

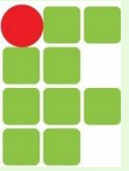


Eletrônica Básica

Professor: Neilor Colombo Dal Pont

Sistemas Embarcados

TÓPICOS DA AULA



- Revisão
- Eletrodinâmica

MEDIDAS E GRANDEZAS



Grandeza:

- Grandeza é tudo aquilo que pode ser medido!

Exemplos:

- Tempo
- Temperatura
- Massa
- Velocidade
- Aceleração
- Força

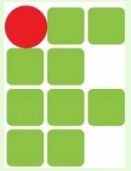
Unidades de Medida:

- As unidades de medida são representações das grandezas físicas utilizadas em diversas áreas do conhecimento com o intuito de quantificá-la.

Exemplos:

- Metros,
- Segundos;
- Metros por segundo;
- Quilogramas
- Graus Celsius

MEDIDAS E GRANDEZAS



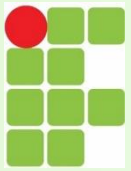
Grandezas elétricas:

- Carga;
- Tensão;
- Corrente;
- Resistência;
- Potência;
- Energia;
- Frequência;
- Capacitância;
- Indutância.

Unidades de Medida:

- Coulomb [C];
- Volts [V];
- Ampère [A];
- Ohms [Ω];
- Watts [W];
- Quilowatt hora [kW.h];
- Hertz [Hz];
- Farads [F];
- Henry [H].

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES



Grandezas Fundamentais

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampere	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de substância	mol	mol ^[17]
Intensidade luminosa	candela	cd

Grandezas Derivadas

Grandeza	Unidade	Símbolo	Dimensional analítica	Dimensional sintética
Ângulo plano	radiano	rad	1	m/m
Ângulo sólido	esferorradiano ¹	sr	1	m²/m²
Atividade catalítica	katal	kat	mol/s	---
Atividade radioativa	becquerel	Bq	1/s	---
Capacitância	farad	F	A²·s²/(kg·m²)	A·s/V
Carga elétrica	coulomb	C	A·s	---
Condutância	siemens	S	A²·s³/(kg·m²)	A/V
Dose absorvida	gray	Gy	m²/s²	J/kg
Dose equivalente	sievert	Sv	m²/s²	J/kg
Energia	joule	J	kg·m²/s²	N·m
Fluxo luminoso	lúmen	lm	cd	cd·sr
Fluxo magnético	weber	Wb	kg·m²/(s²·A)	V·s
Força	newton	N	kg·m/s²	---
Frequência	hertz	Hz	1/s	---
Indutância	henry	H	kg·m²/(s²·A²)	Wb/A
Intensidade de campo magnético	tesla	T	kg/(s²·A)	Wb/m²
Luminosidade	lux	lx	cd/m²	lm/m²
Potência	watt	W	kg·m²/s³	J/s
Pressão	pascal	Pa	kg/(m·s²)	N/m²
Resistência elétrica	ohm	Ω	kg·m²/(s³·A²)	V/A
Temperatura em Celsius	grau Celsius	°C	---	---
Tensão elétrica	volt	V	kg·m²/(s³·A)	W/A

MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS



- Potências de 10 representam números onde o número base é o 10.
- As potências de base 10 são formadas pelo algarismo 1 seguido de zeros da quantidade do número do expoente quando este é positivo.
- Da mesma forma, quando o expoente é negativo ele tem o número de zeros com uma vírgula na frente.
- São atribuídos símbolos a potências de 10 para auxiliar nas unidades de medida.

tera	T	1000^4	10^{12}	Trilhão	Bilhão
giga	G	1000^3	10^9	Bilhão	Milhar de milhão
mega	M	1000^2	10^6	Milhão	Milhão
quilo	k	1000^1	10^3	Mil	Milhar
hecto	h	$1000^{2/3}$	10^2	Cem	Centena
deca	da	$1000^{1/3}$	10^1	Dez	Dezena
nenhum		1000^0	10^0	Unidade	Unidade
deci	d	$1000^{-1/3}$	10^{-1}	Décimo	Décimo
centi	c	$1000^{-2/3}$	10^{-2}	Centésimo	Centésimo
mili	m	1000^{-1}	10^{-3}	Milésimo	Milésimo
micro	μ	1000^{-2}	10^{-6}	Milionésimo	Milionésimo
nano	n	1000^{-3}	10^{-9}	Bilionésimo	Milésimo de milionésimo
pico	p	1000^{-4}	10^{-12}	Trilionésimo	Bilionésimo

- Quando multiplicados os números, se somam os expoentes.
- Quando divididos os números, se diminuem os expoentes.

ELETROSTÁTICA

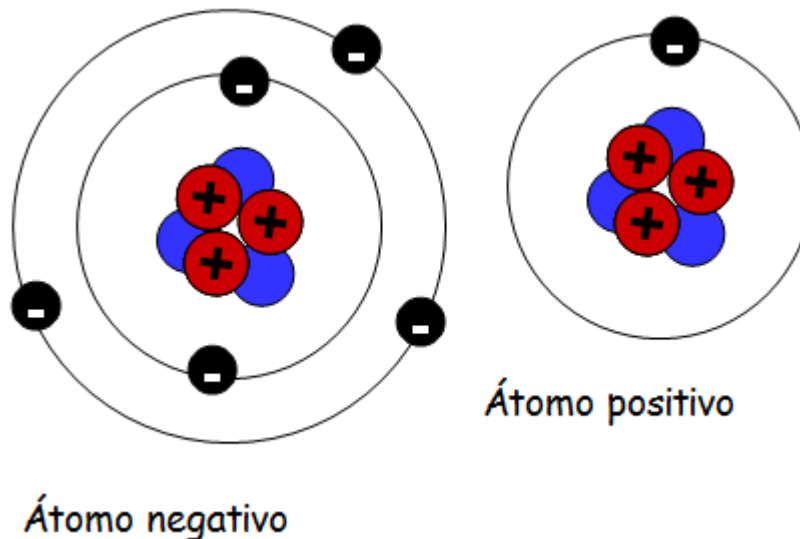


- **Os átomos** possuem o que chamamos de cargas, sendo a do elétron negativa e a do próton positiva.
- **A carga** é definida como uma propriedade das partículas elementares que compõem o átomo.
- A unidade de medida de carga no SI é o **Coulomb (C)**.
- A chamada de carga elementar é a menor carga presente na natureza, que é a carga do elétron (que é igual a carga do próton).
- Seu valor é $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

ELETROSTÁTICA



- Um corpo é chamado de neutro quando o número de prótons é igual o número de elétrons, ou seja $N_e = N_p$.
- Um corpo é chamando de negativamente carregado, ou negativo, quando $N_e > N_p$.
- Um corpo é chamando de positivamente carregado, ou positivo, quando $N_e < N_p$.
- Além disso, a carga elétrica é quantizada, ou seja, ela é sempre um múltiplo da carga elétrica elementar.



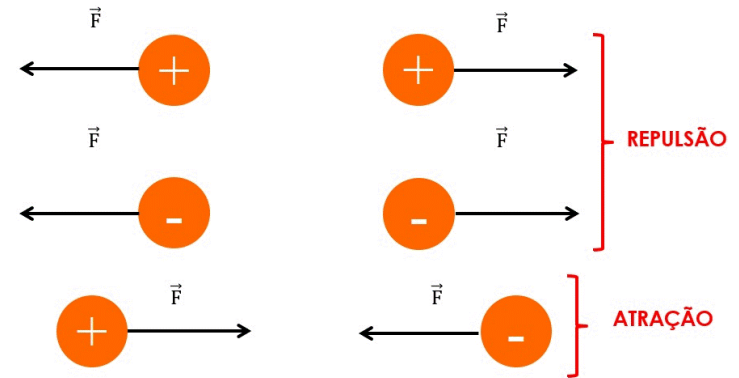
ELETROSTÁTICA



Princípios da eletrostática:

Princípio da atração e repulsão:

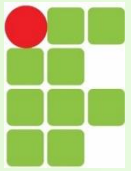
- Cargas de mesmo sinal se repelem
- Cargas de sinais diferentes se atraem



Princípio da conservação de carga:

- Conservação da carga elétrica é o princípio em física que estipula que a carga elétrica não pode ser criada ou destruída.
- Ou seja, em um processo de eletrização, a carga final é igual a carga inicial.

ELETROSTÁTICA



Princípios da eletrostática:

Materiais condutores e isolantes:

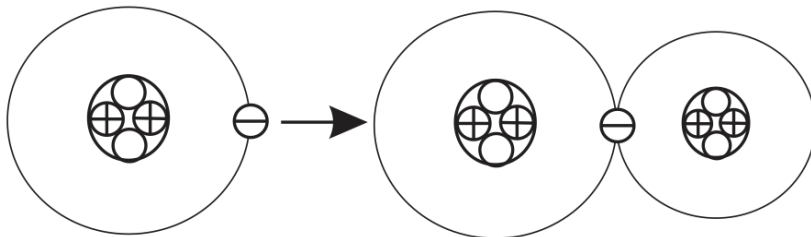
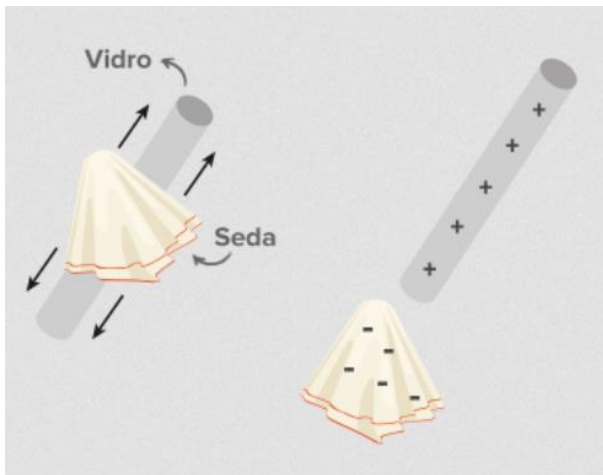
- Os **condutores** são materiais que possibilitam a movimentação de cargas elétricas em seu interior com grande facilidade. Esses materiais possuem uma grande quantidade de elétrons livres, que podem ser conduzidos quando neles aplicamos uma diferença de potencial. Metais como cobre, platina e ouro são bons condutores.
- Os materiais **isolantes** são aqueles que oferecem grande oposição à passagem de cargas elétricas. Nesses materiais, os elétrons encontram-se, de modo geral, fortemente ligados aos núcleos atômicos e, por isso, não são facilmente conduzidos. Materiais como borracha, silicone, vidro e cerâmica são bons exemplos de isolantes.

ELETRIZAÇÃO POR ATRITO



Processos de eletrização: Atrito.

- Dois materiais diferentes, quando atritados, ficam com cargas opostas.



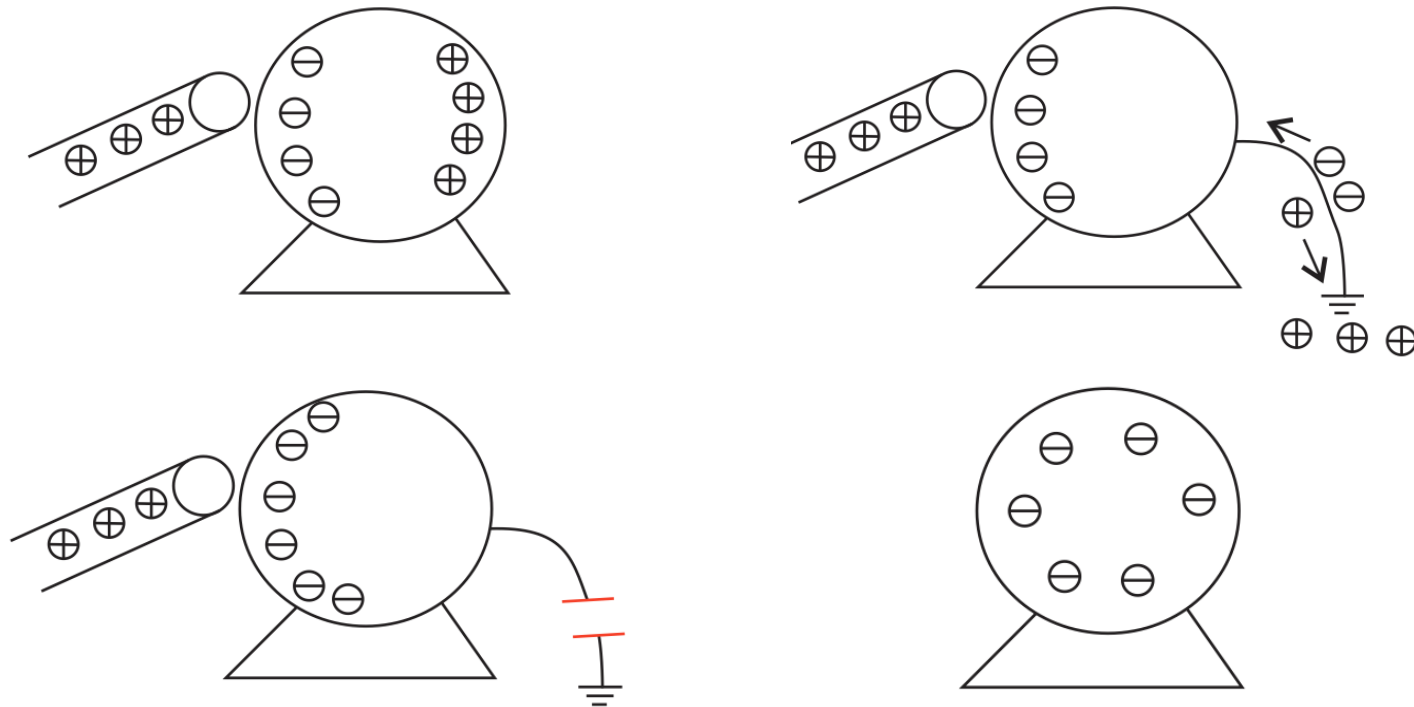
Pele humana	
Couro	
Pele de coelho	
Vidro liso	
Cabelo humano	
Fibra sintética	
Lã	
Pele de gato	
Seda	
Alumínio	
Papel ou papelão fino	
Algodão	
Madeira	
Âmbar	
Borracha dura	
Poliéster	
Isopor	
Filme PVC	
Poliuretano	
Polipropileno	
Silicone	
Teflon	

ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO



Processos de eletrização: Indução.

- Ocorre em 4 passos;
- A carga final do material induzido é oposta a do indutor.

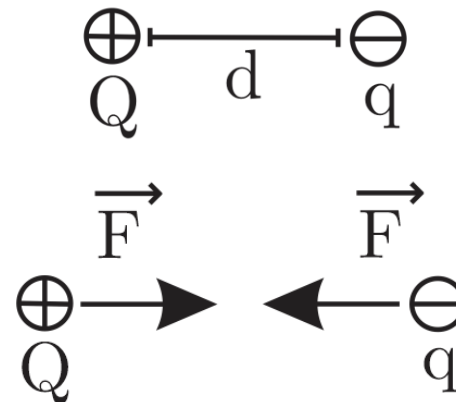
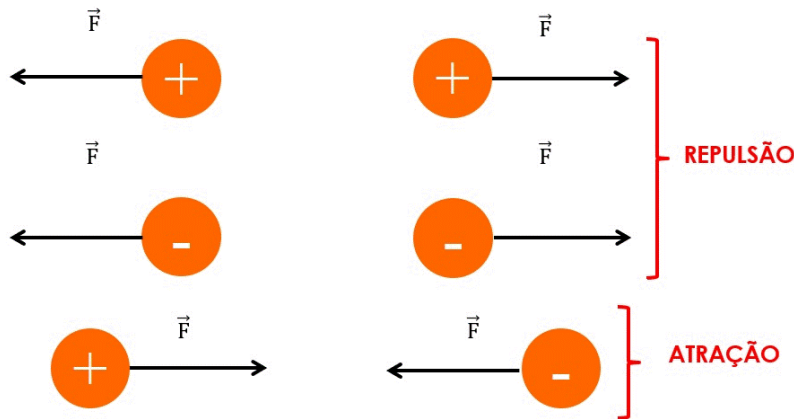


FORÇA ELÉTRICA



Força elétrica:

- Pelo princípio da atração e repulsão, duas cargas separadas por uma distância “d” exercem força uma sobre a outra.
- A força é de atração para cargas opostas e repulsão para cargas iguais.
- A unidade de medida de força é p Newton [N].



$$F = \frac{K * q * Q}{d^2}$$

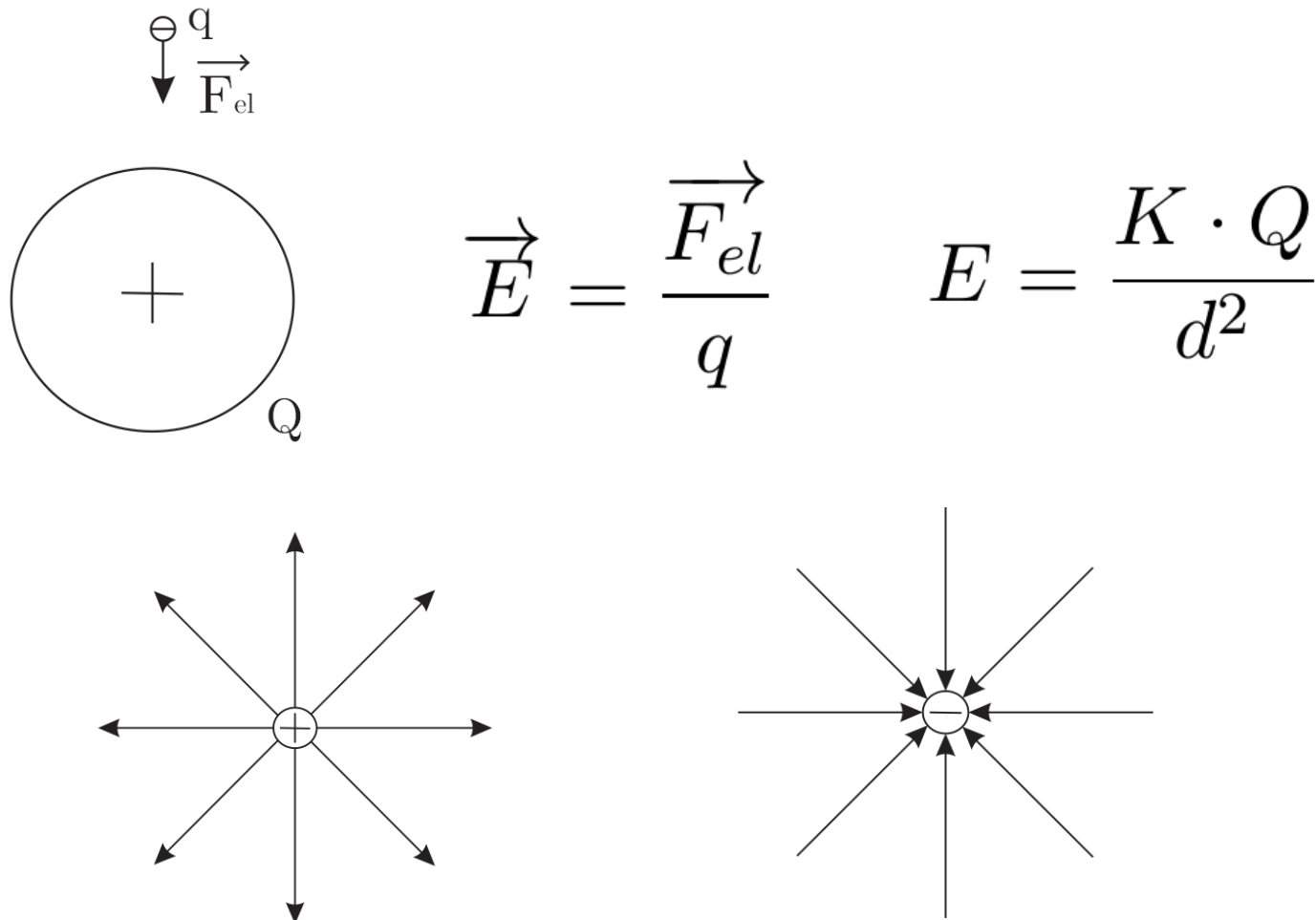
$$K = \frac{1}{4 * \pi * \epsilon}$$

$$K = 9 * 10^9$$

CAMPO ELÉTRICO



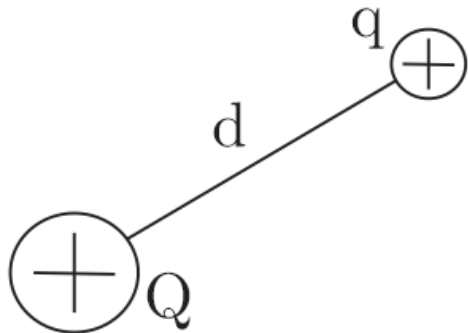
- **O campo elétrico:** É o campo de força provocado pela ação de cargas elétricas ou por sistemas dela.



ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA



- Para movimentar uma carga em um campo elétrico, é necessário uma energia, que é transferida em forma de trabalho.
- A energia é uma grandeza escalar, e sua unidade no SI é o Joule [J].
- A equação da energia potencial elétrica entre duas cargas é dada por:



$$E_{el} = \frac{K \cdot Q \cdot q}{d}$$

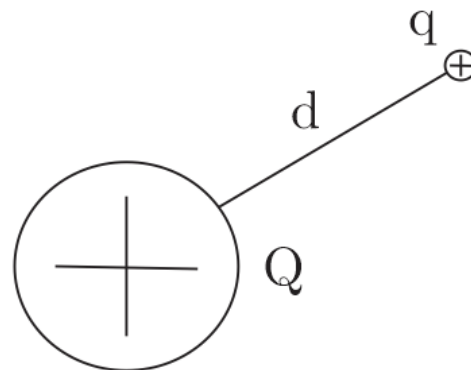
POTENCIAL ELÉTRICO



- É definido então o Potencial Elétrico, que é a quantidade de energia necessária para mover uma carga elétrica unitária entre dois pontos distintos de uma região dotada de um campo elétrico.
- Sua unidade no SI é o Volt [V], ou Joule por Coulomb [J/C]
- A equação do potencial elétrico pode ser definida por:

$$V = \frac{K \cdot Q}{d}$$

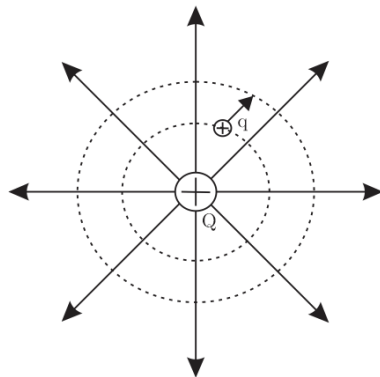
$$V = V_1 + V_2 + V_3 \dots$$



TENSÃO ELÉTRICA



- A **diferença de potencial (d.d.p)**, ou **tensão elétrica**, é definida como o trabalho necessário para que uma carga se desloque de um ponto A para um ponto B, quando imersa em um campo elétrico.
- Ou então, é a energia necessária para movimentar as cargas elétricas.
- Sua unidade no SI é o Volt [V], ou [J/C].



$$V = \frac{K \cdot Q}{d}$$

TENSÃO ELÉTRICA



- Os pássaros não levam choques quando pousam nos fios de alta tensão pois todo seu corpo vai estar em um mesmo potencial, mesmo que ele seja alto.
- Suas duas patas estão sob o mesmo potencial, assim, não há carga circulando por elas.



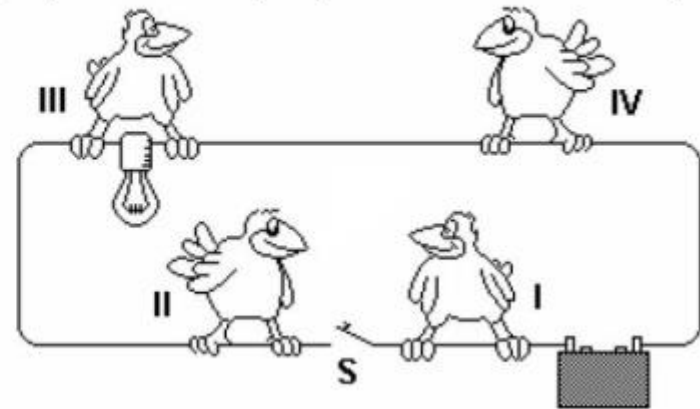
TENSÃO ELÉTRICA



- 6) A figura abaixo mostra quatro passarinhos pousados em um circuito no qual uma bateria alimenta uma lâmpada. Ao ligar-se a chave S, o passarinho que pode receber um choque elétrico é o de número:

- a) () I
- b) () II
- c) () III
- d) () IV

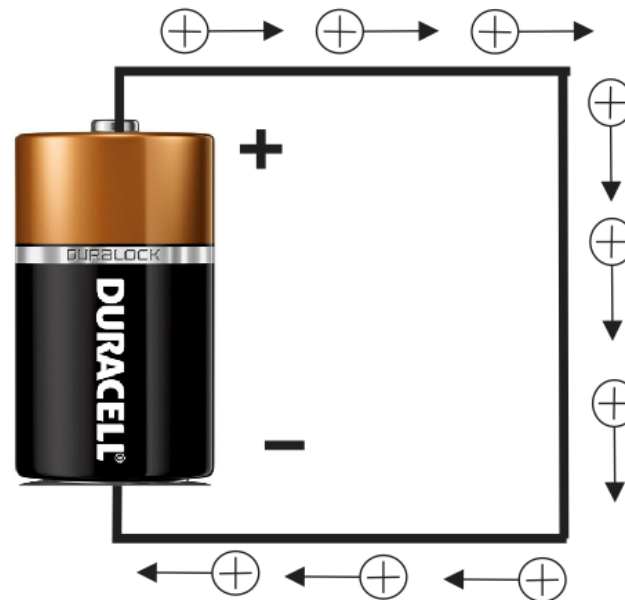
Justifique:



TENSÃO ELÉTRICA



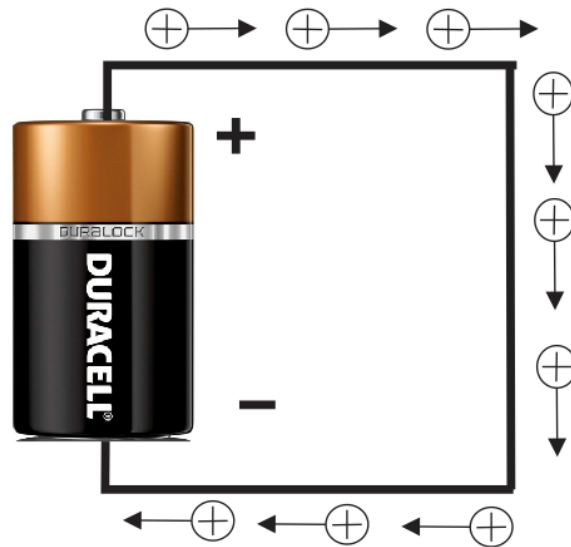
- Em um circuito elétrico a fonte, como uma bateria, gera uma diferença de potencial ou tensão em seus terminais.
- Dessa forma, quando conectado um condutor entre eles, as cargas positivas vão se mover do maior potencial para o menor potencial.



CORRENTE ELÉTRICA



- Já a movimentação de cargas em um condutor causada pela tensão é chamada de **corrente elétrica**.
- A corrente elétrica é a quantidade de cargas se movimentando em função do tempo.
- Sua unidade é o Coulomb por segundo [C/s], ou Ampére [A].

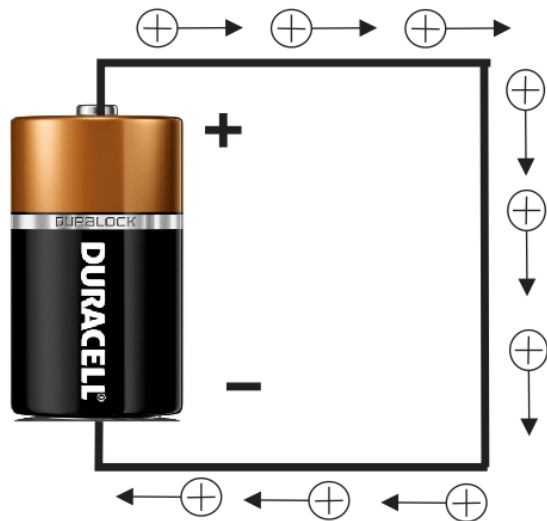


CORRENTE ELÉTRICA

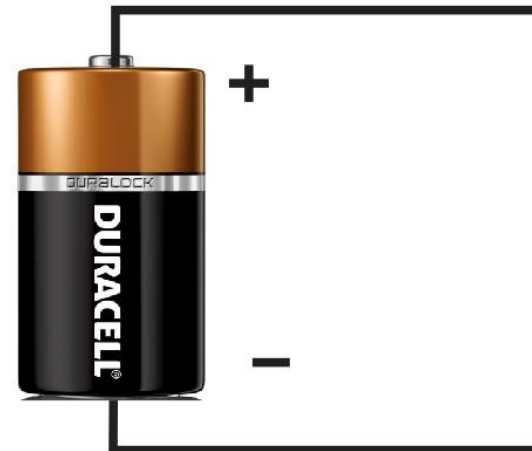


- Para que as cargas possam circular pelo material este material deve ter elétrons livres, ou seja, deve ser um material condutor.
- Quando aplicada uma tensão em um material isolante, as cargas não conseguem circular, ou seja, não há corrente elétrica.

Condutor



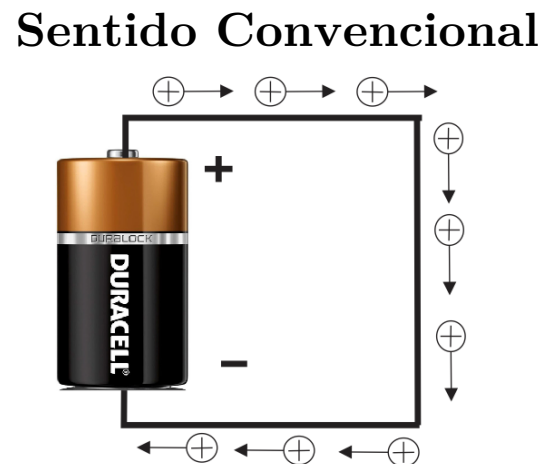
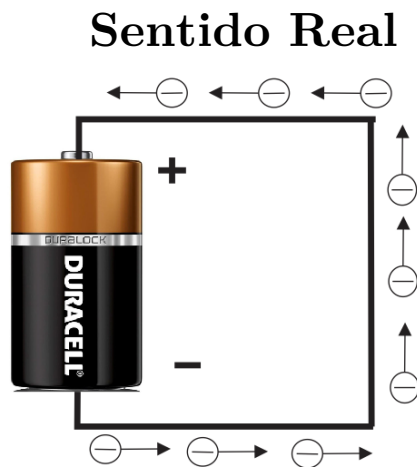
Isolante



CORRENTE ELÉTRICA



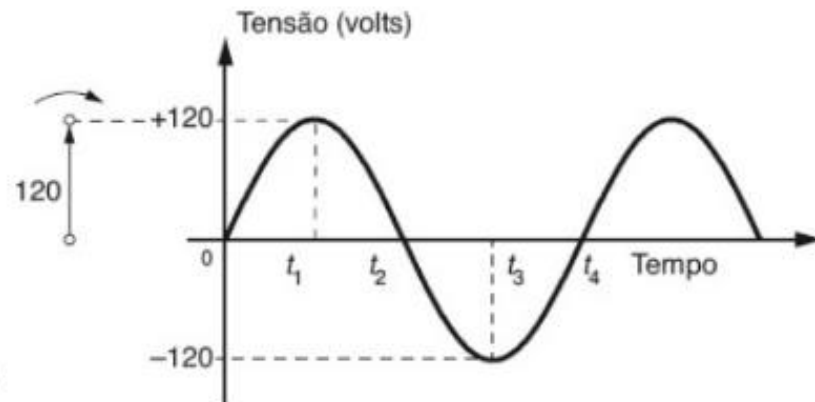
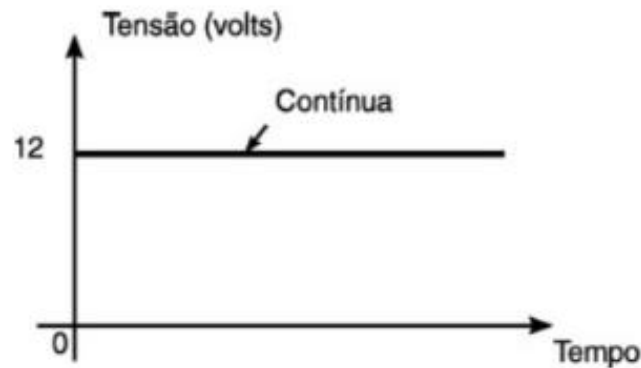
- Na prática, as cargas positivas, ou prótons, não podem se mover.
- O sentido “real” do movimento das cargas são os elétrons se movendo do negativo para o positivo.
- Porém, a teoria dos circuitos elétricos foi desenvolvida antes dos modelos atômicos atuais, assim, nas análises de circuito, é atribuído que as cargas se movem do positivo para o negativo.



CORRENTE ELÉTRICA



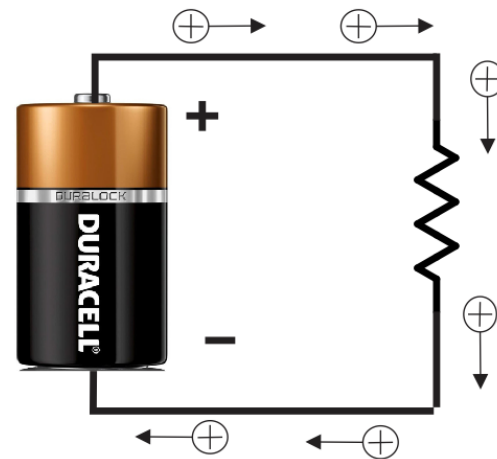
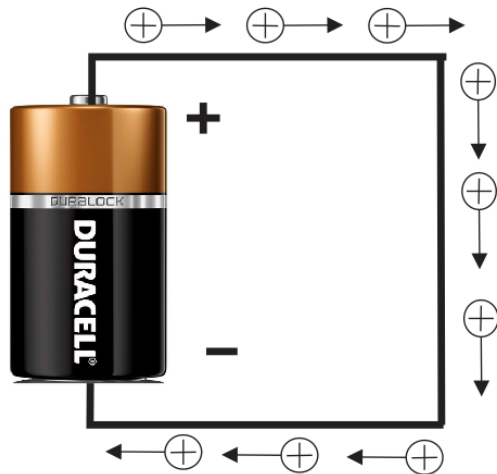
- A tensão e a corrente elétrica podem ser contínua ou alternada.
- A corrente contínua tem o mesmo valor em qualquer instante de tempo.
- Já a corrente alternada varia em função do tempo com uma certa frequência.



RESISTÊNCIA ELÉTRICA



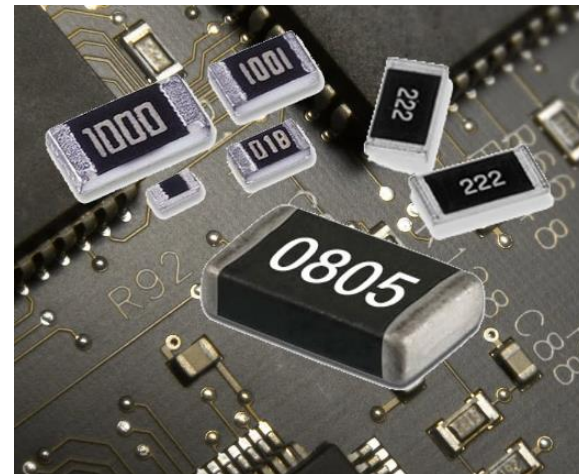
- Alguns materiais conduzem as cargas melhor do que outros.
- Ou seja, em alguns materiais, as cargas circulam com grande facilidade, enquanto em outros elas conseguem circular, mas com alguma dificuldade.
- Essa característica é chamada de **resistência elétrica**, e sua unidade no SI é o Ohm [Ω].



RESISTÊNCIA ELÉTRICA



- O **resistor** é o componente físico.
- A **resistência** é sua grandeza, medida em ohms.
- Por exemplo, ao fazer manutenção em um chuveiro, é trocado o componente físico, ou seja, o resistor.



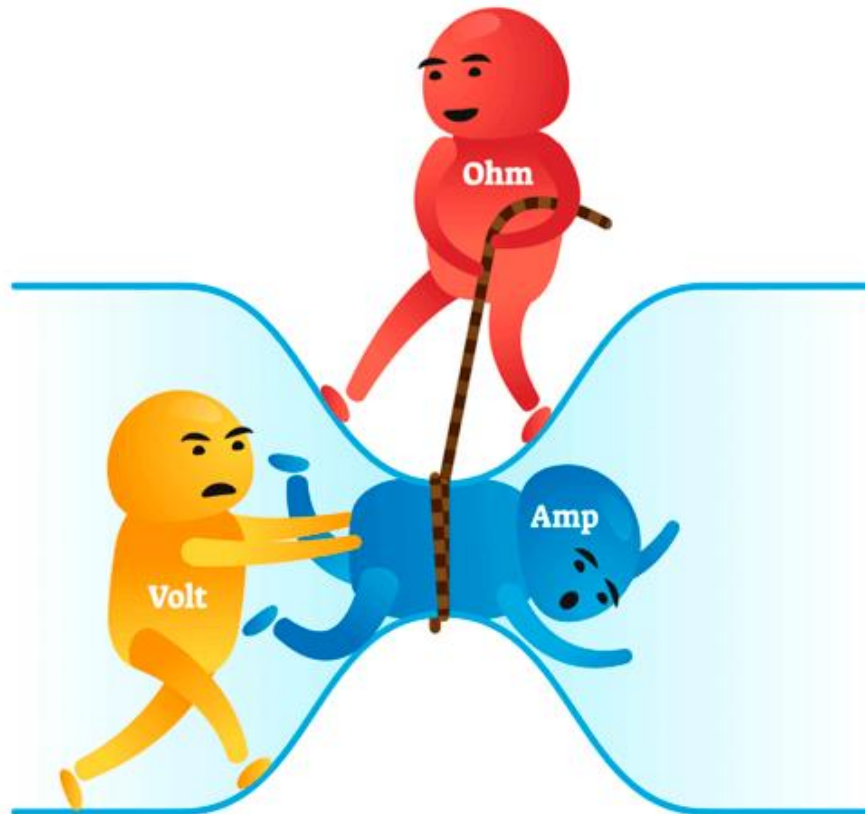
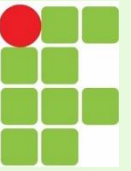
LEIS DE OHM



- A **primeira lei de Ohm** é a equação mais usada da área de eletricidade.
- Ela diz que a tensão elétrica é o resultado da multiplicação da corrente elétrica pela resistência elétrica.

$$V = R \cdot I \quad R = \frac{V}{I} \quad I = \frac{V}{R}$$

LEIS DE OHM

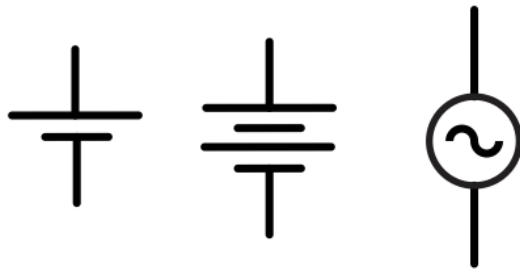


LEIS DE OHM

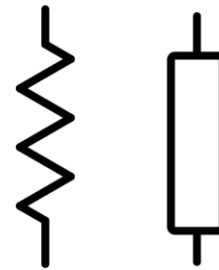


- Para representar os circuitos elétricos, são usados símbolos.
- Simbologia de circuitos elétricos:

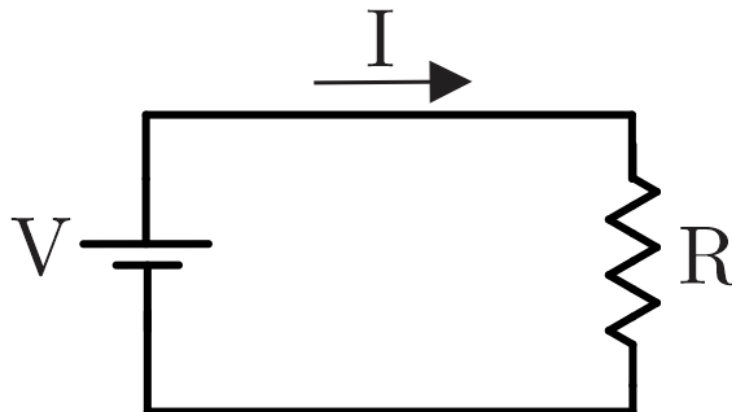
Fontes de tensão



Resistores



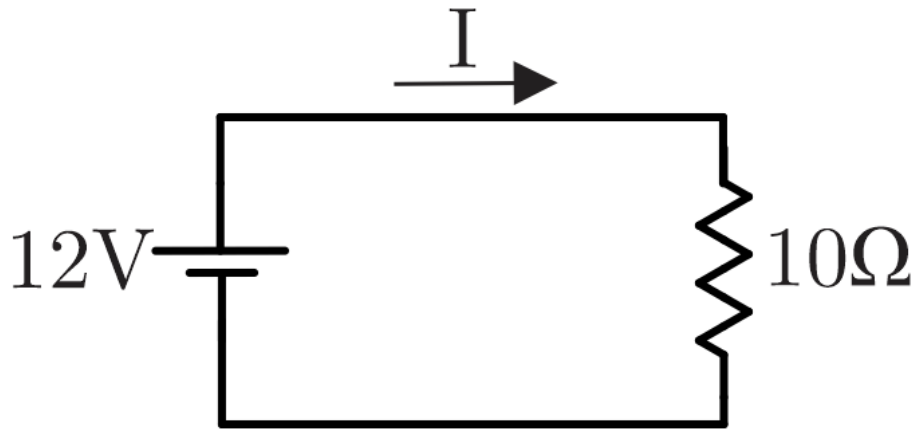
Circuito elétrico



LEIS DE OHM



- Exemplo:
- Calcule a corrente elétrica no circuito abaixo:



$$V = R \cdot I$$

$$I = \frac{V}{R}$$

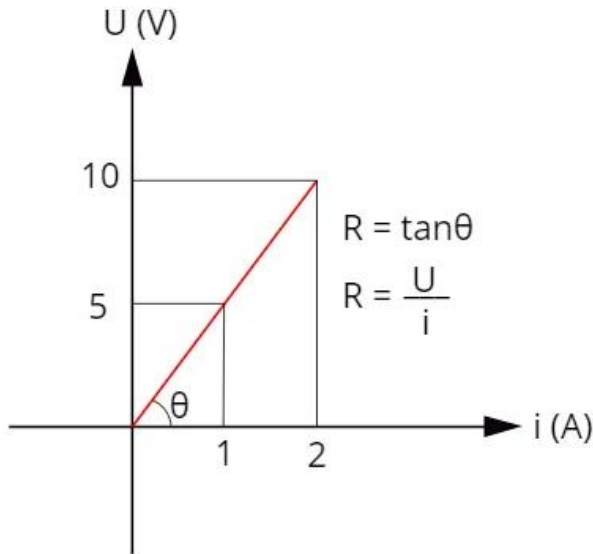
$$I = \frac{12}{10} = 1,2 \text{ A}$$

LEIS DE OHM

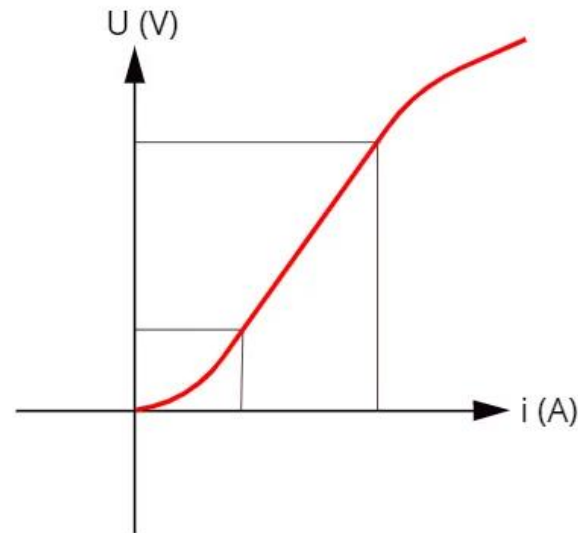


- As leis de Ohm só são válidas pra os chamados resistores ôhmicos.
- Nesses resistores, a resistência varia linearmente com a tensão e a corrente.

Resistor ôhmico



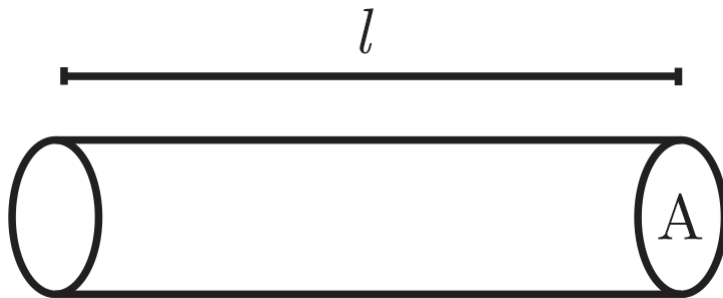
Resistor não ôhmico



LEIS DE OHM



- Já a **segunda lei de Ohm** está relacionada com a resistência dos materiais.
- Ela é dada pela seguinte equação:
- ρ é a resistividade do material, cuja unidade é $[\Omega \cdot \text{m}]$.
- l é o comprimento do material, dado em $[\text{m}]$.
- A é a área da seção transversal (bitola), dada em $[\text{m}^2]$.



$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

LEIS DE OHM



➤ Abaixo está uma tabela com a resistividade de alguns materiais:

Classificação	Material	Resistividade $\rho(\Omega.m)$
Metais	Prata	$1,6 \times 10^{-8}$
	Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$
	Alumínio	$2,8 \times 10^{-8}$
	Tungstênio	$5,0 \times 10^{-8}$
	Platina	$10,8 \times 10^{-8}$
	Ferro	12×10^{-8}
Ligas	Latão	$8,0 \times 10^{-8}$
	Constantã	50×10^{-8}
	Níquel-Cromo	110×10^{-8}
	Grafite	$4.000 \text{ a } 8.0000 \times 10^{-8}$
Isolantes	Água Pura	$2,5 \times 10^3$
	Vidro	$10^{10} \text{ a } 10^{13}$
	Porcelana	$3,0 \times 10^{12}$
	Mica	$10^{13} \text{ a } 10^{15}$
	Baquelite	$2,0 \times 10^{14}$
	Borracha	$10^{15} \text{ a } 10^{16}$
	Âmbar	$10^{16} \text{ a } 10^{17}$

LEIS DE OHM



- Exemplo:
- Calcule a resistência elétrica de 10 m de fio de cobre com 1,5 mm². (1 mm² = 10⁻⁶ m²).

$$\rho_{cu} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \qquad R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$R = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 10^1}{1,5 \cdot 10^{-6}} \qquad R = \frac{1,7}{1,5} \cdot 10^{-1}$$

$$R = 1,13 \cdot 10^{-1} \Omega = 0,113 \Omega$$

CONDUTÂNCIA ELÉTRICA



- A **condutância** é propriedade um material possui de permitir a passagem da corrente elétrica.
- Ela é dada pelo inverso da resistência, e sua unidade é o Siemens [S].

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$G = \frac{1}{R}$$

POTÊNCIA ELÉTRICA



- Observe que, ao multiplicar a tensão e a corrente elétrica, se tem uma grandeza em Joule por segundo [J/s].
- Mas, na física, a unidade dada em J/s é a potência.
- Logo, a **potência elétrica** é dada pela multiplicação da tensão pela corrente elétrica.

$$V \cdot I = \frac{J}{C} \cdot \frac{C}{s} = \frac{J}{s}$$

$$P = V \cdot I$$

POTÊNCIA ELÉTRICA



- Ela representa o trabalho, ou “gasto de energia”, pelo tempo.
- Sua unidade do SI é o Joule por segundo, ou Watt [W].

$$P = V \cdot I$$

POTÊNCIA ELÉTRICA



- Usando a primeira lei de Ohm, pode-se encontrar relações entre a potência, a tensão e a resistência:

$$P = V \cdot I$$

$$V = R \cdot I$$

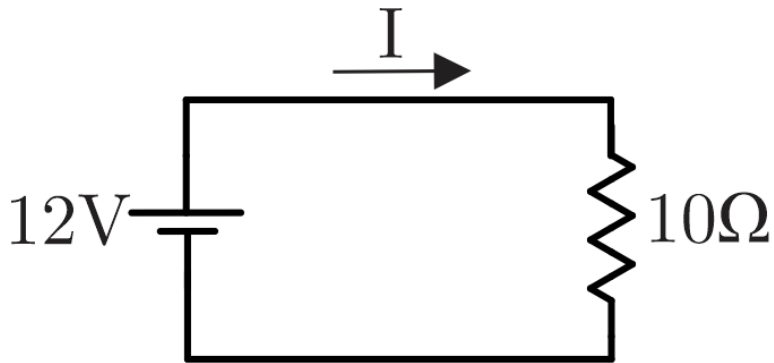
$$P = R \cdot I^2$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

POTÊNCIA ELÉTRICA



- Exemplo:
- Calcule a potência elétrica no circuito abaixo:



$$P = \frac{V^2}{R} \quad P = \frac{12^2}{10}$$

$$P = \frac{144}{10} = 14,4 \text{ W}$$

EFEITO JOULE



- O **efeito joule** é um fenômeno físico que consiste na conversão de energia elétrica em calor.
- Ele ocorre quando um corpo com uma resistência elétrica é atravessado por uma corrente elétrica.
- Ele é desejável em circuitos de aquecimento, como chuveiros e fornos elétricos.
- Porém, em outros circuitos, ele representa perdas em forma de calor.
- A quantidade de calor Q gerada em Joules é dada pela seguinte equação:

$$P = R \cdot I^2$$

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t$$

RENDIMENTO



- O rendimento é a relação entre a potência usada para realizar trabalho e a potência total do circuito.
- Na maioria dos circuitos há perdas em forma de calor por efeito joule, por exemplo, na resistência dos cabos e conexões.
- Na maioria dos equipamentos, o rendimento é dado em porcentagem.

$$\eta = \frac{P}{P_t} \qquad \eta\% = \frac{P}{P_t} \cdot 100$$

RENDIMENTO



- Exemplo:
- Um circuito tem 10 W em perdas por efeito joule. Sabendo que a potência da carga do circuito é 100 W, calcule o rendimento.

$$P = 100 \text{ W} \quad P_t = 100 + 10 = 110 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{100}{110} = 0,909$$

$$\eta\% = 0,909 \cdot 100 = 90,9\%$$

ENERGIA ELÉTRICA



- Vimos que a unidade de potência elétrica é o Joule por segundo, ou Watt.
- Já o Joule [J] é uma medida de trabalho, ou seja, energia fornecida a um sistema.
- Logo, para encontrar a energia em um circuito elétrico, deve-se multiplicar a potência pelo tempo que o circuito fica em funcionamento.

$$E = P \cdot t$$

ENERGIA ELÉTRICA



- A unidade de medida mais usada para a energia em eletricidade é o quilowatt vezes hora [kW.h].
- Lembrando que $1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$ ou 1000 W.
- Assim, para encontrar a energia gasta por um circuito, basta multiplicar a potência em **kW** pelo número de **horas** que o circuito fica ligado.

$$E = P \cdot t$$

ENERGIA ELÉTRICA



- Exemplo:
- Um aquecedor elétrico tem 500 W de potência e, durante o inverno, fica ligado por uma hora por dia durante um mês.
- Sabendo que o preço do kW.h de energia é R\$ 0,50, calcule quanto será pago na conta de energia pelo uso do aquecedor.

$$P_{kW} = \frac{500}{1000} = 0,5 \text{ kW} \quad t_h = 30 \cdot 1 = 30 \text{ h}$$

$$E = P \cdot t = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$Conta = 15 \cdot 0,5 = R\$ 7,50$$