



FÍSICA III

PROFESSORA MAUREN POMALIS

mauren.pomalis@unir.br

ENG. ELÉTRICA - 3º PERÍODO
UNIR/Porto Velho
2017/1

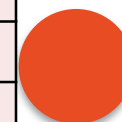
SUMÁRIO

- Corrente elétrica
 - Densidade de corrente
 - Velocidade de deriva
- Resistência
 - Resistividade
 - Resistência elétrica
 - Condutividade
- Lei de Ohm
- Circuitos



CALENDÁRIO

Semana	Data	Tema da aula e/ou Conhecimentos e/ou Atividades de ensino e de avaliação e/ou Recursos e/ou Leituras
1	25/abril	Aula Introdutória: Apresentação, Apresentação da disciplina, Revisão e Conceitos Básicos
1	27/abril	Campo Elétrico
2	02/abril	Campo Elétrico
2	04/abril	Lei de Gauss
3	09/maio	Lei de Gauss
3	11/maio	Potencial Elétrico
4	16/maio	Potencial Elétrico
4	18/maio	Capacitância
5	23/maio	Capacitância
5	25/maio	Dielétricos e energia eletrostática
6	30/maio	Corrente elétrica e Resistência
6	01/junho	Trabalho/Lista/Laboratório
7	06/junho	Prova 1
7	08/junho	Corrente elétrica/Circuitos



INTRODUÇÃO

- Até o momento foi visto e estudado Eletrostática, ou seja, a física das cargas estacionárias.
- Agora o assunto passa a ser com cargas em movimento, ou seja, Corrente Elétrica.
- Há corrente elétrica quando existe movimentos de cargas positivas ou negativas.



CORRENTE ELÉTRICA

- A espira de cobre está num mesmo potencial e o campo elétrico é 0 no interior do condutor.
- Com a inclusão da bateria, se dá uma diferença de potencial, gera campo elétrico, que “empurra” as cargas, fazendo com que se movam ao redor da espira e assim, gerando corrente, chamada “ i ”.



(a)



(b)



CORRENTE ELÉTRICA

- Depois de um pequeno intervalo de tempo, o movimento dos elétrons atinge um valor constante, e a corrente entra num regime estacionário (deixa de variar com o tempo).

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (\text{definição de corrente})$$

- A unidade da corrente pelo S.I. é o ampère (A)
 - 1 ampère = 1A = 1 Coulomb por segundo = 1 C/s



CORRENTE ELÉTRICA

- No regime estacionário, a corrente é a mesma em qualquer plano que intercepta o condutor, independentemente de tamanho ou angulação.

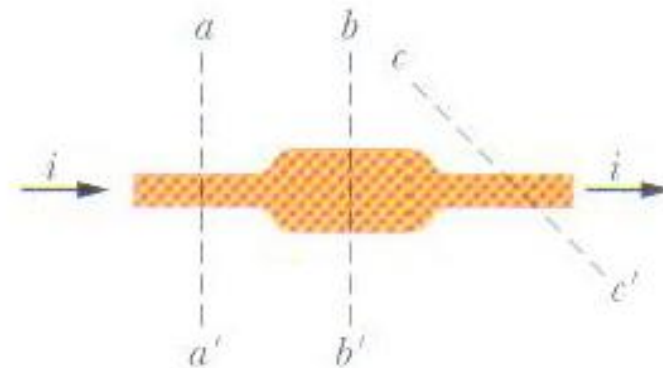


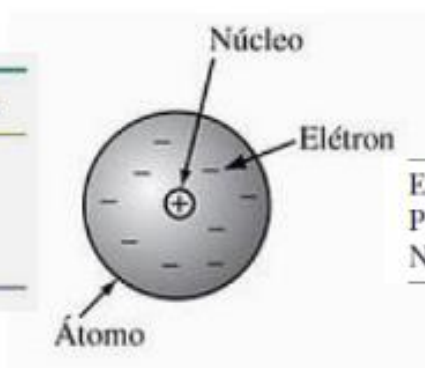
FIG. 26-2 A corrente i que atravessa o condutor tem o mesmo valor nos planos aa' , bb' e cc' .



CORRENTE ELÉTRICA

- Portadores de carga:
- Um novo conceito que surge, pois, mais do que se considerar cargas isoladas é conveniente entender que existem prótons e elétrons (de mesma carga elétrica e sinais contrários) e que têm massas diferentes (próton de massa 1.840 x maior do que o elétron), por isso em qualquer campo elétrico aplicado, o elétron tem 1.840 x mais facilidade de locomover-se.

Partícula	Símbolo	Carga
Elétron	e ou e^-	$-e$
Próton	p	$+e$
Néutron	n	0

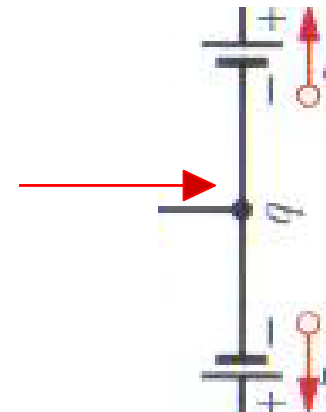
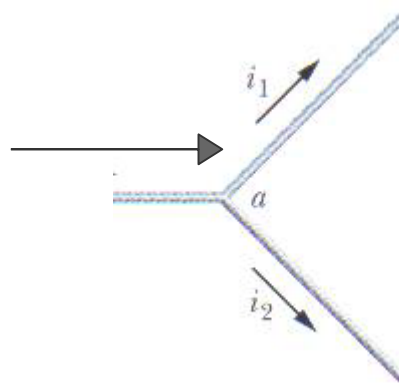
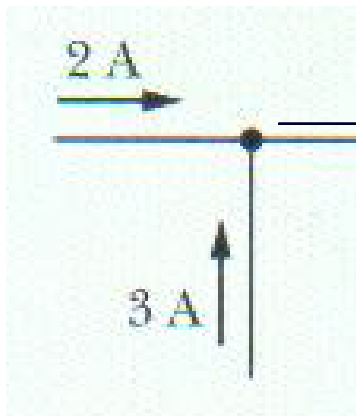


Electron (e)	$-1.602\ 176\ 5 \times 10^{-19}$
Proton (p)	$+1.602\ 176\ 5 \times 10^{-19}$
Neutron (n)	0



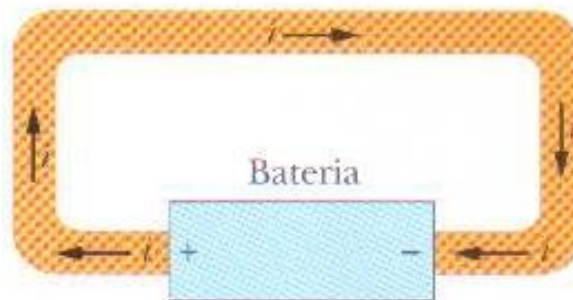
CORRENTE ELÉTRICA

- A corrente é uma grandeza escalar, pelo fato de carga e tempo serem escalares também.
- As setas que indicam o sentido em que as cargas se movem não são vetores (ou seja, não obedecem às leis da adição vetorial).



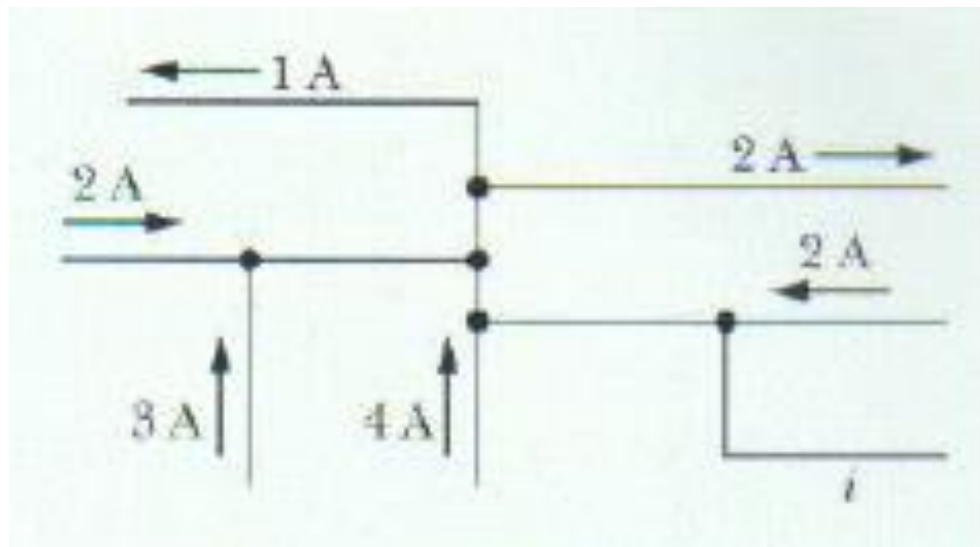
CORRENTE ELÉTRICA

- As setas que indicam o sentido em que as cargas se movem são representadas no sentido em que partículas com carga positivamente seriam forçadas, ou seja, em sentido horário.
 - Mesmo sabendo-se que num condutor com a presença de uma bateria os elétrons (ou seja, cargas negativamente carregadas) é que se moveriam neste sentido.



CORRENTE ELÉTRICA

- TESTE
- As setas que indicam o sentido em que as cargas se movem não são vetores (ou seja, não obedecem às leis da adição vetorial).
- R: 8A para a direita



DENSIDADE DE CORRENTE

- Fluxo de cargas através de uma secção reta de um condutor em um certo ponto de um circuito. É utilizado o vetor “ \mathbf{J} ”, com mesma direção e sentido da velocidade que faz as cargas se movimentarem, formando a corrente, i .



$$i = \int \mathbf{J} \cdot d\vec{A}$$

$$\mathbf{J} = \frac{i}{A}$$

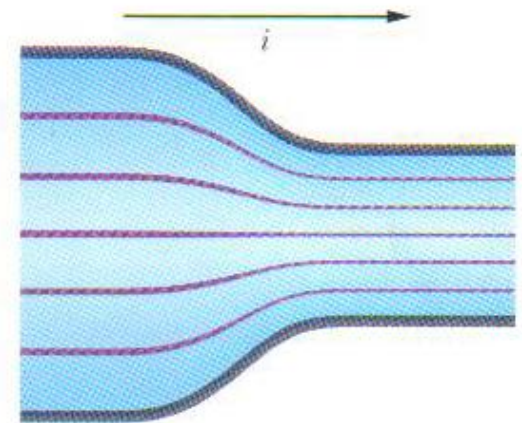
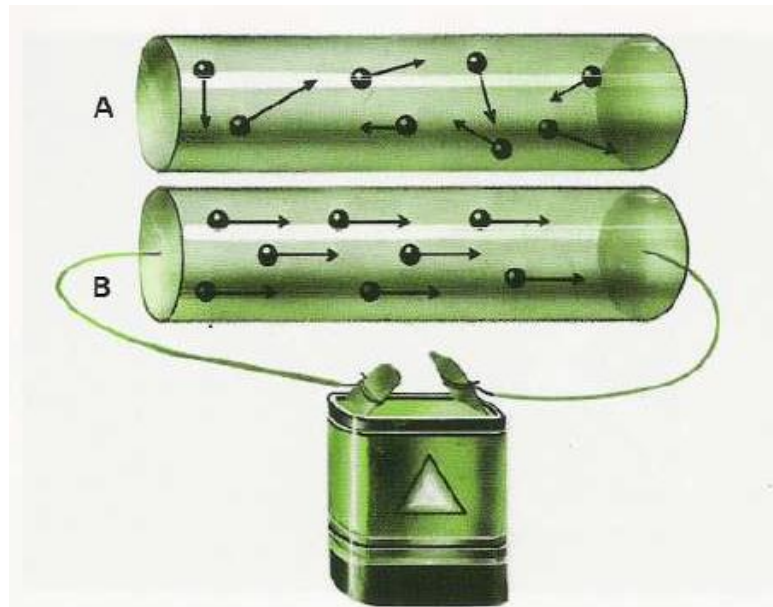


FIG. 26-4 A densidade de corrente pode ser representada por linhas de corrente cujo espaçamento é inversamente proporcional à densidade de corrente.

VELOCIDADE DE DERIVA

- Quando um condutor não está sendo percorrido por corrente, os elétrons de condução se movem aleatoriamente, sem direção preferencial.
- Com corrente, o movimento aleatório continua, porém, eles tendem a derivar com uma velocidade de deriva v_d na direção oposta a do campo elétrico que produz a corrente.

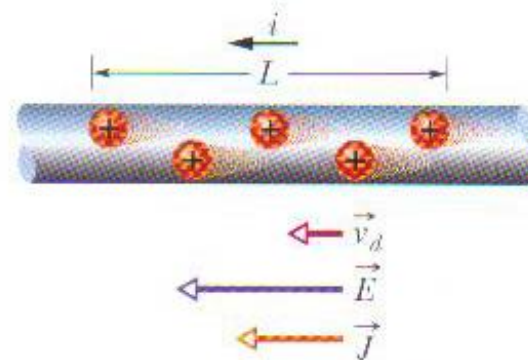


VELOCIDADE DE DERIVA

- A velocidade de deriva é muito pequena quando comparada à velocidade com a qual os elétrons se movem aleatoriamente. Ex.: no cobre a v_d dos elétrons é da ordem de 10^{-5} m/s, enquanto a velocidade aleatória é da ordem de 10^6 m/s.
- Fórmula

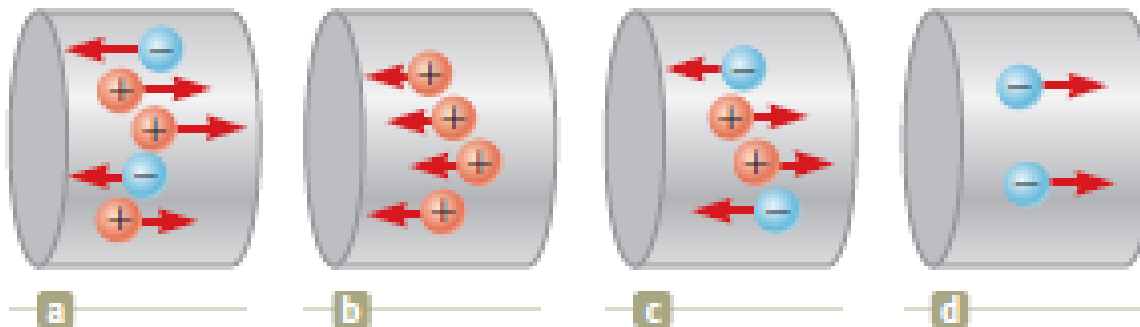
$$v_d = \frac{i}{nAe} = \frac{J}{ne}$$

$$\vec{J} = (ne)\vec{v}_d$$



CORRENTE

- Quando um condutor não está sendo percorrido por corrente, os elétrons de condução se movem aleatoriamente, sem direção preferencial.
- Ordene as secções de acordo com a corrente existente, da maior para a menor.
- R: $a > b = c > d$



RESISTIVIDADE

- Quando aplicamos uma ddp entre os extremos de barras de mesmas dimensões, porém materiais distintos (por ex.: cobre e vidro), as correntes resultantes são muito diferentes.
- A característica do material que determina essa diferença é a Resistência Elétrica.

$$R = \frac{V}{i} \quad (\text{definição de } R)$$

- Unidade S.I. para resistência é o Ohm:
 - $1 \text{ ohm} = 1\Omega = 1 \text{ Volt}/1 \text{ ampère} = 1\text{V/A}$



RESISTIVIDADE

- Caso enfatizemos o material da barra que sofre ddp, podemos pensar em relação ao campo elétrico, \mathbf{E} num ponto dessa barra ao invés da ddp, V , e da mesma forma, analisa-se a densidade de corrente, \mathbf{J} , neste ponto e não a corrente, i , que passa através do material resistivo.
- Assim, surge uma nova fórmula, onde há uma constante de proporcionalidade entre as duas.

- Resistividade:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (\text{definição de } \rho)$$

- Unidade S.I. para a resistividade é:
- $E/J = (\text{V/m})/(\text{A/m}^2) = (\text{V/A.})\text{m} = \Omega.\text{m}$



CONDUTIVIDADE

- Ainda enfatizando o material, a densidade de corrente, \mathbf{J} , é proporcional ao campo elétrico, \mathbf{E} .
- Ou, invertendo a fórmula anterior, surge outra constante de proporcionalidade.

- Condutividade

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (\text{definição de } \sigma)$$

- Unidade no S.I.:
- “inverso de ohm-metro ou *nhos* por metro” $(\Omega \cdot \text{m})^{-1}$
 - As 2 fórmulas somente são usadas para materiais isotrópicos
 - (propriedade elétricas são as mesmas em todas as direções)



RESISTIVIDADE

Resistividade de Alguns Materiais à Temperatura Ambiente (20°C)

Material	Resistividade, ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	Coefficiente de Temperatura da Resistividade, α (K^{-1})
<i>Metais Típicos</i>		
Prata	$1,62 \times 10^{-8}$	$4,1 \times 10^{-3}$
Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$	$4,3 \times 10^{-3}$
Ouro	$2,35 \times 10^{-8}$	$4,0 \times 10^{-3}$
Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$	$4,4 \times 10^{-3}$
Manganin ^a	$4,82 \times 10^{-8}$	$0,002 \times 10^{-3}$
Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$	$4,5 \times 10^{-3}$
Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$	$6,5 \times 10^{-3}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$	$3,9 \times 10^{-3}$
<i>Semicondutores Típicos</i>		
Silício puro	$2,5 \times 10^3$	-70×10^{-3}
Silício ^b tipo <i>n</i>	$8,7 \times 10^{-4}$	
Silício ^c tipo <i>p</i>	$2,8 \times 10^{-3}$	
<i>Isolantes Típicos</i>		
Vidro	$10^{10} - 10^{14}$	
Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$	

^aUma liga especial com um baixo valor de α .

^bSilício dopado com 10^{23} m^{-3} de fósforo.

^cSilício dopado com 10^{23} m^{-3} de alumínio.



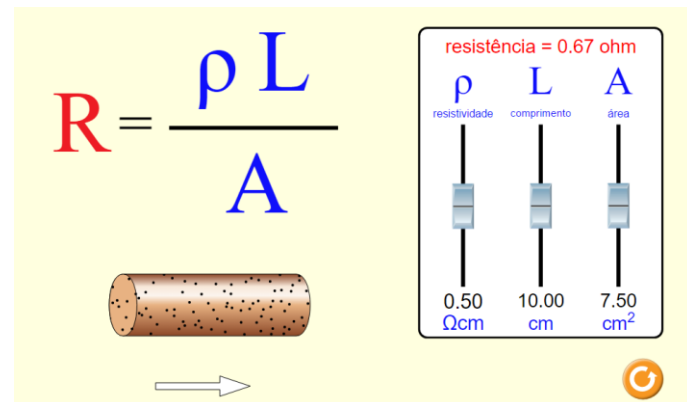
RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE

- Fica definido que Resistência é a propriedade de um dispositivo e Resistividade é a propriedade de um material.
- Ao conhecer a resistividade de um material, é possível calcular a resistência do dispositivo:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

- Essa fórmula somente é usada para materiais condutores isotrópicos homogêneos de seção transversal uniforme
- Simulador*

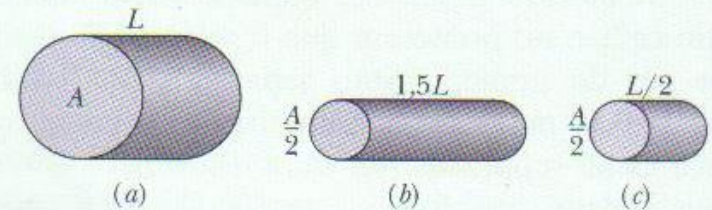
https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_pt_BR.html



RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE

○ TESTE

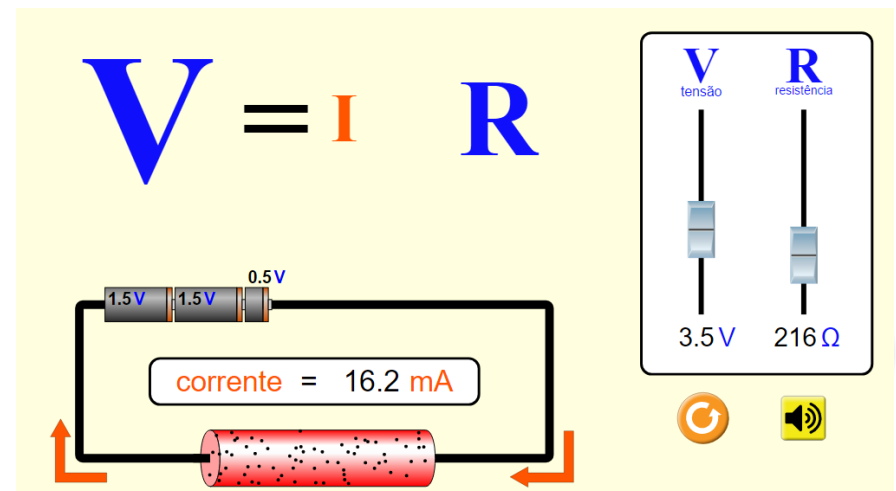
TESTE 3 A figura ao lado mostra três condutores cilíndricos de cobre com os respectivos valores do comprimento e da área da seção reta. Coloque os condutores na ordem da corrente que os atravessa quando a mesma diferença de potencial é aplicada às suas extremidades, começando pela maior.



○ R: (a) = (c) > (b)

○ Simulador*

https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html

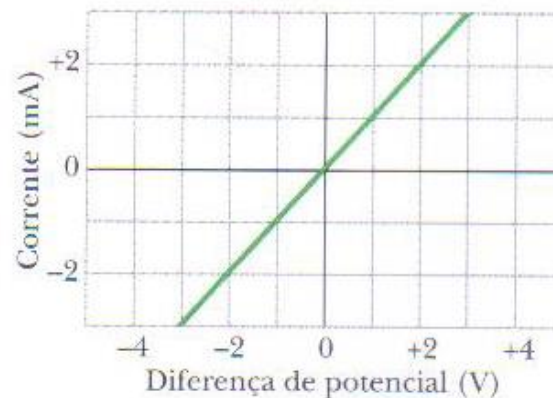
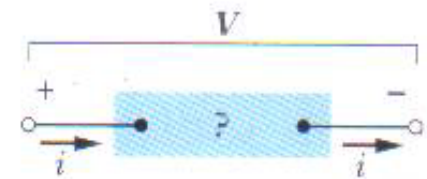


LEI DE OHM

- Uma diferença de potencial (ddp),
 - V , é aplicada nos terminais de um
 - dispositivo que tem uma corrente
 - resultante i , medida em função de V .
-
- A Lei de Ohm afirma que V e i são proporcionais, conforme mostra o gráfico:



Georg Simon Ohm
German physicist (1789–1854)



LEI DE OHM

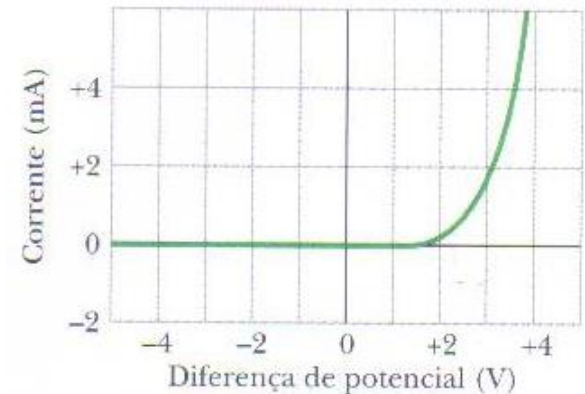


Georg Simon Ohm
German physicist (1789–1854)

- Porém, essa proporção não se aplica quando
- se trata de determinados materiais.

- Um exemplo disso ocorre com o diodo
- semicondutor.
 - Somente existe corrente a partir de
 - 1,5V positivo.

- Por isso é feita uma classificação dependendo do dispositivo, alguns obedecem à Lei de Ohm, outros não. Mas por motivos históricos segue sendo chamada de “lei”.



Um dispositivo obedece à lei de Ohm se a resistência do dispositivo não depende do valor absoluto nem da polaridade da diferença de potencial aplicada.

LEI DE OHM



Georg Simon Ohm
German physicist (1789–1854)

- É frequente ouvir a afirmação de que $V=i.R$ é
- uma expressão matemática da Lei de Ohm, porém isto não é verdade. A equação é utilizada para definir conceito de resistência e se aplica a todos os dispositivos que conduzem corrente elétrica, mesmo os que não obedecem à Lei de Ohm.
 - (Halliday)
- Na realidade, a fórmula associada à Lei de Ohm é a que utiliza incógnitas relacionadas ao material e não ao dispositivo:

$$\vec{E} = \rho \vec{J}$$



LEI DE OHM



Georg Simon Ohm
German physicist (1789–1854)

○ TESTE

- **TESTE 4** A tabela ao lado mostra a corrente i (em ampères) em dois dispositivos para vários valores da diferença de potencial V (em volts). Determine, a partir desses dados, qual é o dispositivo que não obedece à lei de Ohm.

Dispositivo 1		Dispositivo 2	
V	i	V	i
2,00	4,50	2,00	1,50
3,00	6,75	3,00	2,20
4,00	9,00	4,00	2,80

- R: dispositivo 2



ENERGIA E POTÊNCIA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

- A figura mostra um circuito com uma bateria, B;
- Fios com resistência desprezível;
- Ligada a um dispositivo condutor, não especificado;
- especificado:
 - Resistor, motor, ...

Como o circuito é fechado, a ddp é constante, uma corrente constante atravessa o circuito em sentido horário, e sabendo-se que a dq é igual a $i \cdot dt$, ao completar o circuito, a dq tem seu potencial reduzido de V , sua energia potencial é reduzida de um valor dado por:

$$P = iV \quad (\text{taxa de transferência de energia elétrica})$$

- Unidade pelo S.I.:
- $P = A \cdot V = V \cdot A = (J/C) \cdot (C/s) = (J/s) = W$

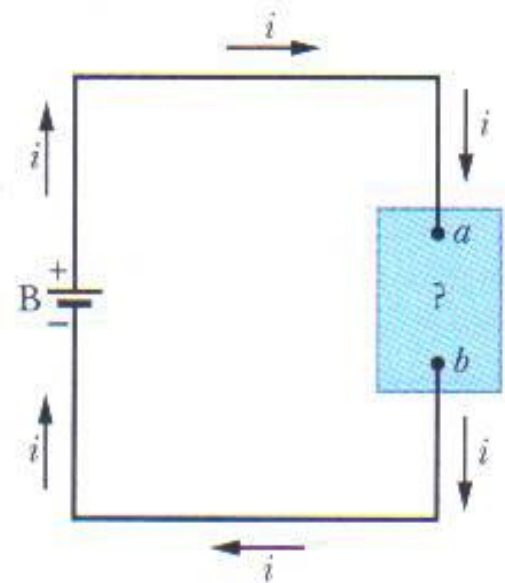
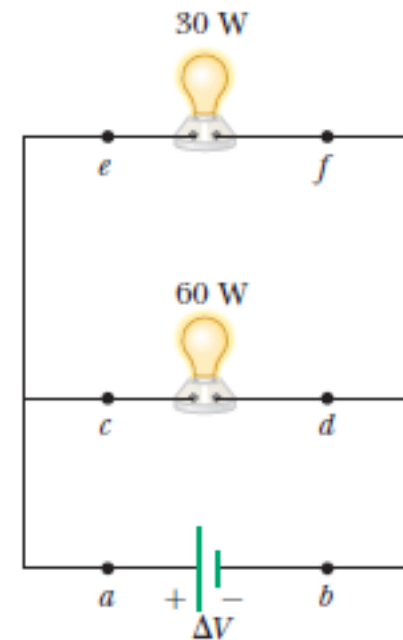


FIG. 26-14 Uma bateria B estabelece uma corrente i em um circuito que contém um componente não-especificado.

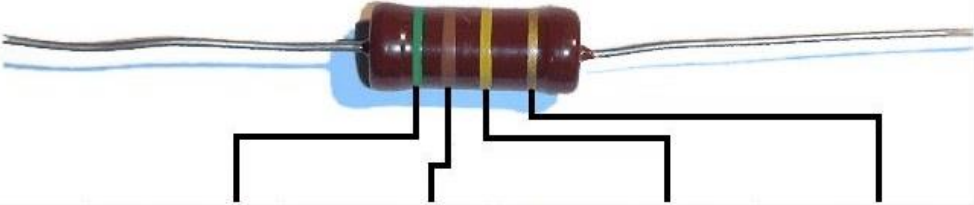
ENERGIA E POTÊNCIA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

- Dissipação resistiva:
- Nos resistores a energia potencial elétrica é convertida em energia térmica através de colisões entre os portadores de carga e os átomos da rede cristalina.

$$P = I^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

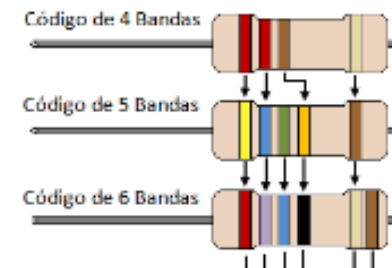


RESISTÊNCIA

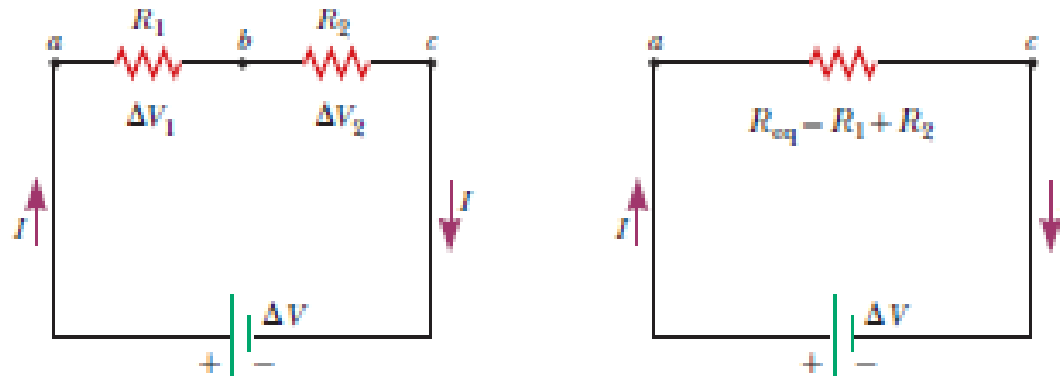
Color	Primer color	Segundo color	Multiplica por	Tolerancia
Negro	-	0	X1	-
Marrón	1	1	X10	+/- 1%
Rojo	2	2	X100	+/- 2%
Naranja	3	3	X1000	-
Amarillo	4	4	X10.000	-
Verde	5	5	X100.000	+/- 0.5%
Azul	6	6	X1.000.000	-
Violeta	7	7	X10.000.000	-
Gris	8	8	X100.000.000	-
Blanco	9	9	X1.000.000.000	-
Oro	-	-	X0,1	5%
Plata	-	-	X0,01	10%

TESTE: Encontre os valores das seguintes resistências:



RESISTÊNCIAS EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

- Associação em SÉRIE
- A figura mostra um circuito com uma bateria e 2 resistores em série:

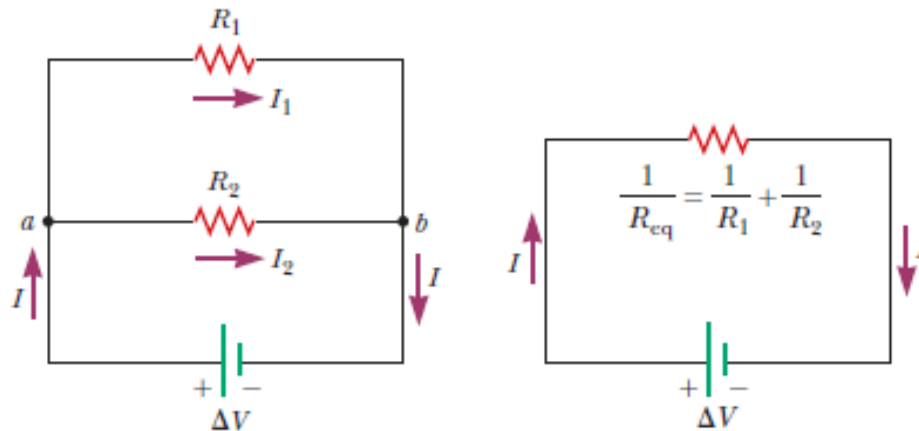


$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$



RESISTÊNCIAS EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

- Associação em PARALELO
- A figura mostra um circuito com uma bateria e 2 resistores em paralelo:

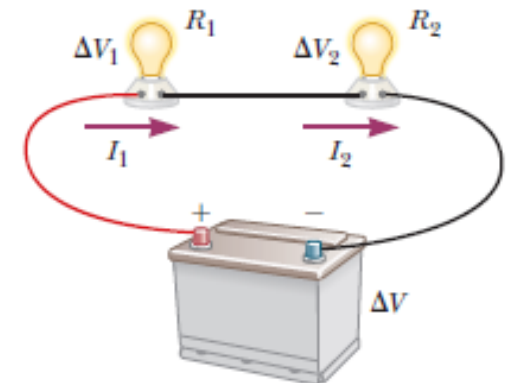
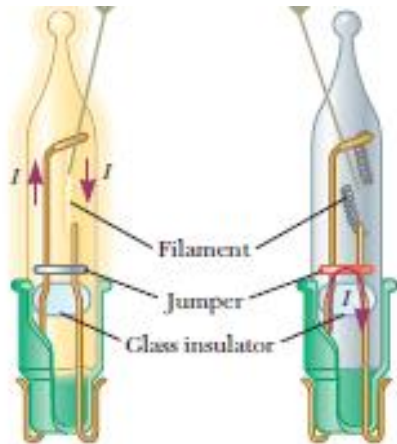


$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$



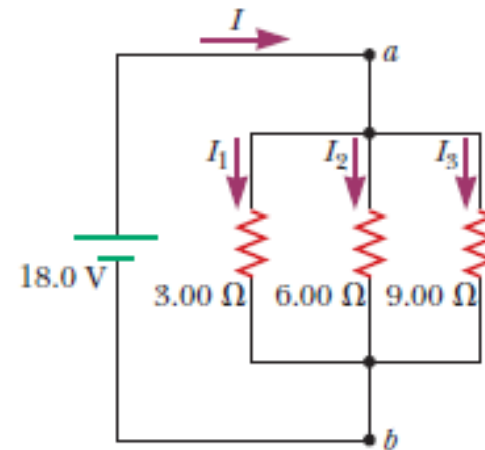
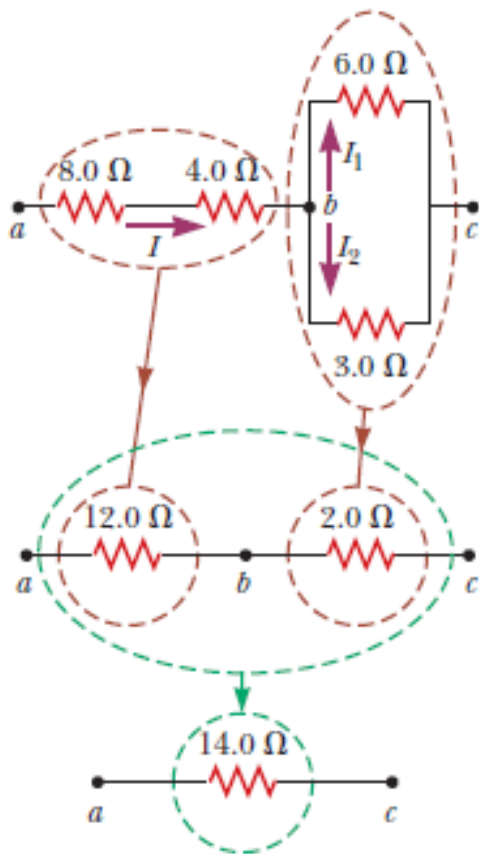
RESISTÊNCIAS EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

- TESTE
- As famigeradas lâmpadas de natal que desligam TODAS ao queimar 1 delas estão associadas em série ou em paralelo?
- R: série, o circuito fica aberto e não mais fechado no momento em que uma resistência não está mais “ativa” e não há corrente passando através do circuito.



RESISTÊNCIAS EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

Exemplos/exercícios



$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{3.00 \, \Omega} + \frac{1}{6.00 \, \Omega} + \frac{1}{9.00 \, \Omega} = \frac{11.0}{18.0 \, \Omega}$$

$$R_{\text{eq}} = \frac{18.0 \, \Omega}{11.0} = 1.64 \, \Omega$$

$$I_1 = \frac{\Delta V}{R_1} = \frac{18.0 \, \text{V}}{3.00 \, \Omega} = 6.00 \, \text{A}$$

$$I_2 = \frac{\Delta V}{R_2} = \frac{18.0 \, \text{V}}{6.00 \, \Omega} = 3.00 \, \text{A}$$

$$I_3 = \frac{\Delta V}{R_3} = \frac{18.0 \, \text{V}}{9.00 \, \Omega} = 2.00 \, \text{A}$$

$$P_1 = I_1^2 R_1 = (6.00 \, \text{A})^2 (3.00 \, \Omega) = 108 \, \text{W}$$

$$P_2 = I_2^2 R_2 = (3.00 \, \text{A})^2 (6.00 \, \Omega) = 54 \, \text{W}$$

$$P_3 = I_3^2 R_3 = (2.00 \, \text{A})^2 (9.00 \, \Omega) = 36 \, \text{W}$$

SEMICONDUCTORES E SUPERCONDUTORES

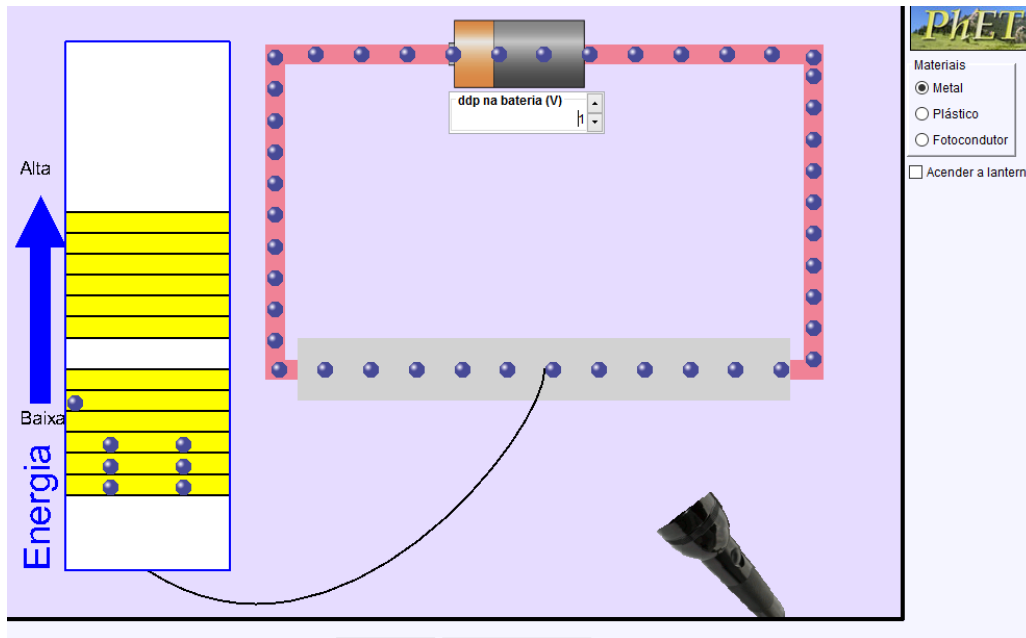
Semicondutores Os *semicondutores* são materiais que possuem um número relativamente pequeno de elétrons de condução, mas se tornam bons condutores quando são *dopados* com outros átomos que fornecem elétrons livres.

Supercondutores Os *supercondutores* são materiais que perdem totalmente a resistência elétrica em baixas temperaturas. Recentemente foram descobertos materiais que se tornam supercondutores em temperaturas relativamente elevadas.

- Exemplos:
- Semicondutores: Germânio e Silício
- Supercondutores: Metais puros, ligas metálicas, (antes de 1986) Borocarbeto, fulereno (recentes descobertas)

Fonte: http://www.univerciencia.ufscar.br/n_2_a1/super.pdf

CONDUTIBILIDADE DE MATERIAIS



https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/conductivity



UNIDADES S.I.

Grandeza	Unidade
Corrente	<u>Ampere</u> (A)
Resistência	<u>Ohm</u> (Ω)
Resistividade	Ohm.metro($\Omega.m$)
Condutividade	Ohm.metro recíproca ($\Omega.m$) ⁻¹



Οβριγαδα πελα ατενχαο!!!

μαυρεν

