

# FÍSICA III

PROFESSORA MAUREN POMALIS

[mauren.pomalis@unir.br](mailto:mauren.pomalis@unir.br)

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

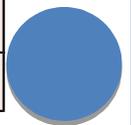
# SUMÁRIO

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



# CALENDÁRIO

Semana	Data	Tema da aula <i>e/ou</i> Conhecimentos <i>e/ou</i> Atividades de ensino e de avaliação <i>e/ou</i> Recursos <i>e/ou</i> 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	<b>Prova 1</b>
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.
- 

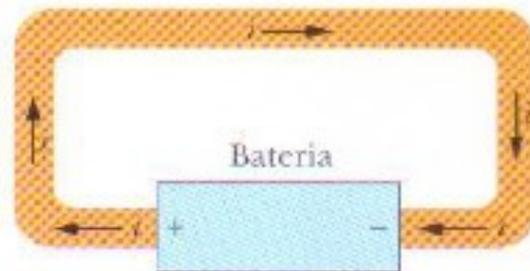


# CORRENTE ELÉTRICA

- 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).

- 
- 
- 
- 

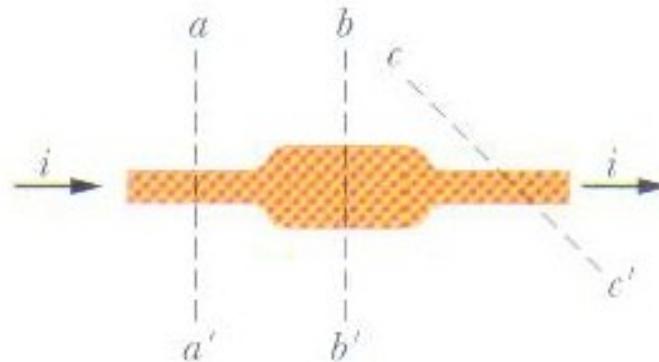
$$i = \frac{dq}{dt} \quad (\text{definição de corrente})$$

- 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.



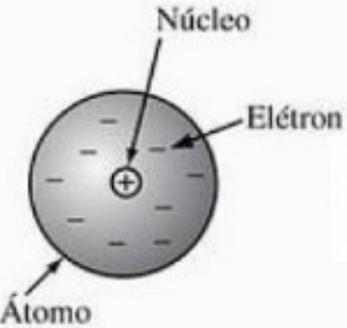
**FIG. 26-2** A corrente  $i$  que atravessa o condutor tem o mesmo valor nos planos  $aa'$ ,  $bb'$  e  $cc'$ .



# 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

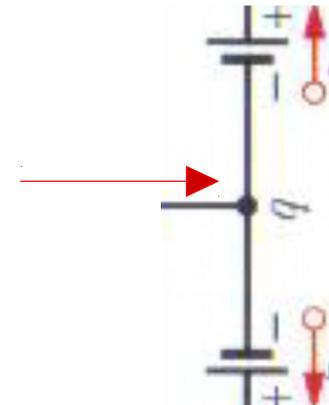
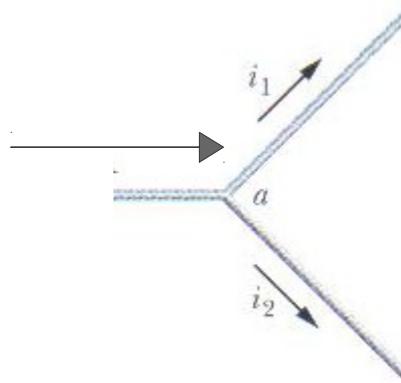
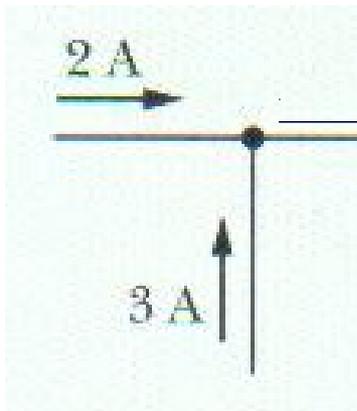


Electron (e)	$-1.602\ 176\ 5 \times 10^{-19}$
Proton (p)	$+1.602\ 176\ 5 \times 10^{-19}$
Neutron (n)	0



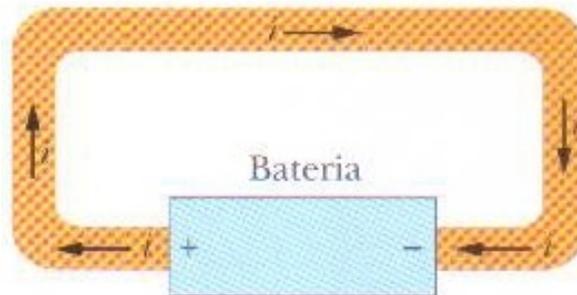
# CORRENTE ELÉTRICA

- 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).



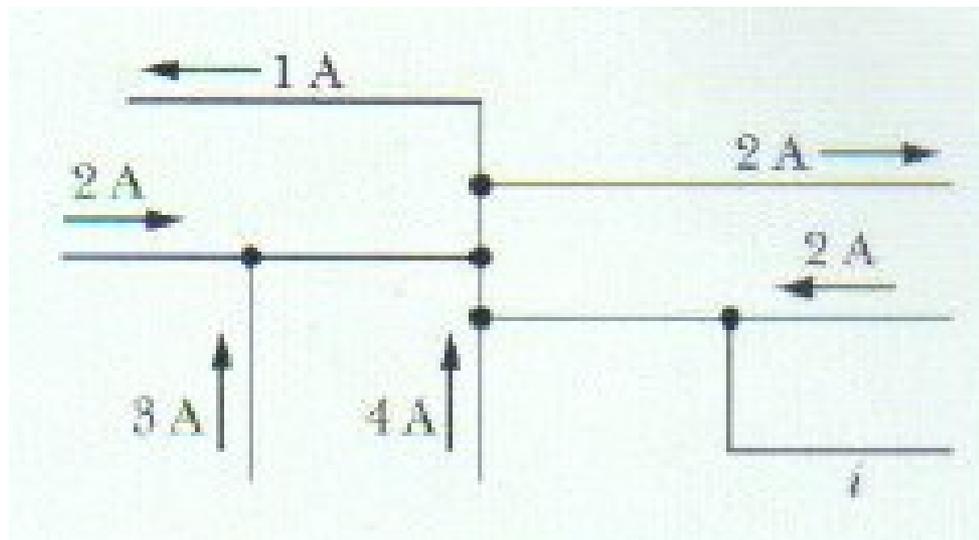
# CORRENTE ELÉTRICA

- 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.



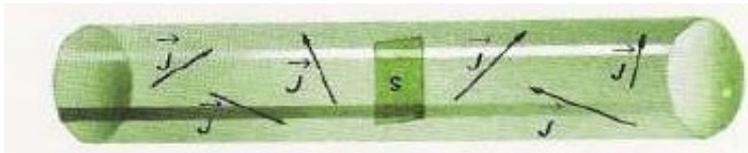
# CORRENTE ELÉTRICA

- 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



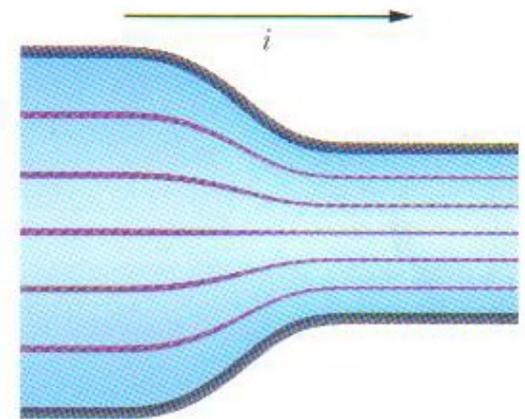
# DENSIDADE DE CORRENTE

- 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,  $i$ .



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

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

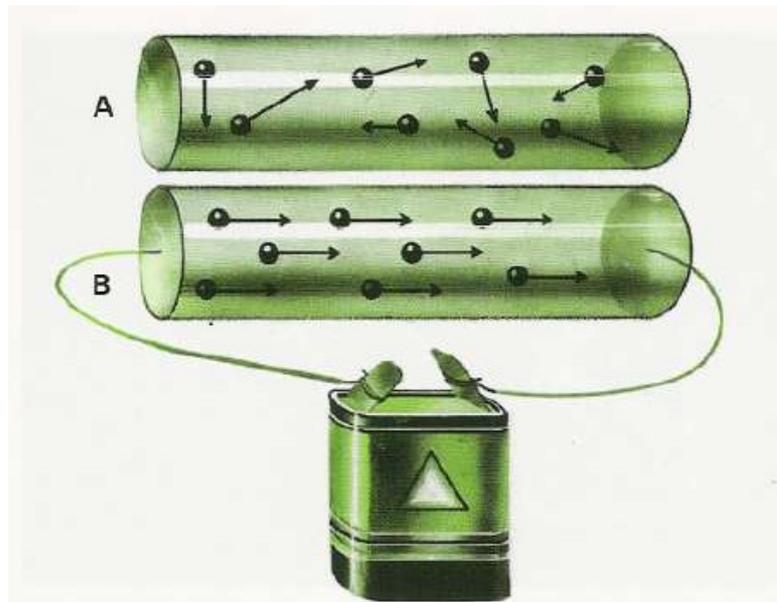


**FIG. 26-4** A densidade de corrente pode ser representada por linhas de corrente cujo espaçamento é inversamente proporcional à densidade de corrente.

# 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.

○

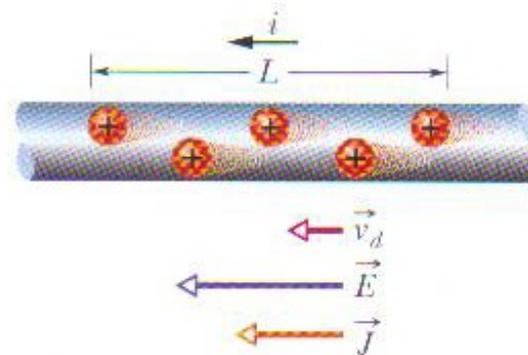
- Fórmula

○

○

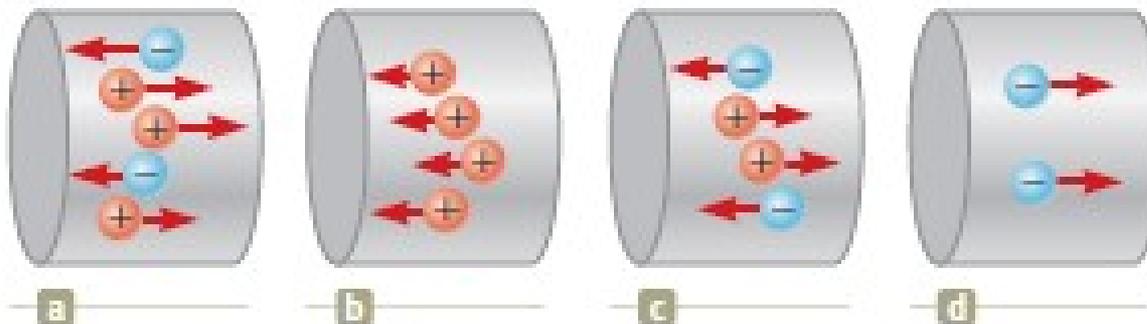
$$v_d = \frac{i}{nAe} = \frac{J}{ne}$$

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



# 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

- 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, $\rho$ ( $\Omega \cdot \text{m}$ )	Coefficiente de Temperatura da Resistividade, $\alpha$ ( $\text{K}^{-1}$ )
<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 <sup>a</sup>	$4,82 \times 10^{-8}$	$0,002 \times 10^{-3}$
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	$2,5 \times 10^3$	$-70 \times 10^{-3}$
Silício <sup>b</sup> tipo <i>n</i>	$8,7 \times 10^{-4}$	
Silício <sup>c</sup> tipo <i>p</i>	$2,8 \times 10^{-3}$	
<i>Isolantes Típicos</i>		
Vidro	$10^{10} - 10^{14}$	
Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$	

<sup>a</sup>Uma liga especial com um baixo valor de  $\alpha$ .

<sup>b</sup>Silício dopado com  $10^{23} \text{ m}^{-3}$  de fósforo.

<sup>c</sup>Silício dopado com  $10^{23} \text{ m}^{-3}$  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](https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_pt_BR.html)

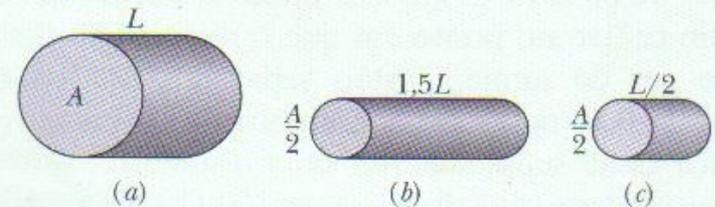
The image shows a simulation interface for calculating resistance. It features the formula  $R = \frac{\rho L}{A}$  in large red and blue letters. Below the formula is a 3D model of a cylindrical wire with a textured surface. To the right, there is a control panel with three sliders: resistividade (0.50  $\Omega\text{cm}$ ), comprimento (10.00 cm), and área (7.50  $\text{cm}^2$ ). The resulting resistance is displayed as 0.67 ohm. A white arrow points to the right at the bottom of the wire model.

# 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](https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html)

**V = I R**

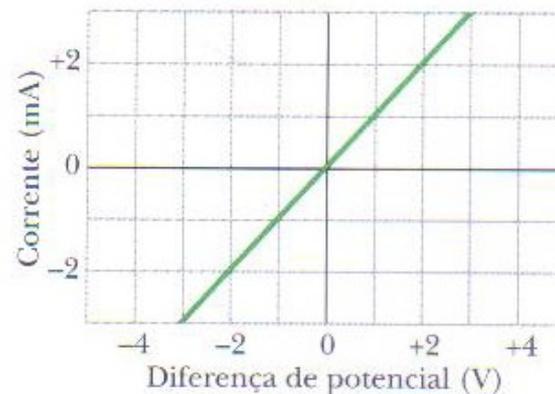
corrente = 16.2 mA

V tensão 3.5 V R resistência 216 Ω

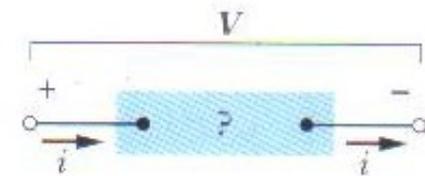
# LEI DE OHM

- 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)



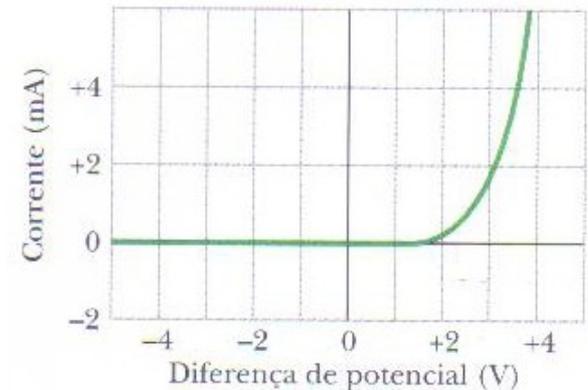
# LEI DE OHM



*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.

○

○

- R: dispositivo 2

○

○

○

○

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



# ENERGIA E POTÊNCIA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

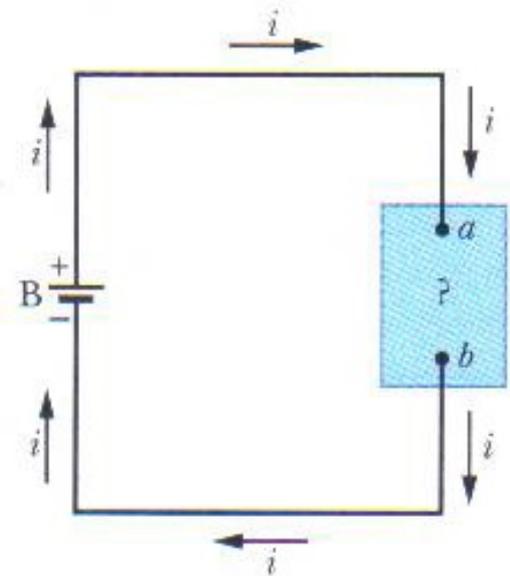
- A figura mostra um circuito com uma bateria, B;
- Fios com resistência desprezível;
- Ligada a um dispositivo condutor, não especificado:
- Resistor, motor, ...

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.:

$$P = A \cdot V = V \cdot A = (\text{J/C}) \cdot (\text{C/s}) = (\text{J/s}) = \text{W}$$

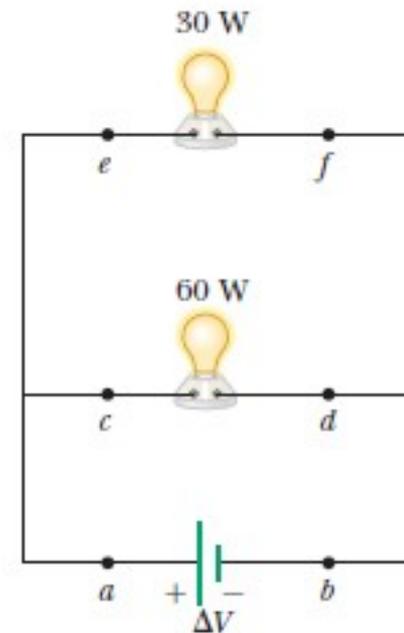


**FIG. 26-14** Uma bateria B estabelece uma corrente  $i$  em um circuito que contém um componente não-especificado.

# 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.

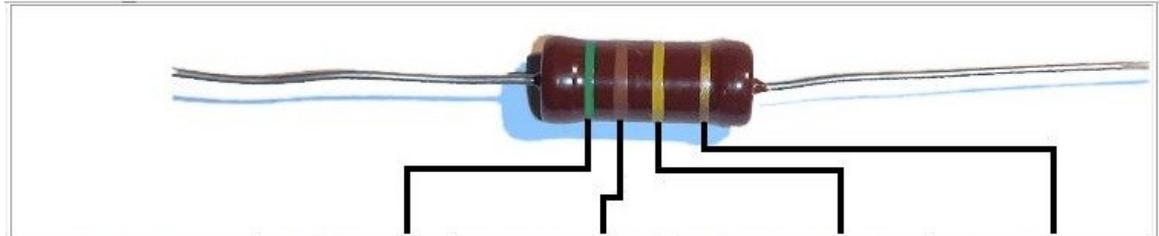
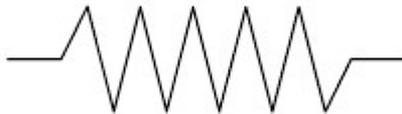
$$P = I^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$



# RESISTÊNCIA

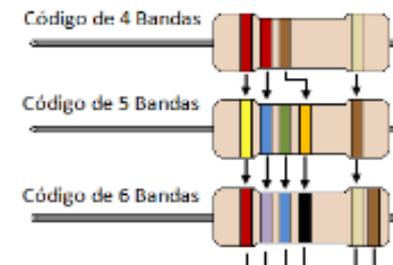


o  
c



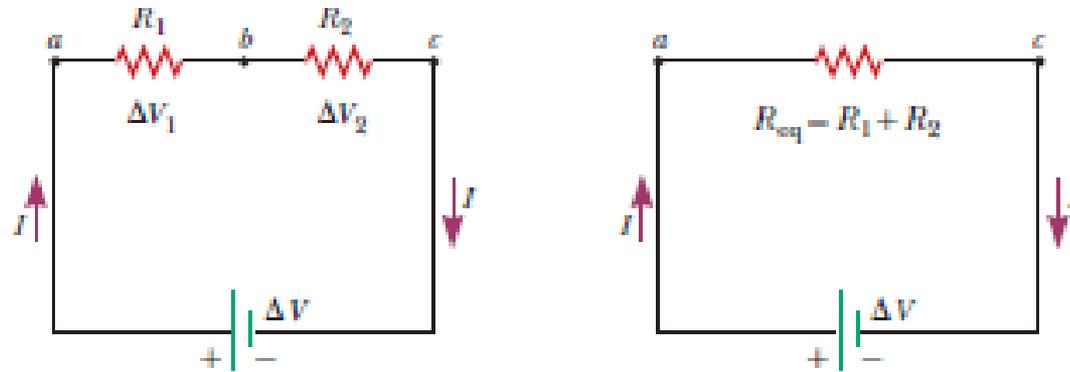
Color	Primer color	Segundo color	Multiplica por	Tolerancia
Negro	-	0	X1	-
Marrón	1	1	X10	+/- 1%
Rojo	2	2	X100	+/- 2%
Naranja	3	3	X1000	-
Amarillo	4	4	X10.000	-
Verde	5	5	X100.000	+/- 0.5%
Azul	6	6	X1.000.000	-
Violeta	7	7	X10.000.000	-
Gris	8	8	X100.000.000	-
Blanco	9	9	X1.000.000.000	-
Oro	-	-	X0,1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

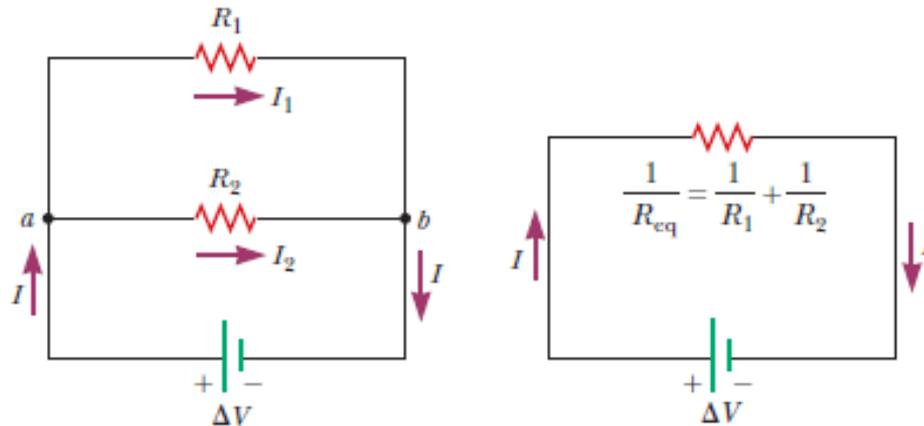


$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$



# RESISTÊNCIAS EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

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



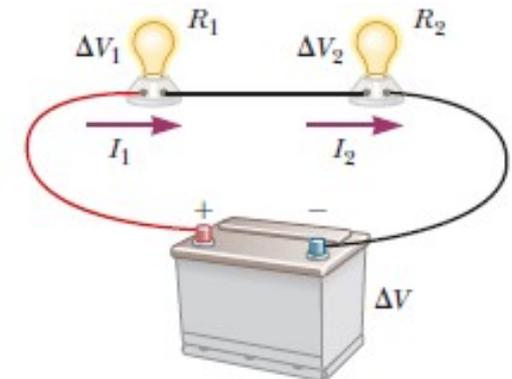
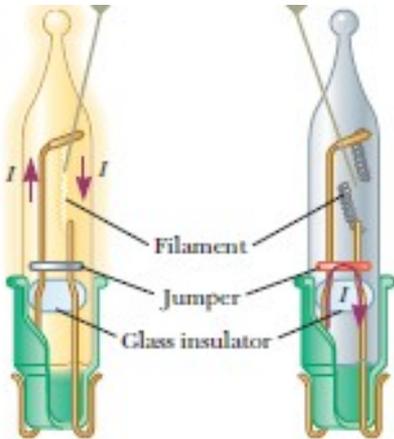
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$



# RESISTÊNCIAS EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

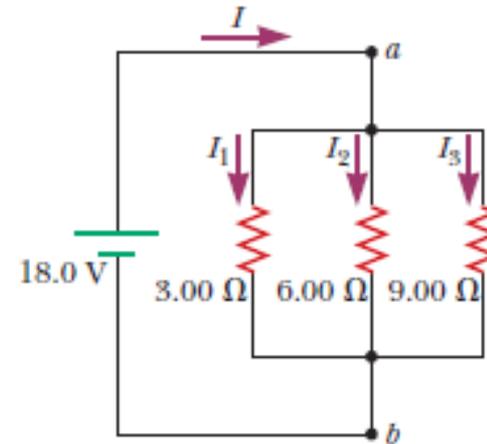
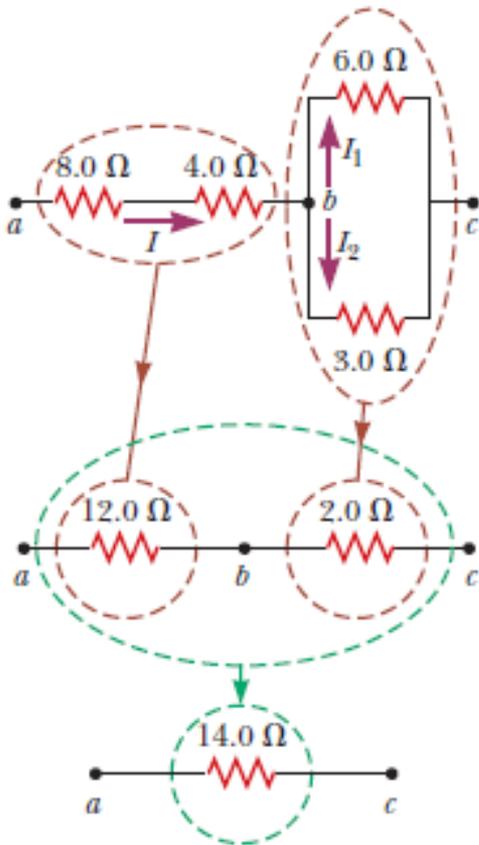
## ○ TESTE

- 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

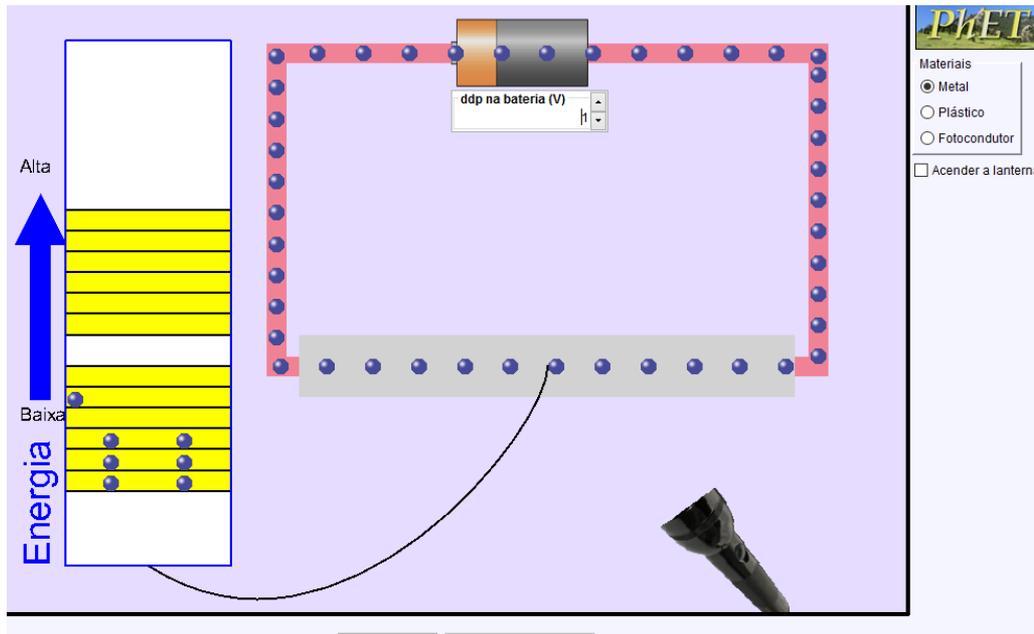
**Semicondutores** Os *semicondutores* são materiais que possuem um número relativamente pequeno de elétrons de condução, mas se tornam bons condutores quando são *dopados* com outros átomos que fornecem elétrons livres.

**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](http://www.univerciencia.ufscar.br/n_2_a1/super.pdf)

# CONDUTIBILIDADE DE MATERIAIS



[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/conductivity](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/conductivity)



# UNIDADES S.I.

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

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



Οβριγαδα πελα ατενχαο!!!

μαυρεν

αβχδεφγηηφκλμνοπθρστυπωξψζ

