

# Força eletromotriz

Flaviano Williams Fernandes

Instituto Federal do Paraná  
Campus Irati

27 de Outubro de 2020

# Sumário

- 1 Força eletromotriz
- 2 Equação do circuito
- 3 Apêndice

## Força eletromotriz

Para que ocorra uma corrente elétrica ao longo do circuito é necessário um dispositivo, como uma bateria ou gerador, que realize um trabalho  $\tau$  afim de deslocar uma quantidade de carga  $\Delta q$  de um ponto a outro desse circuito. Portanto, o trabalho  $\varepsilon$  necessário para deslocar cada elemento de carga  $q$  do terminal positivo para o terminal negativo de uma bateria ou gerador pode ser dado por  $\varepsilon = \frac{\tau}{\Delta q}$ .

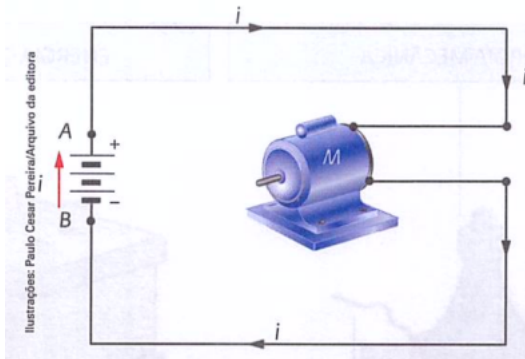
### Definição de força eletromotriz (f.e.m.)

Trabalho que a bateria realiza para transportar cada unidade de carga elétrica, ao longo do circuito, do terminal positivo para o negativo.

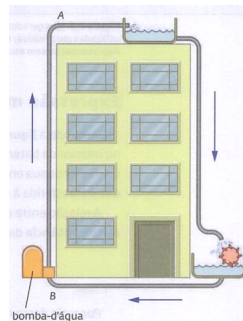
### Corollary

*A unidade de medida de f.e.m. no SI é  $J/C \equiv \text{Volts}$ .*

## Analogia com o sistema mecânico



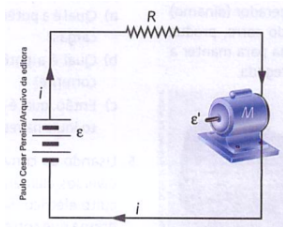
Representação da f.e.m. de uma bateria.



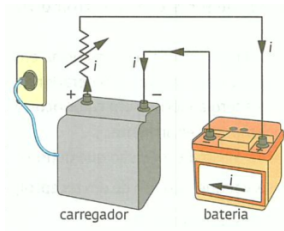
Analogia com o sistema mecânico.

## Força contraeletromotriz

Um gerador de f.e.m. transfere energia às cargas que passam através dele, transformando energia química em elétrica. Um gerador contraeletromotriz (f.c.e.m.) **funciona no sentido contrário ao gerador f.e.m.**, transformando energia elétrica em outro tipo de energia **que não seja térmica**.



Motor elétrico funcionando como f.c.e.m.



Bateria funcionando como f.c.e.m.

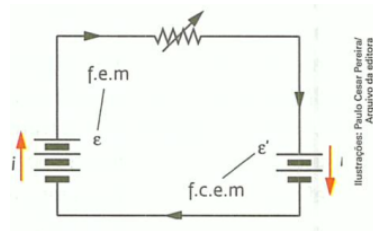


Diagrama de uma f.c.e.m. no circuito elétrico.

## Potência fornecida por uma bateria

Vimos que o trabalho realizado por uma bateria para deslocar uma quantidade de carga  $\Delta q$  é dado por  $\tau = \varepsilon \Delta q$ . Dividindo pelo intervalo de tempo  $\Delta t$  que essa carga é transferida temos

$$\frac{\tau}{\Delta t} = \varepsilon \cdot \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

Pela definição de potência temos

$$P = \frac{\tau}{\Delta t},$$
$$P = \varepsilon \cdot \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

onde usamos a definição  $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ .

## Potência elétrica de uma bateria

$$P = \varepsilon \cdot i.$$

## Resistência interna

### Resistência interna de um dispositivo

Todo dispositivo elétrico (bateria, motor elétrico, lâmpada, etc) possui uma resistência interna associado a ele. Afim de obter a corrente elétrica no circuito, a energia elétrica dissipada por essa resistência **deve ser levada em consideração**.

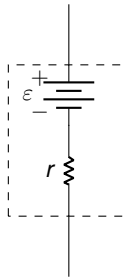


Diagrama de uma bateria contendo uma resistência interna  $r$ .

## A Lei de Kirchhoff

Podemos resumir num circuito ao lado que a cada segundo

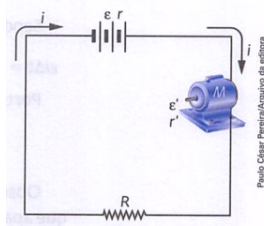
na bateria, a energia química se transforma em energia elétrica;

no resistor, a energia elétrica se transforma em energia térmica;

no motor, a energia elétrica se transforma em energia mecânica.

Portanto, pela Lei da conservação da energia, a energia fornecida a cada segundo para girar o motor e aquecer o resistor deve ser equivalente a potência fornecida pela bateria.

$$\underbrace{\varepsilon i - r i^2}_{(Bateria)} = \underbrace{\varepsilon' i - r' i^2}_{(Motor)} + \underbrace{R i^2}_{(Resistor)},$$



Circuito contendo a bateria, motor (contendo resistência interna  $r'$ ) e resistor.

### Lei de Kirchhoff

A soma dos potenciais em um circuito fechado deve ser zero.



## Diferença de potencial nos terminais de uma bateria

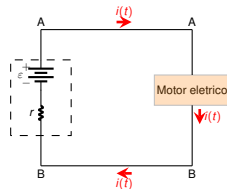
Suponha uma bateria como na figura ao lado com uma resistência interna  $r$ . Aplicando a Lei de Kihrchoff temos

$$\varepsilon i - ri^2 = V_{AB}i,$$

$$V_{AB}i = \varepsilon i - ri^2,$$

$$V_{AB} = \varepsilon - ri.$$

Onde  $V_{AB}i$  é a potência real da bateria e  $V_{AB}$  a sua ddp.



Circuito elétrico contendo a bateria e um motor elétrico.

### Corollary

*Num circuito onde a bateria possui resistência interna considerável, a potência que irá fornecer ao circuito será menor que aquela cuja resistência é praticamente zero.*

## Transformar um número em notação científica

### Corollary

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

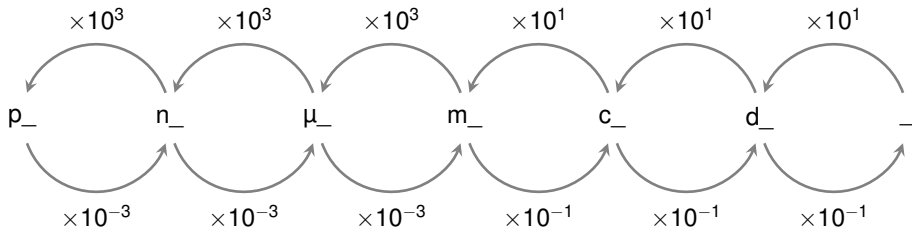
*Passo 2: Andar com a vírgula até que reste somente um número diferente de zero no lado esquerdo.*

*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

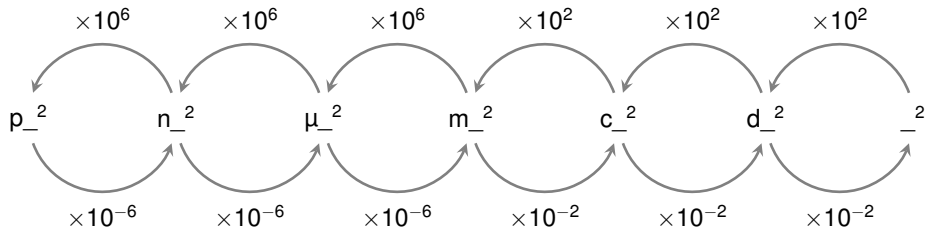


$$1 \text{ mm} = 1 \times 10^{(-1) \times 2} \text{ dm} \rightarrow 1 \times 10^{-2} \text{ dm}$$

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

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

## Conversão de unidades em duas dimensões

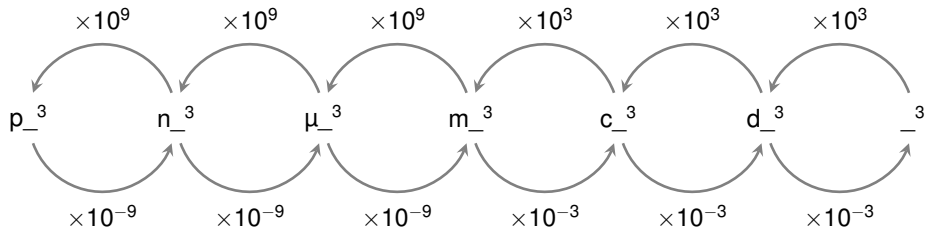


$$1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{(-2) \times 2} \text{ dm}^2 \rightarrow 1 \times 10^{-4} \text{ dm}^2$$

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

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

## Conversão de unidades em três dimensões



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

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

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

## 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	$\Upsilon$	$v$
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.3, 2.ed., São Paulo, Scipione (2016)<sup>1</sup>

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

---

<sup>1</sup>Todas as figuras ilustrativas não referenciadas no texto foram extraídas de Alvarenga et al[1]