

—

Força de Lorentz

Mariana de Araújo
Universidade do Porto

CITAÇÃO

Araújo, M. (2015)
Força de Lorentz,
Rev. Ciência Elem., V3(01):013.
doi.org/10.24927/rce2015.013

EDITOR

José Ferreira Gomes,
Universidade do Porto

RECEBIDO EM

29 de novembro de 2012

ACEITE EM

09 de outubro de 2014

PUBLICADO EM

31 de março de 2015

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2015.
Este artigo é de acesso livre,
distribuído sob licença Creative
Commons com a designação
[CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite
a utilização e a partilha para fins
não comerciais, desde que citado
o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



A força de Lorentz é a força exercida numa partícula carregada devido à existência de um campo eletromagnético.

Pode ser considerada como a sobreposição da força devida ao campo elétrico e da força devida ao campo magnético. Matematicamente, a força de Lorentz é dada pela expressão:

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

Força elétrica

A força exercida por um campo elétrico numa carga pontual q é proporcional à carga e ao campo na posição ocupada pela carga, e tem a direção deste:

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

No caso mais simples, o da força entre duas cargas pontuais q_1 e q_2 em repouso, a força elétrica entre elas é dada pela força de Coulomb:

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{|\vec{r}_{12}|^2} \hat{e}_{12}.$$

Em que \vec{r}_{12} é o vetor com origem na carga q_1 e extremidade na carga q_2 , e \hat{e}_{12} é um vetor unitário com a direção e sentido de \vec{r}_{12} . A constante ϵ_0 é a permissividade elétrica do vácuo, e tem o valor $\epsilon_0 = 8.854\,187\,817\dots \times 10^{-12} \text{ A}^2 \text{ s}^4 \text{ kg}^{-1} \text{ m}^{-31}$.

Se as cargas tiverem o mesmo sinal, esta força é repulsiva, e se tiverem sinais opostos é atrativa. Note-se que a descrição matemática da força de Coulomb é formalmente semelhante à da força gravítica de Newton. No entanto, a origem do fenómeno eletrostático é diferente da do fenómeno gravitacional.

Mais geralmente, o campo elétrico poderá tomar outra forma, dependendo da distribuição de cargas que cria o campo elétrico onde a carga q se encontra. Alguns exemplos encontram-se no artigo Campo elétrico.

Força Magnética

A força exercida por um campo magnético sobre uma carga pontual q , animada com velocidade \vec{v} , é proporcional à carga, ao campo magnético, e à velocidade da carga. A direção da força magnética é perpendicular ao plano definido pelo campo magnético e pela velocidade da carga, e é dada pela expressão:

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

Uma consequência imediata da força magnética ser perpendicular à velocidade é que esta força não realiza trabalho; contudo, a força magnética altera a direção da velocidade da partícula. Note-se que, contrariamente à força de Coulomb, a força magnética não é central.

Há duas situações limite de interesse. Uma delas corresponde à situação em que a velocidade da partícula tem a mesma direção do campo magnético. Nesta situação, a força magnética é nula e, se a partícula estiver livre de outras forças, o seu movimento será retilíneo e uniforme.

A outra situação corresponde ao caso em que a velocidade da partícula é perpendicular ao campo magnético.

Suponhamos, então, a situação em que uma partícula não relativista ($v \ll c$), de massa m , carga q e velocidade $\vec{v} = (v, 0, 0)$ entra numa região onde existe um campo magnético uniforme e estacionário $\vec{B} = (0, 0, B)$. A força magnética que atua na partícula dá origem a uma aceleração, que se determina através da segunda lei de Newton:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} = -q(0, vB, 0) = m\vec{a}.$$

A partícula terá então uma aceleração, cujo valor é

$$a_n = \frac{|q|}{m}vB,$$

e direção sempre perpendicular à velocidade. neste caso, a partícula terá movimento circular e uniforme. O raio da trajetória é dado por:

$$a_n = \frac{v^2}{R} = -\frac{|q|}{m}vB \Rightarrow R = \frac{mv}{|q|B}.$$

Este raio é chamado o raio ciclotrónico, de Larmor, ou gyroradius. A frequência do movimento, frequência ciclotrónica, é:

$$v = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{|q|B}{m}$$

e é independente da velocidade inicial da partícula.

Podemos ver desta análise que:

1. Se tivermos uma amostra de partículas todas com a mesma velocidade e carga, e as fizermos passar numa zona onde existe um campo magnético uniforme, o raio da trajetória de cada uma depende unicamente da sua massa. Este facto é a base do funcionamento de um Espectrómetro de Massa.
2. É possível determinar a velocidade de uma partícula de massa e carga conhecidas, medindo apenas o raio da trajetória.
3. Sabendo a direção do campo magnético a que a partícula está sujeita, é possível determinar o sinal da sua carga observando a sua trajetória, pois partículas com carga de sinais opostos irão curvar em sentidos opostos.

Movimento helicoidal

No caso de a velocidade da partícula ter uma componente paralela e outra perpendicular ao campo, o seu movimento será uma sobreposição de um movimento circular uniforme com um movimento retilíneo uniforme, e a trajetória resultante é helicoidal, como ilustrado na figura. A componente da velocidade paralela ao campo não é alterada por este, enquanto que a perpendicular ao plano irá sofrer uma força centrípeta que irá curvar a trajetória fazendo a partícula descrever um círculo no plano perpendicular a $B \rightarrow$.

Sobreposição

Uma carga pontual em movimento numa região do espaço onde estão definidos simultaneamente um campo elétrico e um campo magnético, fica sujeita à força:

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

em situações não-relativistas, a razão entre as intensidades das forças magnética ($F \rightarrow m$) e elétrica ($F \rightarrow e$) é:

$$\frac{|\vec{F}_m|}{|\vec{F}_e|} < \frac{v}{c},$$

em que c é a velocidade da luz no vácuo. Assim, para velocidades não-relativistas, temos que o valor da força magnética é inferior ao da força elétrica. Esta desigualdade não implica que se deva desprezar a força magnética em relação à força elétrica em qualquer situação.

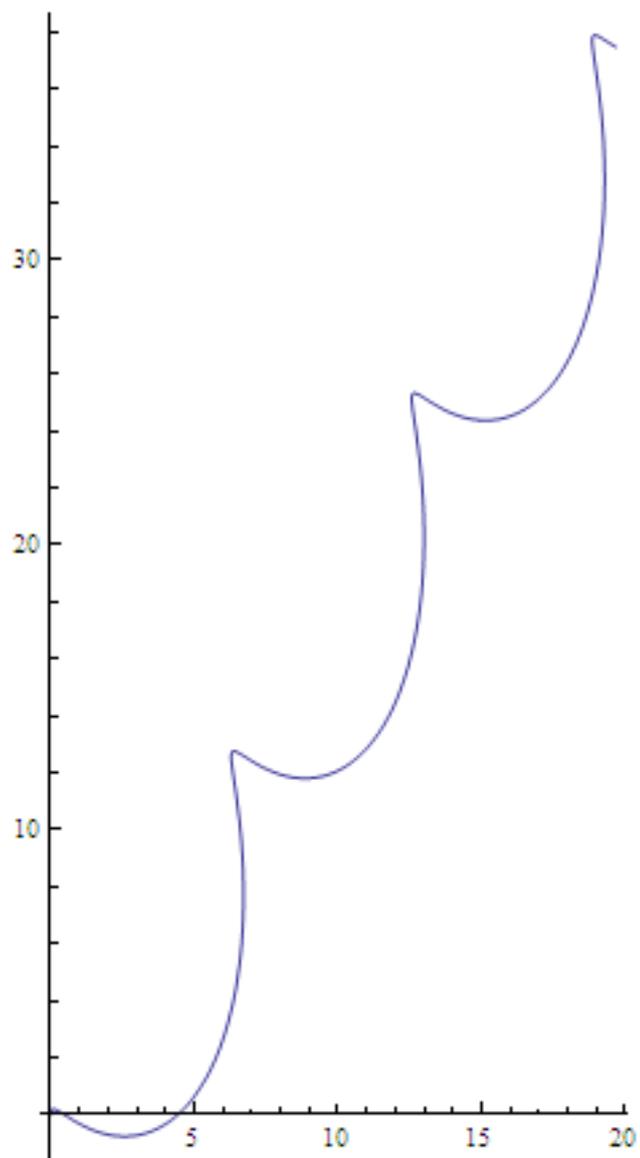


Figura 2. trajetória no plano xOy de uma partícula numa região com campo magnético uniforme vertical e campo elétrico uniforme na direção e sentido da velocidade inicial da partícula, que é também perpendicular a B .