

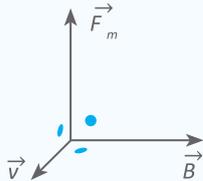
2. Num campo magnético $\vec{B} = 4,0 \vec{e}_y$ (T) detetou-se uma carga, de $1,0 \times 10^{-5}$ C, com velocidade $\vec{v} = 2,5 \vec{e}_z$ (m·s⁻¹).

2.1. Represente as grandezas vetoriais envolvidas.

2.2. Determine a intensidade da força a que a carga fica sujeita.

Resolução:

2.1.



2.2. $F_m = q v B = 1,0 \times 10^{-4}$ N.

3 Aplicações

Qual é a força que se exerce sobre um condutor percorrido por uma corrente elétrica quando colocado num campo magnético?

A corrente elétrica resulta do movimento de cargas. Assim, um condutor percorrido por uma corrente, na presença de um campo magnético, fica também sujeito a uma força magnética.

Considere-se um fio condutor retilíneo, como se mostra na figura 86, de comprimento elementar Δl , percorrido por uma corrente elétrica de intensidade I , imerso num campo magnético \vec{B} . O vetor elementar $\vec{\Delta l}$, orientado no sentido da corrente, permite definir o elemento de corrente $I \vec{\Delta l}$. A força magnética a que fica sujeito este elemento de corrente será

$$\vec{F}_m = I \vec{\Delta l} \times \vec{B}$$

Aqui, de novo, o produto vetorial permite definir a força magnética que:

- é perpendicular ao campo magnético e ao fio;
- a sua grandeza depende do módulo do campo magnético, do comprimento do fio, da intensidade da corrente elétrica e do ângulo formado pela tangente ao fio no ponto considerado e pelo vetor \vec{B} .

O módulo da força é então

$$F_m = I \Delta l B \sin \alpha$$

em que α é o ângulo entre o campo magnético e o fio condutor.

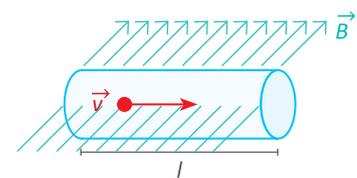
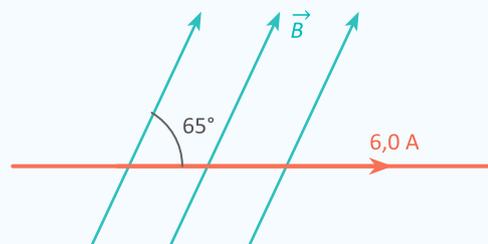


Figura 86 – Condutor sujeito a força magnética.

Questões resolvidas

1. Considere um fio retilíneo condutor percorrido por uma corrente de 6,0 A, no plano do papel e apontando da esquerda para a direita. O fio é colocado numa região onde existe um campo magnético uniforme de 1 T também no plano do papel, sendo o ângulo formado entre o fio e o campo de 65°, como mostra a figura. Caracterize a força magnética que atua sobre 0,60 m de fio.



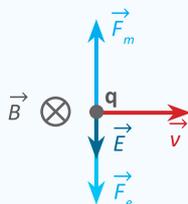
Resolução:

1.1. A força magnética é $F_m = I \Delta l B \sin \alpha$, ou seja, $F_m = 6,0 \times 0,60 \times 1 \sin 65^\circ = 3,3 \text{ N}$. Como os vetores $\Delta \vec{l}$ e \vec{B} estão no plano do papel, a força magnética tem de ser perpendicular ao papel. Usando a regra do saca-rolhas, conclui-se que o sentido da força magnética é para cá da folha de papel.

2. Uma partícula de carga q e massa M , desloca-se com velocidade \vec{v} , numa região do espaço sujeita a campos elétrico e magnético uniformes. Sabendo-se que a resultante das forças aplicadas sobre a carga é nula, indique a relação entre as direções dos campos elétrico e magnético.

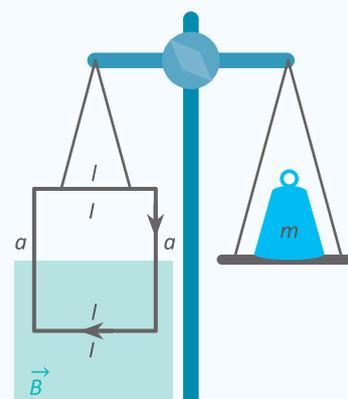
Resolução:

2. O campo magnético é perpendicular ao campo elétrico.



3. Considere a balança ilustrada na figura, onde um dos pratos está substituído por um fio condutor onde passa uma corrente I . A balança está em equilíbrio quando se coloca no outro prato uma massa m .

Aplica-se um campo magnético uniforme perpendicular ao plano do papel, na zona indicada. A balança fica agora em equilíbrio se se adicionar ao outro prato uma massa m_1 . Determine o sentido e o módulo do campo aplicado.



Resolução:

3. Para equilibrar a massa m_1 , a força magnética tem que ser para baixo. Os fios laterais verticais ficam sujeitos a forças que se anulam. Então só contribui para haver a força magnética vertical o fio horizontal inferior de comprimento l . A força a que fica sujeito é $F_m = I l B$. Logo

$I l B = m_1 g$, portanto $B = \frac{m_1 g}{I l}$. Para a força ser para baixo, o campo tem que ser para lá da folha.

3.1 Motor elétrico

O motor elétrico é uma máquina destinada a transformar energia elétrica em mecânica. O funcionamento de um motor tem por base a rotação de um conjunto de fios que sofrem a ação de forças magnéticas quando percorridos por uma corrente, como se ilustra na figura 87.

Os fios da direita, quando percorridos pela corrente e dentro do campo magnético indicado, ficam sujeitos a uma força magnética, cujo sentido é dado pela regra do saca-rolhas ou regra da mão direita. A força resultante é a representada. Os fios da esquerda, percorridos pela mesma corrente, mas em sentido contrário, ficam sujeitos a uma força magnética, contrária à anterior. Estas duas forças dão origem a um binário que faz rodar um conjunto de fios.

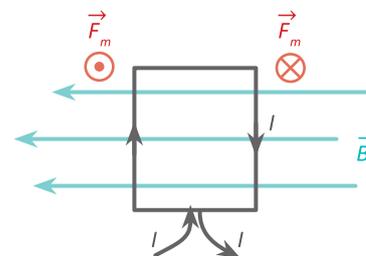


Figura 87 – Funcionamento do motor elétrico.

3.2 Levitação magnética

Levitação ou leveza, do latim *levis*, é o processo com o qual se consegue manter um corpo suspenso numa posição estável, mediante o uso de forças exercidas, sem contacto com o corpo.

Dos vários tipos básicos de levitação magnética, refere-se a levitação eletromagnética.

Levitação Eletromagnética

A levitação eletromagnética é aquela em que um corpo ferromagnético é mantido suspenso pela força de um eletroímã. Sobre o corpo atuam a força da gravidade e a força magnética, resultante do campo gerado pela corrente que circula numa bobina, que é controlada em função da distância entre o corpo e o eletroímã. Este equilíbrio é instável, uma vez que, qualquer variação mínima na corrente ou na distância causará a queda ou atração do corpo.



Figura 88 – Comboio de levitação eletromagnética.

3.3 Espetrómetro de massa

Em 1919 o físico inglês Francis Aston inventou um instrumento que permitia separar partículas carregadas, com base na relação carga/massa dessas partículas, o **espetrómetro de massa**. Este aparelho permitiu revelar a existência de núcleos atômicos com a mesma carga mas diferente massa, os isótopos.



Francis Aston (1877-1945)

O espectrómetro de massa contém uma fonte de iões, local onde a matéria a analisar é evaporada e ionizada. Os iões positivos resultantes são acelerados por um campo elétrico para o interior de uma câmara onde existe um campo magnético uniforme, \vec{B} . O campo magnético no interior da câmara é criado de forma a ser perpendicular à velocidade de entrada dos iões, levando-os a descrever trajetórias semicirculares de raio R , com

$$R = \frac{mv}{|q|B}$$

Se a velocidade de entrada for igual para todos os iões, a posição de embate dependerá apenas da razão m/q . Cargas iguais descrevem trajetórias semicirculares de raio proporcional à massa, como se mostra na figura.

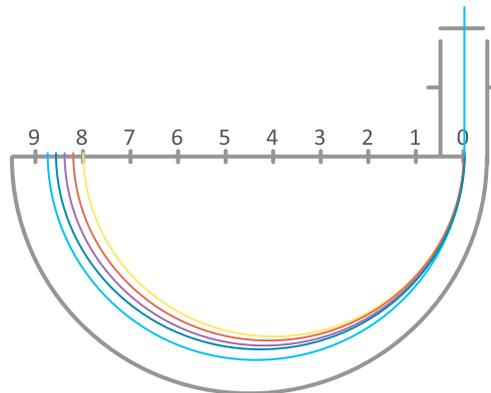


Figura 89 – Trajetórias de partículas carregadas com massa diferente.

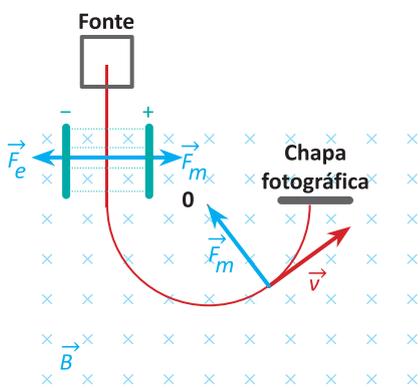


Figura 90 – Espetrómetro de massa.

A velocidade de entrada pode ser controlada através de um seletor de velocidade colocado entre a fonte e a câmara. No seletor de velocidades existe um campo elétrico e um campo magnético, perpendiculares, de modo a que os iões fiquem sujeitos a duas forças, \vec{F}_e e \vec{F}_m , que se equilibram, ou seja, $|q|E = |q|vB$.

Assim, na câmara só entram iões cuja velocidade $v = \frac{E_1}{B_1}$ obedeça à relação $F_e = F_m$, e todos os outros serão desviados para as placas.

Conhecendo-se os valores dos campos no seletor de velocidade, e do campo magnético no interior da câmara, \vec{B} , o raio da trajetória é dado

por, $R = \frac{m E_1}{|q| B B_1}$, sendo então possível obter a relação $\frac{m}{|q|}$.

Atualmente, e graças a grande precisão, os espectrômetros de massa permitem detetar esteroides anabolizantes na urina, utilizados essencialmente para aumentar o rendimento desportivo. Esta técnica permite, em menos de uma hora, detetar uma grande lista de produtos pelo que é um recurso essencial no controlo anti-doping.

3.4 Experiência de Thomson

Em 1897, o físico inglês Joseph John Thomson identificou o eletrão, e determinou pela primeira vez a razão carga/massa do eletrão.

Thomson utilizou um tubo no interior do qual se encontrava um gás a baixa pressão. Este, ionizado por uma tensão elevada, produzia cargas positivas, iões, que se dirigiam para o cátodo, e negativas, eletrões, que eram atraídas pelo ânodo.

O ânodo tinha uma pequena abertura, para o feixe de eletrões passar, até colidir com um ecrã fluorescente, visualizando-se um ponto luminoso. Na altura pensava-se que se tratavam de raios que partiam do cátodo, daí o nome do aparelho como tubo de raios catódicos.

No interior desse tubo criou-se um campo elétrico perpendicular a um campo magnético.



Joseph John Thomson (1856-1940)

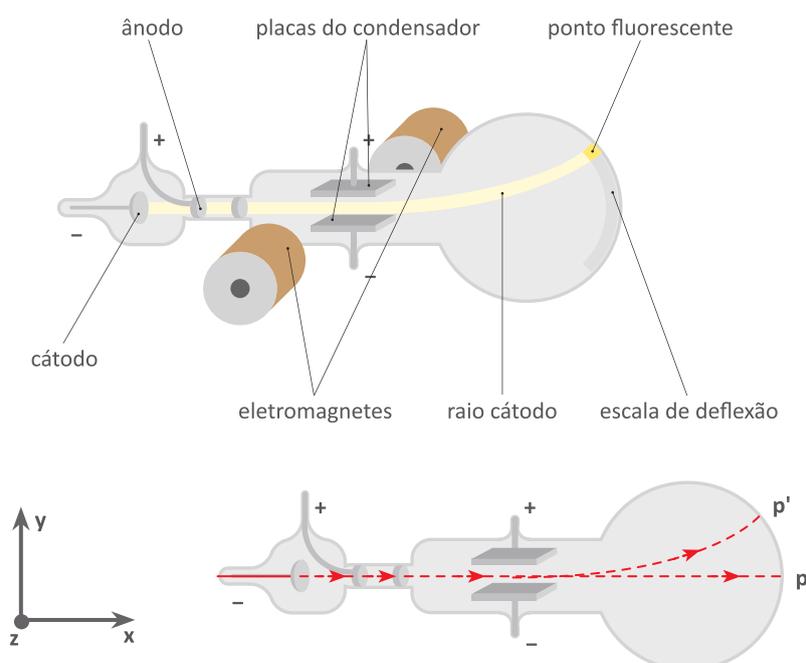


Figura 91 – Tubo de raios catódicos.