

# Campo magnético e força magnética

Prof. Dr. Maycon Motta



Na aula anterior

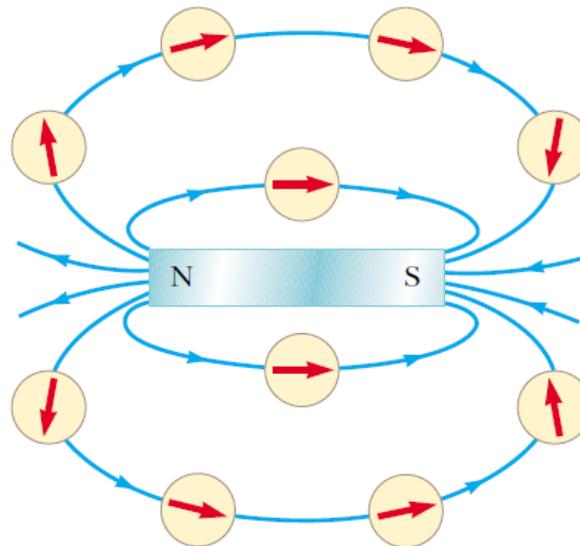
---

## Imãs, campo magnético terrestre e força magnética

Interações entre polos de um imã, campo terrestre e formulação da força magnética

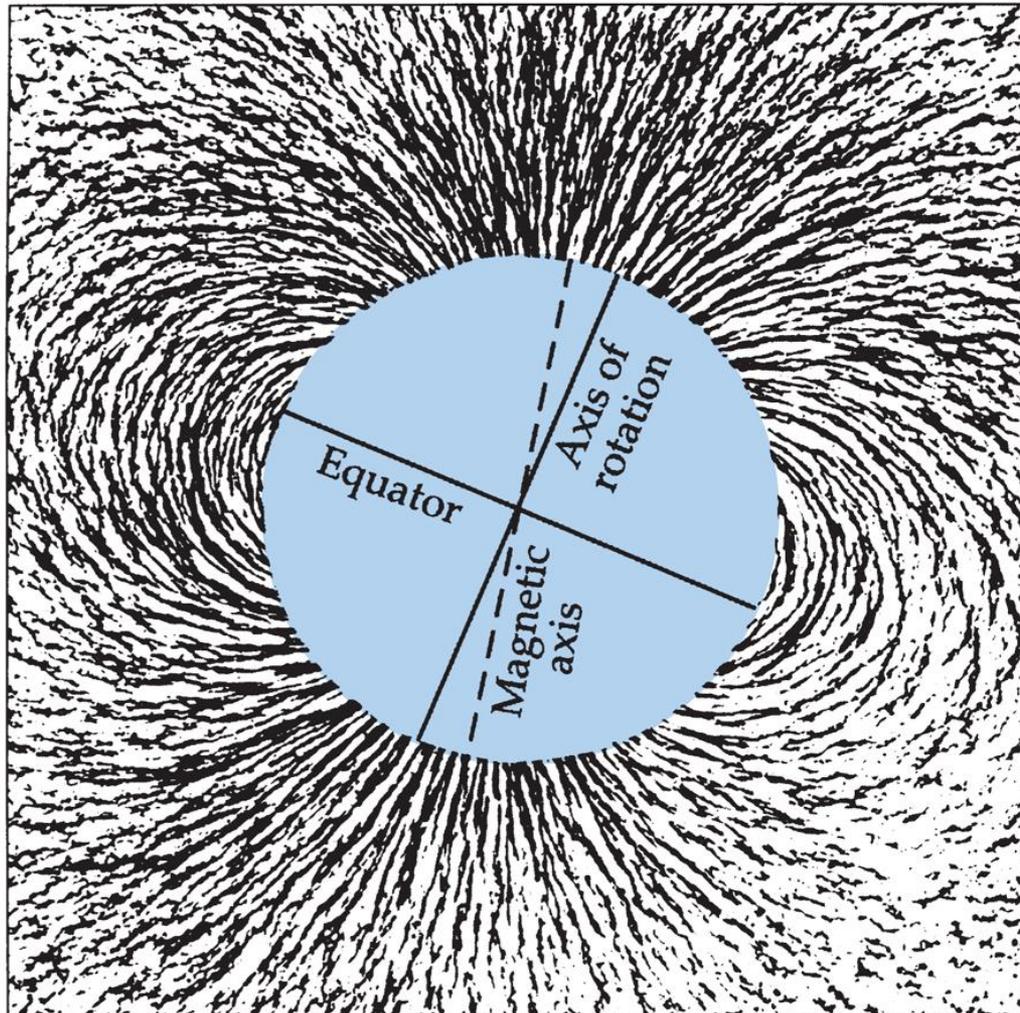
---

# Imãs



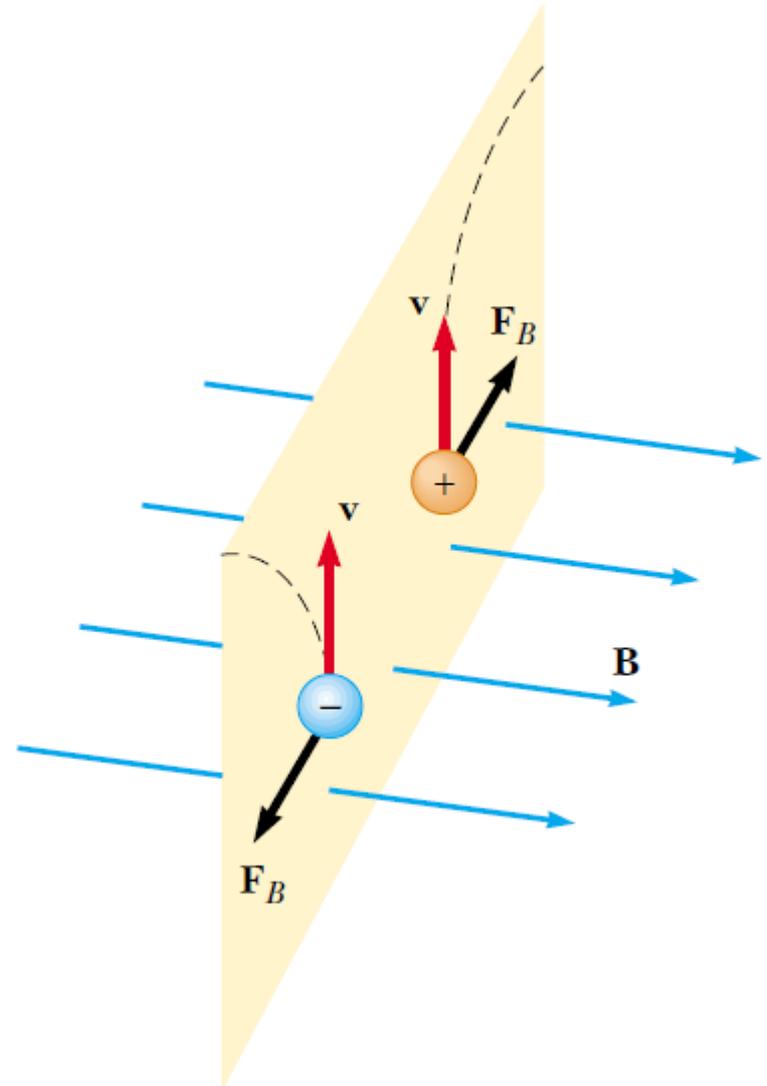
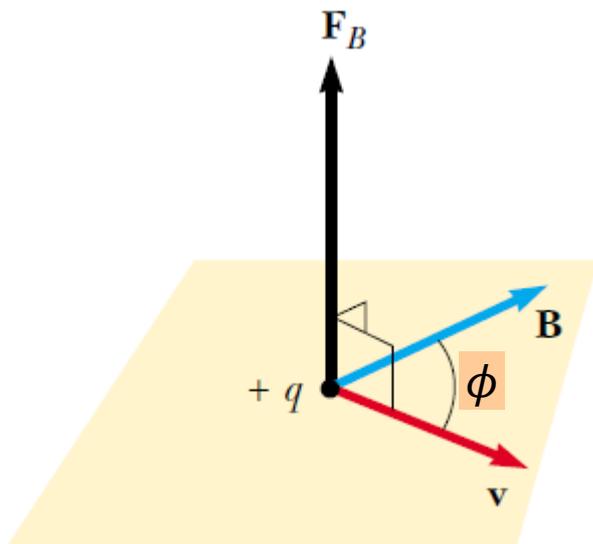
FISICAT

# Campo da Terra



# Força Magnética

$$\mathbf{F}_B = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$



# Força Magnética

Módulo:

$$F_B = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}(\phi)$$

$$F_B = 0 \quad \text{se}$$

$$v = 0$$

$$q = 0$$

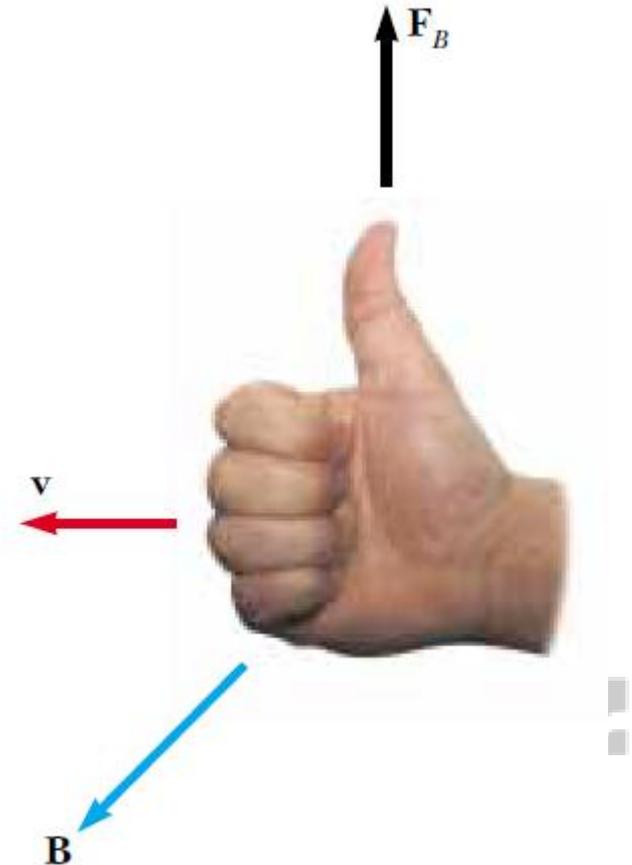
$$B = 0$$

$$\phi = 0^\circ \text{ e}$$

$$\phi = 180^\circ$$

$F_B$  é máximo se  $\phi = 90^\circ$

Direção e sentido:



# Força magnética

---

A força magnética realiza trabalho?

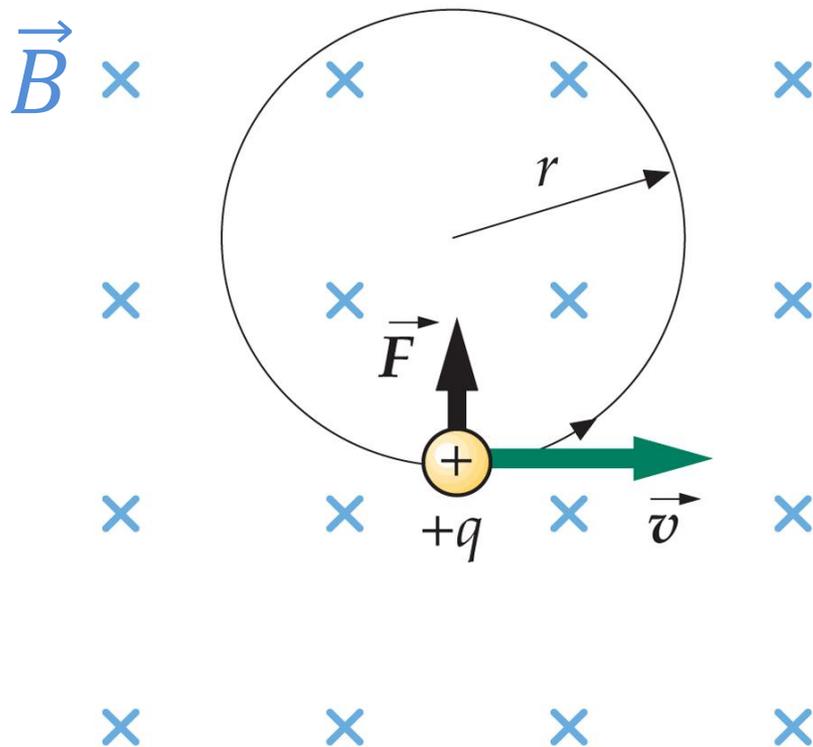
$$W = \int_C \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

→ caminho

Como  $\vec{F}_B \perp \vec{v}$ , a força magnética varia a direção da velocidade e não o módulo da velocidade. Assim, forças magnéticas não realizam trabalho nas partículas e não variam a energia cinética delas.

---

# Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético



⊙ ou · → vetor saindo  
⊗ ou x → vetor entrando

Força centrípeta

$$F_B = F_C$$

O raio de curvatura será:

$$r = \frac{mv}{qB}$$

$\vec{B}$  é uniforme;  
 $\vec{v} \perp \vec{B}$

# Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético

---

Período:  $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$  Tempo para uma revolução

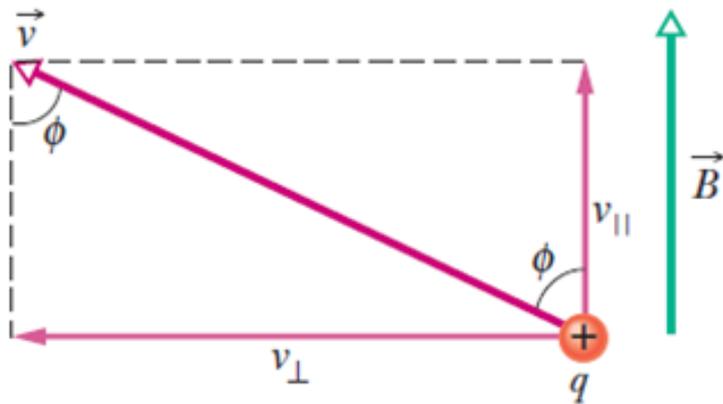
Frequência:  $f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$

Frequência angular:  $\omega = 2\pi f = \frac{qB}{m}$

---

# Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético

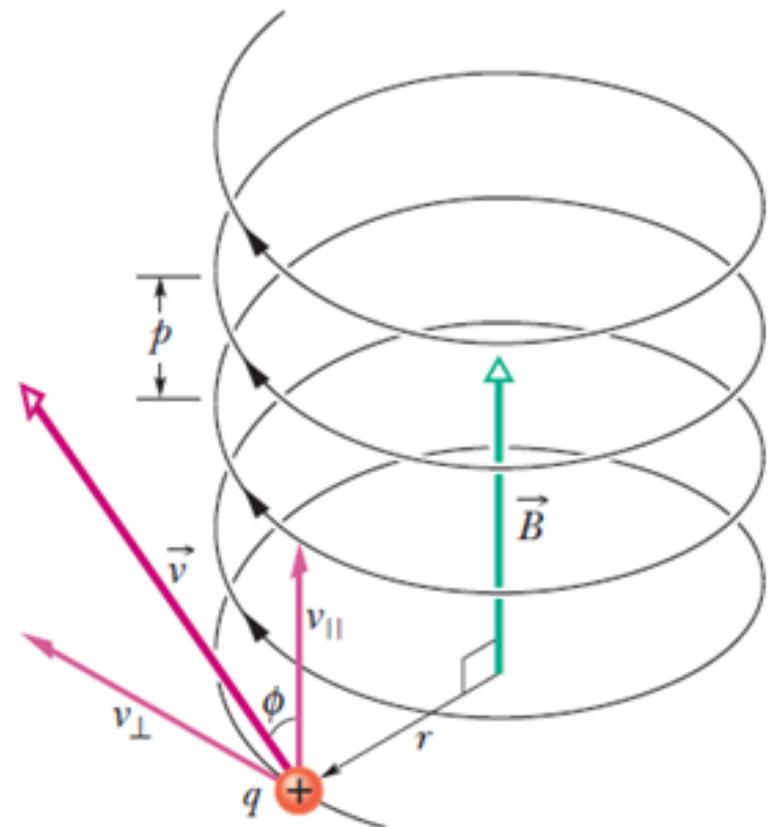
E se  $\vec{v}$  não for perpendicular a  $\vec{B}$ , isto é, se  $\vec{v}$  tem uma componente paralela a  $\vec{B}$ ?



(a)

$$v_{\parallel} = v \cdot \cos(\phi)$$
$$v_{\perp} = v \cdot \sin(\phi)$$

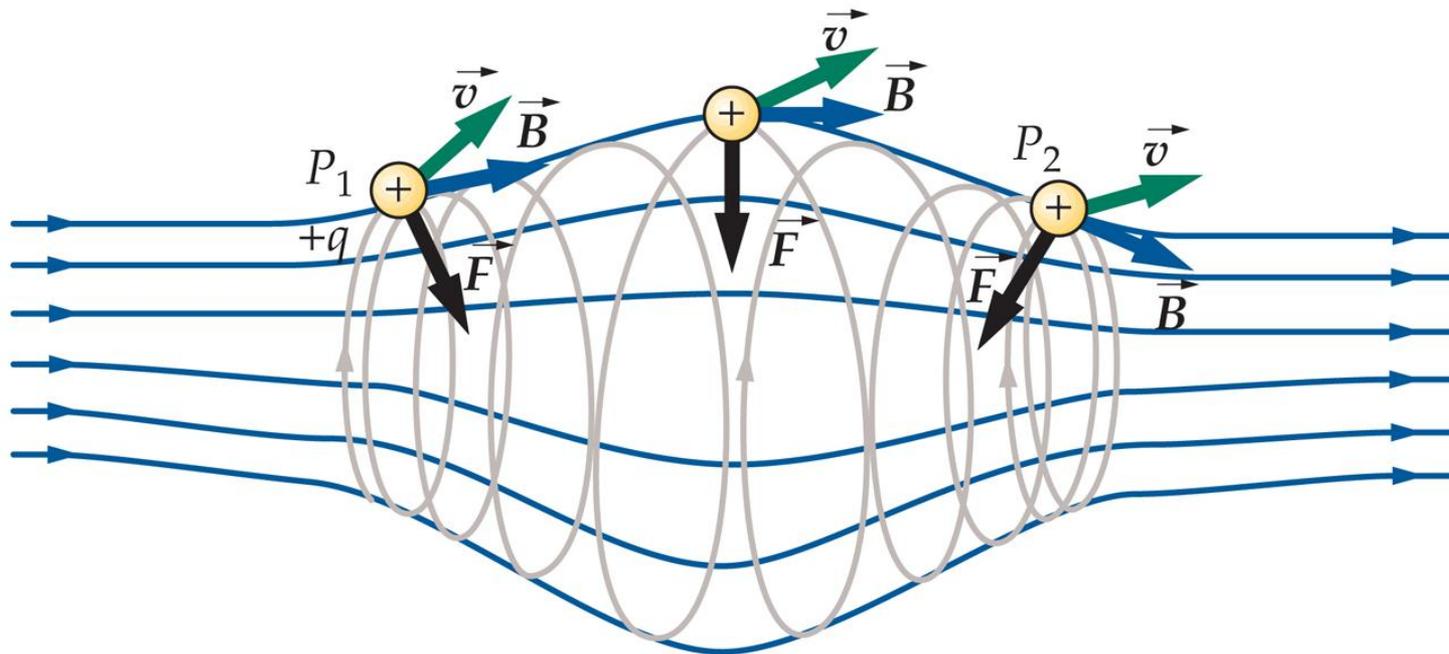
Trajetória helicoidal



(b)

# Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético

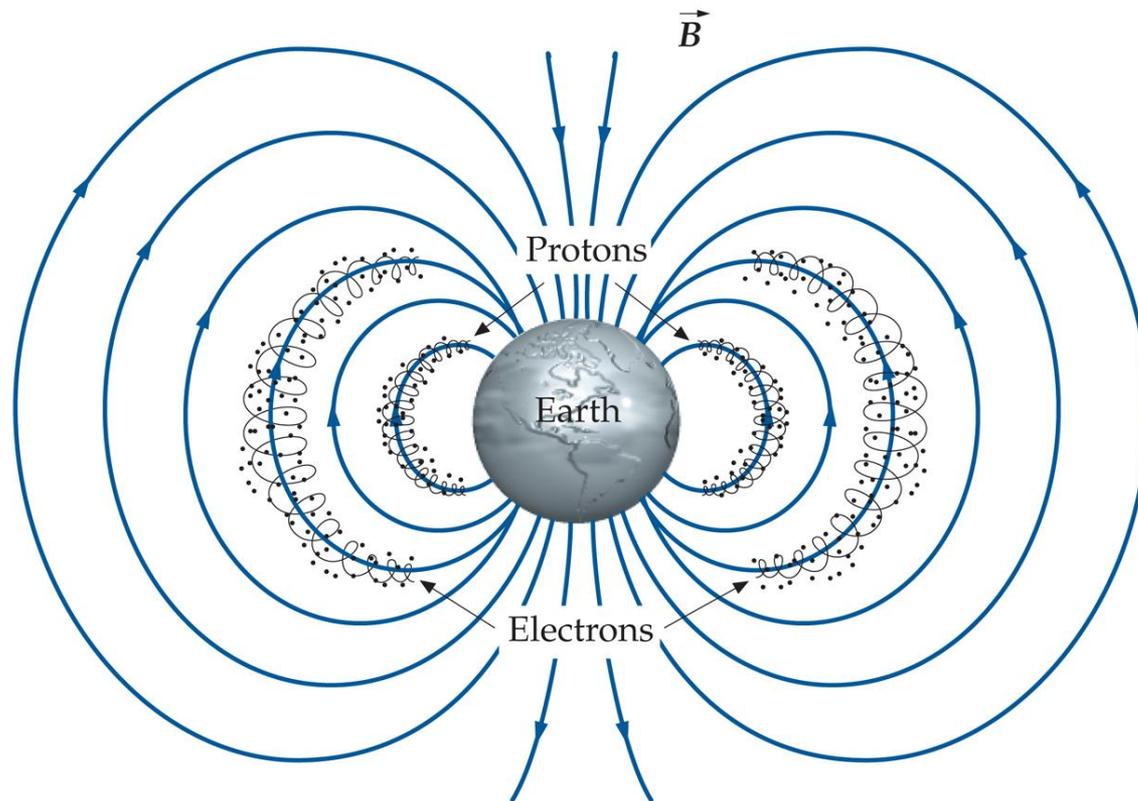
E se  $\vec{B}$  não for uniforme?



Garrafa magnética: confinamento de uma partícula carregada entre  $P_1$  e  $P_2$ .

# Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético

$\vec{B}$  não for uniforme / Cinturão de Van Allen:



# Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético

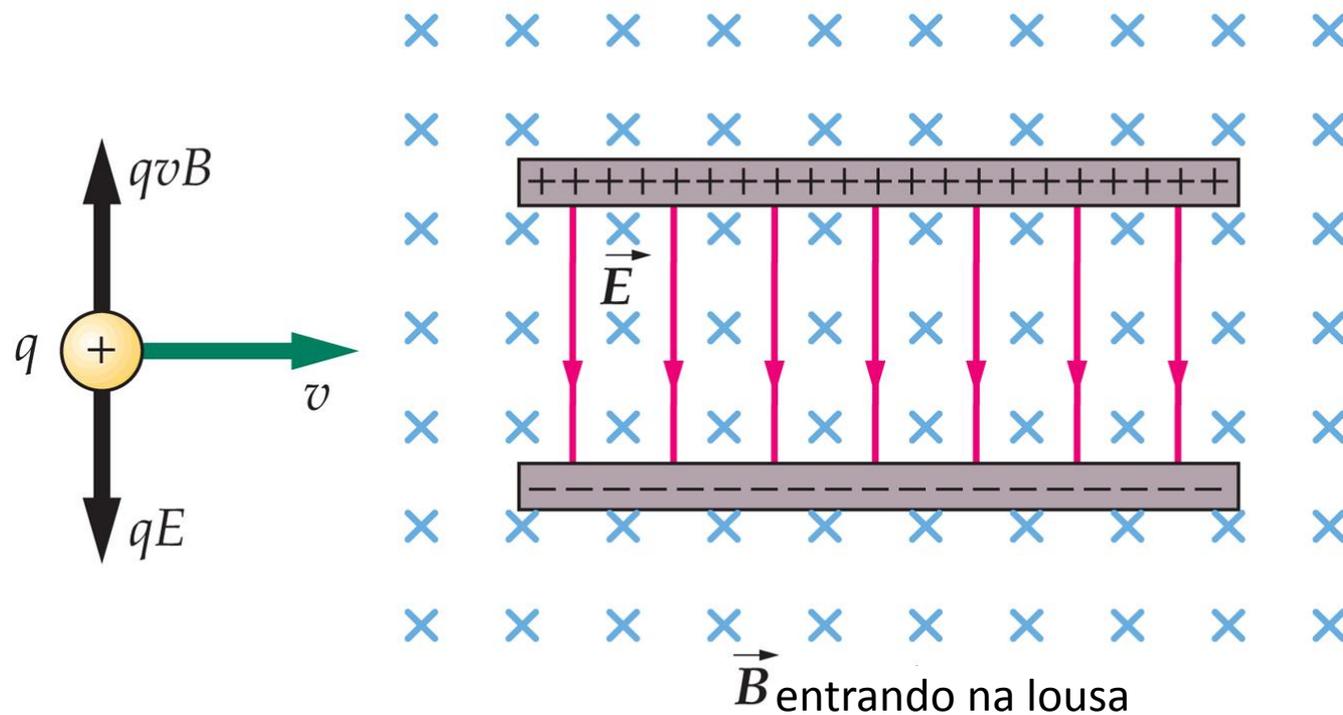
---



Aplicações: campos cruzados



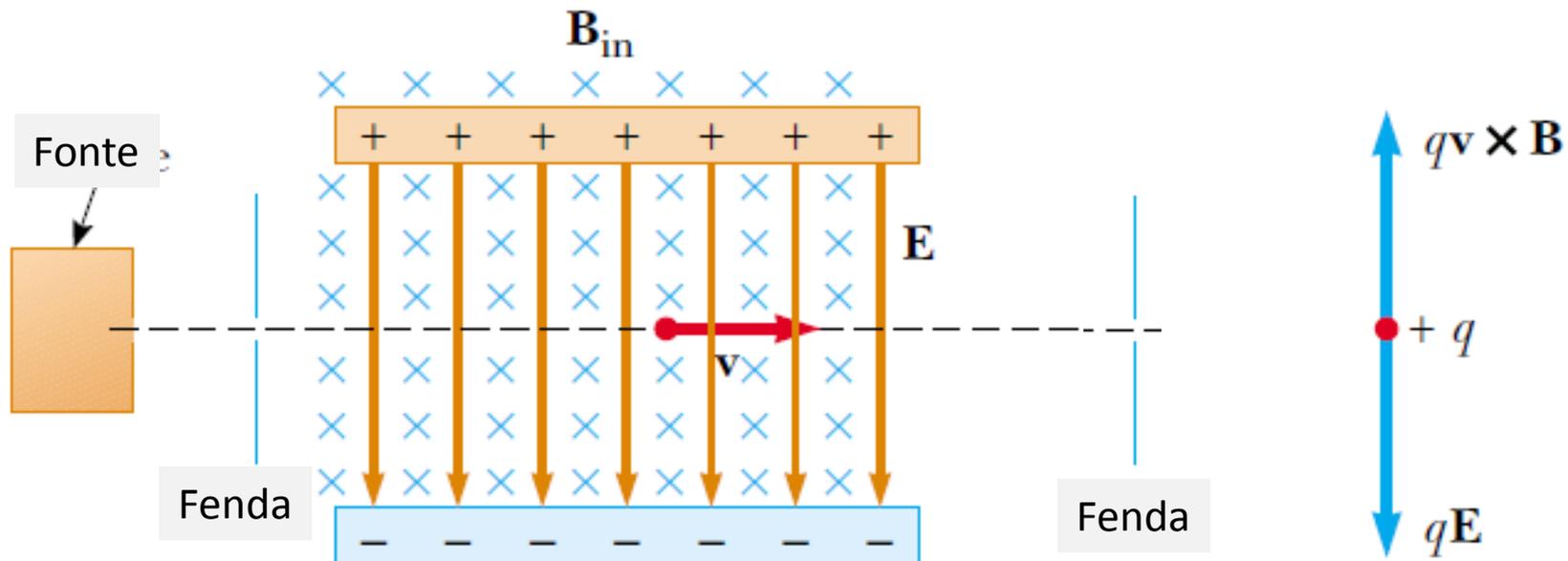
# Movimento de uma carga puntiforme em um campo magnético



$$\vec{F}_L = \vec{F}_E + \vec{F}_B = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$



# Filtro ou seletor de velocidade

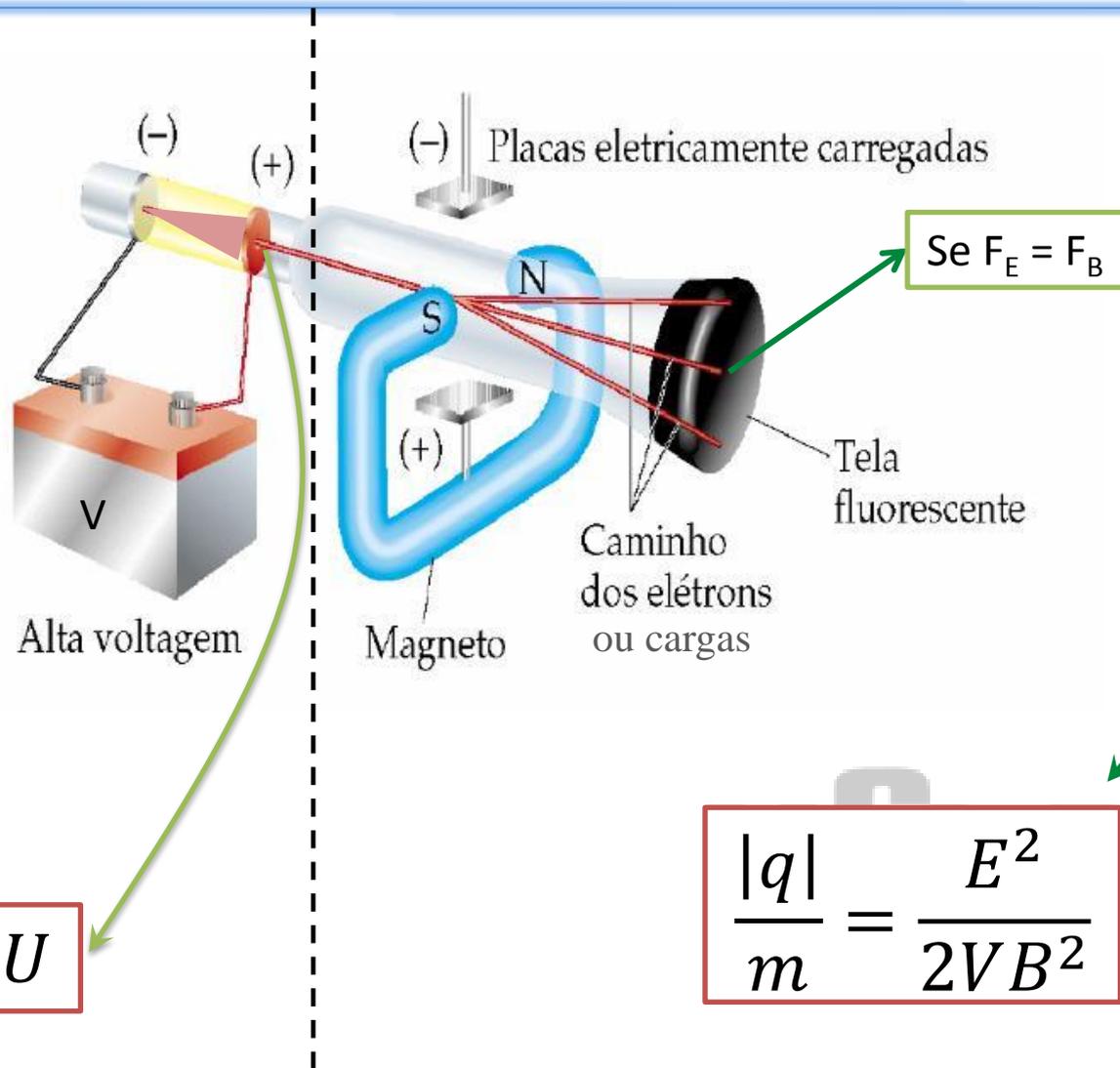


$$v = \frac{E}{B}$$

Apenas partículas com velocidade  $v$  podem passar pela segunda fenda.



# Descoberta do elétron



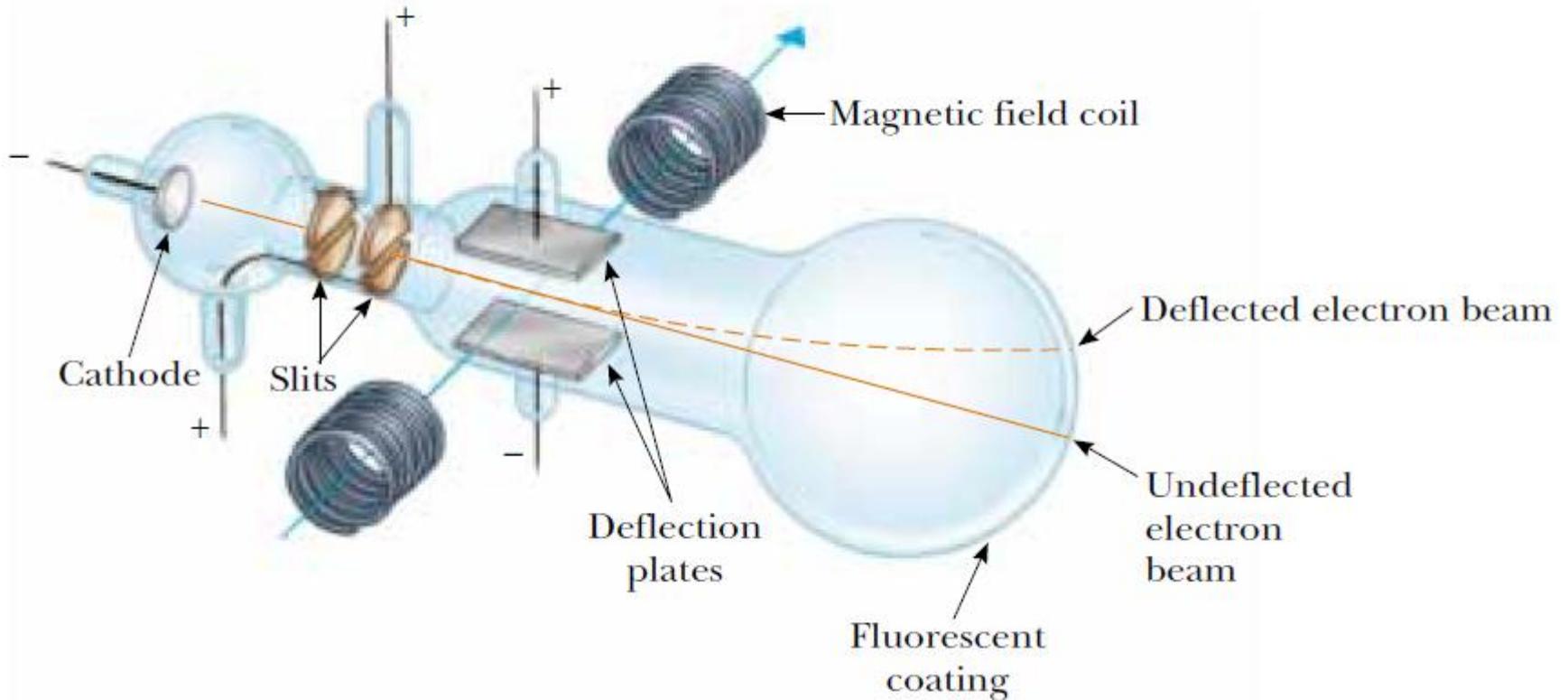
Na fonte de carga

$$K = U$$

$$\frac{|q|}{m} = \frac{E^2}{2VB^2}$$

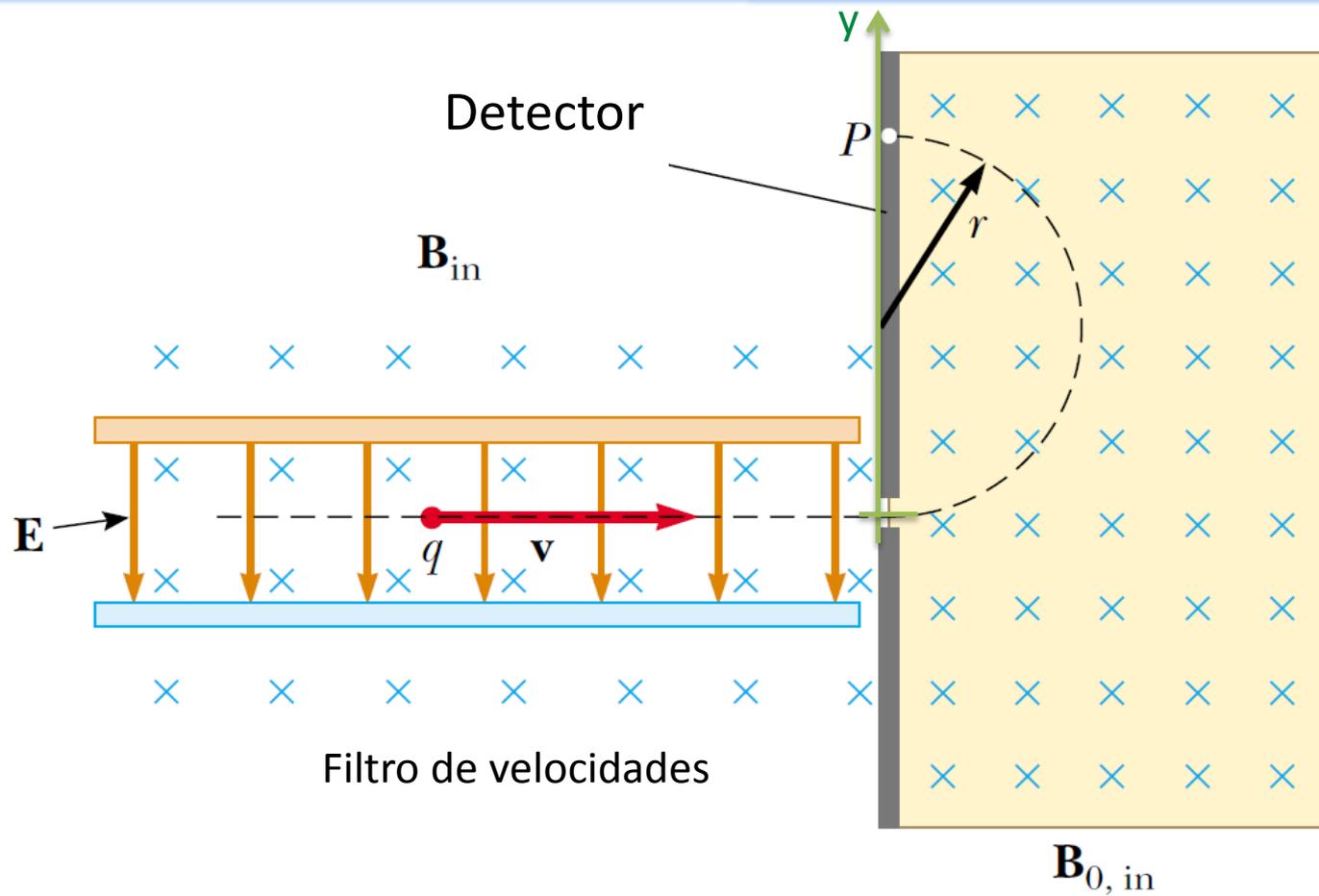


# Descoberta do elétron



$$\frac{|q|}{m} = \frac{E^2}{2VB^2}$$

# Espectrômetro de massa

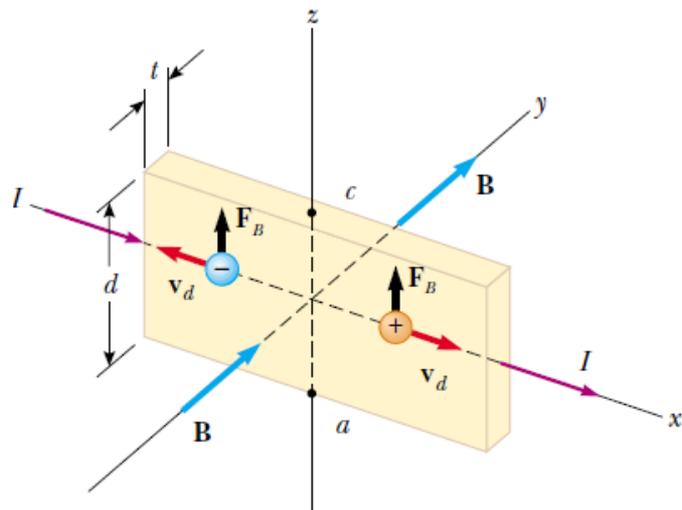


$$y = \frac{2}{B_0} \sqrt{\frac{2mV}{|q|}}$$

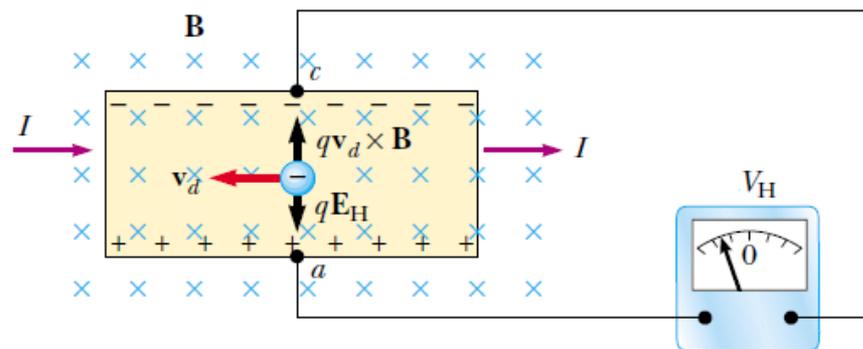
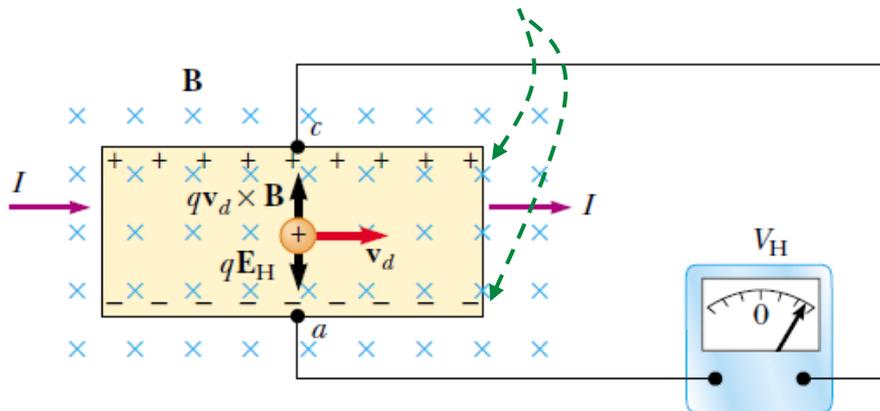
$$\frac{m}{|q|} = \frac{rBB_0}{E}$$

# Efeito Hall\*

Permite determinar o  **sinal**  do portador de carga ( $q$ ) e a  **densidade**  volumétrica ( $n$ ) em um material.



Devido a  $\vec{F}_B$ , há um acúmulo de cargas que gera um  $\vec{E}_H$ .



Campo elétrico "Hall":

$$E_H = v_d B$$

Tensão Hall

$$V_H = R_H \frac{iB}{t}$$

Coeficiente Hall

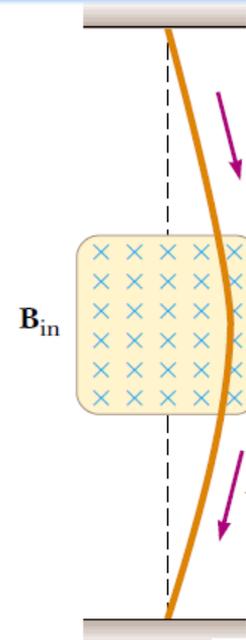
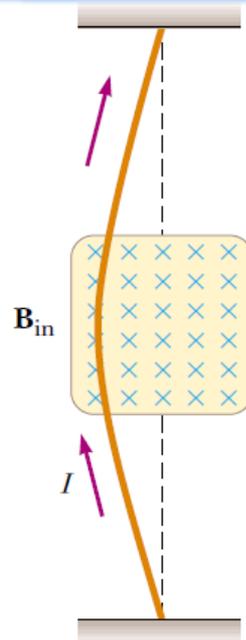
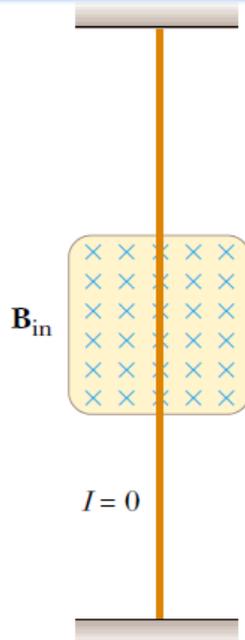
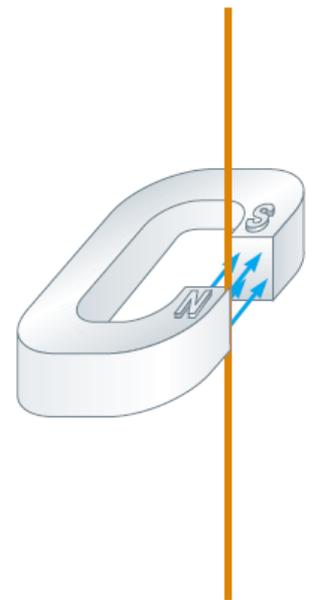
$$R_H = \frac{1}{nq}$$

\* Campo cruzado induzido

# Força magnética sobre um fio conduzindo corrente



# Força magnética sobre um fio conduzindo corrente

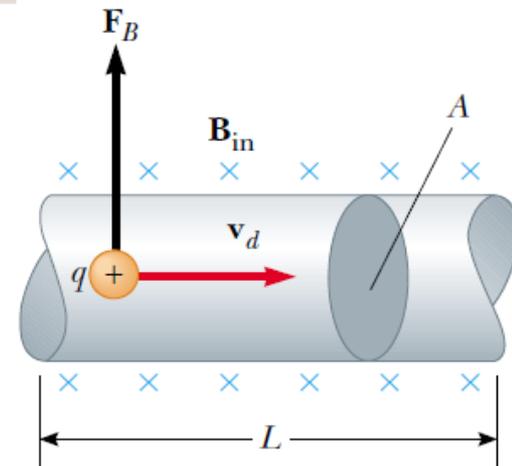


Fio retilíneo:

$$\vec{F}_B = i\vec{L} \times \vec{B}$$

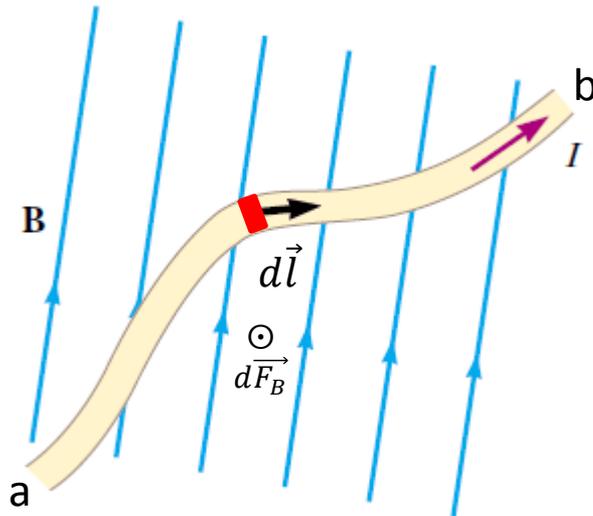


Vetor comprimento com intensidade L e dirigido no sentido da corrente.



# Força magnética sobre um fio conduzindo corrente

Caso geral (fio):

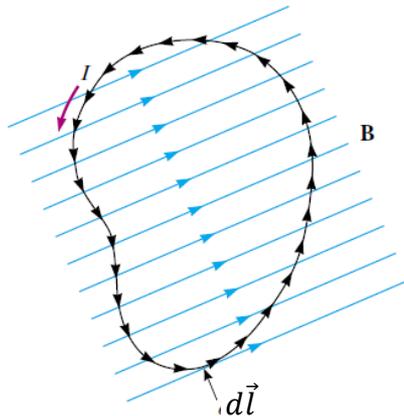


$$d\vec{F}_B = i d\vec{l} \times \vec{B}$$

Elemento de corrente

$$\vec{F}_B = \int_a^b d\vec{F}_B = i \int_a^b d\vec{l} \times \vec{B}$$

Exemplo:  
Caminho  
Fechado

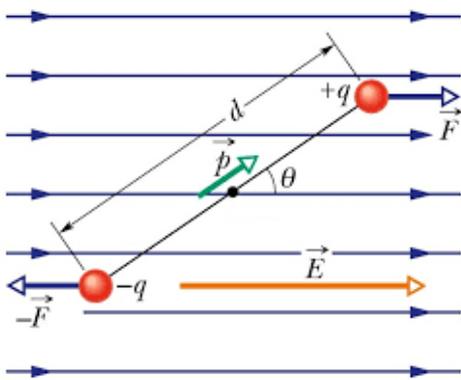


$$\vec{F}_B = i \int_a^a d\vec{l} \times \vec{B} = 0$$

A força magnética resultante é nula.

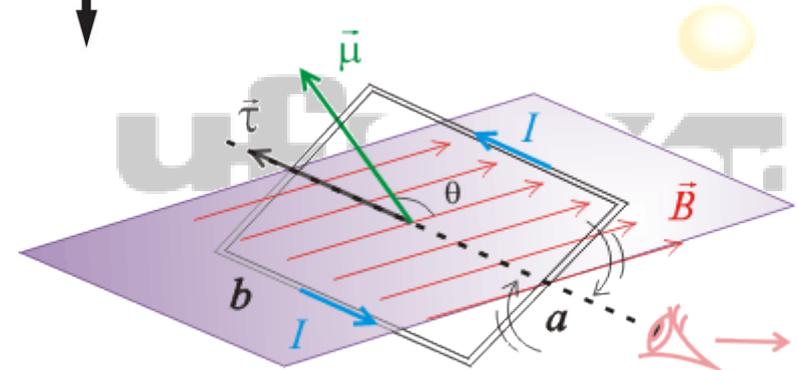
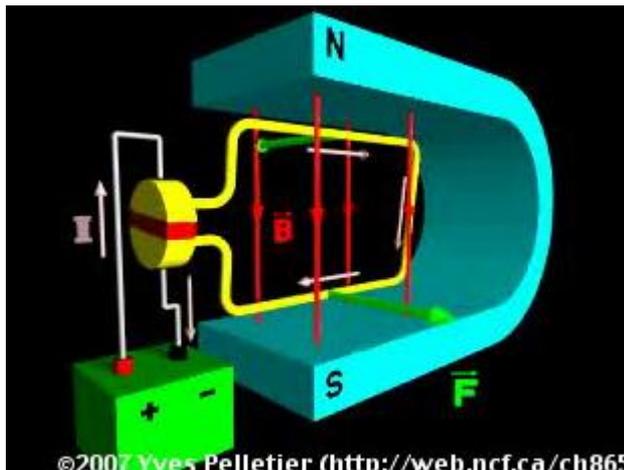
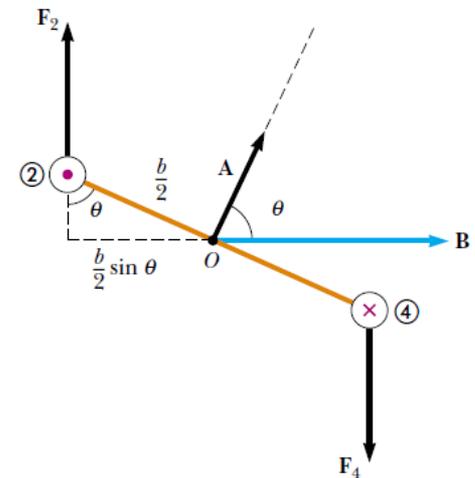
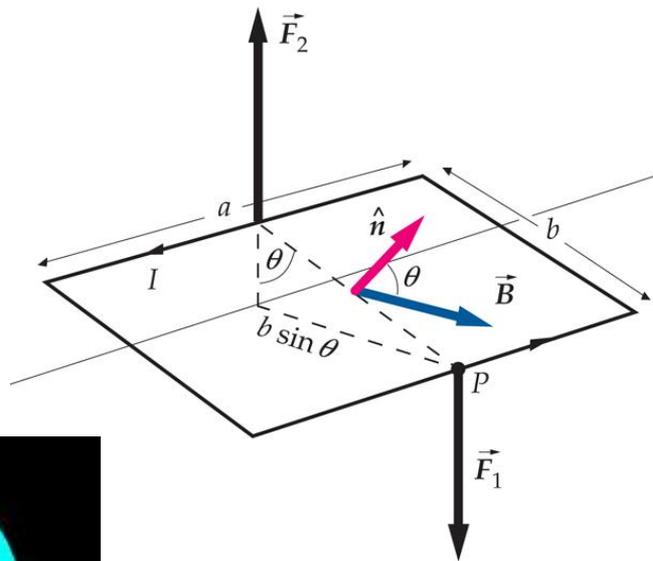
# Torque sobre um dipolo magnético

Caso elétrico:  $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$



Caso magnético:

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$



# Momento magnético

Torque:

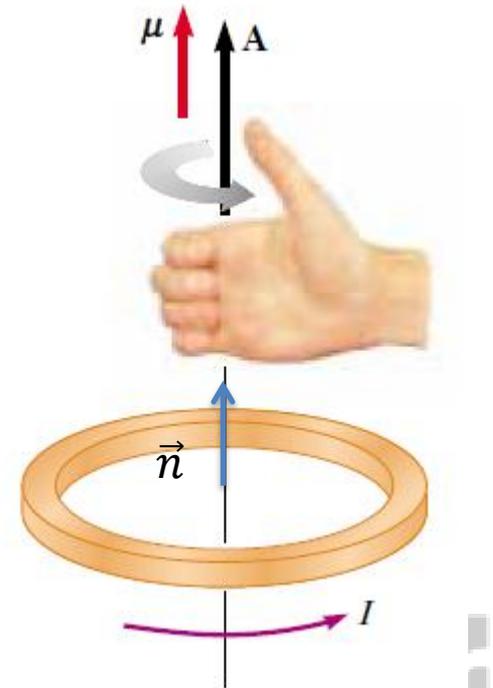
$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

Momento de dipolo magnético de uma espira:

$$\vec{\mu} = iA\vec{n}$$

Para uma bobina com N enrolamentos:

$$\vec{\mu} = Ni\vec{A}$$



# Referências

---

- [1] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker. Fundamentos da Física, 6ª ed., Rio de Janeiro: LTC, 2003. v. 3. 281 p.
- [2] H. D. YOUNG, R. A. FRIEDMAN. Física III: Eletromagnetismo, 12ª ed., São Paulo: Addison Wesley, 2008. v. 3. 425 p.
- [3] P. A. Tipler e G. Mosca. Física para cientistas e engenheiros, 5ª ed., Rio de Janeiro: Editora LTC, 2006. v. 2. 550 p.
- [4] R. A. Serway, J. W. Jewett Jr. Princípios de Física, Eletromagnetismo, 3ª ed., São Paulo: Thomson, 2005. v.3

