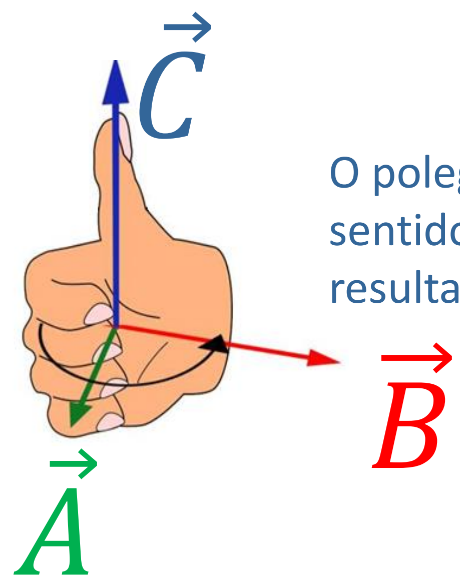
Produto vectorial de dois vectores

Recordando a aula T

- **Produto Vectorial** de dois vectores, $\vec{A}$ e $\vec{B}$, que fazem entre si um ângulo α, é um vector $\vec{c}$:

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B} = \begin{cases} \text{direcção} = \text{perpendicular ao plano definido pelos vectores } \vec{A} \text{ e } \vec{B} \\ \text{sentido} = \text{regra mão direita} = \text{progressão dum saca-rolhas} \\ |\vec{C}| = |\vec{A}| \times |\vec{B}| \times sen\alpha \end{cases}$$

“regra da mão direita” – os dedos da mão direita rodam do primeiro para o segundo vector



O polegar indica o sentido do vector resultante

Produto vectorial de dois vectores

Recordando a aula T

$$\vec{a} = a_x\hat{\imath} + a_y\hat{\jmath} + a_z\hat{k}$$

$$\vec{b} = b_x\hat{\imath} + b_y\hat{\jmath} + b_z\hat{k}$$

o vector $\vec{c}$ pode ser calculado pelo cálculo do determinante da matriz:

$$\vec{c} = \begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{c} = (a_y\, b_z - a_z b_y)\hat{\imath} + (a_z b_x - a_x b_z)\hat{\jmath} + (a_x b_y - a_y b_x)\hat{k}$$

Produto vectorial de dois vectores

Recordando a aula T

Se os vectores $\vec{a}$ e $\vec{b}$ estiverem representados em função das componentes:

$$\vec{a} = a_x\hat{\imath} + a_y\hat{\jmath} + a_z\hat{k}$$

$$\vec{b} = b_x\hat{\imath} + b_y\hat{\jmath} + b_z\hat{k}$$

O vector $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$ será: $\vec{c} = c_x\hat{\imath} + c_y\hat{\jmath} + c_z\hat{k}$

$$\boxed{c_x = a_yb_z - a_zb_y}$$

$$\boxed{c_y = a_zb_x - a_xb_z}$$

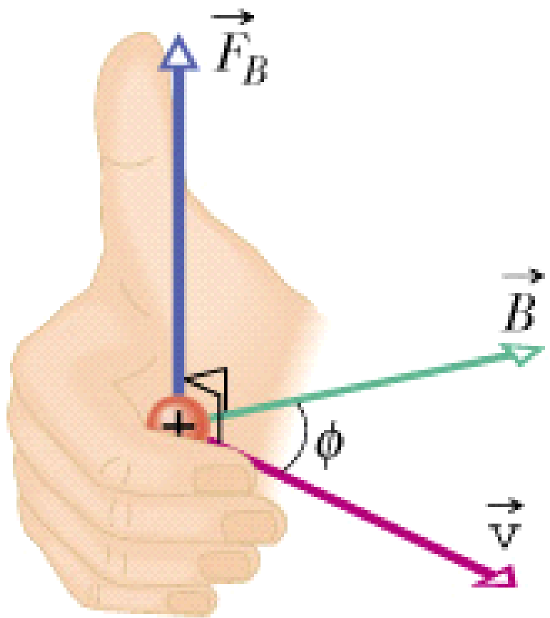
$$\boxed{c_z = a_xb_y - a_yb_x}$$

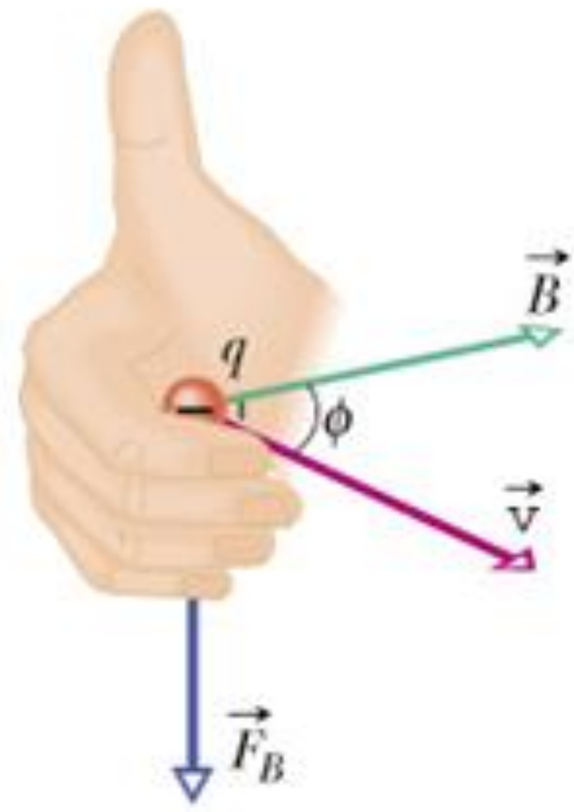
Força magnética

Recordando a aula T

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

$$\boxed{\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}}$$





Força magnética

Q3/1

3 A Fig. 28-27 mostra três situações nas quais uma partícula positivamente carregada se move com velocidade $\vec{v}$ na presença de um campo magnético uniforme $\vec{B}$ e experimenta uma força magnética $\vec{F}_B$. Em cada situação, determine se as orientações dos vetores são fisicamente razoáveis.

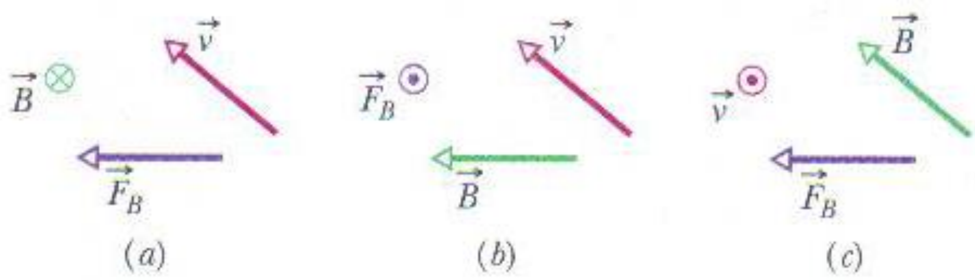
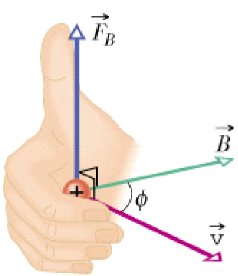


FIG. 28-27 Pergunta 3.

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

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



Força magnética

Q3/1

3 A Fig. 28-27 mostra três situações nas quais uma partícula positivamente carregada se move com velocidade $\vec{v}$ na presença de um campo magnético uniforme $\vec{B}$ e experimenta uma força magnética $\vec{F}_B$. Em cada situação, determine se as orientações dos vetores são fisicamente razoáveis.

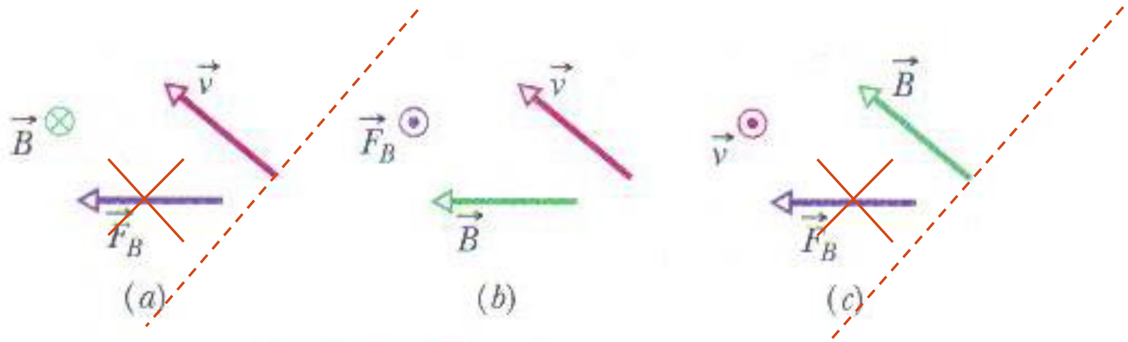
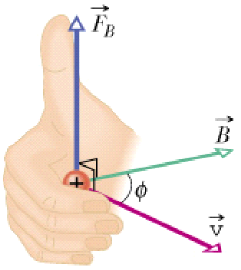


FIG. 28-27 Pergunta 3.

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

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



Força magnética

Q3/1

3 A Fig. 28-27 mostra três situações nas quais uma partícula positivamente carregada se move com velocidade $\vec{v}$ na presença de um campo magnético uniforme $\vec{B}$ e experimenta uma força magnética $\vec{F}_B$. Em cada situação, determine se as orientações dos vetores são fisicamente razoáveis.

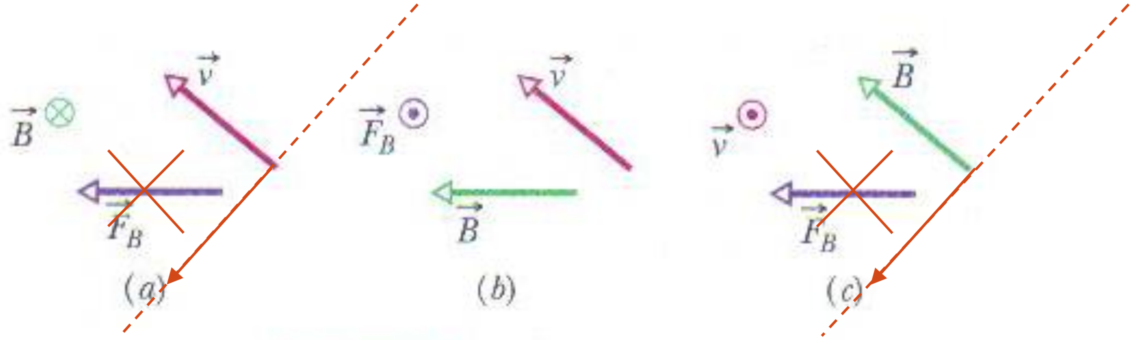
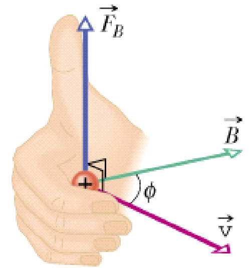


FIG. 28-27 Pergunta 3.

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

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



Força magnética

P5/5

••5 Um elétron se move em uma região onde existe um campo magnético uniforme dado por $\vec{B} = B_x\hat{\text{i}} + (3{,}0B_x)\hat{\text{j}}$. Em um certo instante o elétron tem uma velocidade $\vec{v} = (2{,}0\hat{\text{i}} + 4{,}0\hat{\text{j}})$ m/s e a força magnética que age sobre a partícula é $(6{,}4 \times 10^{-19}$ N$)\hat{\text{k}}$. Determine B_x.

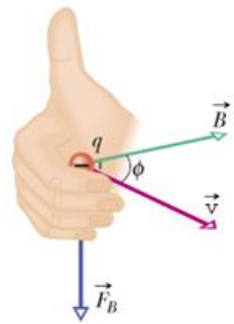
...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

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

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath} + v_z\hat{k}$$

$$\vec{B} = B_x\hat{\imath} + B_y\hat{\jmath} + B_z\hat{k}$$

$$\vec{F} = -q\begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$



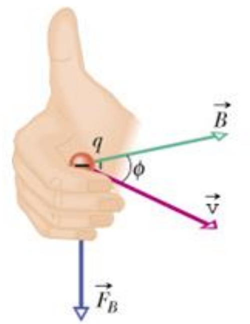
Força magnética

P5/5

••5 Um elétron se move em uma região onde existe um campo magnético uniforme dado por $\vec{B} = B_x\hat{\mathrm{i}} + (3{,}0B_x)\hat{\mathrm{j}}$. Em um certo instante o elétron tem uma velocidade $\vec{v} = (2{,}0\hat{\mathrm{i}} + 4{,}0\hat{\mathrm{j}})$ m/s e a força magnética que age sobre a partícula é $(6{,}4 \times 10^{-19}$ N$)\hat{\mathrm{k}}$. Determine B_x.

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

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



$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath} + v_z\hat{k}$$

$$\vec{B} = B_x\hat{\imath} + B_y\hat{\jmath} + B_z\hat{k}$$

$$\vec{F} = -q\begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{F}_B = -e\begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ 2 & 4 & 0 \\ B_x & 3B_x & 0 \end{vmatrix}$$

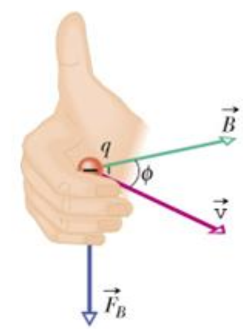
Força magnética

P5/5

••5 Um elétron se move em uma região onde existe um campo magnético uniforme dado por $\vec{B} = B_x\hat{i} + (3{,}0B_x)\hat{j}$. Em um certo instante o elétron tem uma velocidade $\vec{v} = (2{,}0\hat{i} + 4{,}0\hat{j})$ m/s e a força magnética que age sobre a partícula é $(6{,}4 \times 10^{-19}$ N$)\hat{k}$. Determine B_x.

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

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



$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath} + v_z\hat{k}$$

$$\vec{B} = B_x\hat{\imath} + B_y\hat{\jmath} + B_z\hat{k}$$

$$\vec{F} = -q\begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{F}_B = -e\begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ 2 & 4 & 0 \\ B_x & 3B_x & 0 \end{vmatrix} = -e\left[0\hat{\imath} + 0\hat{\jmath} + (6B_x - 4B_x)\hat{k}\right] = -2eB_x\hat{k}$$

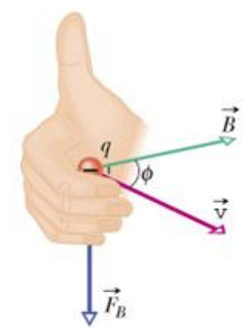
Força magnética

P5/5

••5 Um elétron se move em uma região onde existe um campo magnético uniforme dado por $\vec{B} = B_x\hat{\text{i}} + (3{,}0B_x)\hat{\text{j}}$. Em um certo instante o elétron tem uma velocidade $\vec{v} = (2{,}0\hat{\text{i}} + 4{,}0\hat{\text{j}})$ m/s e a força magnética que age sobre a partícula é $(6{,}4 \times 10^{-19}$ N$)\hat{\text{k}}$. Determine B_x.

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

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



$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath} + v_z\hat{k}$$

$$\vec{B} = B_x\hat{\imath} + B_y\hat{\jmath} + B_z\hat{k}$$

$$\vec{F} = -q\begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{F}_B = -e\begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ 2 & 4 & 0 \\ B_x & 3B_x & 0 \end{vmatrix} = -e\left[0\hat{\imath} + 0\hat{\jmath} + (6B_x - 4B_x)\hat{k}\right] = -2eB_x\hat{k}$$

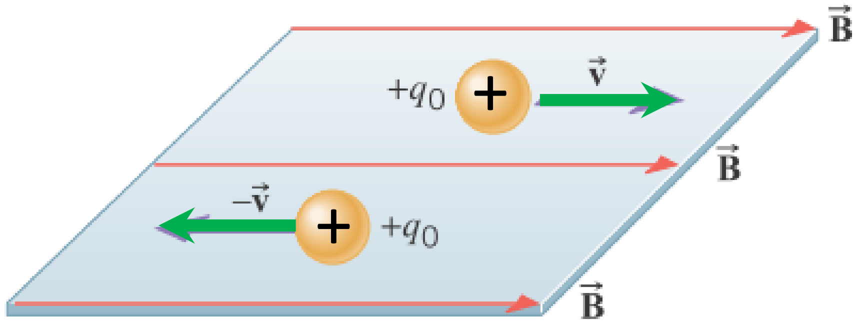
$$\vec{F}_B = (6{,}4 \times 10^{-19})\hat{k} = -2eB_x\hat{k} \longrightarrow -2 = B_x$$

Força magnética - exemplo

Recordando a aula T

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

$\theta_{v,B} = 0$



$\theta_{v,B} = 180^0$

$$sen(\theta_{v,B}) = 0$$

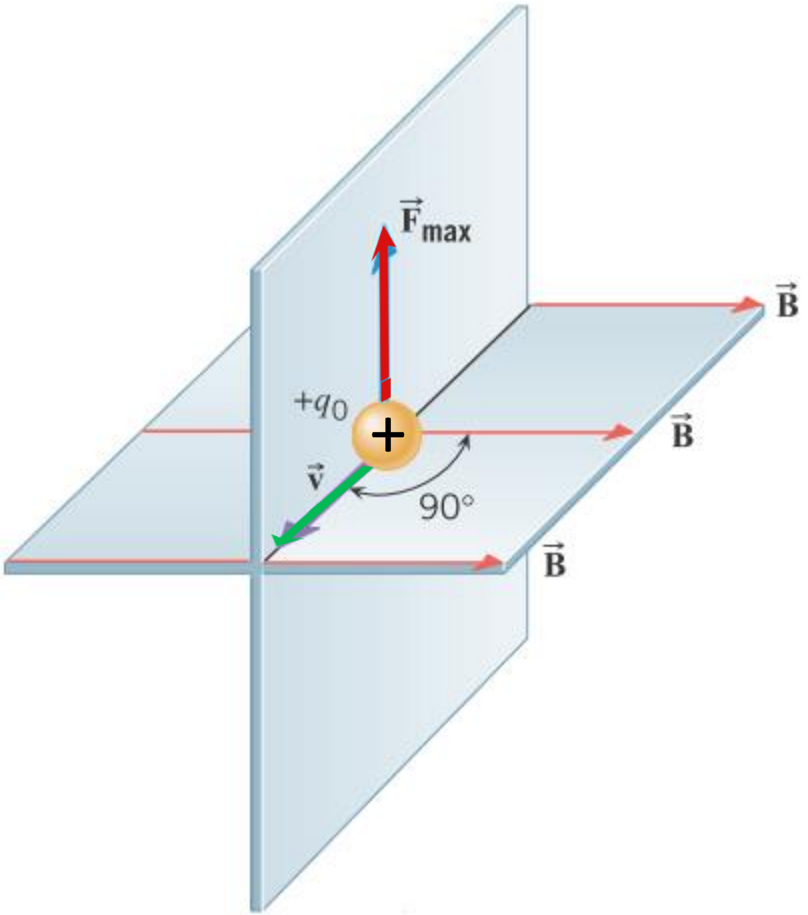
$$\vec{v} \times \vec{B} = 0$$

$$\boxed{\vec{F}_B = 0}$$

Força magnética - exemplo

Recordando a aula T

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



$$\theta_{v,B} = 90$$

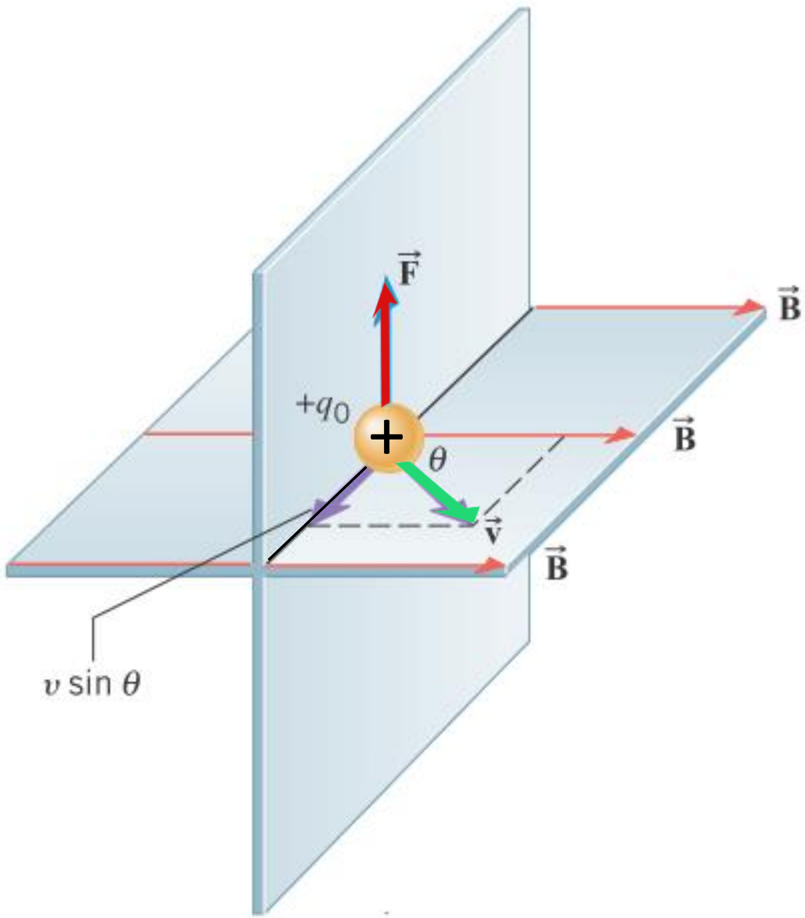
$$sen(\theta_{v,B}) = 1$$

$$|\vec{F}_B| = q|\vec{v}| \times |\vec{B}|$$

ao plano que contém $\vec{v}$ e $\vec{B}$

Força magnética - exemplo

Recordando a aula T



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

$$0 < \theta_{v,B} < 90$$

$$sen(\theta_{v,B}) < 1$$

$$|\vec{F}_B| = q|\vec{v}| \times |\vec{B}| \times sen\theta$$

Perpendicular ao plano que contém $\vec{v}$ e $\vec{B}$

Força magnética + eléctrica

P8/8

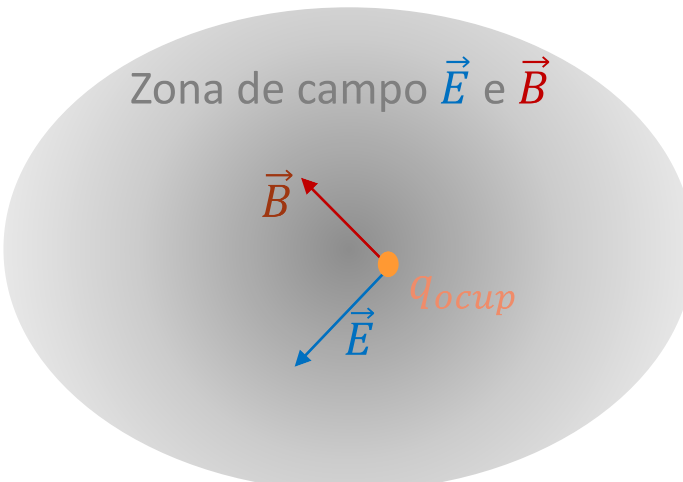
•8 Um campo elétrico de 1,50 kV/m e um campo magnético perpendicular de 0,400 T agem sobre um elétron em movimento sem acelerá-lo. Qual é a velocidade do elétron?

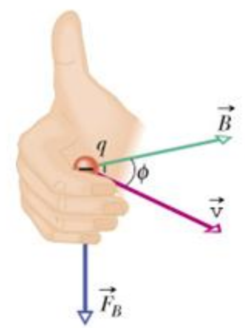
...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

$$\vec{F} = \boxed{q\vec{E}} + \boxed{q\vec{v} \times \vec{B}}$$

$$\boxed{\vec{F} = q\vec{E}}$$

$$\boxed{\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}}$$



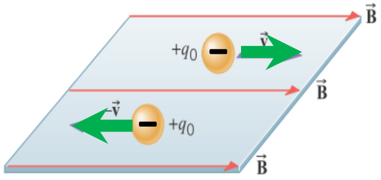


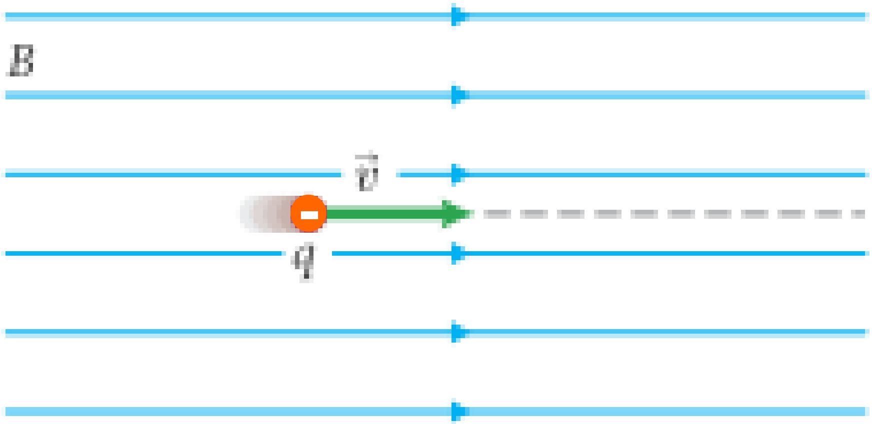
Trajectória de cargas num campo $\vec{B}$

Recordando a aula T

Carga ocupante = $q_{ocup} = q_o = q$

$\boxed{\vec{v} \parallel \vec{B}}$





$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\qquad |\vec{F}_B| = q|\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot sen0$ $\qquad |\vec{F}_B| = 0 \Longrightarrow \boxed{\vec{a} = 0}$

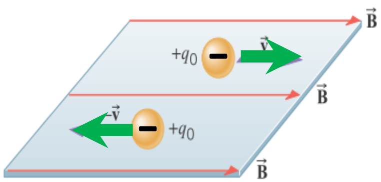
a velocidade da partícula será constante, o movimento é rectilíneo e uniforme, a trajectória não se altera

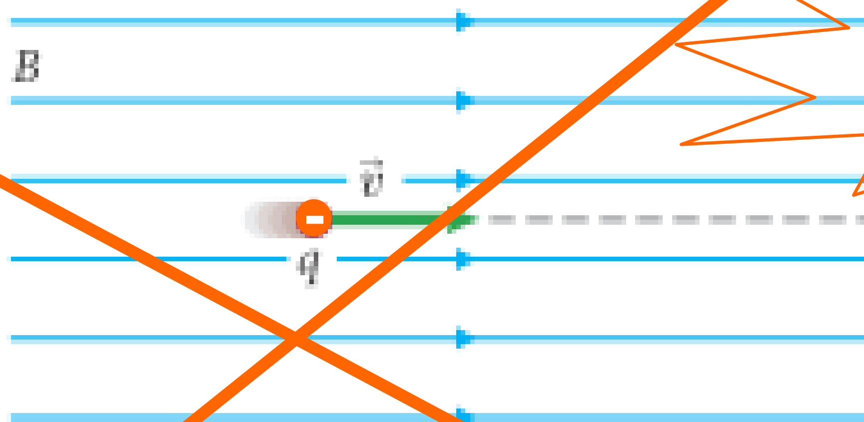
Trajectória de cargas num campo $\vec{B}$

Recordando a aula T

Carga ocupante = $q_{ocup} = q_o = q$

$\boxed{\vec{v} \parallel \vec{B}}$





NÃO É ESTE O CASO!

$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\quad$ $|\vec{F}_B| = q|\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot sen0$ $\quad$ $|\vec{F}_B| = 0 \Longrightarrow \boxed{\vec{a} = 0}$

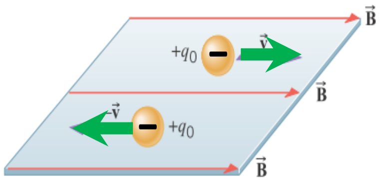
a velocidade da partícula será constante, o movimento é rectilíneo e uniforme, a trajectória não se altera

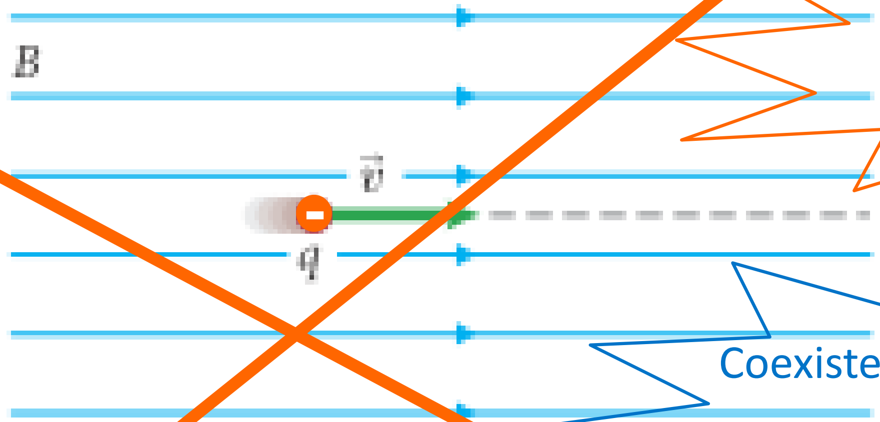
Trajectória de cargas num campo $\vec{B}$

Recordando a aula T

Carga ocupante = $q_{ocup} = q_o = q$

$\vec{v} \parallel \vec{B}$





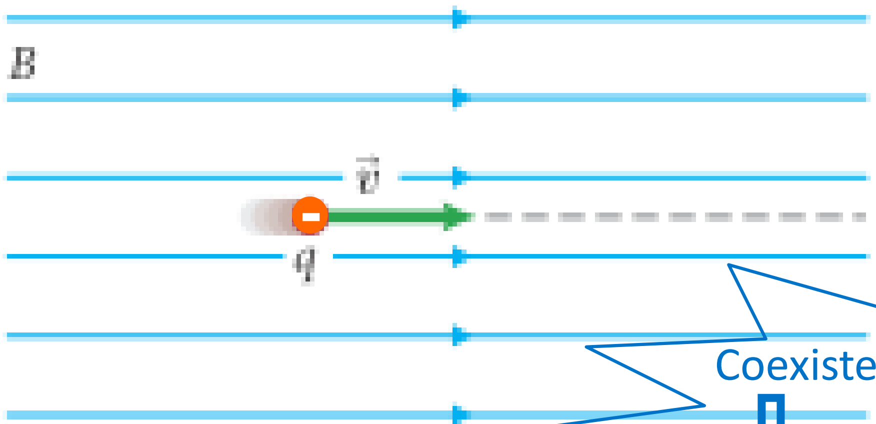
NÃO É ESTE O CASO!

Coexiste um campo eléctrico $\vec{E}$

Trajectória de cargas num campo $\vec{B}+\vec{E}$

Recordando a aula T

Carga ocupante = $q_{ocup} = q_o = q$



Coexiste um campo eléctrico $\vec{E}$

$\vec{F}_E = q\vec{E}$

forças eléctricas e forças magnéticas

Recordando a aula T

Se uma carga se move num espaço em que existem simultaneamente campo eléctrico e campo magnético, vai ficar sujeita a uma força resultante:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

Força eléctrica

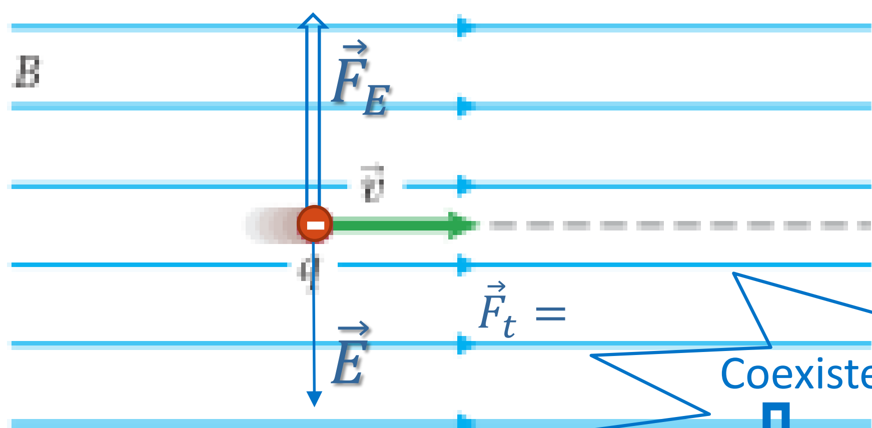
Força magnética

Trajectória de cargas num campo $\overrightarrow{B}$ $\vec{E}$

Recordando a aula T

Carga ocupante = $q_{ocup} = q_o = q$

$\cancel{\vec{v} \parallel \vec{B}}$



Coexiste um campo eléctrico $\vec{E}$

$\Rightarrow \vec{F}_E = q\vec{E}$

$$\vec{F}_t = \boxed{q\vec{E}} + \boxed{q\vec{v} \times \vec{B}}$$

$$\boxed{\vec{F}_E} \qquad \boxed{\vec{F}_B}$$

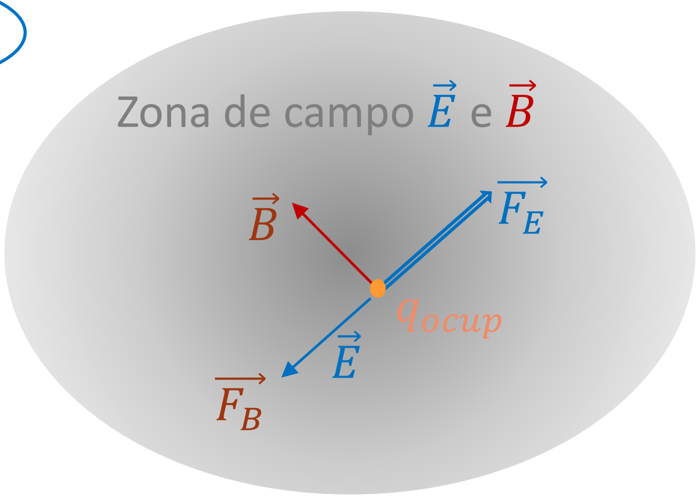
$$\vec{F}_t \neq \vec{0}$$

Força magnética + eléctrica

P8/8

•8 Um campo elétrico de 1,50 kV/m e um campo magnético perpendicular de 0,400 T agem sobre um elétron em movimento sem acelerá-lo. Qual é a velocidade do elétron?

$\vec{F} = \vec{0}$

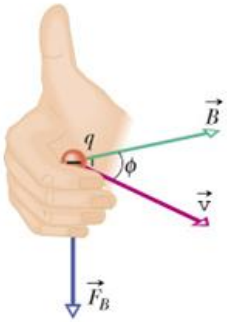


...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

$$\vec{F} = \boxed{q\vec{E}} + \boxed{q\vec{v} \times \vec{B}}$$

$$\boxed{\vec{F} = q\vec{E}}$$

$$\boxed{\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}}$$

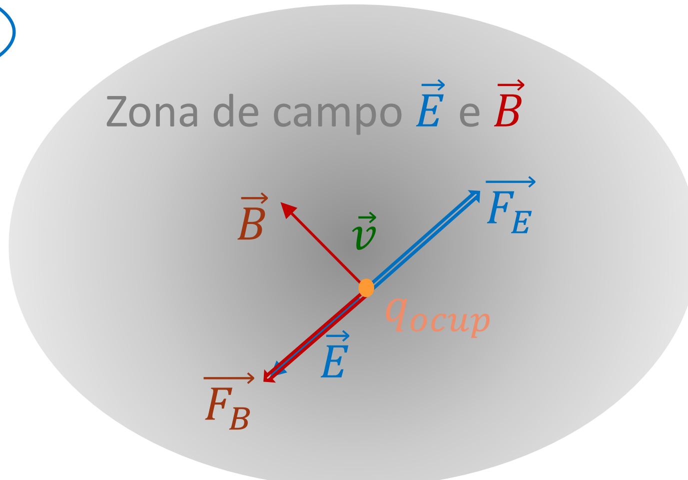


Força magnética + eléctrica

P8/8

•8 Um campo elétrico de 1,50 kV/m e um campo magnético perpendicular de 0,400 T agem sobre um elétron em movimento sem acelerá-lo. Qual é a velocidade do elétron?

$\vec{F} = \vec{0}$

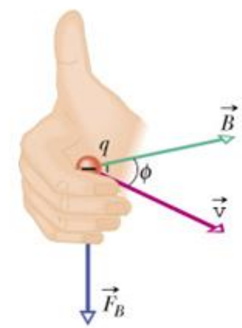


...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

$\vec{F} = \boxed{q\vec{E}} + \boxed{q\vec{v} \times \vec{B}}$

$\boxed{\vec{F} = q\vec{E}}$

$\boxed{\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}}$

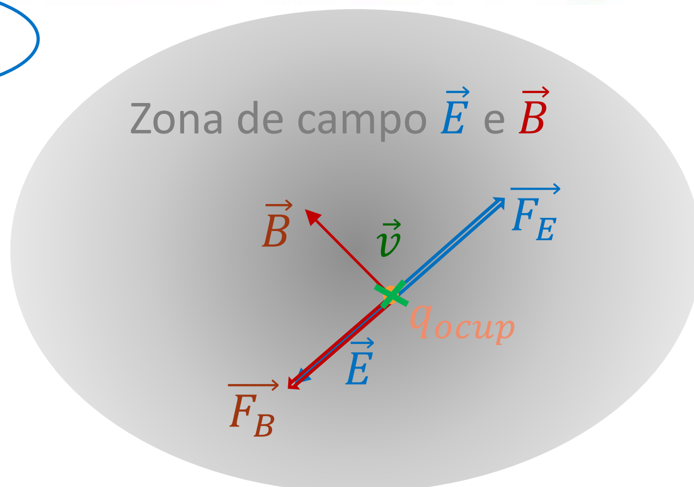


Força magnética + eléctrica

P8/8

•8 Um campo elétrico de 1,50 kV/m e um campo magnético perpendicular de 0,400 T agem sobre um elétron em movimento sem acelerá-lo. Qual é a velocidade do elétron?

$\vec{F} = \vec{0}$



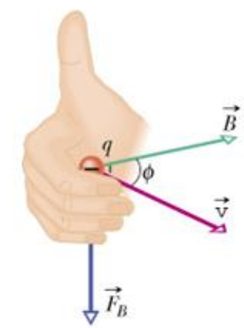
$$|\vec{F_E}| = |\vec{F_B}|$$

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

$$\vec{F} = \boxed{q\vec{E}} + \boxed{q\vec{v} \times \vec{B}}$$

$$\boxed{\vec{F} = q\vec{E}}$$

$$\boxed{\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}}$$



Força magnética + eléctrica

P8/8

•8 Um campo elétrico de 1,50 kV/m e um campo magnético perpendicular de 0,400 T agem sobre um elétron em movimento sem acelerá-lo. Qual é a velocidade do elétron?

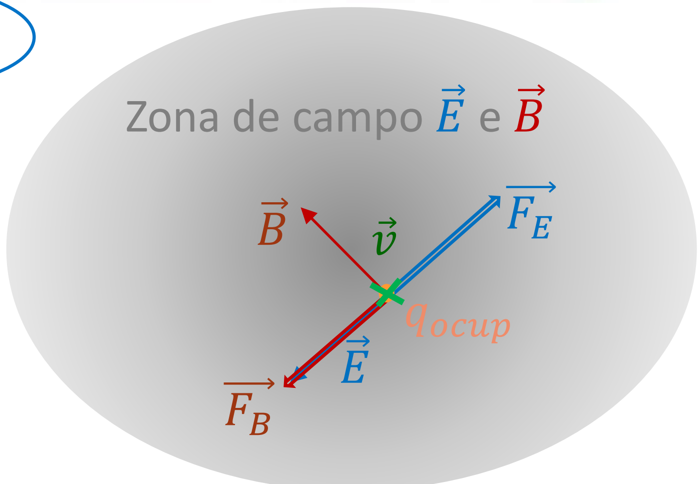
$$\vec{F} = \vec{0}$$

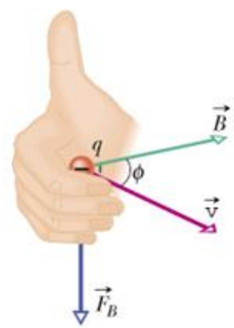
...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

$$\vec{F} = \boxed{q\vec{E}} + \boxed{q\vec{v} \times \vec{B}}$$

$$\boxed{\vec{F} = q\vec{E}}$$

$$\boxed{\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}}$$





$$\left|\overrightarrow{F_E}\right| = \left|\overrightarrow{F_B}\right|$$

$$\left|\overrightarrow{F_E}\right| = \left|e\vec{E}\ \right| = eE$$

$$\left|\vec{F}_B\right| = |e|\,|\vec{v}|\,\left|\vec{B}\right| sen90 = evB$$

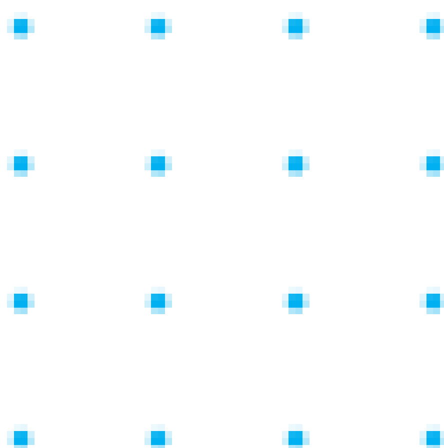
$$eE = evB \longrightarrow \frac{E}{B} = v$$

Convenções de representação de $\vec{B}$

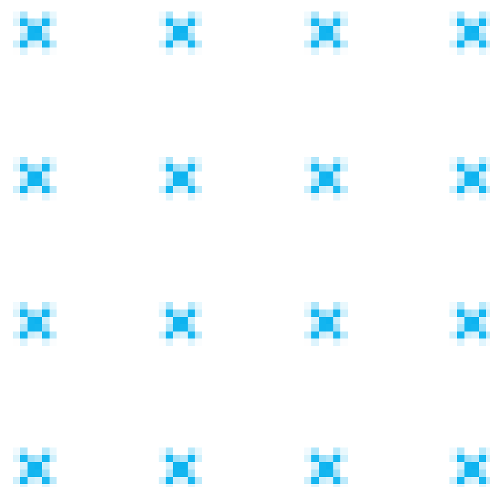
Recordando a aula T

Se o campo é perpendicular ao plano da página:

(a) $\vec{B}$ para fora da página



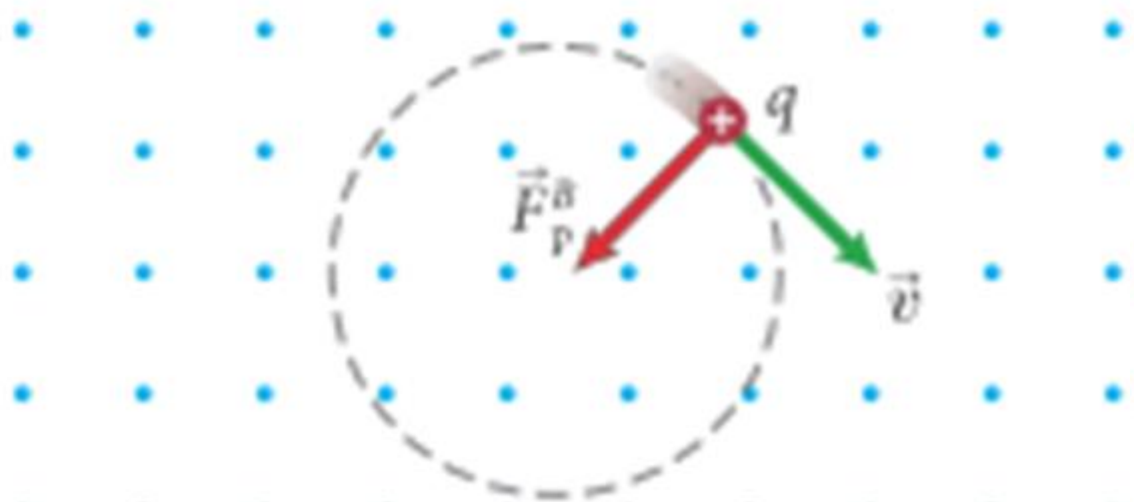
(b) $\vec{B}$ para dentro da página



Trajectória de cargas num campo $\vec{B}$

Se uma carga entra numa região onde existe um campo magnético uniforme, com velocidade perpendicular ao campo magnético…..

Recordando a aula T



$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\quad |\vec{F}_B| = q|\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot sen90$ $\quad |\vec{F}_B| = qvB \Longrightarrow \boxed{\vec{a} = Cte}$

a aceleração da partícula é constante e perpendicular à velocidade, o movimento será circular e uniforme.

Recordando a aula T

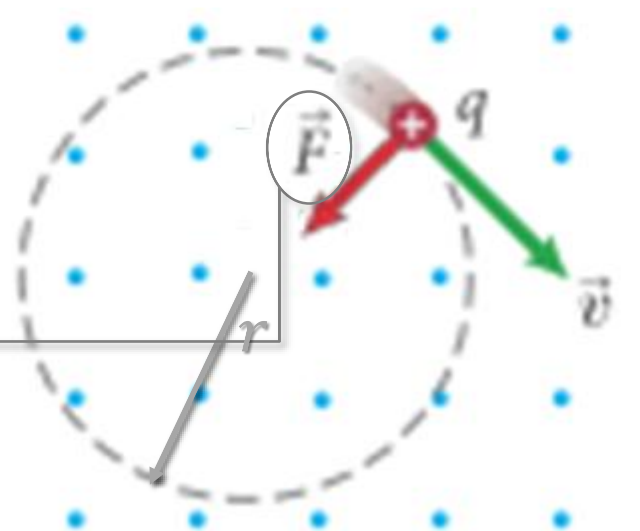
Força **centrípeta** $\longleftrightarrow$ perpendicular à velocidade/trajectória

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow \begin{cases} a_t = o & \text{o módulo da velocidade não se altera} \longrightarrow \textbf{Movimento uniforme} \\ a_n = \frac{F_n}{m} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r & \text{aceleração normal, responsável pela curvatura} \longrightarrow \textbf{Movimento circular} \end{cases}$$

$$\vec{F}_B \equiv \vec{F}_{centripeta}$$

$$q\cancel{v}B \equiv m\frac{v^{\cancel{2}}}{r} \longrightarrow \boxed{r = \frac{m}{q}\frac{v}{B}}$$

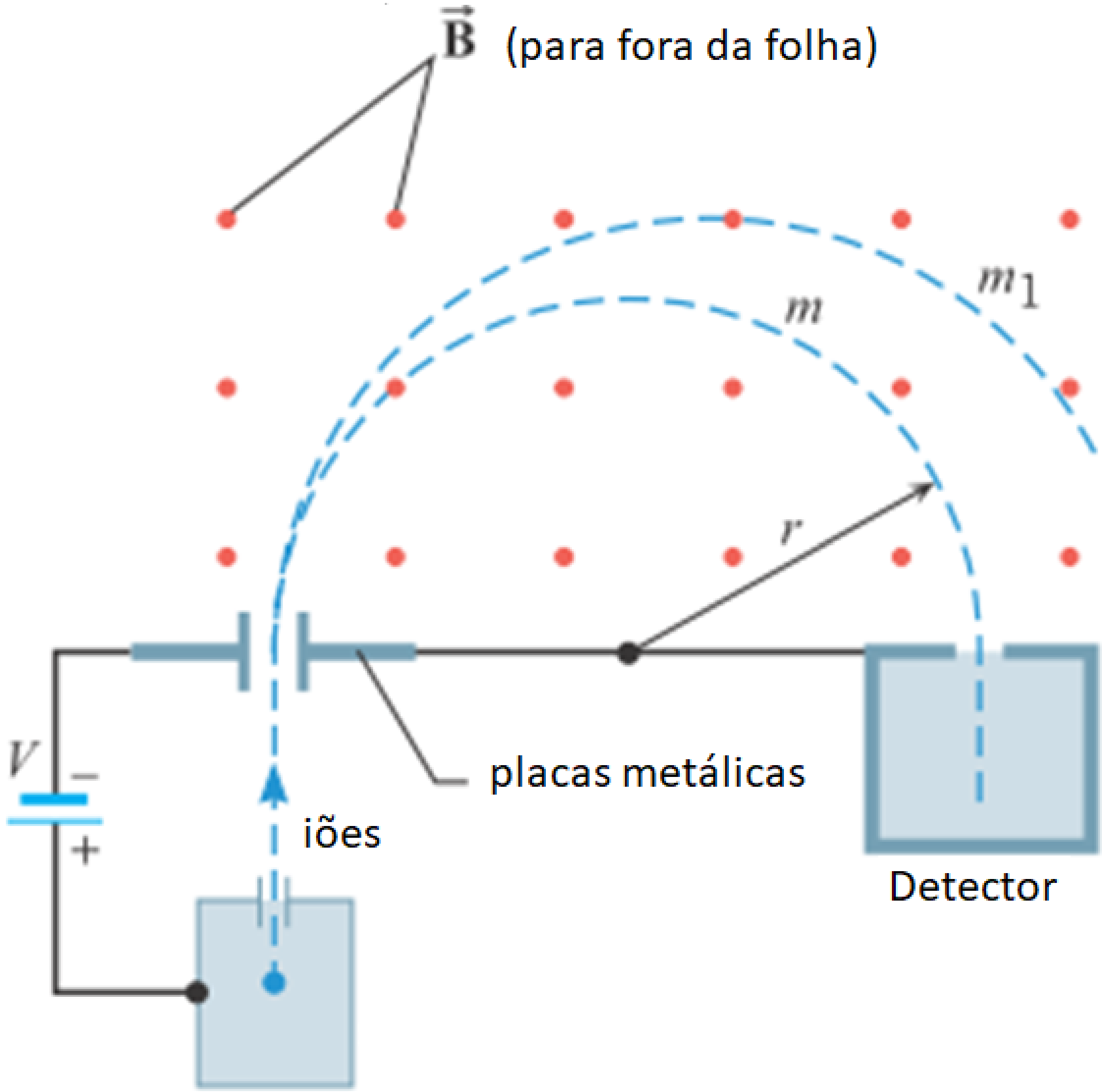
$$T = 2\pi\frac{r}{v} = 2\pi\frac{m}{qB}$$



Raio de curvatura da trajectória

Espectrómetro de massa

Recordando a aula T



$$r = \frac{m}{q}\frac{v}{B}$$

Força magnética

P24/18

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

•24 Na Fig. 28-41 uma partícula descreve uma trajetória circular em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo $\boxed{B = 4{,}00 \text{ mT}}$. A partícula é um próton ou um elétron (a identidade da partícula faz parte do problema) e está sujeita uma força magnética de módulo $3{,}20 \times 10^{-15}$ N. Determine (a) a velocidade escalar da partícula; (b) o raio da trajetória; (c) o período do movimento.

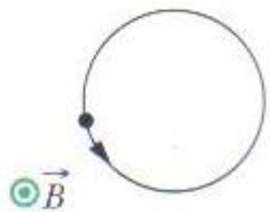
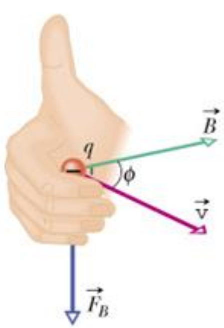
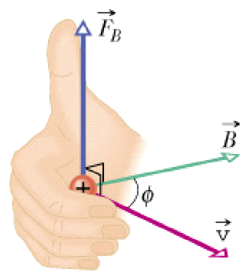


FIG. 28-41 Problema 24.

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





Força magnética

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

P24/18

•24 Na Fig. 28-41 uma partícula descreve uma trajetória circular em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo $\boxed{B = 4{,}00 \text{ mT}}$. A partícula é um próton ou um elétron (a identidade da partícula faz parte do problema) e está sujeita uma força magnética de módulo $3{,}20 \times 10^{-15}$ N. Determine (a) a velocidade escalar da partícula; (b) o raio da trajetória; (c) o período do movimento.

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

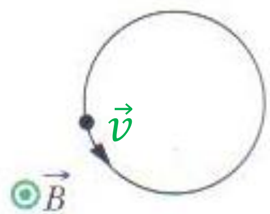
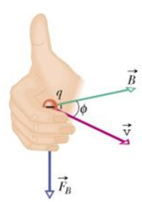
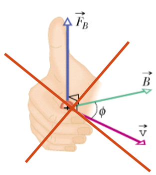
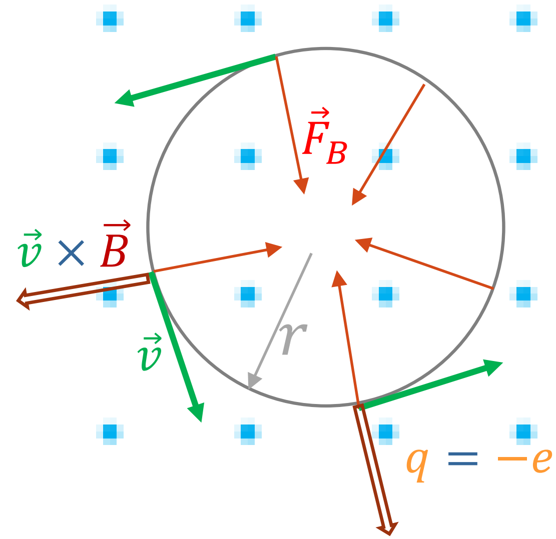


FIG. 28-41 Problema 24.







Força magnética

...em cargas (ocupantes)
positivas e negativas

P24/18

•24 Na Fig. 28-41 uma partícula descreve uma trajetória circular em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo $\boxed{B = 4{,}00\ \text{mT}}$. A partícula é um próton ou um elétron (a identidade da partícula faz parte do problema) e está sujeita uma força magnética de módulo $3{,}20 \times 10^{-15}$ N. Determine (a) a velocidade escalar da partícula; (b) o raio da trajetória; (c) o período do movimento.

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

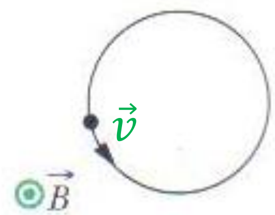
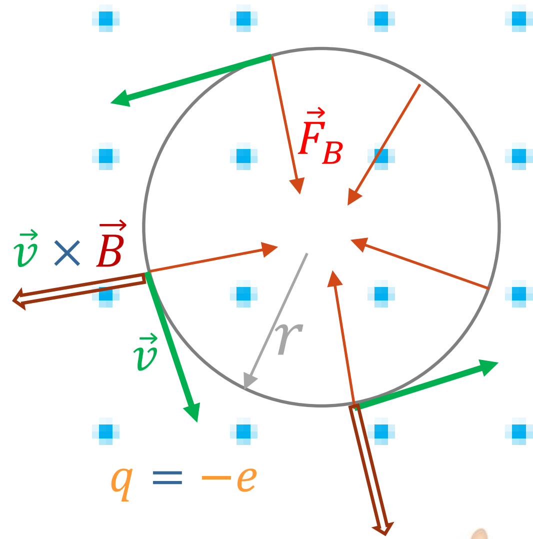


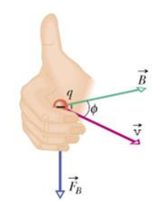
FIG. 28-41 Problema 24.



$$|\vec{F}_B| = |-e||\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot sen90 = evB$$

$$v = \frac{|\vec{F}_B|}{eB} = \frac{3{,}2 \times 10^{-15}}{1{,}6 \times 10^{-19} \times 4 \times 10^{-3}} = 5{,}0 \times 10^{7} m/s$$

$$r = \frac{m}{q}\frac{v}{B} = \frac{9{,}1 \times 10^{-31}}{1{,}6 \times 10^{-19}}\frac{\times 5{,}0 \times 10^{7}}{\times 4 \times 10^{-3}} = 7{,}1 \times 10^{-2} m$$



Força magnética

Q17/11

$T_0 = \frac{T}{2}$

7 Na Fig. 28-31 uma partícula carregada entra com velocidade escalar v_0 em uma região onde existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$, descreve uma semicircunferência em um intervalo de tempo T_0 e deixa a região. (a) A carga da partícula é positiva ou negativa? (b) A velocidade final da partícula é maior, menor ou igual a v_0? (c) Se a velocidade inicial fosse $0{,}5v_0$, a partícula passaria um tempo maior, menor ou igual a T_0 na região onde existe campo magnético? (d) Na situação do item (c) a trajetória seria uma semicircunferência, um arco maior que uma semicircunferência ou um arco menor que uma semicircunferência?

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

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

$$\left|\vec{F}_B\right| = |-e||\vec{v}| \cdot \left|\vec{B}\right| \cdot sen90 = evB$$

$$e\cancel{v}B \equiv m\frac{v^{\cancel{2}}}{r}$$

$$|\vec{v}| = const = v_0$$

$$q = \ominus$$

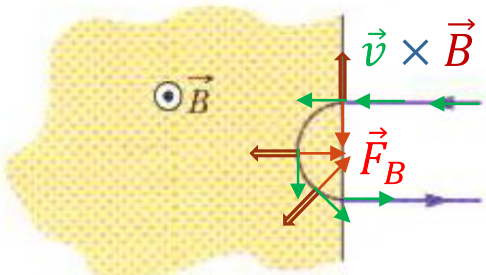
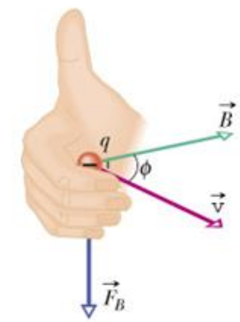
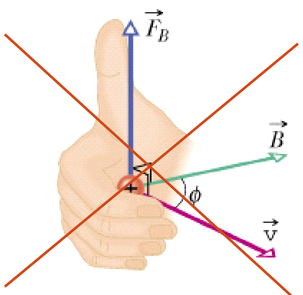


FIG. 28-31 Pergunta 7.





Força magnética

Q17/11

$T_0 = \frac{T}{2}$

7 Na Fig. 28-31 uma partícula carregada entra com velocidade escalar v_0 em uma região onde existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$, descreve uma semicircunferência em um intervalo de tempo T_0 e deixa a região. (a) A carga da partícula é positiva ou negativa? (b) A velocidade final da partícula é maior, menor ou igual a v_0? (c) Se a velocidade inicial fosse $0{,}5v_0$, a partícula passaria um tempo maior, menor ou igual a T_0 na região onde existe campo magnético? (d) Na situação do item (c) a trajetória seria uma semicircunferência, um arco maior que uma semicircunferência ou um arco menor que uma semicircunferência?

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

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

$$|\vec{F}_B| = |-e||\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot sen90 = evB$$

$$e\cancel{v}B \equiv m\frac{v^{\cancel{2}}}{r}$$

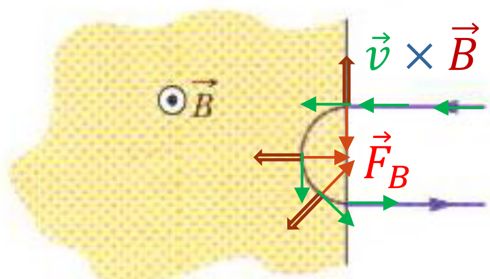
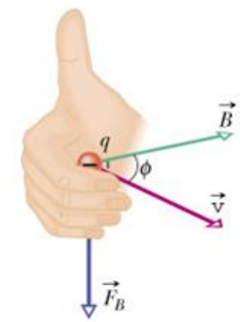


FIG. 28-31 Pergunta 7.

$$|\vec{v}| = const = v_0$$

$$q = \ominus$$



$$T = 2\pi\frac{r}{v} = 2\pi\frac{m}{qB} \longrightarrow T' = 2\pi\frac{m}{qB} = T \Longrightarrow T'_0 = \frac{T'}{2} = T_0$$

$$r = \frac{m}{e}\frac{v}{B} \longrightarrow r' = \frac{m}{2e}\frac{v}{B} = \frac{r}{2}$$

Força magnética

P17/21

$$E_c = m\frac{v^2}{2}$$

•17 Um elétron de energia cinética 1,20 keV descreve uma trajetória circular em um plano perpendicular a um campo magnético uniforme. O raio da órbita é 25,0 cm. Determine (a) a velocidade escalar do elétron; (b) o módulo do campo magnético; (c) a freqüência de revolução; (d) o período do movimento.

...em cargas (ocupantes) positivas e negativas

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

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

$$|\vec{F}_B| = |-e||\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot sen90 = evB$$

$$e\cancel{v}B \equiv m\frac{v^{\cancel{2}}}{r}$$

$$B = m\frac{v^2}{evr} = \frac{2E_c}{evr}$$

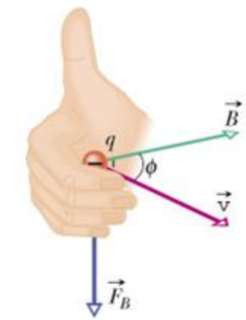
$$v = \frac{eBr}{m}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$T = 2\pi\frac{r}{v} = 2\pi\frac{m}{eB} = \frac{1}{f}$$

$$E_c = m\frac{v^2}{2} \longrightarrow mv^2 = 2E_c$$

$$1ev = 1{,}6 \times 10^{-19} J$$



Força magnética sobre um condutor

Um condutor ocupante, de comprimento, L, (pequenos troços de comprimento $\overrightarrow{dl}$) ransporta uma corrente i

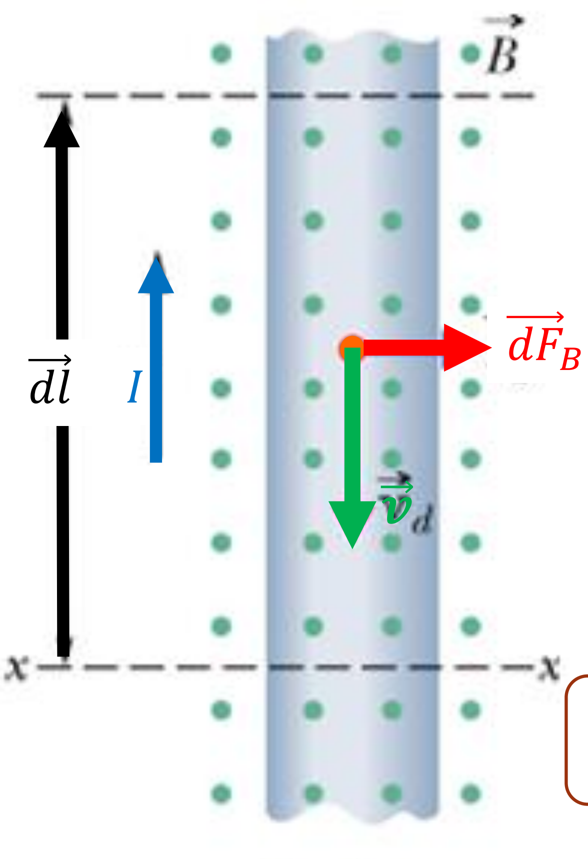
Recordando a aula T

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

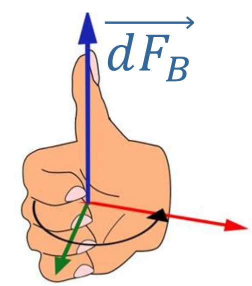
$$dq = I \times dt$$

$$\vec{v} = \overrightarrow{dl}/dt$$

$$\left|\overrightarrow{dF_B}\right| = I \times dt \times \frac{dl}{dt} \times \mathrm{B} \times \mathrm{sen}90$$



$$\boxed{\overrightarrow{dF_B} = I \times d\vec{l} \times \vec{B}}$$



$$\left|\overrightarrow{dF_B}\right| = IdlBsen\theta_{i,B}$$

Força magnética

P39/21

•39 Um fio com 13,0 g de massa e L = 62,0 cm de comprimento está suspenso por um par de contatos flexíveis na presença de um campo magnético uniforme de módulo 0,440 T (Fig. 28-44). Determine (a) o valor absoluto e (b) o sentido (para a direita ou para a esquerda) da corrente necessária para remover a tensão dos contatos.

...Correntes I(ocupantes)

$$\vec{F_t} = \vec{0}$$

$$\left|\vec{P}\right| = mg$$
$$= 13 \times 10^{-3}$$

$$\left|\vec{P}\right| = 13 \times 10^{-3} \times 9{,}8 = 0{,}13N$$

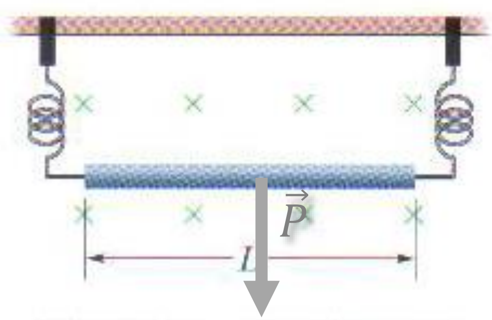
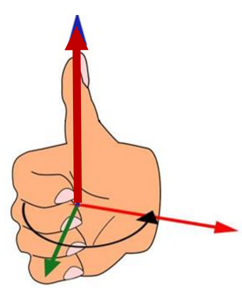


FIG. 28-44 Problema 39.



$$\overrightarrow{dF_B} = I \times \vec{dl} \times \vec{B}$$

$$\left|\overrightarrow{dF_B}\right| = idlBsen\theta_{I,B}$$

Força magnética

P39/21

•39 Um fio com 13,0 g de massa e $L = 62,0$ cm de comprimento está suspenso por um par de contatos flexíveis na presença de um campo magnético uniforme de módulo 0,440 T (Fig. 28-44). Determine (a) o valor absoluto e (b) o sentido (para a direita ou para a esquerda) da corrente necessária para remover a tensão dos contatos.

...Correntes I(ocupantes)

$$\vec{F_t} = \vec{0}$$

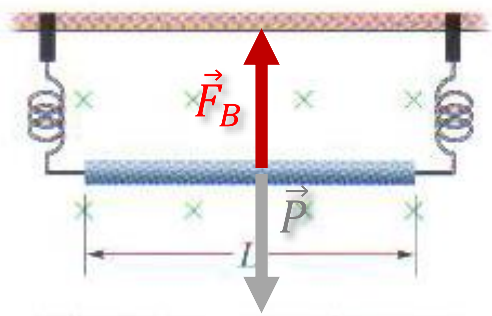


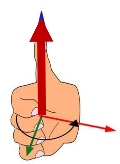
FIG. 28-44 Problema 39.

$$|\vec{P}| = mg$$
$$= 13 \times 10^{-3}$$

$$|\vec{P}| = 13 \times 10^{-3} \times 9,8 = 0,13N$$

$$\boxed{|\vec{P}| = |\vec{F}_B|}$$

$$\overrightarrow{dF_B} = I \times d\vec{l} \times \vec{B}$$



$$\left|\overrightarrow{dF_B}\right| = IdlBsen\theta_{I,B}$$

$$\vec{F}_B = \int_{comp\ fio\ ocup} \overrightarrow{dF_B}$$

Força magnética

P39/21

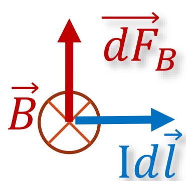
•39 Um fio com 13,0 g de massa e L = 62,0 cm de comprimento está suspenso por um par de contatos flexíveis na presença de um campo magnético uniforme de módulo 0,440 T (Fig. 28-44). Determine (a) o valor absoluto e (b) o sentido (para a direita ou para a esquerda) da corrente necessária para remover a tensão dos contatos.

.Correntes I(ocupantes)

$\vec{F_t} = \vec{0}$

Sentido de I no fio_{ocup}
1ªhipótese:

I



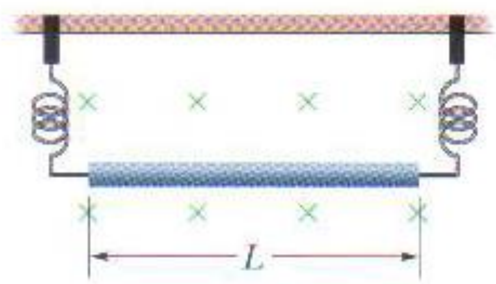
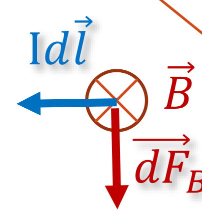


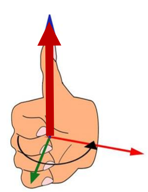
FIG. 28-44 Problema 39.

~~Sentido de I no fio_{ocup}~~
~~2ªhipótese:~~

I



$$\overrightarrow{dF_B} = i \times d\vec{l} \times \vec{B} \begin{cases} \\ \left|\overrightarrow{dF_B}\right| = idlBsen\theta_{i,B} \end{cases}$$



Força magnética

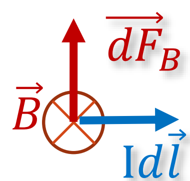
P39/21

•39 Um fio com 13,0 g de massa e L = 62,0 cm de comprimento está suspenso por um par de contatos flexíveis na presença de um campo magnético uniforme de módulo 0,440 T (Fig. 28-44). Determine (a) o valor absoluto e (b) o sentido (para a direita ou para a esquerda) da corrente necessária para remover a tensão dos contatos.

...Correntes I(ocupantes)

Sentido de I no fio_{ocup}

1ªhipótese:



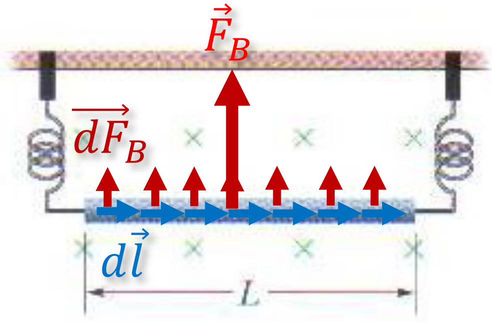
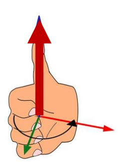


FIG. 28-44 Problema 39.

$$\overrightarrow{dF_B} = I \times d\vec{l} \times \vec{B}$$



$$\left|\overrightarrow{dF_B}\right| = IdlBsen\theta_{I,B} = IdlBsen90$$

Força magnética

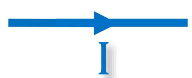
P39/21

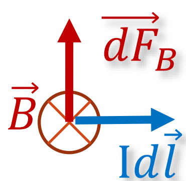
•**39** Um fio com 13,0 g de massa e $L = 62{,}0$ cm de comprimento está suspenso por um par de contatos flexíveis na presença de um campo magnético uniforme de módulo 0,440 T (Fig. 28-44). Determine (a) o valor absoluto e (b) o sentido (para a direita ou para a esquerda) da corrente necessária para remover a tensão dos contatos.

...Correntes I(ocupantes)

Sentido de I no fio_{ocup}

1ªhipótese:





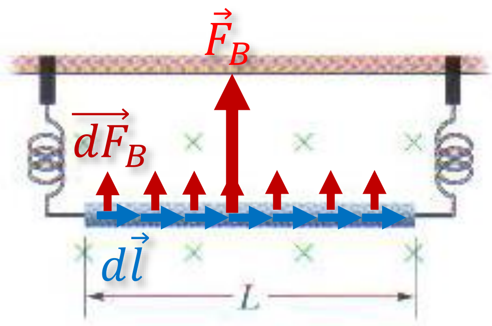


FIG. 28-44 Problema 39.

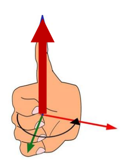
$$\left|\vec{F}_B\right| = \int_{comp\ fio\ ocup} \left|\overrightarrow{dF_B}\right|$$

$$\left|\vec{F}_B\right| = \int_L IBdl = IB\int_L dl$$

$I, B = const\ no\ fio\ com\ L$

$$\left|\vec{F}_B\right| = IBL$$

$$\overrightarrow{dF_B} = I \times d\vec{l} \times \vec{B}$$



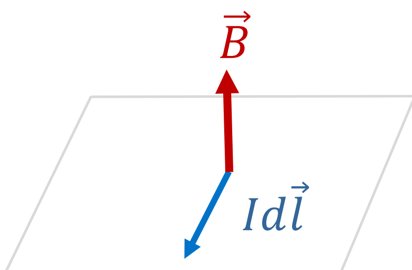
$$\left|\overrightarrow{dF_B}\right| = IdlBsen\theta_{I,B} = IBsen90dl$$

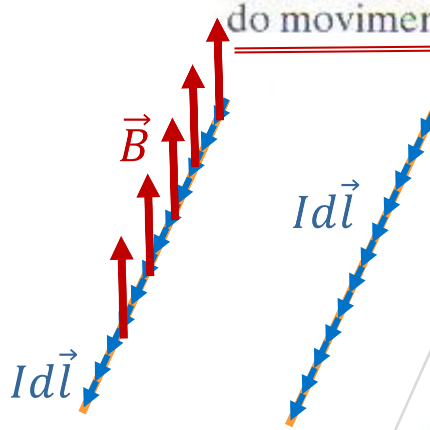
Força magnética

...Correntes I(ocupantes)

P44/46

••44 Na Fig. 28-46 um fio metálico de massa m = 24,1 mg pode deslizar com atrito insignificante sobre dois trilhos paralelos horizontais separados por uma distância d = 2,56 cm. O conjunto está em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo 56,3 mT. No instante t = 0 um gerador G é ligado aos trilhos e produz uma corrente constante i = 9,13 mA no fio e nos trilhos (mesmo quando o fio está se movendo). No instante t = 61,1 ms, determine (a) a velocidade escalar do fio; (b) o sentido do movimento do fio (para a esquerda ou para a direita).





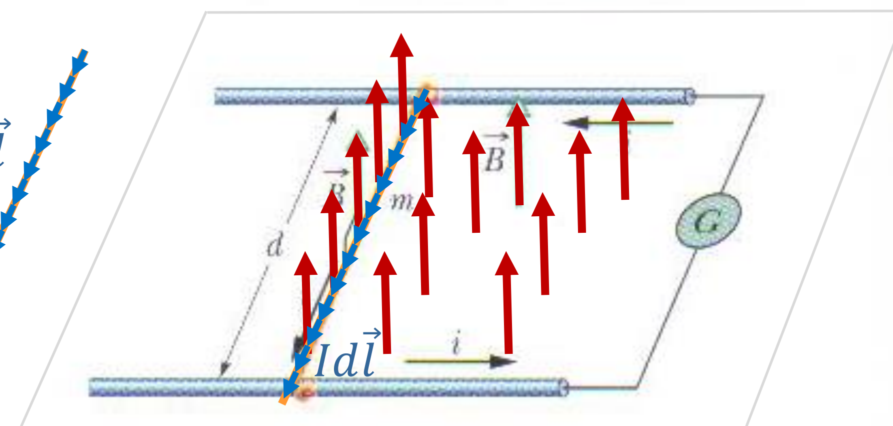
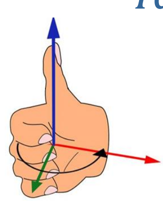


FIG. 28-46 Problema 44.



$$\overrightarrow{dF_B} = Id\vec{l} \times \vec{B}$$

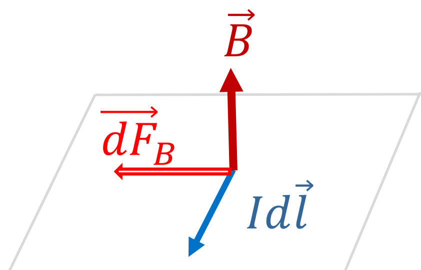
$$\left|\overrightarrow{dF_B}\right| = IdlBsen\theta_{I,B}$$

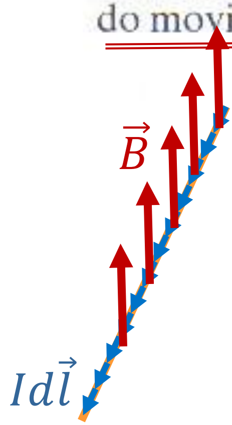
Força magnética

...Correntes I(ocupantes)

P44/46

••44 Na Fig. 28-46 um fio metálico de massa $m = 24{,}1$ mg pode deslizar com atrito insignificante sobre dois trilhos paralelos horizontais separados por uma distância $d = 2{,}56$ cm. O conjunto está em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo 56,3 mT. No instante $t = 0$ um gerador G é ligado aos trilhos e produz uma corrente constante $i = 9{,}13$ mA no fio e nos trilhos (mesmo quando o fio está se movendo). No instante $t = 61{,}1$ ms, determine (a) a velocidade escalar do fio; (b) o sentido do movimento do fio (para a esquerda ou para a direita).





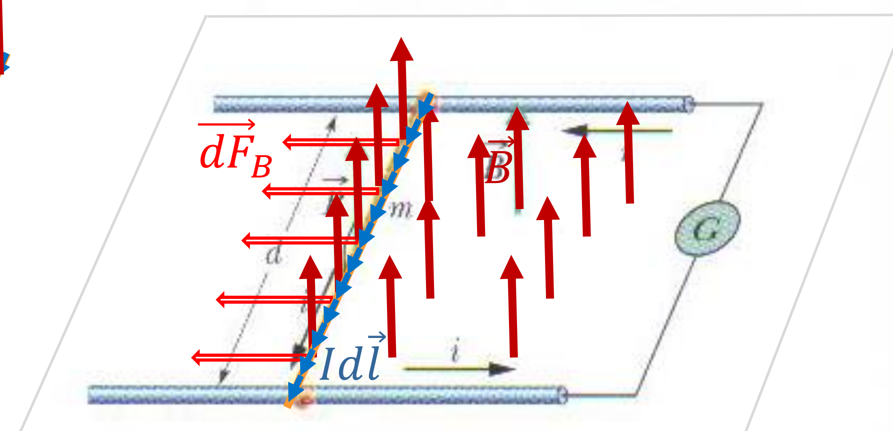


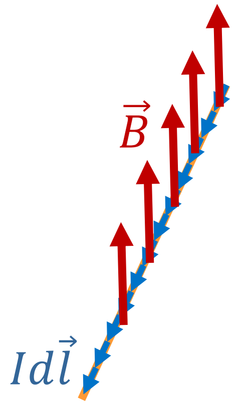
FIG. 28-46 Problema 44.

$$\vec{dF_B} = Id\vec{l} \times \vec{B} \begin{cases} -\hat{\imath} \\ \left|\vec{dF_B}\right| = IdlBsen\theta_{I,B} \end{cases}$$

Força magnética

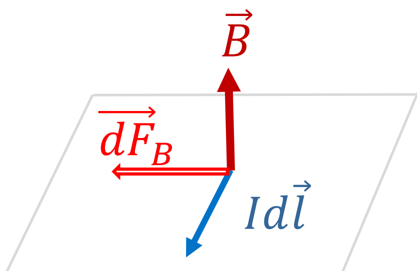
...Correntes I(ocupantes)

P44/46



••44 Na Fig. 28-46 um fio metálico de massa m = 24,1 mg pode deslizar com atrito insignificante sobre dois trilhos paralelos horizontais separados por uma distância d = 2,56 cm. O conjunto está em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo 56,3 mT. No instante t = 0 um gerador G é ligado aos trilhos e produz uma corrente constante i = 9,13 mA no fio e nos trilhos (mesmo quando o fio está se movendo). No instante t = 61,1 ms, determine (a) a velocidade escalar do fio; (b) o sentido do movimento do fio (para a esquerda ou para a direita).

$|\vec{F}_B|$



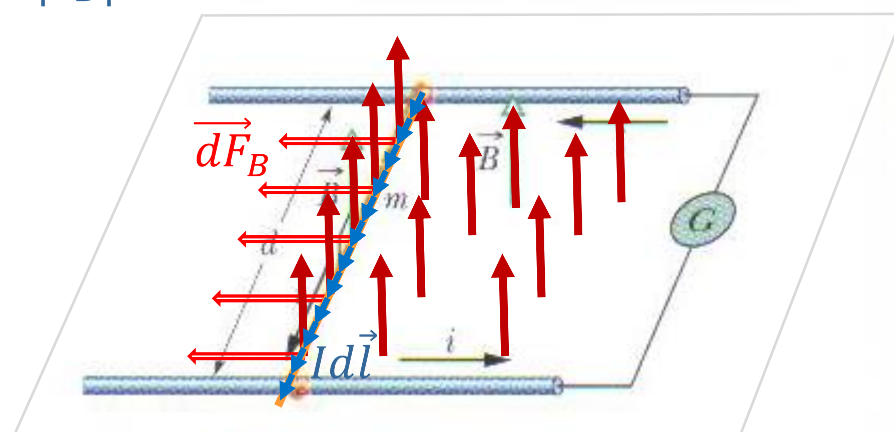


FIG. 28-46 Problema 44.

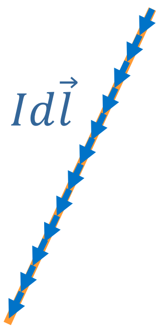
$$\vec{dF_B} = Id\vec{l} \times \vec{B} \begin{cases} -\hat{\imath} \\ \left|\vec{dF_B}\right| = IdlBsen\theta_{I,B} = IBdlsen90 = IBdl \end{cases}$$

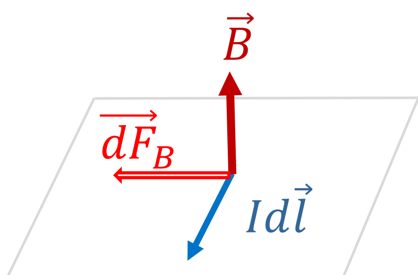
$$\rightarrow \left|\vec{F}_B\right| = \int_{L\ fio\ ocup} IBdl$$

Força magnética

P44/46

••44 Na Fig. 28-46 um fio metálico de massa m = 24,1 mg pode deslizar com atrito insignificante sobre dois trilhos paralelos horizontais separados por uma distância d = 2,56 cm. O conjunto está em uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo 56,3 mT. No instante t = 0 um gerador G é ligado aos trilhos e produz uma corrente constante i = 9,13 mA no fio e nos trilhos (mesmo quando o fio está se movendo). No instante t = 61,1 ms, determine (a) a velocidade escalar do fio; (b) o sentido do movimento do fio (para a esquerda ou para a direita).





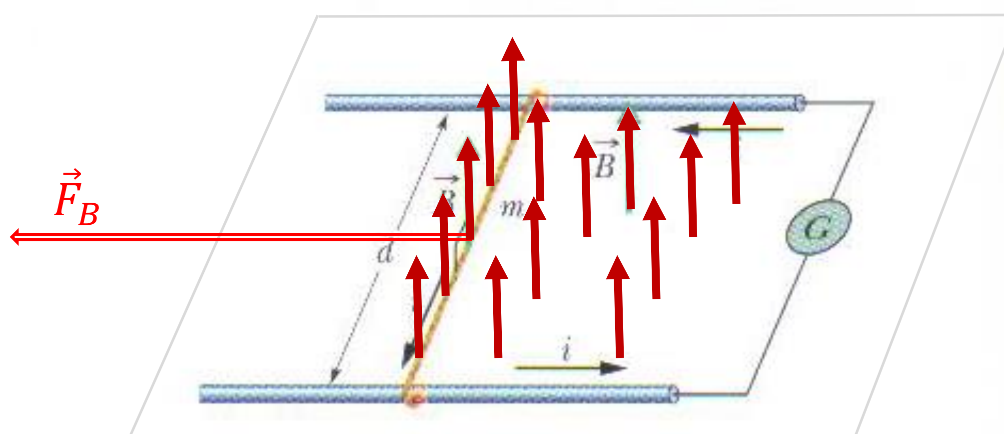


FIG. 28-46 Problema 44.

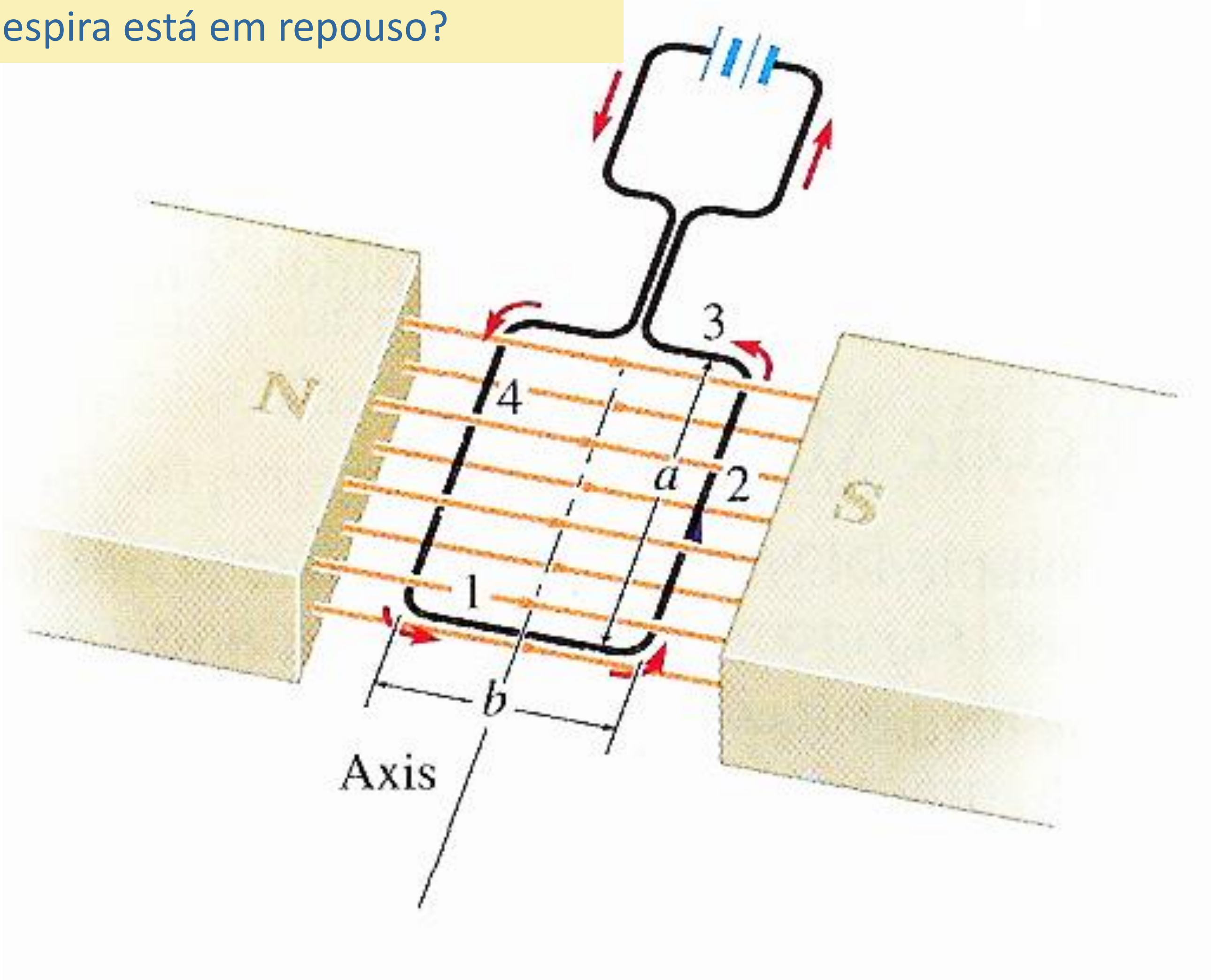
$$\vec{F}_B = \begin{cases} -\hat{\imath} \\ \left|\vec{F}_B\right| = \int_{L\ fio\ ocup} IBdl = IB \int_{L\ fio\ ocup} dl = IBL \end{cases}$$

$I, B = const\ ao\ longo\ do\ fio\ ocup$

Exemplo – Espira de corrente num campo $\vec{B}$

Campo no plano da espira

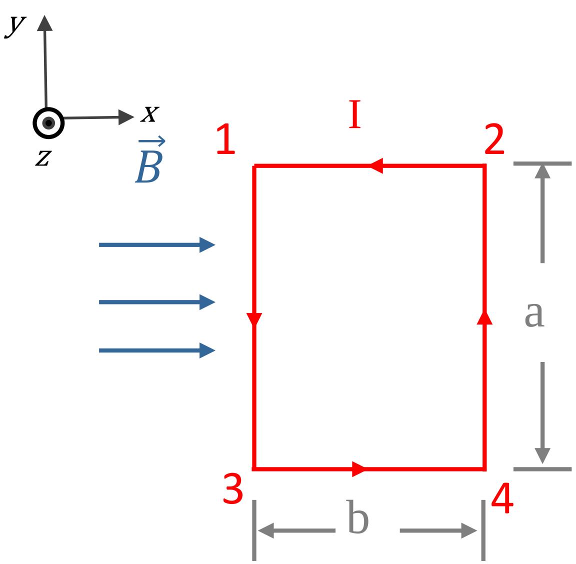
A força resultante que actua numa espira de corrente é nula.
Será que isso significa que a espira está em repouso?



Exemplo – Espira de corrente num campo $\vec{B}$

Campo no plano da espira

Podemos calcular separadamente a força que actua em cada um dos lados da espira



- Nos lados $\overline{12}$ e $\overline{34}$, $sen\alpha_{\vec{s},\vec{B}} = 0$. Assim:

$$\vec{F}_{B(12)} = \vec{F}_{B(34)} = \int_1^2 id\vec{s}.\vec{B} = \int_3^4 id\vec{s}.\vec{B} = 0$$

- No lado $\overline{13}$, $sen\alpha_{\vec{s},\vec{B}} = sen90 = 1$

$$\vec{F}_{B(13)} = \int_1^3 id\vec{s}.\vec{B} = (\,iaB)\hat{k}$$

- No lado $\overline{42}$, $sen\alpha_{\vec{s},\vec{B}} = sen(-90) = -1$

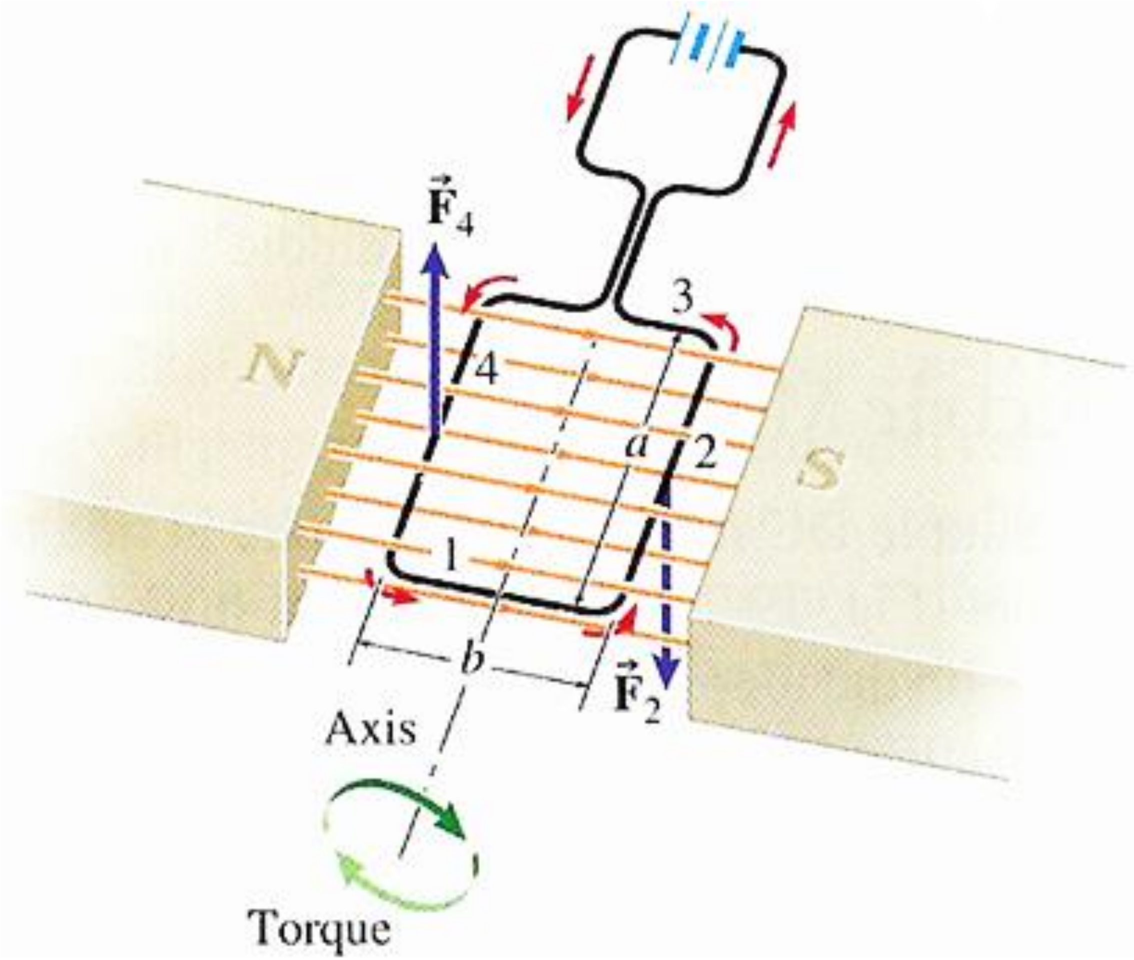
$$\vec{F}_{B(42)} = \int_4^2 id\vec{s}.\vec{B} = -(\,iaB)\hat{k}$$

Exemplo – Espira de corrente num campo $\vec{B}$

Campo no plano da espira

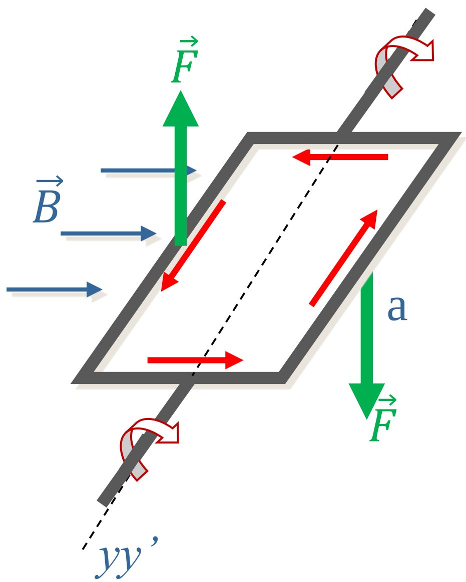
Sobre os lados “b” actuam forças iguais e simétricas: $|\vec{F}_{B(13)}| = |\vec{F}_{B(42)}| = ibB$

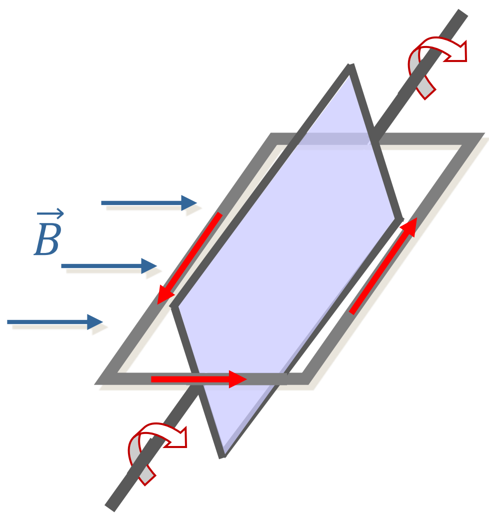
Essas duas forças provocam um momento (torque) na espira que vai rodar em torno do eixo yy', no sentido horário:



Exemplo – Espira de corrente num campo $\vec{B}$

rotação da espira





À medida que a espira roda, o torque vai diminuindo (o ângulo $\alpha_{\vec{s},\vec{B}}$ entre o condutor e o campo vai diminuindo) até o plano da espira ficar perpendicular ao campo.