

## Indução eletromagnética: lei de Faraday-Neumann

Aula 58 / Pg. 271 / Apostila 8

Apresentação e demais documentos: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

## 1. Lei de Faraday - Neumann

“A força eletromotriz induzida média em uma espira corresponde à variação temporal do fluxo magnético”

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|\Phi_f - \Phi_i|}{\Delta t}$$

- $\varepsilon$  : força eletromotriz – SI: V
- $\Delta\Phi$ : variação do fluxo magnético – SI: Wb
- $\Delta t$ : intervalo de tempo – SI: s

*Revisão de eletrodinâmica*

$$U = \varepsilon$$

$$U = R \cdot i$$

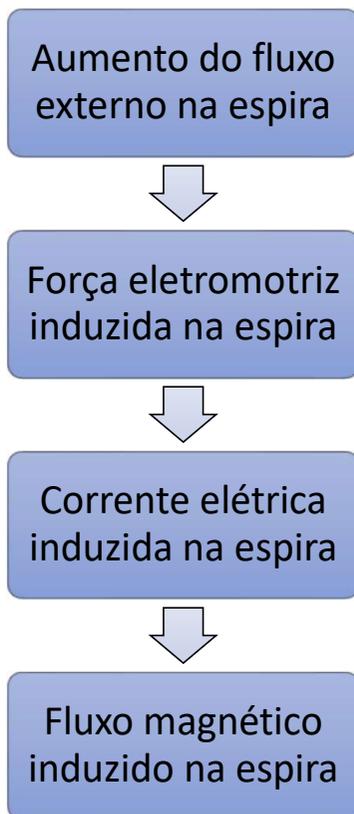


$$P = R \cdot i^2$$

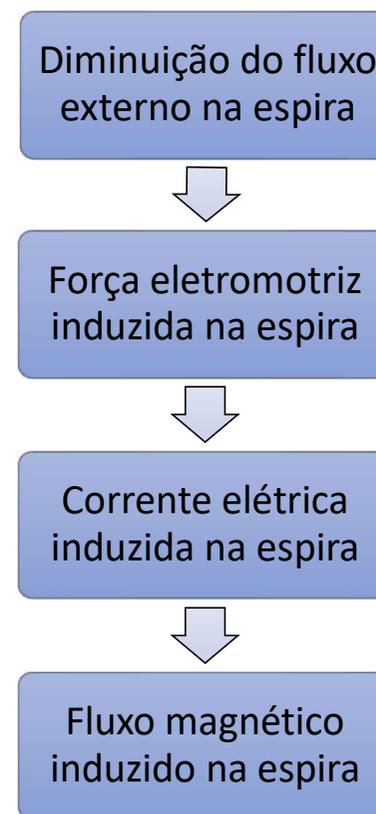
$$P = U \cdot i$$

$$P = U^2/R$$

## 2. Indução eletromagnética

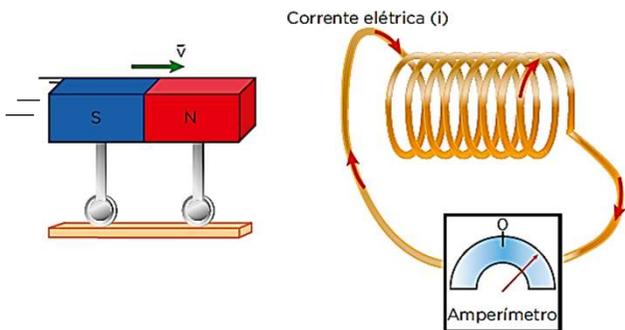


Fluxo devido ao agente externo aumenta  
fluxo induzido na espira tem o objetivo de diminuí-lo



Fluxo devido ao agente externo diminui  
fluxo induzido na espira tem o objetivo de aumentá-lo

2. Alteração do fluxo por meio da variação do campo magnético  $\Phi = A \cdot B \cdot \cos \alpha$



Ímã se aproxima

B: aumenta

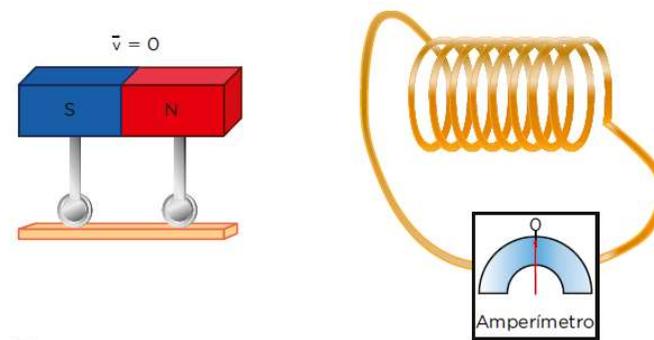
*Aumento do fluxo (variação)*  
há corrente elétrica

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \neq 0$$

$$\Delta\Phi = \Phi_f - \Phi_i$$

$$\Delta\Phi = A \cdot B_f - A \cdot B_i$$

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|A \cdot (B_f - B_i)|}{\Delta t}$$



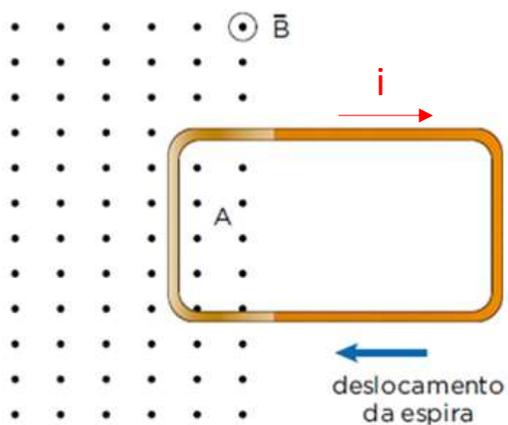
Ímã fica em repouso

B: constante

*Fluxo contante*  
não há corrente elétrica

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = 0$$

3. Alteração do fluxo por meio da variação área da espira imersa no campo  $\Phi = A \cdot B \cdot \cos \alpha$



Espira **entrando**

A: aumenta

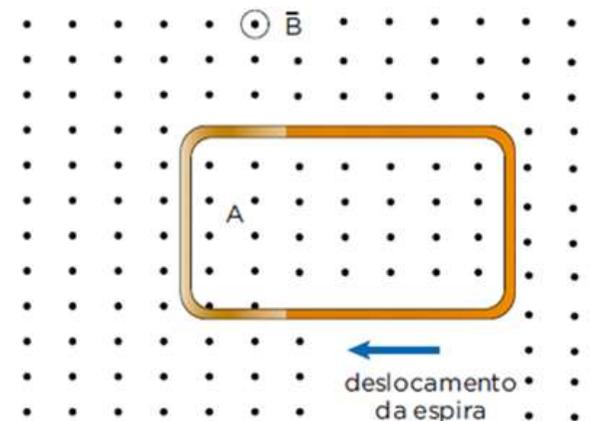
*Aumento do fluxo (variação)*  
há corrente elétrica

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \neq 0$$

$$\Delta\Phi = \Phi_f - \Phi_i$$

$$\Delta\Phi = A_f \cdot B - A_i \cdot B$$

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|B \cdot (A_f - A_i)|}{\Delta t}$$



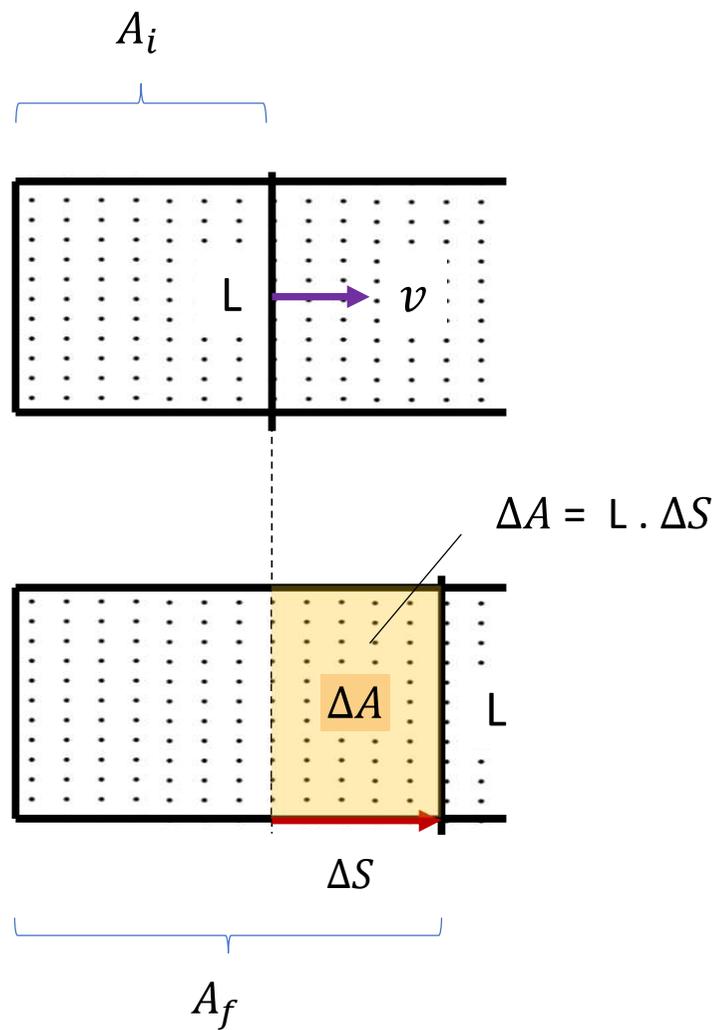
Espira **toda dentro do campo**

A: constante

*Fluxo contante*  
não há corrente elétrica

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = 0$$

4. Alteração do fluxo por meio da variação área da espira  $\Phi = A \cdot B \cdot \cos \alpha$



$$\Phi_f = A_f \cdot B$$

$$\Phi_i = A_i \cdot B$$

$$\varepsilon = \frac{|\Phi_f - \Phi_i|}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{B \cdot (A_f - A_i)}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{B \cdot (\Delta A)}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{B \cdot (L \cdot \Delta S)}{\Delta t}$$

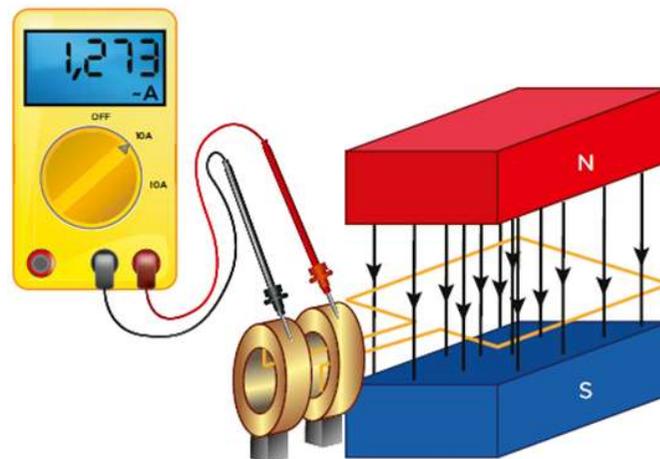
$$\boxed{\varepsilon = B \cdot L \cdot v}$$

5. Alteração do fluxo por meio da variação do ângulo —  $\Phi = A \cdot B \cdot \cos \alpha$

$$\Delta\Phi = \Phi_f - \Phi_i$$

$$\Delta\Phi = AB\cos\alpha_f - AB\cos\alpha_i$$

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|A \cdot B \cdot (\cos\alpha_f - \cos\alpha_i)|}{\Delta t}$$



Espira **girando**

$\alpha$ : varia

*Aumento ou diminuição do fluxo (variação)*  
há corrente elétrica

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \neq 0$$

Espira **em repouso**

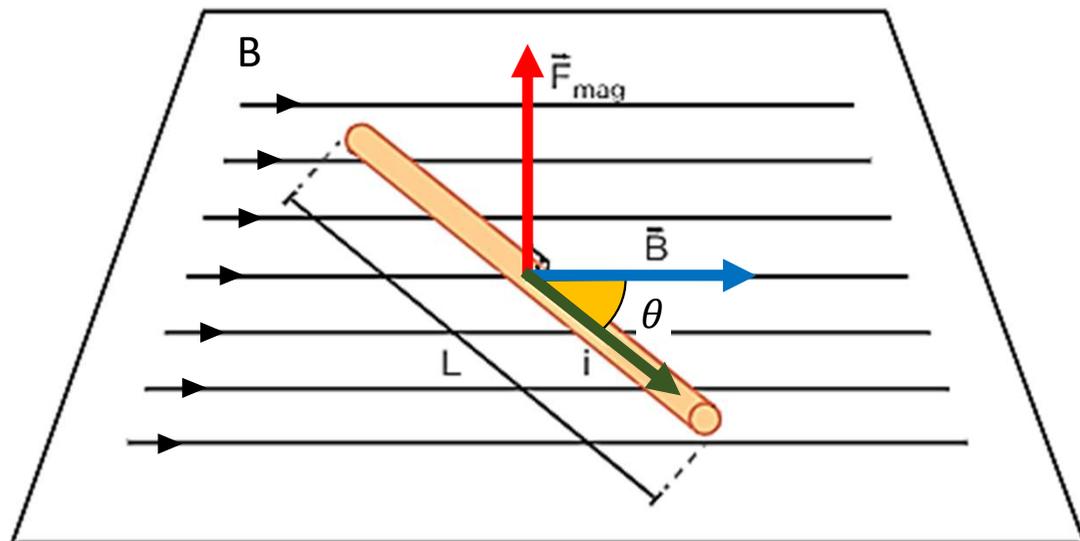
$\alpha$ : constante

*Fluxo contante*  
não há corrente elétrica

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = 0$$

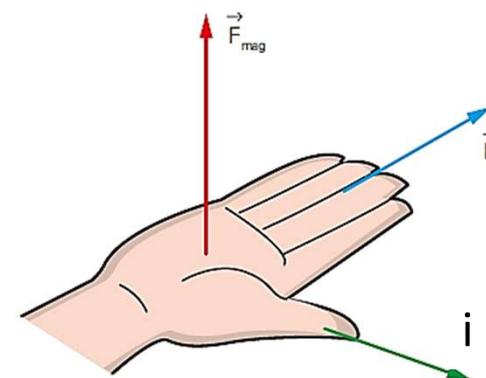
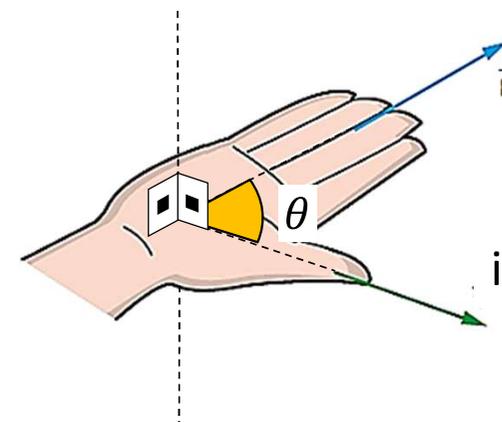
## 6. Assunto extra: força magnética sobre fio com direção oblíqua ao campo

- $\vec{F}_m$  {
- Intensidade:  $F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \sin \theta$
  - Direção: perpendicular ao plano formado por  $\vec{B}$  e  $i$
  - Sentido: regra da mão direita n.º 2

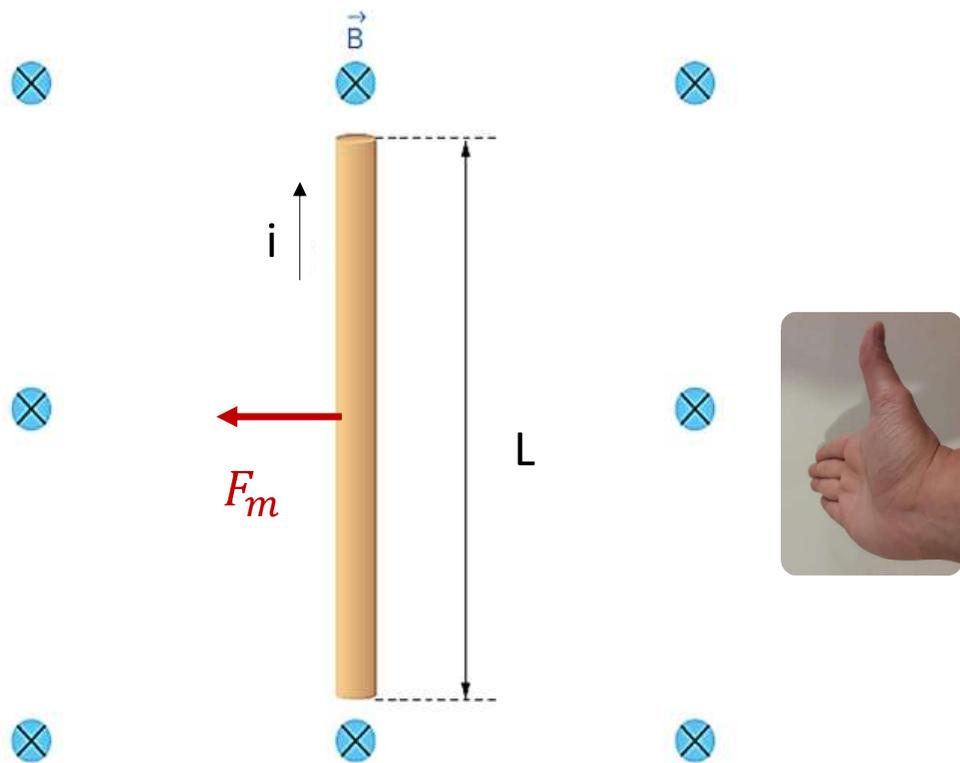


Atenção!

- O campo  $B$  mostrado foi gerado por um agente externo
- O campo gerado pela corrente  $i$  não causa força sobre o fio



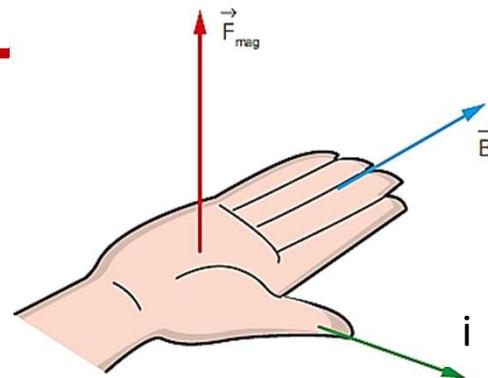
## 6. Assunto extra: fio perpendicular ao campo magnético



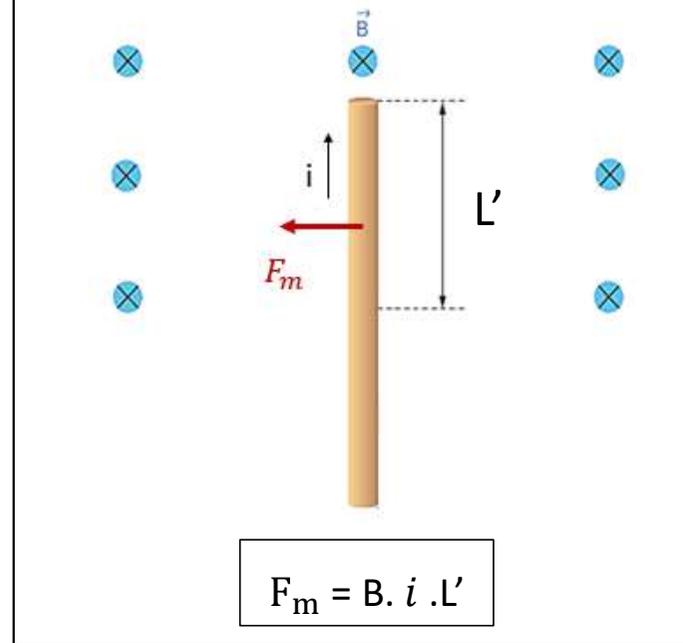
$$F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \sin \theta$$

$$\theta = 90^\circ \quad \sin \theta = 1$$

$$F_m = B \cdot i \cdot L$$



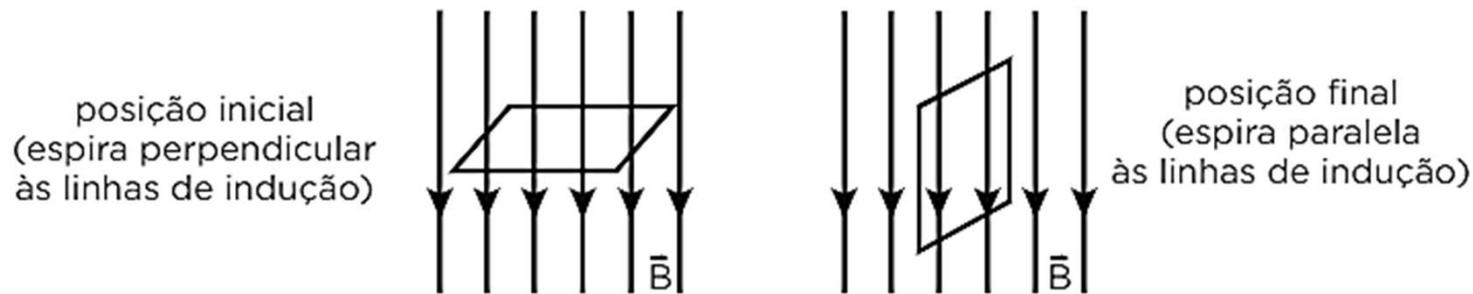
Atenção: fio parcialmente imerso



$$F_m = B \cdot i \cdot L'$$

## Exercícios da apostila

1. (Acafe-SC) A principal aplicação da Indução Magnética, ou Eletromagnética, é a sua utilização na obtenção de energia. Podem-se produzir pequenas f.e.m. com um experimento bem simples. Considere uma espira quadrada com 0,4 m de lado que está totalmente imersa num campo magnético uniforme (intensidade  $B = 5,0 \text{ Wb/m}^2$ ) e perpendicular às linhas de indução. Gira-se essa espira até que ela fique paralela às linhas de campo.



Sabendo-se que a espira acima levou 0,2 segundo para ir da posição inicial para a final, a alternativa correta que apresenta o valor em módulo da f.e.m. induzida na espira, em volts, é:

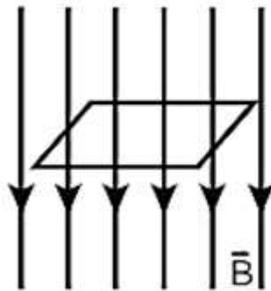
- a) 1,6
- b) 8
- c) 4
- d) 0,16

1. (Acafe-SC) A principal aplicação da Indução Magnética, ou Eletromagnética, é a sua utilização na obtenção de energia. Podem-se produzir pequenas f.e.m. com um experimento bem simples. Considere uma espira quadrada com 0,4 m de lado que está totalmente imersa num campo magnético uniforme (intensidade  $B = 5,0 \text{ Wb/m}^2$ ) e perpendicular às linhas de indução. Gira-se essa espira até que ela fique paralela às linhas de campo.

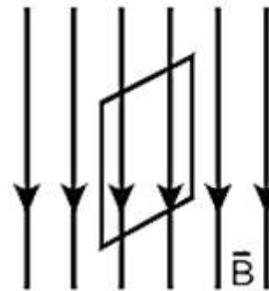
Sabendo-se que a espira acima levou 0,2 segundo para ir da posição inicial para a final, a alternativa correta que apresenta o valor em módulo da f.e.m. induzida na espira, em volts, é:

$$A = 0,4 \times 0,4 = 0,16 \text{ m}^2$$

posição inicial  
(espira perpendicular  
às linhas de indução)



posição final  
(espira paralela  
às linhas de indução)



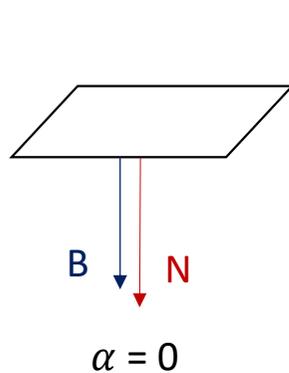
$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|\Phi_f - \Phi_i|}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|0 - 0,8|}{0,2}$$

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

$$\Phi_i = 0,16 \cdot 5 \cdot \cos 0$$

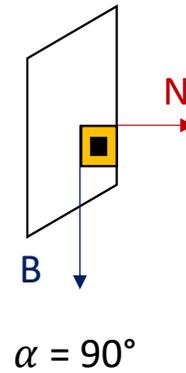
$$\Phi_i = 0,8 \text{ Wb}$$



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

$$\Phi_f = 0,16 \cdot 5 \cdot \cos 90^\circ$$

$$\Phi_f = 0$$

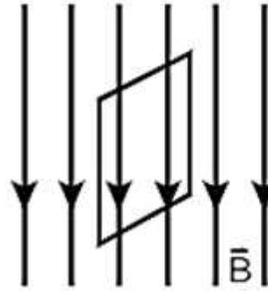
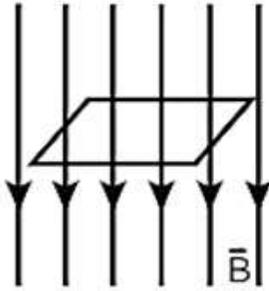


$$\varepsilon = 4 \text{ V}$$

Alternativa c

1.

posição inicial  
(espira perpendicular  
às linhas de indução)



posição final  
(espira paralela  
às linhas de indução)

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|\Phi_f - \Phi_i|}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|0 - 0,8|}{0,2}$$

$$\varepsilon = 4 \text{ V}$$

### Extra supimpa

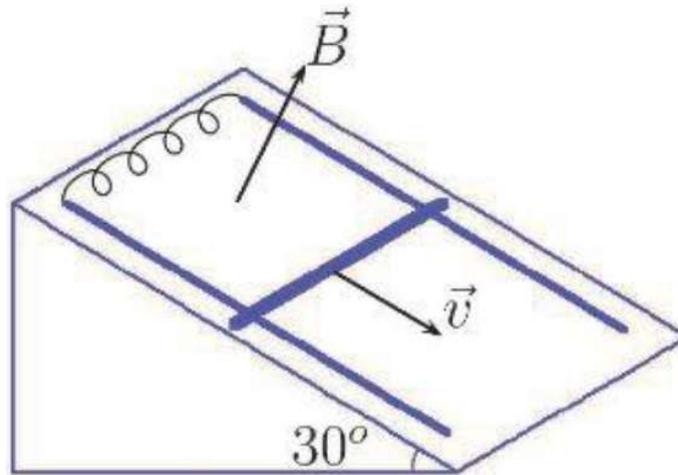
Considere que a espira tenha resistência elétrica de  $8 \Omega$ . Calcule a intensidade da corrente elétrica induzida e a potência dissipada.

$$U = \varepsilon = 4 \text{ V}$$

$$U = R \cdot i \rightarrow i = \frac{U}{R} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ A}$$

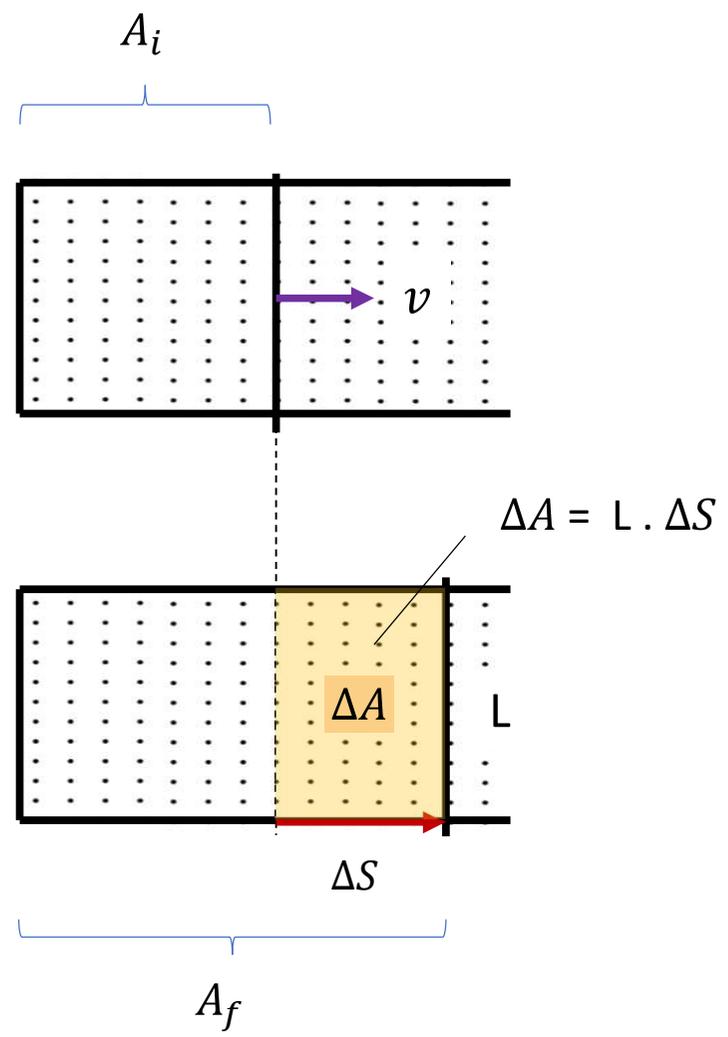
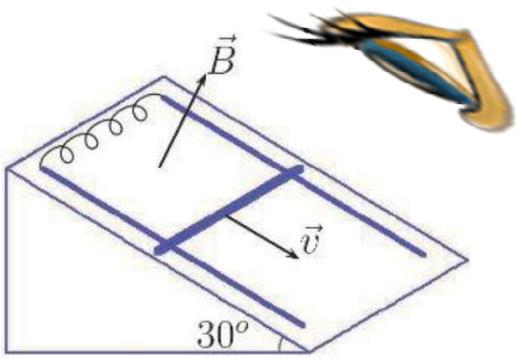
$$P = U \cdot i = 4 \cdot 0,5 = 2 \text{ W}$$

2. (ITA-SP) Uma haste metálica com 5,0 kg de massa e resistência de  $2,0 \Omega$  desliza sem atrito sobre duas barras paralelas separadas de 1,0 m, interligadas por um condutor de resistência nula e apoiadas em um plano de  $30^\circ$  com a horizontal, conforme a figura.



Tudo encontra-se imerso num campo magnético  $B$ , perpendicular ao plano do movimento, e as barras de apoio têm resistência e atrito desprezíveis. Considerando que após deslizar durante um certo tempo a velocidade da haste permanece constante em 2,0 m/s, assinale o valor do campo magnético.

- a) 25,0 T
- b) 20,0 T
- c) 15,0 T
- d) 10,0 T
- e) 5,0 T



$$\Phi_f = A_f \cdot B$$

$$\Phi_i = A_i \cdot B$$

$$\varepsilon = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|\Phi_f - \Phi_i|}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{B \cdot (A_f - A_i)}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{B \cdot (\Delta A)}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{B \cdot (L \cdot \Delta S)}{\Delta t}$$

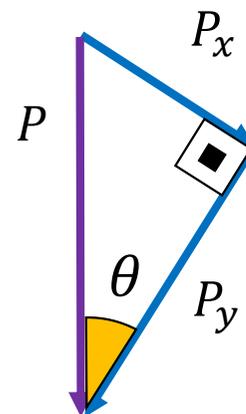
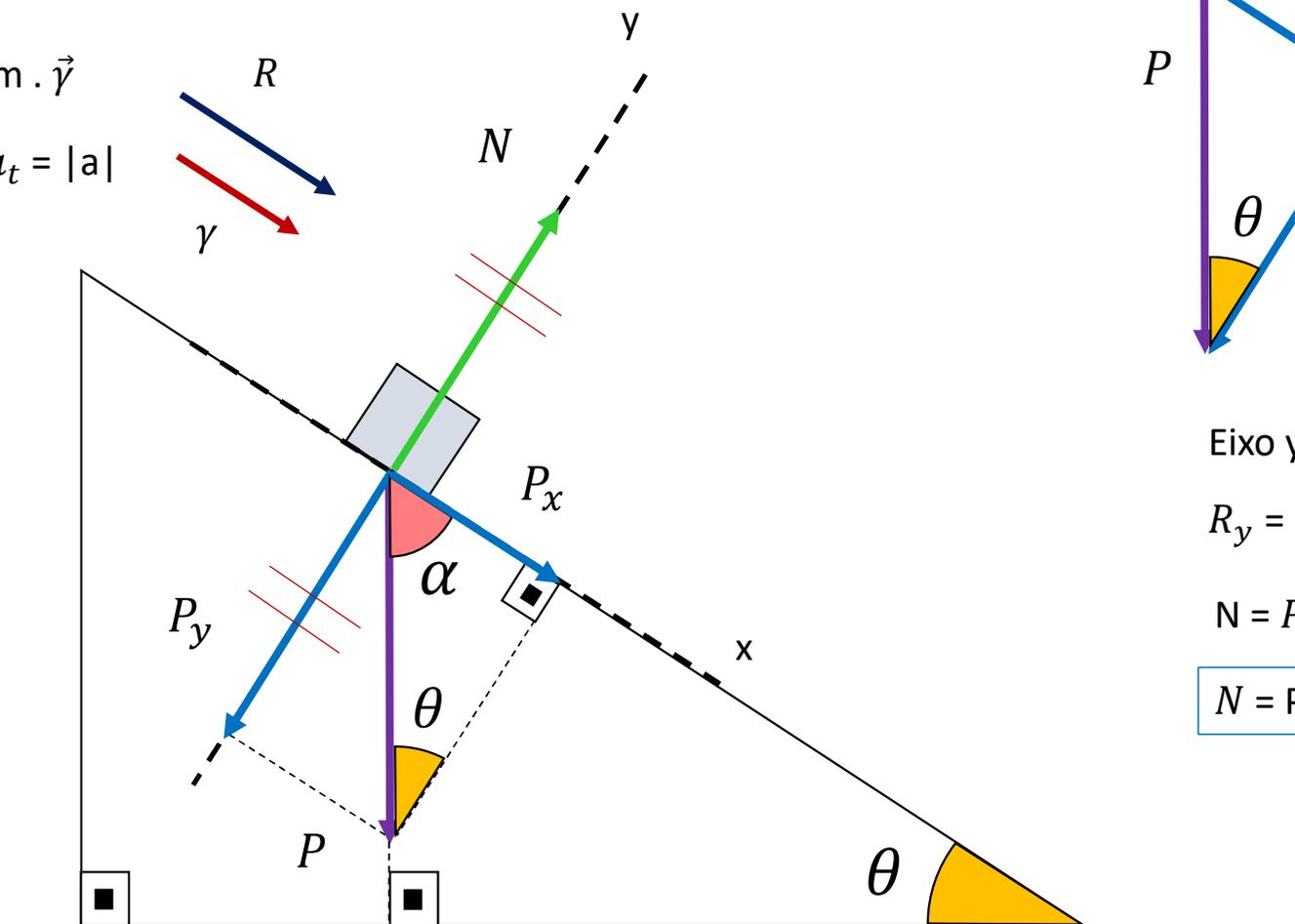
$$\boxed{\varepsilon = B \cdot L \cdot v}$$

# Revisão: plano inclinado em repouso e corpo acelerado em relação à Terra

Decomposição

$$\vec{R} = m \cdot \vec{\gamma}$$

$$\gamma = a_t = |a|$$



$$\sin \theta = \frac{P_x}{P} \rightarrow P_x = P \cdot \sin \theta$$

$$\cos \theta = \frac{P_y}{P} \rightarrow P_y = P \cdot \cos \theta$$

Eixo y

$$R_y = 0$$

$$N = P_y$$

$$N = P \cdot \cos \theta$$

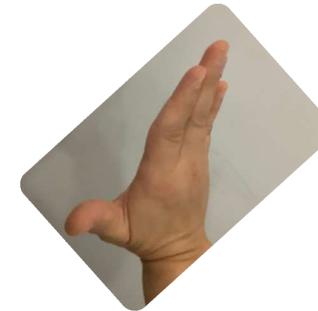
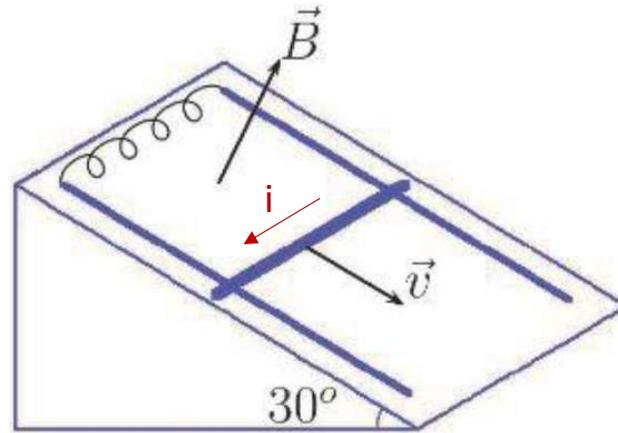
Eixo x

$$R_x \neq 0$$

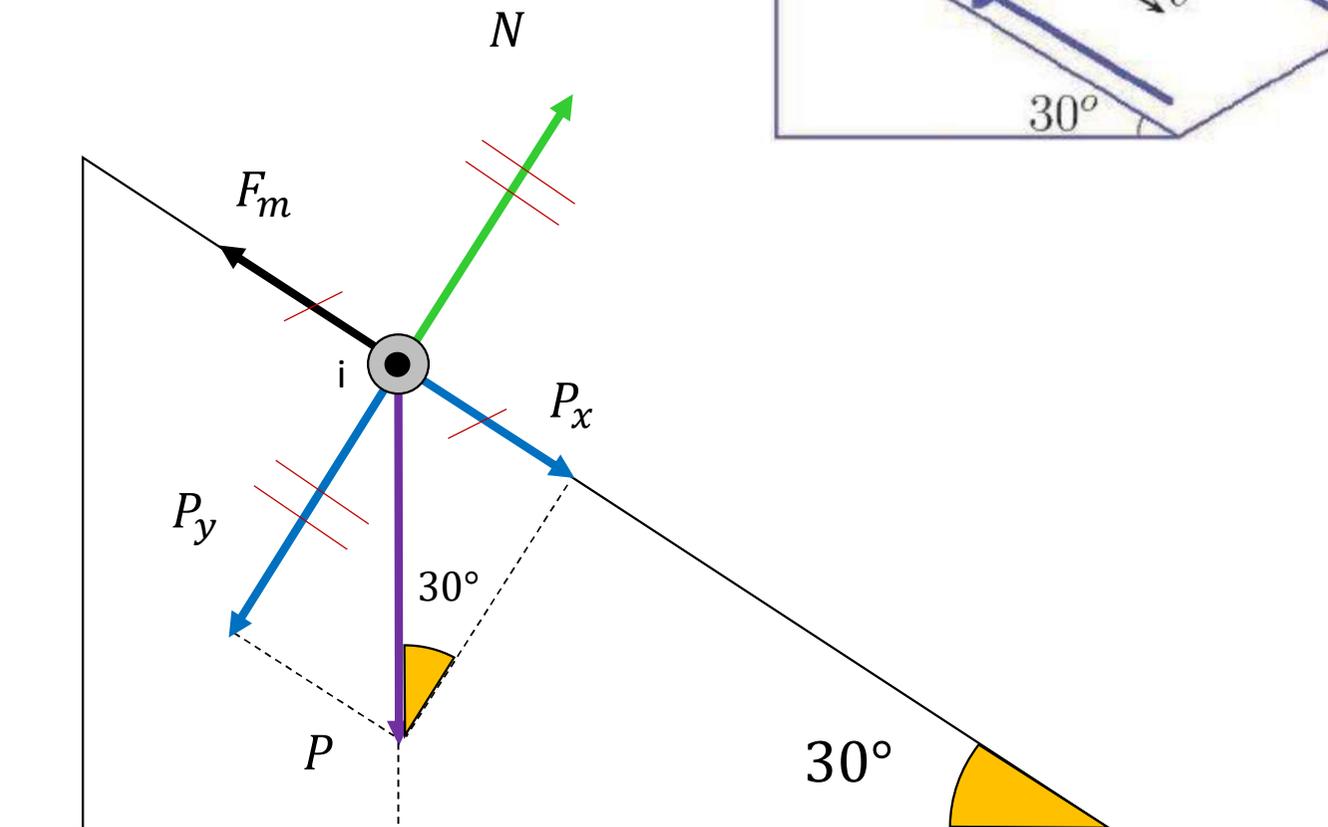
$$R = P_x$$

$$R = P \cdot \sin \theta$$

$$\text{sen } \theta = \frac{P_x}{P} \rightarrow P_x = P \cdot \text{sen } 30^\circ$$

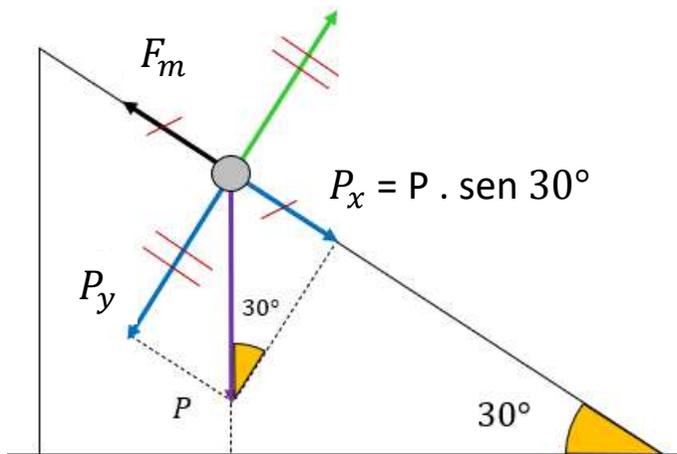
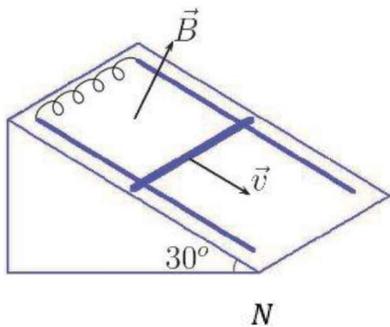


$$F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen } \theta$$



2. (ITA-SP) Uma **haste metálica com 5,0 kg de massa e resistência de 2,0  $\Omega$**  desliza sem atrito sobre duas barras paralelas separadas de **1,0 m**, interligadas por um condutor de resistência nula e apoiadas em um plano de  $30^\circ$  com a horizontal, conforme a figura.

Tudo encontra-se imerso num **campo magnético B, perpendicular ao plano do movimento**, e as barras de apoio têm resistência e atrito desprezíveis. Considerando que após deslizar durante um certo tempo a **velocidade da haste permanece constante em 2,0 m/s**, assinale o valor do campo magnético.



$$U = \mathcal{E}$$

$$U = R \cdot i$$

$$\mathcal{E} = B \cdot L \cdot v$$

$$R \cdot i = B \cdot L \cdot v$$

~~$$2 \cdot i = B \cdot 1 \cdot 2$$~~

$$i = B$$

$$F_m = P \cdot \text{sen } 30^\circ$$

$$B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen } 90^\circ = P \cdot \text{sen } 30^\circ$$

$$B \cdot i \cdot 1 \cdot 1 = 50 \cdot 0,5$$

$$B \cdot i = 25$$

$$B \cdot B = 25$$

$$B = 5T$$

Alt e