

## Eletromagnetismo 02 – Força Magnética

### Formulário completo de Física com informações úteis

(Dicas para vestibulares)

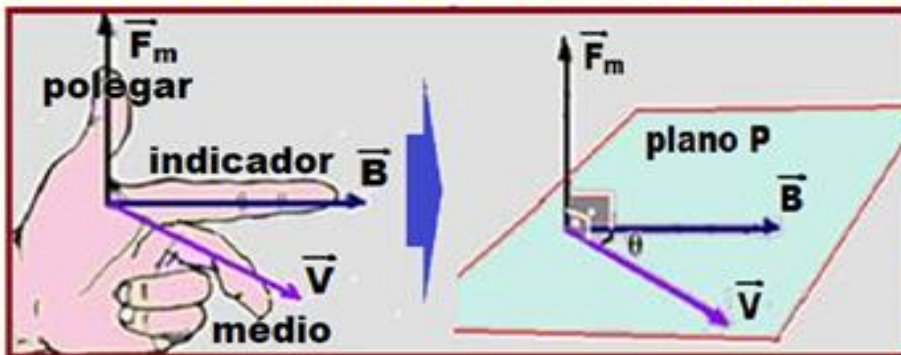
## Eletromagnetismo 02

### Força Magnética

### Força magnética sobre uma carga móvel imersa num campo magnético

Quando uma carga elétrica que se move com velocidade  $\vec{v}$  no interior de um campo magnético  $\vec{B}$  sobre ela surge uma força de origem magnética  $\vec{F}_m$  com as seguintes características:

⇒ Direção e sentido de  $\vec{F}_m$  → fornecidos pela regra da mão esquerda.



Observe na figura da direita que  $\vec{F}_m$  é perpendicular a  $\vec{B}$  e a  $\vec{v}$ , o que impõe a condição de que  $\vec{B}$  e  $\vec{v}$  devem pertencer a um mesmo plano. Observe também que  $\theta$  é o ângulo entre  $\vec{B}$  e  $\vec{v}$ .

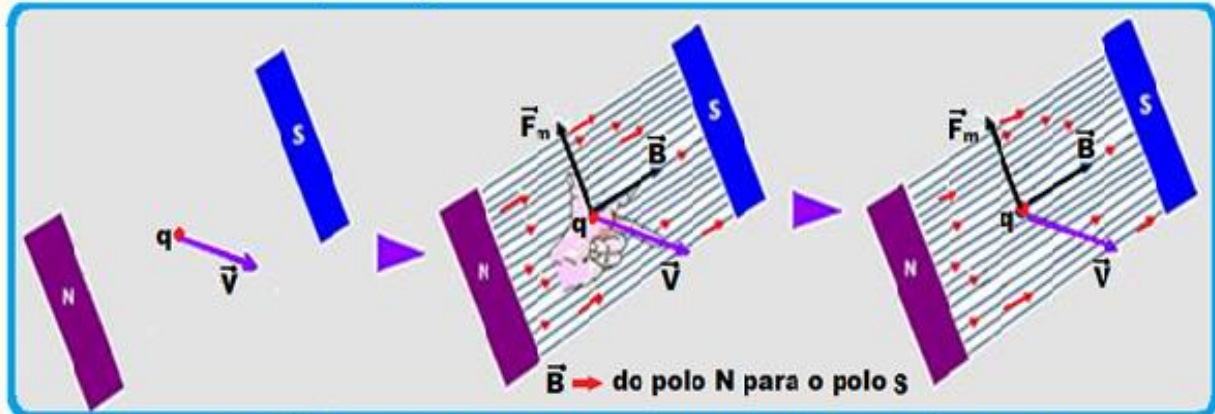
⇒ Intensidade de  $\vec{F}_m$  → é proporcional a  $q$ ,  $v$ ,  $B$  e ao  $\text{sen}\theta$ , obedecendo à equação:

$$\boxed{F_m = q \cdot B \cdot \text{sen}\theta}$$

$F_m$  → intensidade da força magnética sobre  $q$  medida em newton (N) no SI.  
 $q$  → carga elétrica sujeita à ação de  $\vec{F}_m$  medida em coulomb (C) no SI.  
 $v$  → módulo da velocidade da carga  $q$  medida em (m/s) no SI.  
 $B$  → intensidade do campo magnético na região onde  $q$  se move medido em tesla (T) no SI.  
 $\theta$  → ângulo entre  $\vec{B}$  e  $\vec{v}$ .

### Exemplo de aplicação

Conhecendo a direção e o sentido de  $\vec{B}$  e de  $\vec{v}$  você pode, pela regra da mão esquerda, determinar a direção e o sentido da força magnética  $\vec{F}_m$  conforme o esquema abaixo, onde uma carga  $q$  positiva move-se com velocidade  $\vec{v}$  no interior de um campo magnético uniforme .



Observe que a direção e sentido das linhas de indução magnética e consequentemente de  $\vec{B}$  é do polo norte para o polo sul.

Adaptando o indicador e o médio nas direções de  $\vec{B}$  e de  $\vec{v}$  você determina a direção e sentido de  $\vec{F}_m$ .

Observação: Se  $q$  for negativa você deve inverter o sentido da força magnética  $\vec{F}_m$ .

## Força magnética sobre carga elétrica – casos particulares

**1º caso particular – Carga em repouso ( $v = 0$ ) ou lançada com velocidade  $\vec{v}$  paralelamente às linhas de indução de um campo magnético uniforme  $\vec{B}$**

$\theta=0^\circ$

$\theta=180^\circ$

Carga em repouso ( $V = 0$ )  $\Rightarrow F_m = q \cdot 0 \cdot B = 0$   
 ou lançada com velocidade  $\vec{v}$  paralelamente às linhas de indução de um campo magnético uniforme  $\vec{B}$   $\Rightarrow$  observe que, neste caso o ângulo entre  $\vec{B}$  e  $\vec{v}$  é  $\theta = 0^\circ$  ou  $\theta = 180^\circ$  e que  $\text{sen}0^\circ = \text{sen}180^\circ = 0$ .

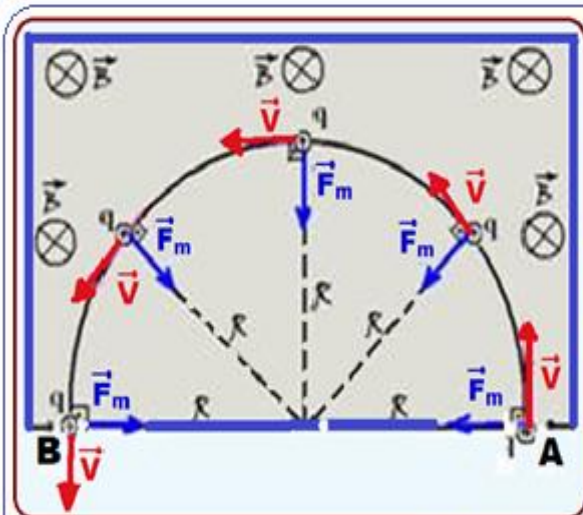
$F_m = q \cdot V \cdot B \cdot \text{sen}\theta = q \cdot V \cdot B \cdot 0 \Rightarrow F_m = 0.$

Se  $F_m = 0$   $\left\{ \begin{array}{l} V = 0 \\ \text{ou} \\ \text{MRU com } \vec{V} \text{ paralela a } \vec{B} \end{array} \right.$

$V = 0$   
 $F_m = 0$   
 $\vec{B}$

$\vec{V}$   
 $F_m = 0$   
 $V$  constante (MRU)  
 $\vec{B}$

**2º caso particular – Carga elétrica  $q$  lançada com velocidade  $\vec{v}$  lançada perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético uniforme  $\vec{B}$**



Na figura uma carga positiva  $q$  penetra com velocidade  $\vec{v}$  no ponto A numa região em que existe um campo magnético uniforme  $\vec{B}$  penetrando na folha.

Observe que  $\vec{B}$  e  $\vec{v}$  são perpendiculares e, como a velocidade  $\vec{v}$  é sempre tangente à trajetória em cada ponto, a força magnética  $\vec{F}_m$ , obtida pela regra da mão esquerda e indicada na figura é sempre dirigida para o centro de uma circunferência de raio  $R$ .

Assim, a carga  $q$  realizará um movimento circular uniforme com velocidade de intensidade constante e de módulo

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin 90^\circ = q \cdot v \cdot B \cdot 1 \Rightarrow \boxed{F_m = q \cdot v \cdot B}$$



Fórmulas e unidades no SI

$$\boxed{F_m = q \cdot v \cdot B}$$

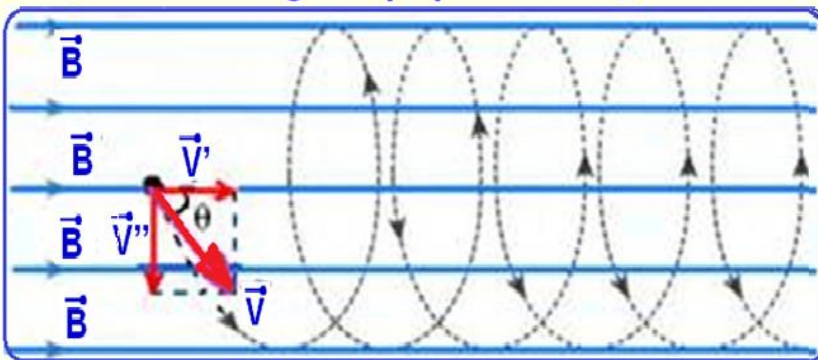
$$\boxed{R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}}$$

$$\boxed{T = \frac{2\pi m}{q \cdot B}}$$

- $F_m$  >>> intensidade da força magnética (N)
- $q$  >>> módulo da carga elétrica (C)
- $B$  >>> intensidade do campo magnético (T)
- $v$  >>> intensidade da velocidade da carga  $q$  (m/s)
- $m$  >>> massa da carga  $q$  (kg)
- $R$  >>> raio da circunferência (m)
- $T$  >>> período de  $q$  ao efetuar uma volta completa (s)

**Carga  $q$  lançada obliquamente no interior de um campo magnético uniforme de modo que o ângulo entre  $\vec{B}$  e  $\vec{v}$  seja  $\theta$  (com  $\theta$  diferente de  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  e  $180^\circ$ )**

Neste caso, a velocidade  $\vec{v}$  é decomposta em duas parcelas  $\vec{v}'$  e  $\vec{v}''$ , a primeira na direção de  $\vec{B}$  e a segunda perpendicular a  $\vec{B}$ .



A componente  $\vec{v}'$  paralela a  $\vec{B}$  provoca na carga  $q$  um movimento retilíneo uniforme (primeiro caso).

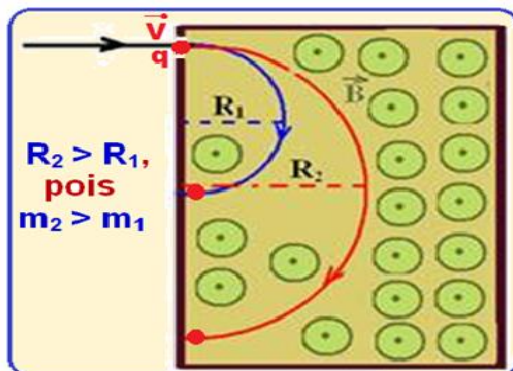
A componente  $\vec{v}''$  perpendicular a  $\vec{B}$  provoca na carga  $q$  um movimento circular uniforme (segundo caso).

Compondo simultaneamente

esses dois movimentos você obtém um movimento helicoidal uniforme e cuja trajetória denomina-se hélice cilíndrica.

**Informações úteis (dicas para vestibulares)**





Partículas com a mesma velocidade  $\vec{v}$  e a mesma carga elétrica  $q$  ao penetrarem num campo magnético uniforme  $\vec{B}$  com  $\vec{v}$  perpendicular a  $\vec{B}$  descrevem trajetórias circulares de raios diferentes, pois na expressão  $R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$  apenas  $R$  e  $m$  são variáveis, sendo os outros parâmetros constantes.

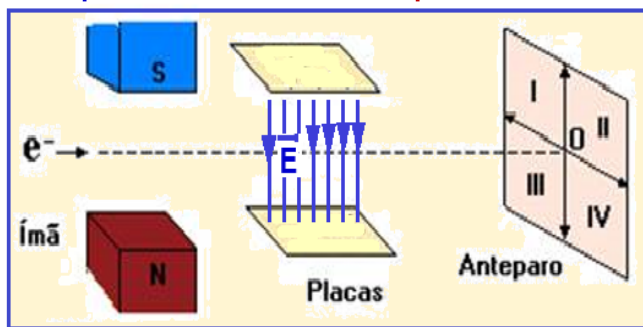
Observe na expressão  $R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$  que  $R$  e  $m$  são diretamente proporcionais.

Maior massa, maior o raio da curva.

Além disso, em qualquer trajetória curva o trabalho realizado por  $F_m$  sobre  $q$  é nulo, pois  $F_m$  é perpendicular ao plano formado por  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$  e  $W = F_m \cdot d \cdot \cos 90^\circ = F_m \cdot d \cdot 0 = 0$ .

## Campos magnético e elétrico agindo sobre uma partícula ou feixe de partículas eletrizadas com carga $q$

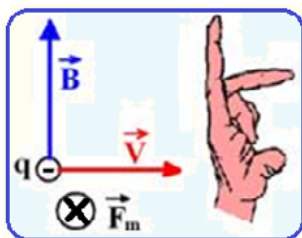
Exemplo: Um feixe de elétrons passa inicialmente entre os polos de um ímã e, a seguir, entre duas placas paralelas, carregadas com cargas de sinais contrários, dispostos conforme a figura a seguir, onde  $\vec{E}$  é o campo elétrico uniforme gerado entre essas placas.



Na ausência do ímã e das placas, o feixe de elétrons atinge o ponto O do anteparo.

Qual será a região atingida pelo feixe em virtude das ações conjuntas dos campos magnético  $\vec{B}$  e elétrico  $\vec{E}$ ?

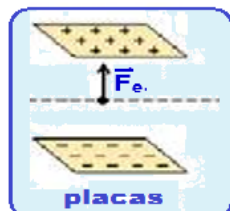
Quando o feixe de elétrons (carga negativa) passa entre os polos do ímã o campo magnético  $\vec{B}$  é



vertical e para cima (sai do polo norte e chega ao polo sul) e a velocidade  $\vec{v}$ , para a direita.

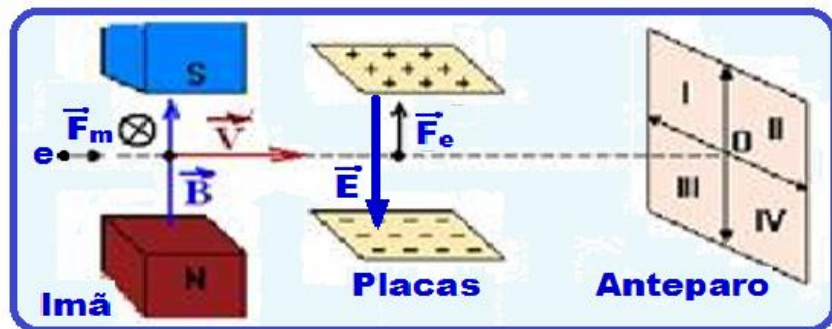
Utilizando a regra da mão esquerda a força magnética  $\vec{F}_m$  estaria saindo da folha, mas como são cargas negativas estará entrando e, então,  $\vec{F}_m$  estará desviando os elétrons para trás (dentro) da folha.

Entre as placas eletrizadas, sendo o campo elétrico  $\vec{E}$  vertical e para baixo, a placa superior terá carga positiva e a inferior, negativa (o campo elétrico  $\vec{E}$  se afasta das positivas e se aproxima das negativas).



Ao passar entre as placas o feixe de elétrons (cargas negativas) será atraído para cima (placa positiva) e repellido também para cima pela placa negativa de baixo.

Então ele será desviado para cima pela força elétrica  $\vec{F}_e$ .



Assim o feixe se desvia para trás da folha e para cima atingindo a região I.