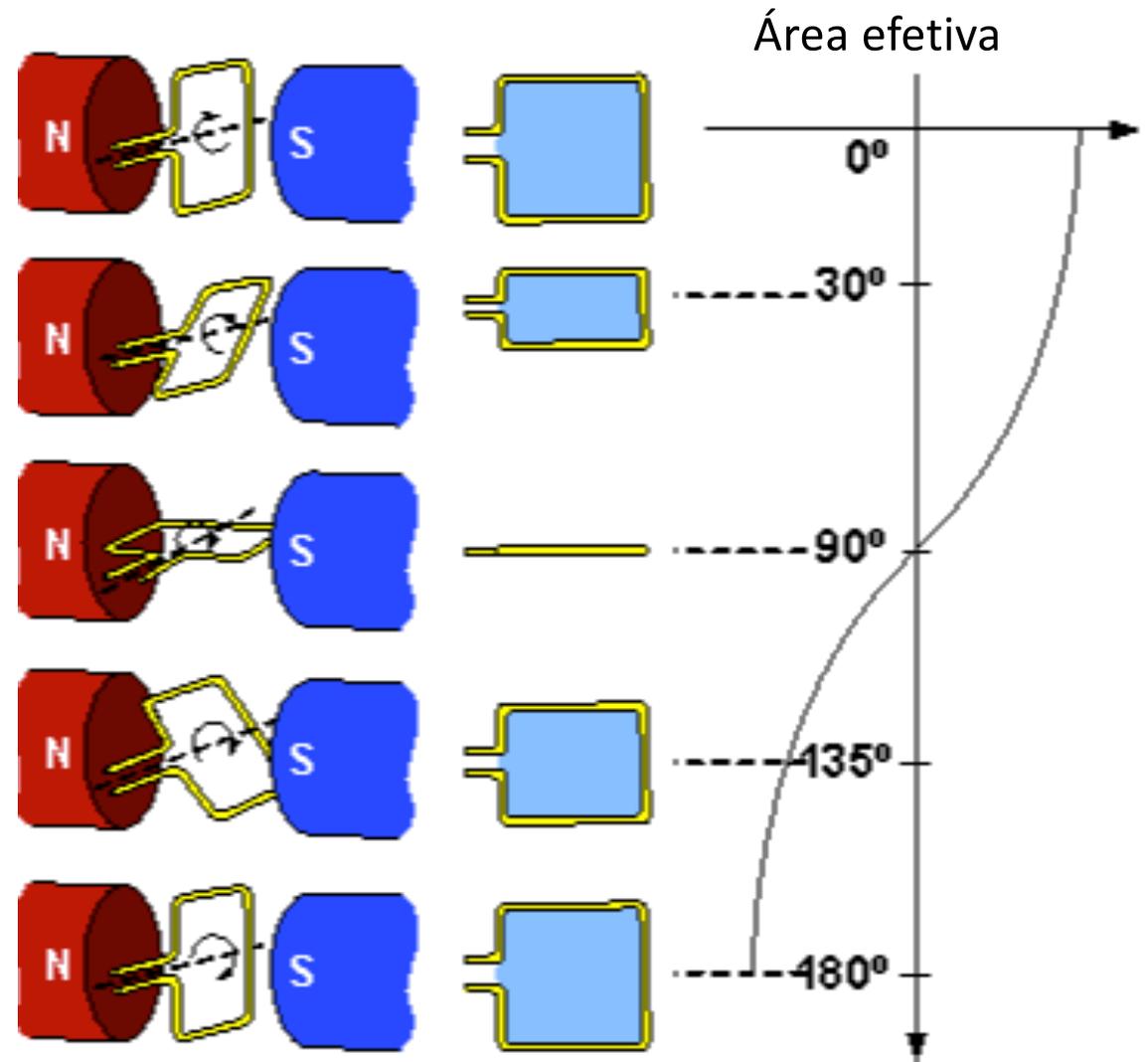
- No caso de uma espira, a área efetiva depende da inclinação

$$A_{ef} = A \cdot \cos \alpha$$

$A_{ef} \Rightarrow$ área efetiva, m^2

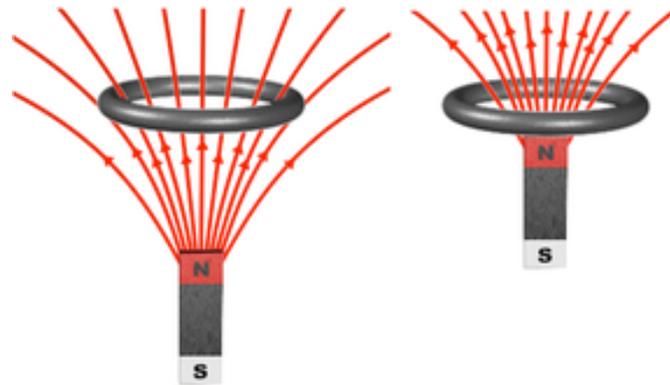
$A \Rightarrow$ área, m^2

$\alpha \Rightarrow$ ângulo entre o campo magnético e um vetor perpendicular à espira

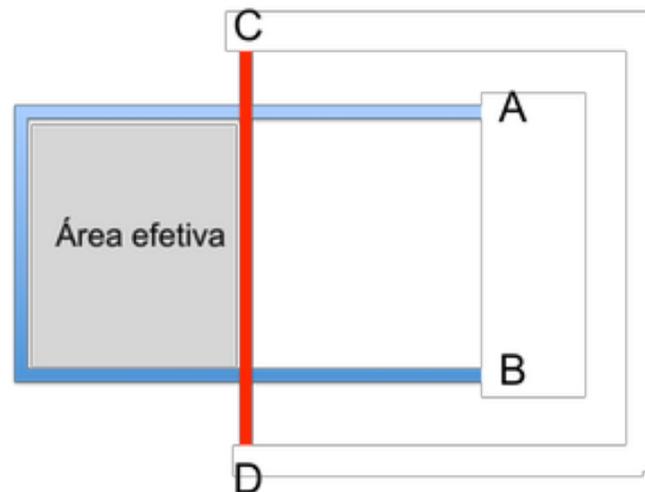


Variação do fluxo magnético

- Além da inclinação da espira, podemos variar o fluxo:
 - Por aproximação/afastamento

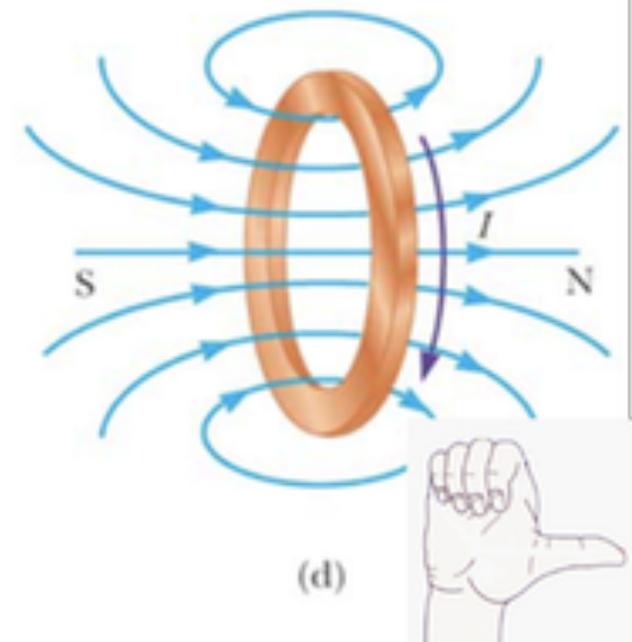
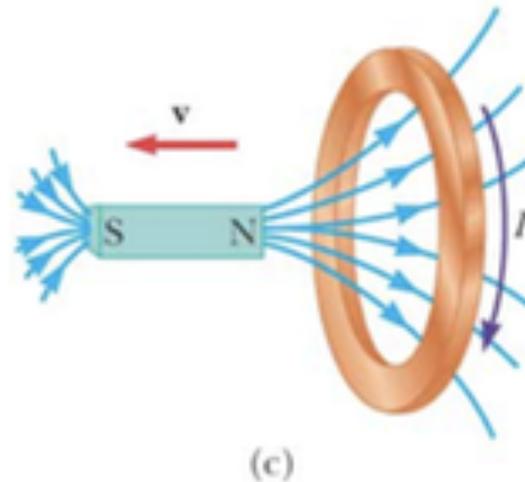
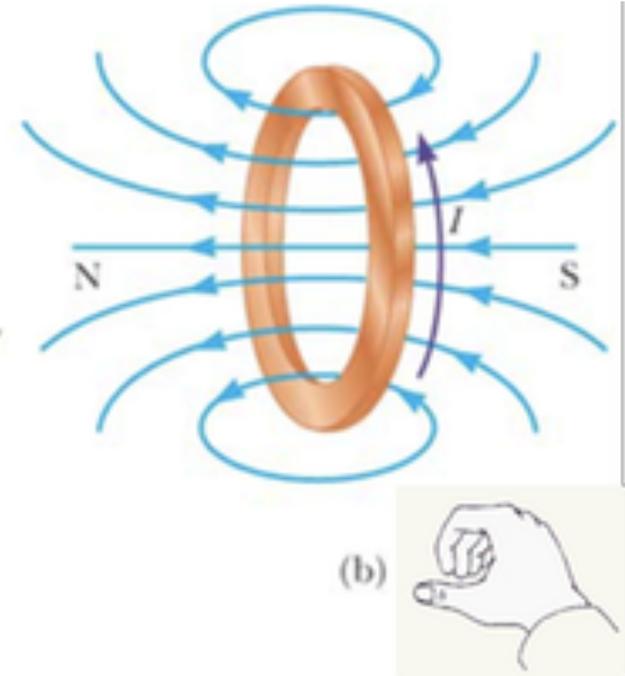
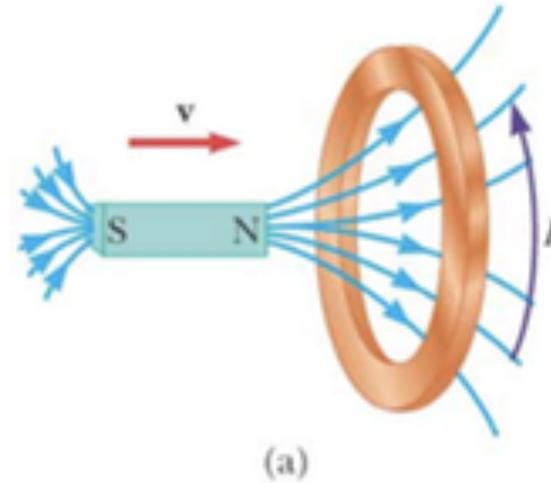


- Por variação no tamanho da espira



Lei de Lenz

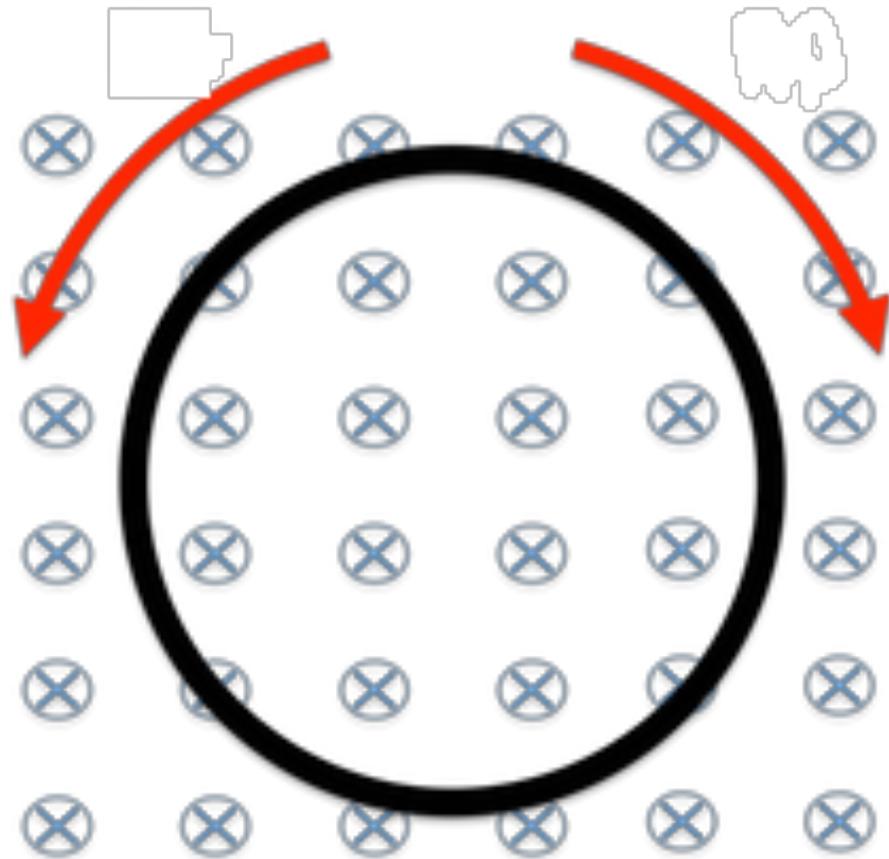
O sentido da corrente elétrica induzida é tal que seus efeitos se opõem à causa que lhe deu origem.



Exemplo

Uma espira está imersa em um campo magnético perpendicular ao seu plano e que está entrando no plano de leitura (afastando-se do leitor). Determine o sentido da corrente se o campo magnético B

- (a) aumenta com o tempo – isto é, a espira se aproxima do polo norte;
- (b) diminui com o tempo – isto é, ela se afasta do polo norte.

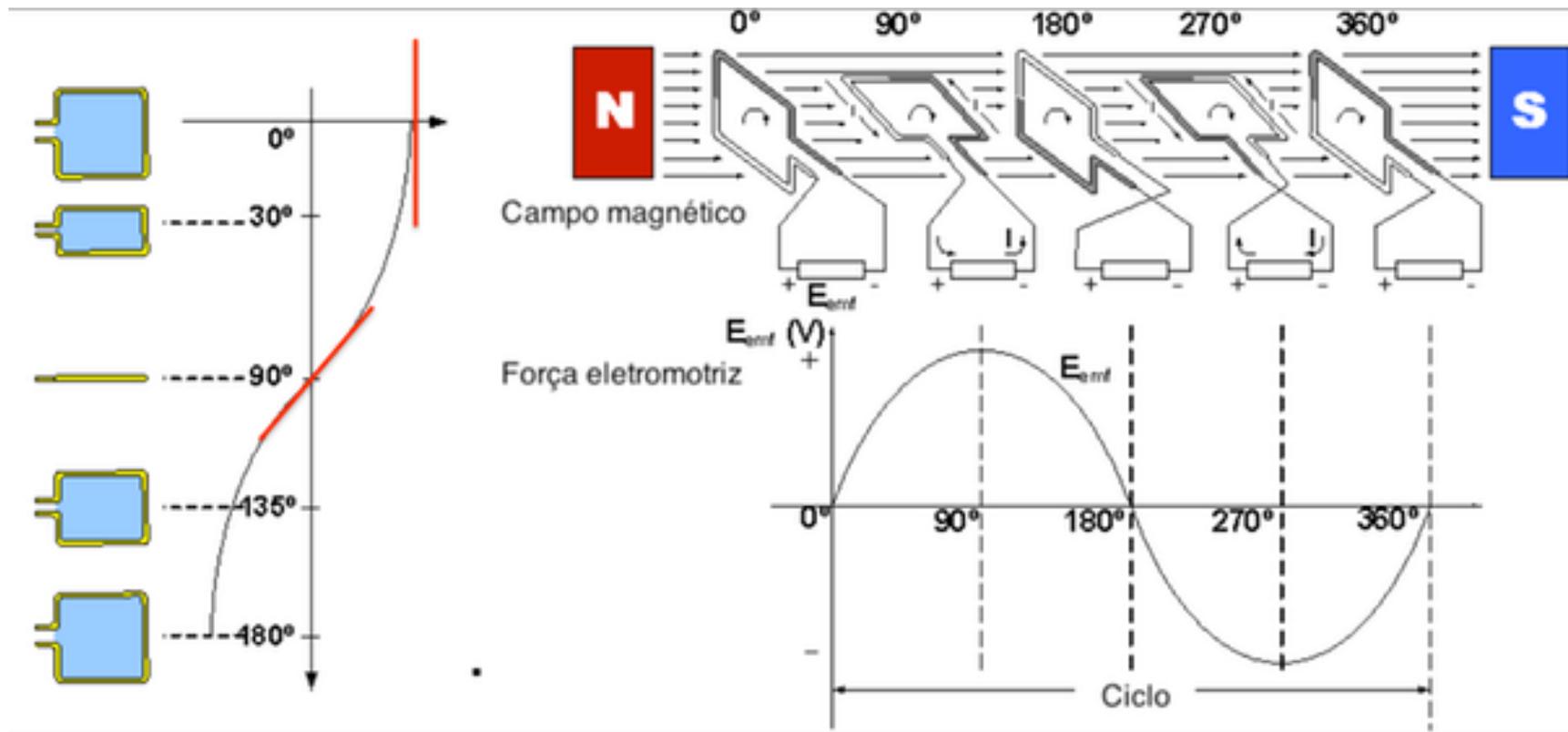


Força eletromotriz induzida

- A FEM será dada por:

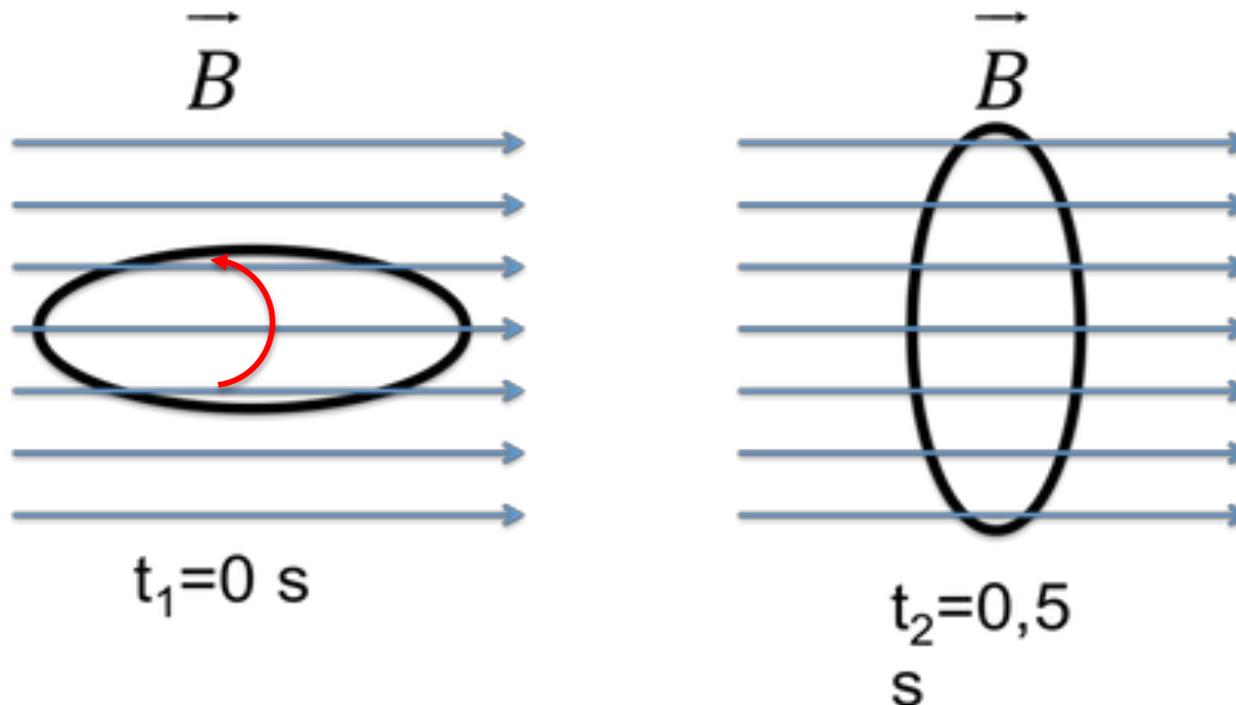
$$|\epsilon_m| = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

$$[\epsilon_m] = \frac{V \cdot s}{s} = V$$



Exemplo

- Uma espira circular de diâmetro de 6 cm de diâmetro está em posição inicial paralela a um campo magnético uniforme de intensidade $B=8,0 \times 10^{-2}$ T. A espira é girada de 90° em um intervalo de tempo de 0,5s. Determine o valor absoluto da força eletromotriz induzida média nesse intervalo.



Resolução

Área da espira:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow A = \frac{\pi \cdot 0,06^2}{4} \Rightarrow A = 2,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Fluxo magnético inicial e final:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$

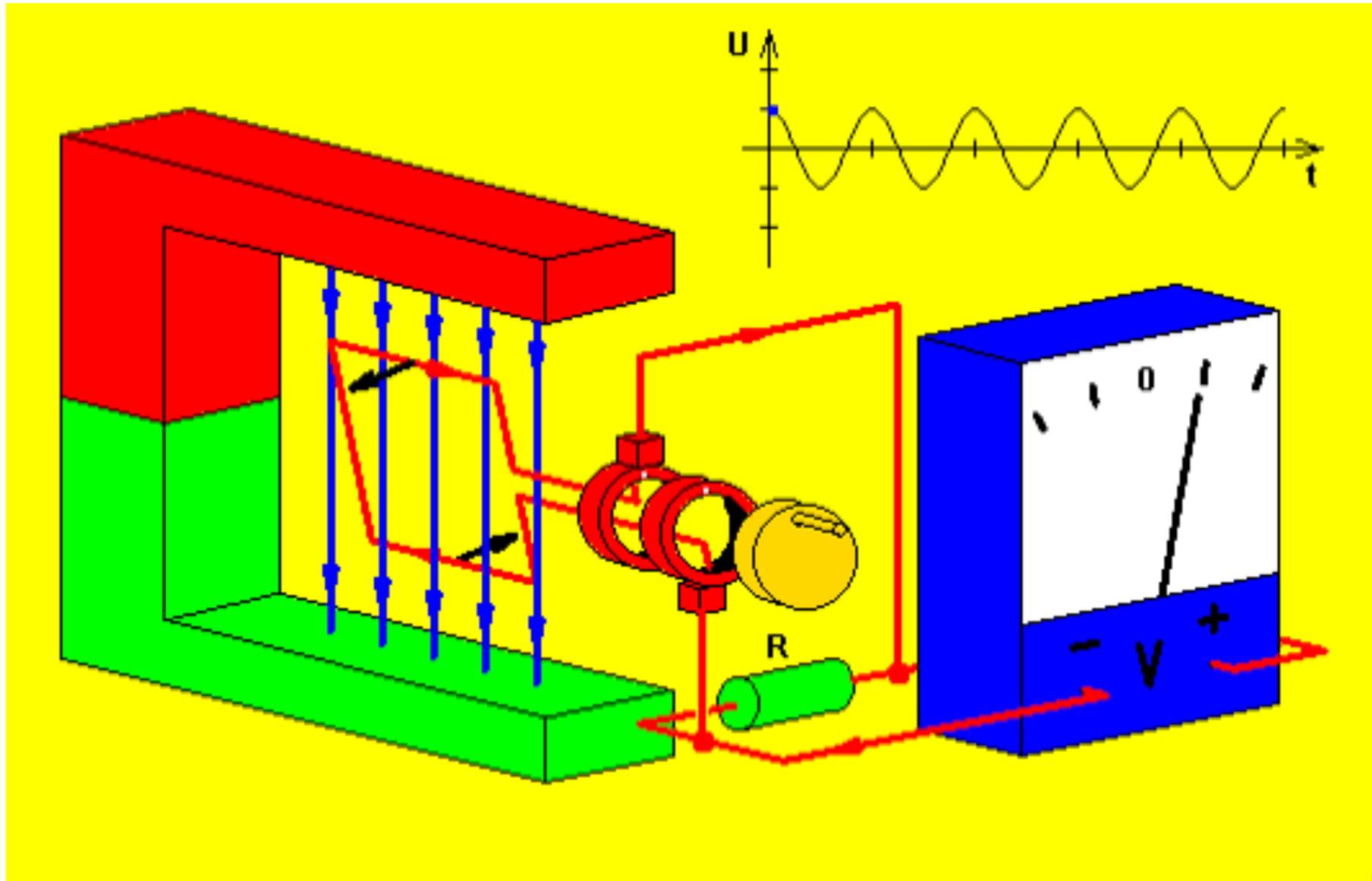
$$\Phi_1 = 8,0 \cdot 10^{-2} \cdot 2,83 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 90^\circ \Rightarrow \Phi_1 = 0 \text{ Wb}$$

$$\Phi_2 = 8,0 \cdot 10^{-2} \cdot 2,83 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 0^\circ \Rightarrow \Phi_2 = 2,26 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

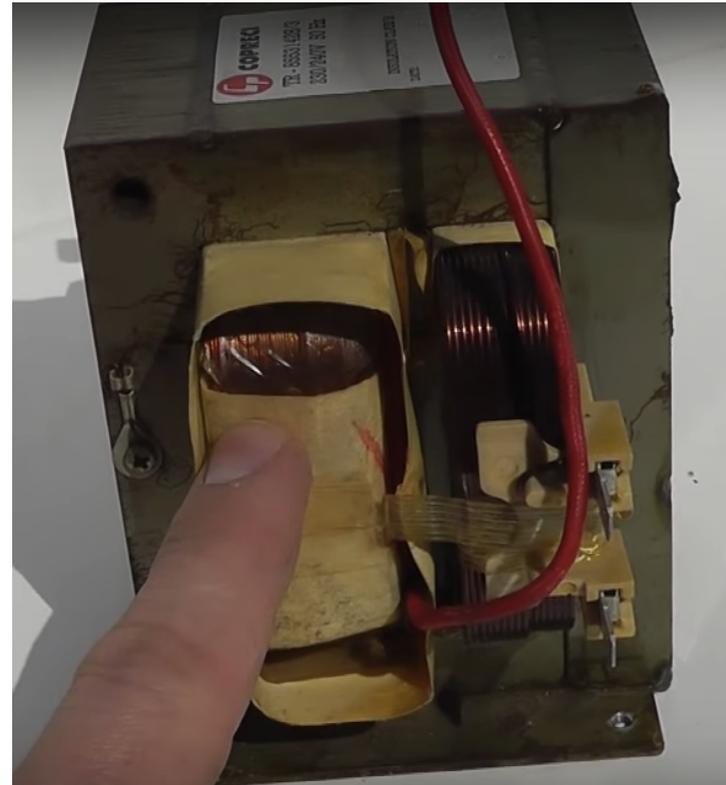
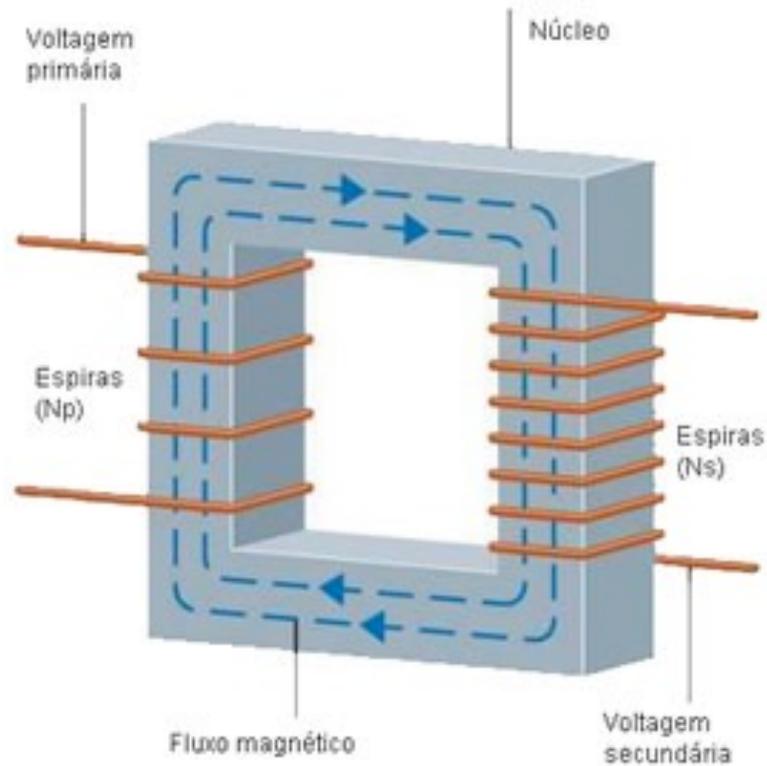
Força eletromotriz:

$$|\epsilon_m| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\epsilon_m| = \frac{2,26 \cdot 10^{-4} - 0}{0,5} \Rightarrow |\epsilon_m| = 4,52 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

Aplicação: gerador



Aplicação: transformadores



$$\frac{V_P}{n_P} = \frac{V_S}{n_S}$$

$$P_P = P_S$$

Exemplo

- Por exemplo, é necessário construir um transformador que altere a tensão de 110 V para 220V. A bobina primária (que será ligada em 110 V) tem 2000 espiras. (a) Quantas espiras deverá ter a bobina secundária? (b) Supondo que a corrente de entrada foi de 10 A, qual será a corrente de saída?

Resolução

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \Rightarrow \frac{220}{110} = \frac{N_s}{2000}$$

$$N_2 = \frac{220 \cdot 2000}{110} \Rightarrow N_2 = 4000 \text{ espiras}$$

$$P = V \cdot i$$

$$P_p = P_s \Rightarrow V_p \cdot i_p = V_s \cdot i_s$$

$$110 \cdot 10 = 220 \cdot i_s \Rightarrow i_s = \frac{110 \cdot 10}{220} \Rightarrow i_s = 5 \text{ A}$$