

Aula 6: Corrente e resistência

Física Geral III

F-328

1º Semestre 2014



Corrente elétrica

Uma corrente elétrica é um movimento **ordenado** de cargas elétricas.

Um circuito condutor isolado, como na Fig. 1a, está todo a um mesmo potencial e $E = 0$ no seu interior. Nenhuma força elétrica resultante atua sobre os elétrons de condução disponíveis, logo não há nenhuma corrente elétrica.

A inserção de uma bateria no circuito (Fig. 1b) gera um campo elétrico dentro do condutor. Este campo faz com que as cargas elétricas se movam ordenadamente, constituindo assim uma **corrente elétrica**.

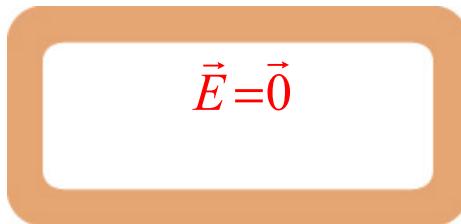


Fig. 1a

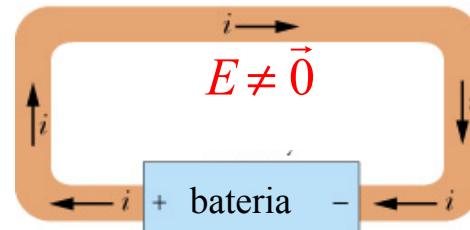


Fig. 1b

Corrente elétrica

Definição de corrente:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

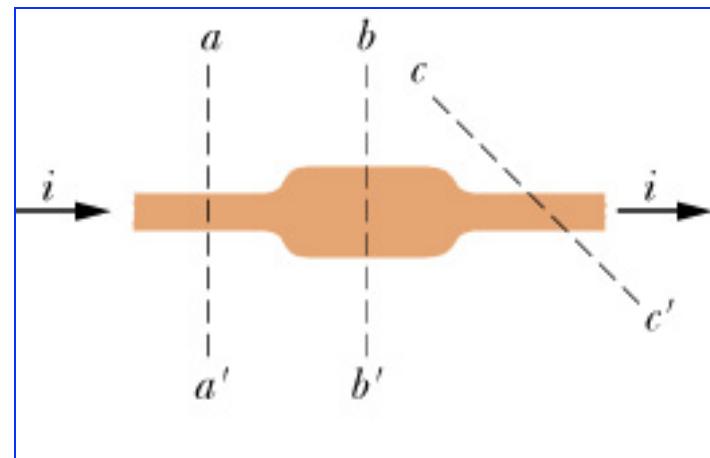
A carga Δq que atravessa um plano em um intervalo de tempo Δt pode ser determinada através de:

$$\Delta q = \int dq = \int_t^{t+\Delta t} i dt$$

Unidade de corrente:

1 ampère (A) = 1 C/s

Uma corrente i estacionária tem a mesma intensidade através das seções aa' , bb' e cc' .



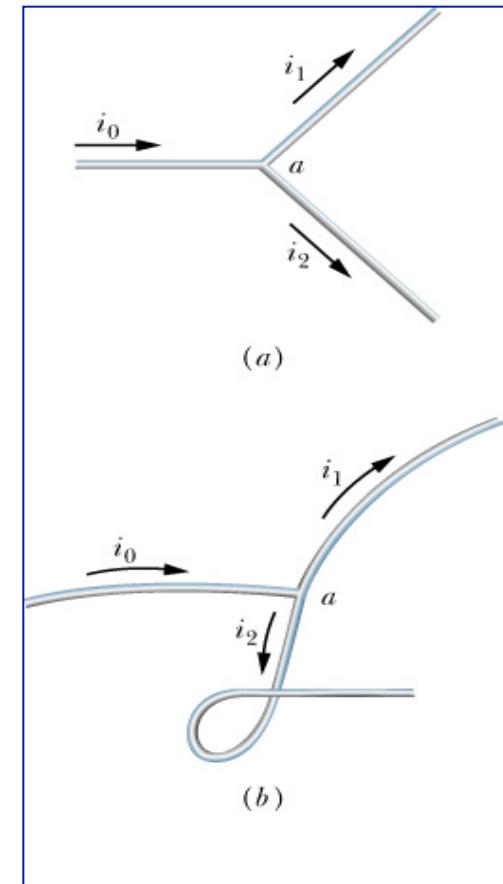
Corrente elétrica e conservação de carga

a) Correntes, apesar de serem representadas por setas, são **escalares**.

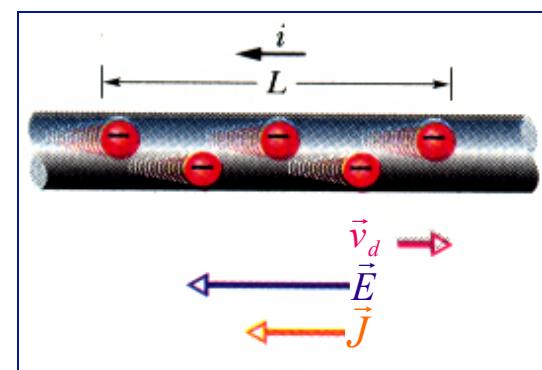
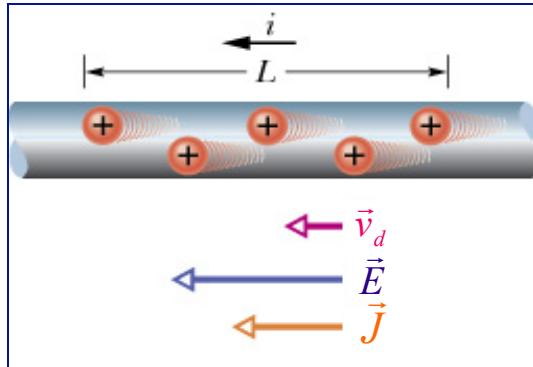
b) Em consequência da conservação da carga, temos:

$$i_0 = i_1 + i_2$$

c) O sentido convencional da corrente é o sentido no qual se moveriam os portadores de **carga positiva**, mesmo que os verdadeiros portadores de carga sejam **negativos**.



Densidade de corrente



$$i = \int \vec{J} \cdot \hat{n} dA$$

Se a densidade \vec{J} for uniforme através da superfície e paralela a $d\vec{A}$, teremos:

$$i = \int J dA = J \int dA$$

$$\rightarrow J = \frac{i}{A} \text{ (A/m}^2\text{)}$$

Velocidade de deriva: v_d

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

ou, na forma vetorial:

$$\vec{J} = ne \vec{v}_d ,$$

onde:

n = número de portadores por unidade de volume

e = carga elementar

Exemplo

- a) A densidade de corrente em um fio cilíndrico de raio $R = 2,0$ mm é uniforme em uma seção transversal do fio e vale $J = 2,0 \times 10^5$ A/m². Qual a corrente que atravessa a porção externa do fio entre as distâncias radiais $R/2$ e R ?

$$R: i \cong 1,9\text{A}$$

- b) Suponha, em vez disso, que a densidade de corrente através de uma seção transversal do fio varie com a distância radial r segundo $J = ar^2$, onde $a = 3,0 \times 10^{11}$ A/m⁴ e r está em metros. Neste caso, qual a corrente que atravessa a mesma porção externa do fio?

$$R: i = \frac{15}{32} \pi a R^4 \cong 7,1\text{A}$$

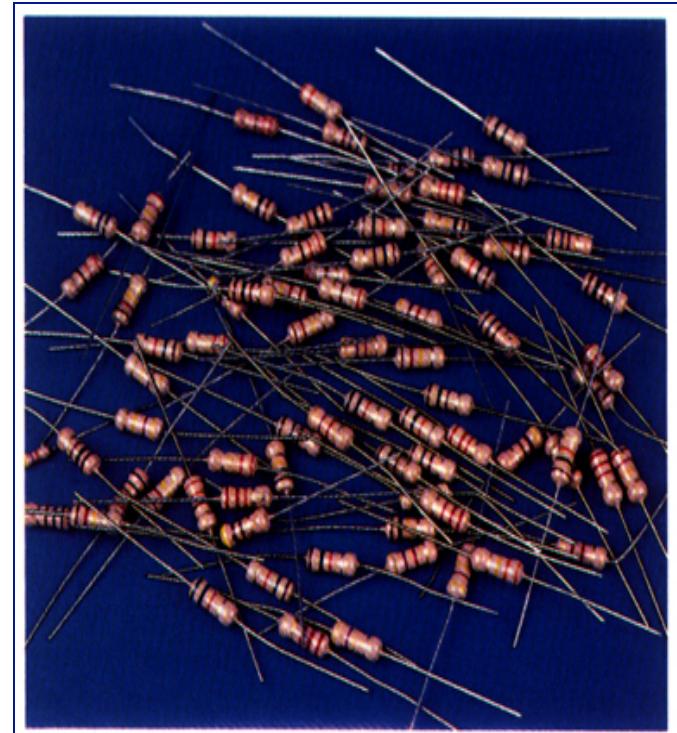
Resistividade e resistência

Definição de resistência: $R = \frac{V}{I}$

No Sistema Internacional (SI), a diferença de potencial em *volts (V)* e a corrente em *ampères (A)* resulta R em *ohms (Ω)*. Na prática, um material cuja função é oferecer uma resistência específica em um circuito é chamado de *resistor* (veja figura ao lado) e seu símbolo em circuitos é :



A principal função do resistor em um circuito é controlar a corrente.



Resistência e resistividade

Do ponto de vista da física microscópica é conveniente utilizar o campo elétrico \vec{E} e a densidade de corrente \vec{J} no lugar da diferença de potencial V e da corrente elétrica i . Daí, o equivalente microscópico da resistência R é a resistividade ρ , definida por:

$$\rho = \frac{E}{J} \left(\frac{\text{V/m}}{\text{A/m}^2} = \Omega \cdot \text{m} \right) \quad \text{ou vetorialmente: } \vec{E} = \rho \vec{J}$$

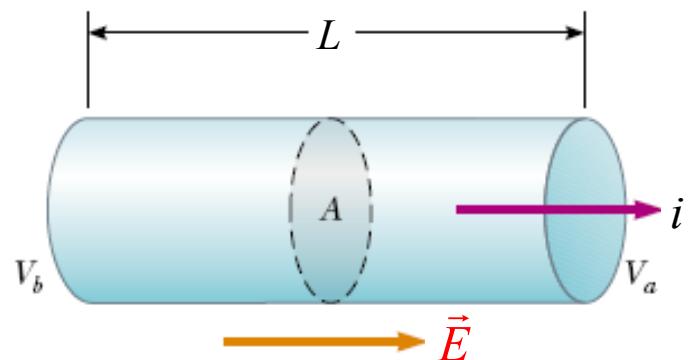
Algumas vezes é conveniente usar a condutividade σ , definida por:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \left(\frac{1}{\Omega \cdot \text{m}} \right) \therefore \vec{J} = \sigma \vec{E}$$

Calculando R em função de ρ :

$$E = \frac{V_b - V_a}{L} \quad \text{e} \quad J = \frac{i}{A} \quad \text{. Substituindo}$$

em $\rho = \frac{E}{J}$, tem-se: $R = \rho \frac{L}{A}$



Variação da resistividade com a temperatura

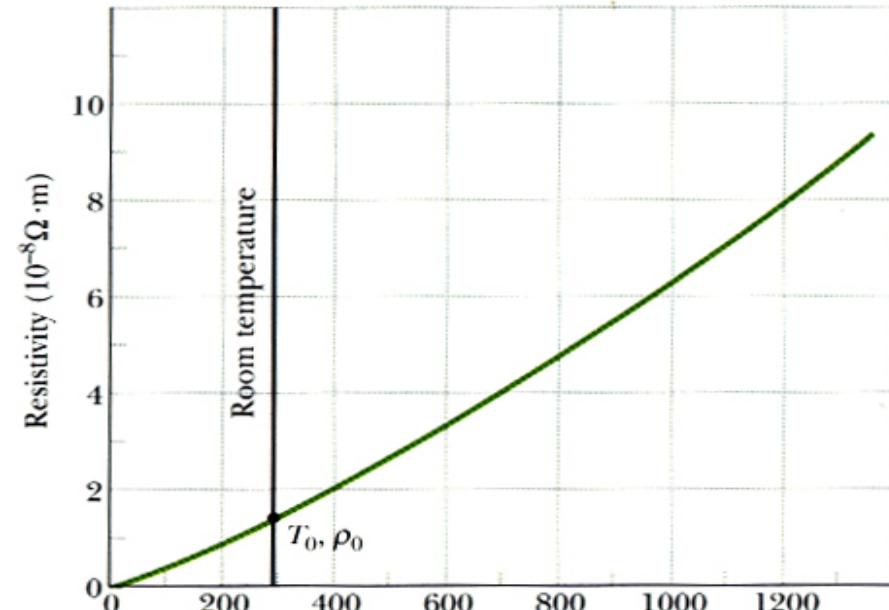
Para os metais em geral, a variação da resistividade com a temperatura é *linear* numa faixa ampla de temperaturas:

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

Nesta equação, T_0 é uma temperatura de referência selecionada e ρ_0 é a resistividade nesta temperatura.

Normalmente, $T_0 = 293\text{K}$ para a qual $\rho_0 = 1,69 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{cm}$, no caso do cobre.

A constante α é chamada *coeficiente de resistividade de temperatura*.



A resistividade do cobre em função de T

Resistividade de alguns materiais

Material (a 20º C)	Resistividade ρ ($\Omega \cdot m$)	Coef. de resistividade (K^{-1})
Prata	$1,62 \times 10^{-8}$	$4,1 \times 10^{-3}$
Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$	$4,3 \times 10^{-3}$
Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$	$4,4 \times 10^{-3}$
Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$	$4,5 \times 10^{-3}$
Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$	$6,5 \times 10^{-3}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Manganina	$4,82 \times 10^{-8}$	$0,002 \times 10^{-3}$
Silício puro	$2,5 \times 10^{-3}$	-70×10^{-3}
Silício tipo <i>n</i>	$8,7 \times 10^{-4}$	
Silício tipo <i>p</i>	$2,8 \times 10^{-3}$	
Vidro	$10^{10} - 10^{14}$	
Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$	

Lei de Ohm

A lei de Ohm estabelece que *a corrente* através de um “dispositivo” em função da *diferença de potencial* é *linear*, ou seja, *R independe do valor e da polaridade de V* (Figura a). Quando isto acontece diz-se que o “dispositivo” é um *condutor ôhmico*. Caso contrário, o condutor não segue a lei de Ohm (Figura b).

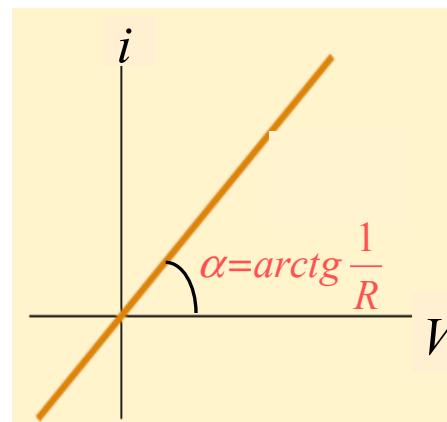
Pela definição de resistência:

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

A lei de Ohm implica que

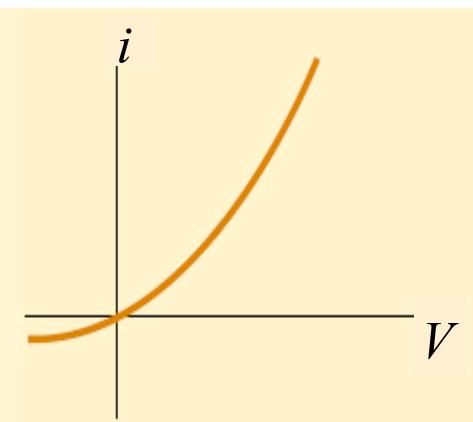
$$R \neq R(V)$$

e que o gráfico $i \times V$ é linear



condutor ôhmico

Fig. a



condutor não-ôhmico

Fig. b

Visão microscópica da Lei de Ohm

Um elétron de massa m colocado num campo \vec{E} sofre uma aceleração

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$$

A velocidade de deriva pode ser escrita como:

$$v_d = a\tau = \frac{eE}{m}\tau,$$

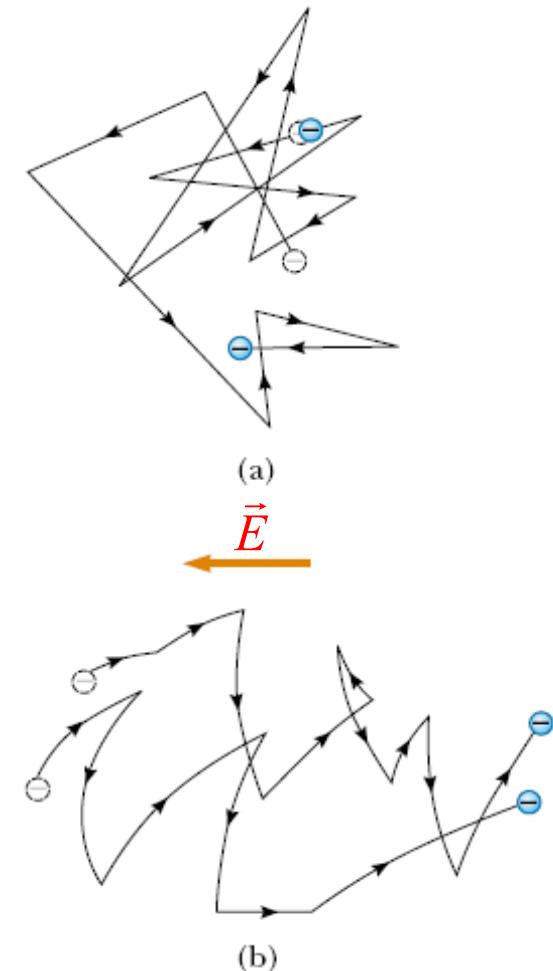
onde τ é o tempo médio entre colisões. Portanto,

$$J = nev_d = \frac{ne^2\tau}{m}E \therefore$$

de acordo com este modelo clássico,

$$\sigma = \frac{n\tau e^2}{m} \quad \text{ou} \quad \rho = \frac{m}{n\tau e^2} \quad \text{não dependem}$$

de E , que é a característica de um condutor ôhmico.



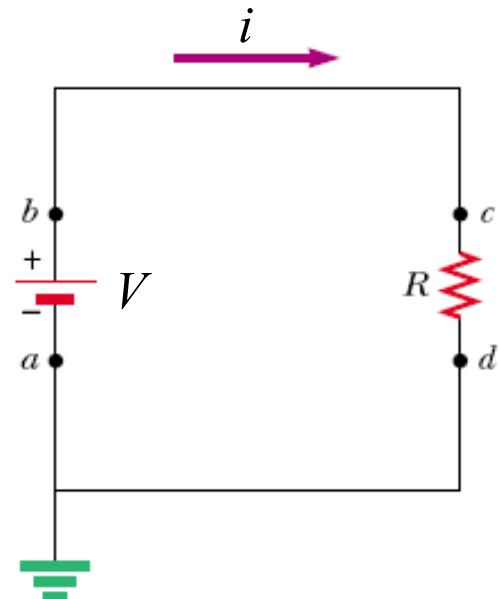
Potência em circuitos elétricos

Energia potencial transformada no trecho cd :

$$dU = Vdq = Vi dt$$

$$\frac{dU}{dt} = iV \Rightarrow P = Vi \text{ (W)}^{\#}$$

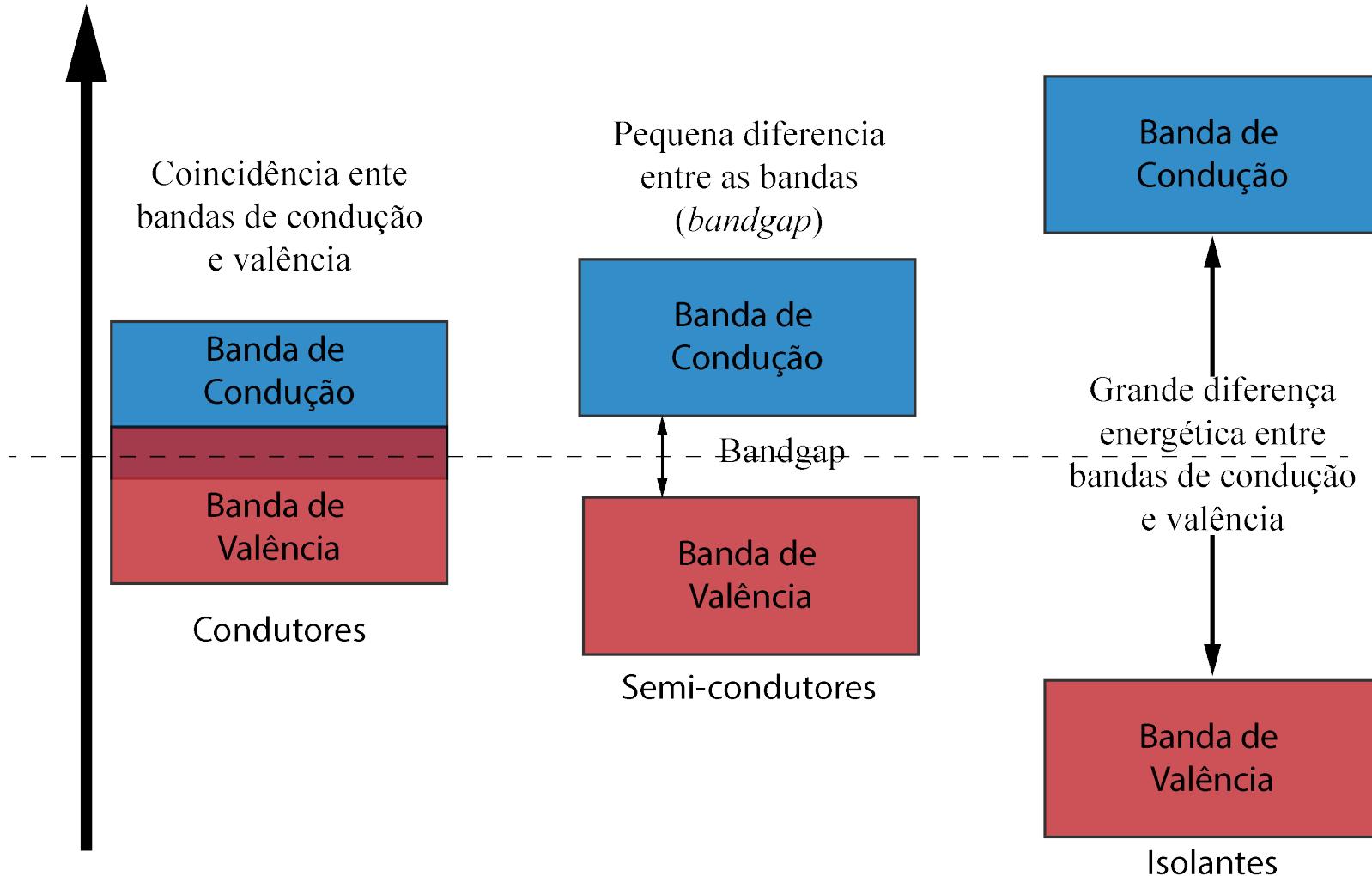
$$P = Ri^2 = \frac{V^2}{R}^{**}$$



Aplica-se à transformação de energia elétrica em todos os outros tipos de energia.

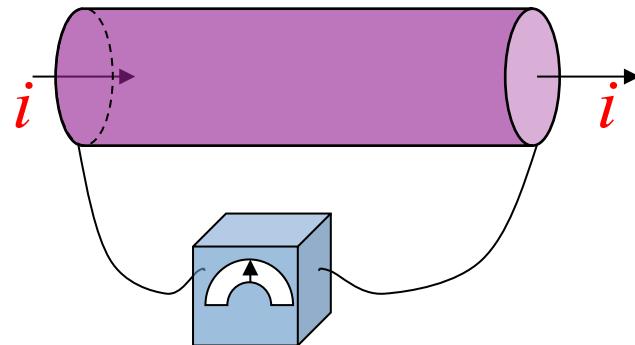
** aplica-se à transformação de energia potencial elétrica em energia térmica num dispositivo com resistência.

Condução em materiais: modelo de bandas



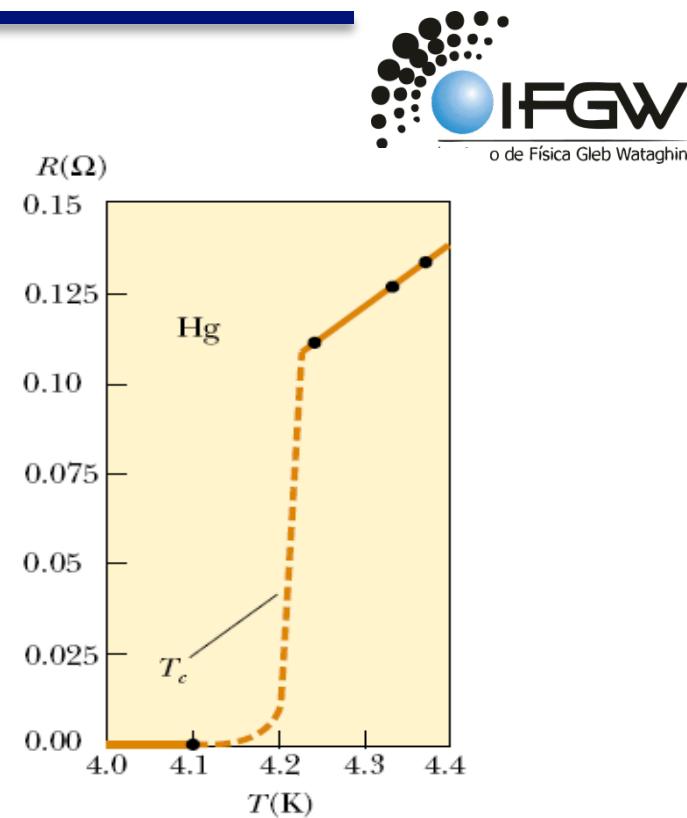
Supercondutores

Condução sem resistência



$$V = 0$$

Propriedades magnéticas inusitadas:



Pares de Cooper



Lista de exercícios do Capítulo 26

**Os exercícios sobre Corrente e Resistência estão na página da disciplina :
(<http://www.ifi.unicamp.br>).**

Consultar: Graduação → Disciplinas → F 328 Física Geral III