

# Magnetismo induzido por corrente elétrica

Flaviano Williams Fernandes

Instituto Federal do Paraná  
Campus Irati

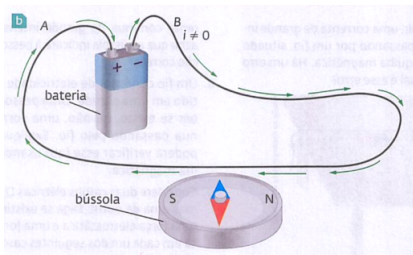
12 de Novembro de 2020

# Sumário

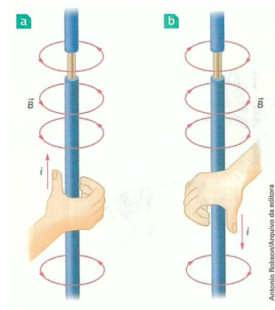
- 1 Campo magnético em um condutor
- 2 Campo magnético numa espira circular
- 3 Campo magnético num solenóide
- 4 Materiais magnéticos
- 5 Aplicações
- 6 Apêndice

## A relação entre corrente elétrica e magnetismo

A relação entre corrente elétrica e magnetismo surgiu na experiência de Oersted.



Experiência de Oersted mostrando que a corrente no fio produz alguma influência sobre a bússola.



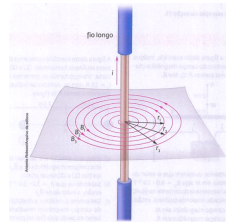
Campo magnético circular produzido pela corrente elétrica

## Lei de Ampère

De acordo com experiências, a corrente que percorre um fio condutor produz um campo magnético circular  $\vec{B}$ , onde  $B \propto i$  e  $B \propto \frac{1}{r}$ . Podemos reunir em uma única relação de proporcionalidade,

$$B \propto \frac{i}{r} \Rightarrow B = \left( \frac{\mu_0}{2\pi} \right) \frac{i}{r}.$$

$\mu_0$  é chamado constante de permeabilidade magnética.



Linhas de campo magnético.

## Lei de Ampère

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}.$$

## Força magnética entre dois fios

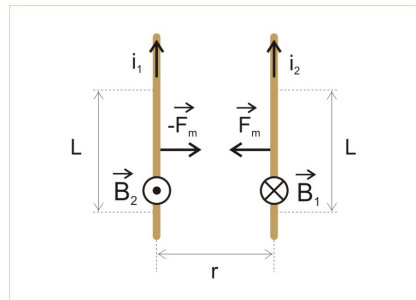
A corrente  $i_1$  produzirá um campo magnético  $B_1$  no fio 1. A força magnética atuando no fio 2 é  $F_m = BiL$ . Pela Lei de Ampere temos  $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$ , portanto

$$F_m = BiL,$$

$$F_m = \left( \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \right) iL.$$

Se  $r=1\text{m}$ ,  $i=1\text{A}$ , e  $L=1\text{m}$  a força encontrada vale  $F_m = 2 \times 10^{-7} \text{ N}$ , substituindo

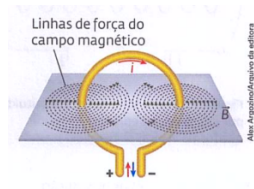
$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}.$$



Força magnética entre dois fios [3].

## O que é uma espira circular?

Sabemos que a corrente num fio condutor produz linhas de campo magnético circulares, se dobrarmos esse fio afim de possuir um formato circular de raio  $r$ , as linhas de campo de cada pedaço do fio irão se concentrar no centro do círculo (**chamamos esse círculo de espira circular**). Sabendo que  $B \propto i$  e  $B \propto \frac{1}{r}$ , podemos dizer que o campo  $B$  no centro da espira é proporcional a corrente  $i$  e o raio  $r$  da espira.



Linhas de campo magnético em um espira circular.

### Campo magnético no centro da espira circular

$$B \propto \frac{i}{r}.$$

## O que é um solenóide?

Um solenóide é um fio enrolado de modo a formar  $N$  espiras sucessivas, todas alinhadas em um cilindro de comprimento  $L$ . Sabendo que cada espira produz um campo magnético  $\vec{B}$  no seu centro, onde  $B \propto i$  e considerando que cada espira possui o mesmo raio, para saber o campo magnético numa posição no interior do solenóide, multiplicamos o campo  $\vec{B}$  de cada espira pelo número de espiras por unidade de comprimento do solenóide,  $n$ .

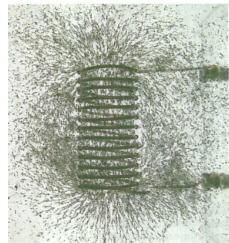


Foto de um solenóide.

### Campo magnético no interior do solenóide

$$B \propto ni.$$

## Tipos de materiais magnéticos

Existem três classes de materiais magnéticos:

*Paramagnéticos: São aqueles que magnetizam fracamente aumentando ligeiramente o campo magnético no local.*

*Ferromagnéticos: São aqueles que magnetizam com muita facilidade e aumentam substancialmente o campo magnético no local.*

*Diamagnéticos: São aqueles que magnetizam fracamente diminuindo ligeiramente o campo magnético no local.*

### Corollary

*A magnetização do material diminui com a temperatura, pois a elevação da temperatura provoca um aumento da agitação térmica dos átomos, dificultando, então, a sua magnetização.*

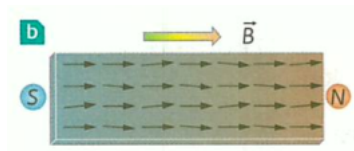


## Materiais paramagnéticos

Na presença de um campo magnético, os ímãs elementares do material tendem a se orientarem no **mesmo sentido** do campo magnético. Assim, o campo magnético é somado com o campo dos **ímãs elementares**, fazendo com que ele fique **fracamente aumentado**.



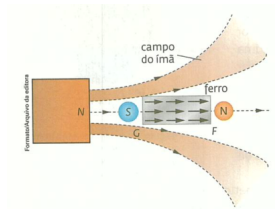
Representação dos ímãs elementares de um material paramagnético.



Orientação dos ímãs elementares na presença de um campo magnético  $\vec{B}$ .

## Materiais ferromagnéticos

Assim como no caso dos materiais paramagnéticos, nos materiais ferromagnéticos, os ímãs elementares se orientam no **mesmo sentido** do campo do magnético externo, porém muito mais significativamente. Isso **aumenta consideravelmente** o campo magnético no seu interior.



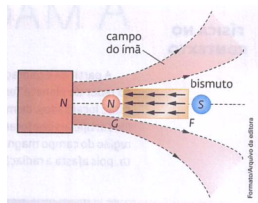
Campo magnético do ferro se somando ao campo magnético do ímã.

### Corollary

*Existem poucos materiais na natureza que possuem propriedades ferromagnéticas, como o ferro, cobalto e níquel.*

## Materiais diamagnéticos

Nos materiais diamagnéticos, ao contrário dos materiais paramagnéticos e ferromagnéticos, os ímãs elementares do material se orientam no sentido contrário ao campo magnético externo, fazendo com que o material se comporte como ímã com os pólos contrários.



Campo magnético do bismuto se subtraindo ao campo magnético do ímã.

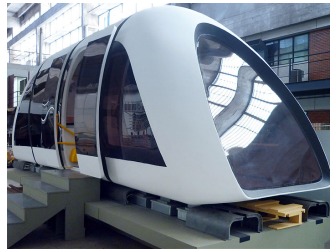
### Corollary

*Geralmente os materiais diamagnéticos sofrem uma força de repulsão na presença de um campo magnético externo.*

## Aplicações do magnetismo e a tecnologia atual



Guindaste que funciona à base de eletroímã.



Maglev cobra da UFRJ [2]: As cargas elétricas nos supercondutores produz um campo magnético intenso o suficiente para repelir os ímãs, fazendo o veículo levitar.

## Transformar um número em notação científica

### Corollary

*Passo 1: Escrever o número incluindo a vírgula.*

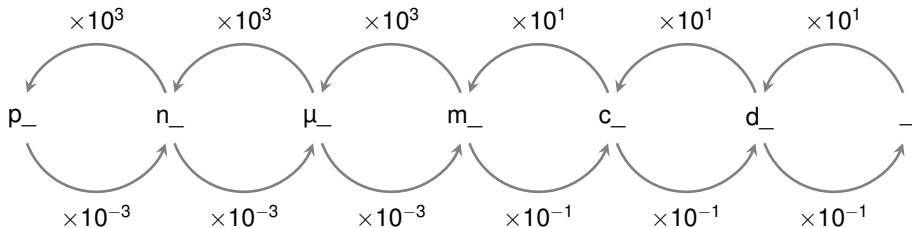
*Passo 2: Andar com a vírgula até que reste somente um número diferente de zero no lado esquerdo.*

*Passo 3: Colocar no expoente da potência de 10 o número de casas decimais que tivemos que "andar" com a vírgula. Se ao andar com a vírgula o valor do número diminuiu, o expoente ficará positivo, se aumentou o expoente ficará negativo.*

### Exemplo

$$6\,590\,000\,000\,000\,000,0 = 6,59 \times 10^{15}$$

## Conversão de unidades em uma dimensão

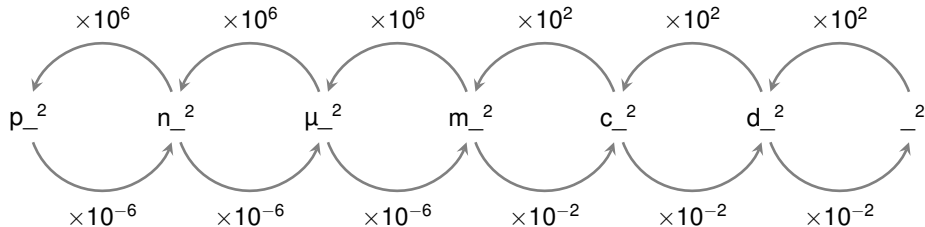


$$1 \text{ mm} = 1 \times 10^{(-1) \times 2} \text{ dm} \rightarrow 1 \times 10^{-2} \text{ dm}$$

$$2,5 \text{ g} = 2,5 \times 10^{(1) \times 3} \text{ mg} \rightarrow 2,5 \times 10^3 \text{ mg}$$

$$10 \mu\text{C} = 10 \times 10^{[(-3) \times 1 + (-1) \times 3]} \text{ C} \rightarrow 10 \times 10^{-6} \text{ C}$$

## Conversão de unidades em duas dimensões

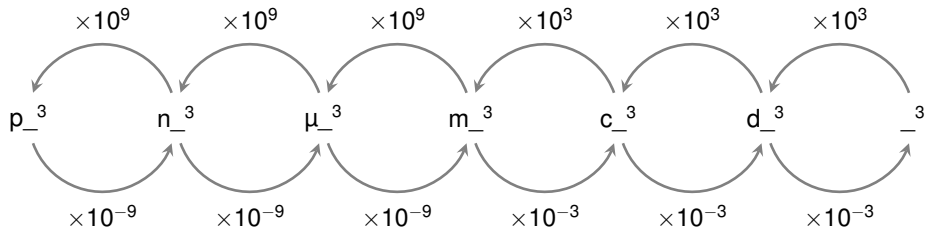


$$1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{(-2) \times 2} \text{ dm}^2 \rightarrow 1 \times 10^{-4} \text{ dm}^2$$

$$2,5 \text{ m}^2 = 2,5 \times 10^{(2) \times 3} \text{ mm}^2 \rightarrow 2,5 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$10 \mu\text{m}^2 = 10 \times 10^{[(-6) \times 1 + (-2) \times 3]} \text{ m}^2 \rightarrow 10 \times 10^{-12} \text{ m}^2$$

## Conversão de unidades em três dimensões



$$1 \text{ mm}^3 = 1 \times 10^{(-3) \times 2} \text{ dm}^3 \rightarrow 1 \times 10^{-6} \text{ dm}^3$$

$$2,5 \text{ m}^3 = 2,5 \times 10^{(3) \times 3} \text{ mm}^3 \rightarrow 2,5 \times 10^9 \text{ mm}^3$$




$$10 \mu\text{m}^3 = 10 \times 10^{[(-9) \times 1 + (-3) \times 3]} \text{ m}^3 \rightarrow 10 \times 10^{-18} \text{ m}^3$$



## Alfabeto grego

Alfa	$A$	$\alpha$	Ni	$N$	$\nu$
Beta	$B$	$\beta$	Csi	$\Xi$	$\xi$
Gama	$\Gamma$	$\gamma$	ômicon	$O$	$o$
Delta	$\Delta$	$\delta$	Pi	$\Pi$	$\pi$
Epsílon	$E$	$\epsilon, \varepsilon$	Rô	$P$	$\rho$
Zeta	$Z$	$\zeta$	Sigma	$\Sigma$	$\sigma$
Eta	$H$	$\eta$	Tau	$T$	$\tau$
Teta	$\Theta$	$\theta$	Ípsilon	$\Upsilon$	$\upsilon$
Iota	$I$	$\iota$	Fi	$\Phi$	$\phi, \varphi$
Capa	$K$	$\kappa$	Qui	$X$	$\chi$
Lambda	$\Lambda$	$\lambda$	Psi	$\Psi$	$\psi$
Mi	$M$	$\mu$	Ômega	$\Omega$	$\omega$

## Referências

-  A. Máximo, B. Alvarenga, C. Guimarães, Física. Contexto e aplicações, v.1, 2.ed., São Paulo, Scipione (2016)
-  [www.maglevcobra.coppe.ufrj.br/](http://www.maglevcobra.coppe.ufrj.br/)
-  Os fundamentos da física

Esta apresentação está disponível para download no endereço  
<https://flavianowilliams.github.io/education>