# Aula 6: Corrente e resistência

Física Geral III

**Profa. Ana Barros**

# 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.

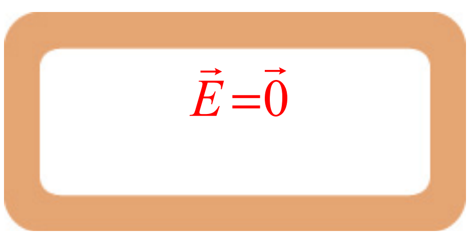



Fig. 1a

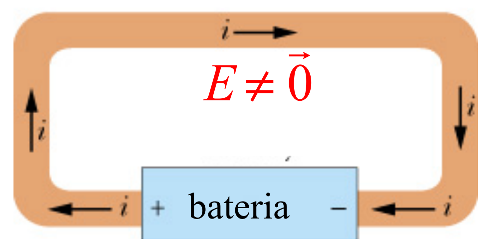



Fig. 1b

# Corrente elétrica

Definição de corrente:

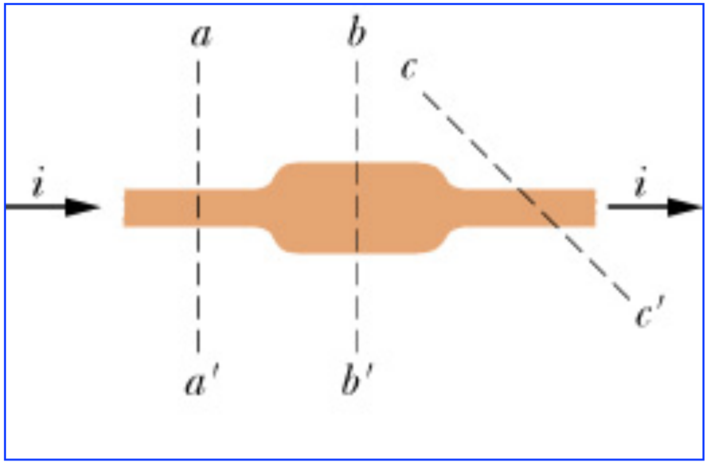
$$i = \frac{dq}{dt}$$

A carga $\Delta q$ que atravessa um plano em um intervalo de tempo $\Delta t$ 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*'.



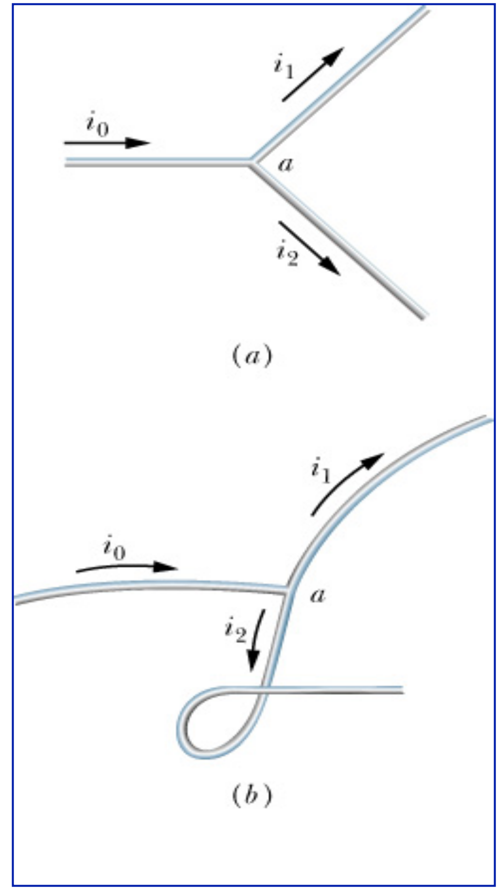
# Corrente elétrica e conservação de carga

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

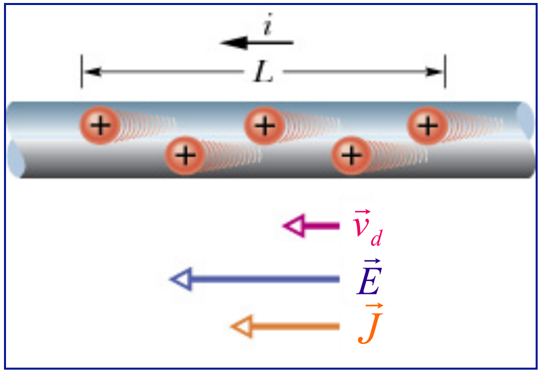
b) Em consequência da conservação da carga, temos:

$$i_0 = i_1 + i_2$$

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

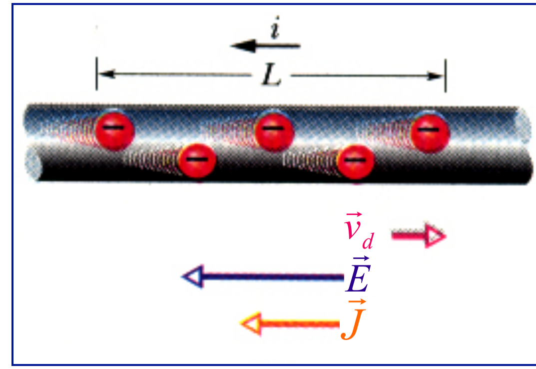



$$i = \int \vec{J} \cdot \hat{n} dA$$

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

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

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




Velocidade de deriva: $v_d$

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

ou, na forma vetorial:

$$\vec{J} = n e \vec{v}_d ,$$

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 $J = 2{,}0\times10^5$ A/m$^2$. Qual a corrente que atravessa a porção externa do fio entre as distâncias radiais $R/2$ e $R$?

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

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 $a = 3{,}0\times10^{11}$ A/m$^4$ e $r$ está em metros. Neste caso, qual a corrente que atravessa a mesma porção externa do fio?

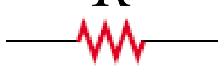
$$R:\ i = \frac{15}{32}\pi a R^4 \cong 7{,}1\,\mathrm{A}$$

# Resistividade e resistência

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

No Sistema Internacional (SI), a diferença de potencial em *volts* (V) e a corrente em *ampères* (A) resulta $R$ em *ohms* ($\Omega$) . 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 :

$R$



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 $\rho$, definida por:

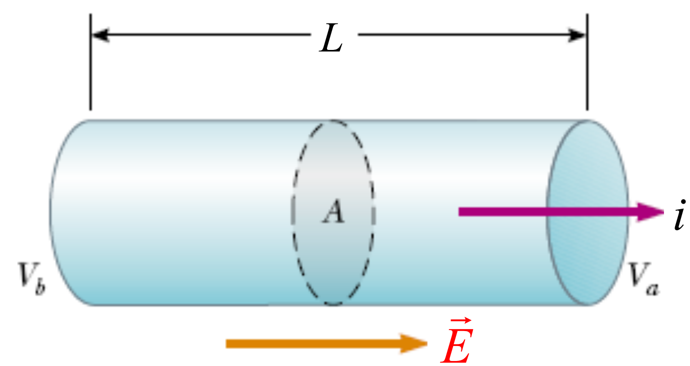
$$\rho = \frac{E}{J} \quad \left( \frac{\text{V/m}}{\text{A/m}^2} = \Omega\text{.m} \right)$$ ou vetorialmente: $$\vec{E} = \rho \vec{J}$$

Algumas vezes é conveniente usar a condutividade $\sigma$, definida por:

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

Calculando $R$ em função de $\rho$:

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




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

# Variação da resistividade com a temperatura

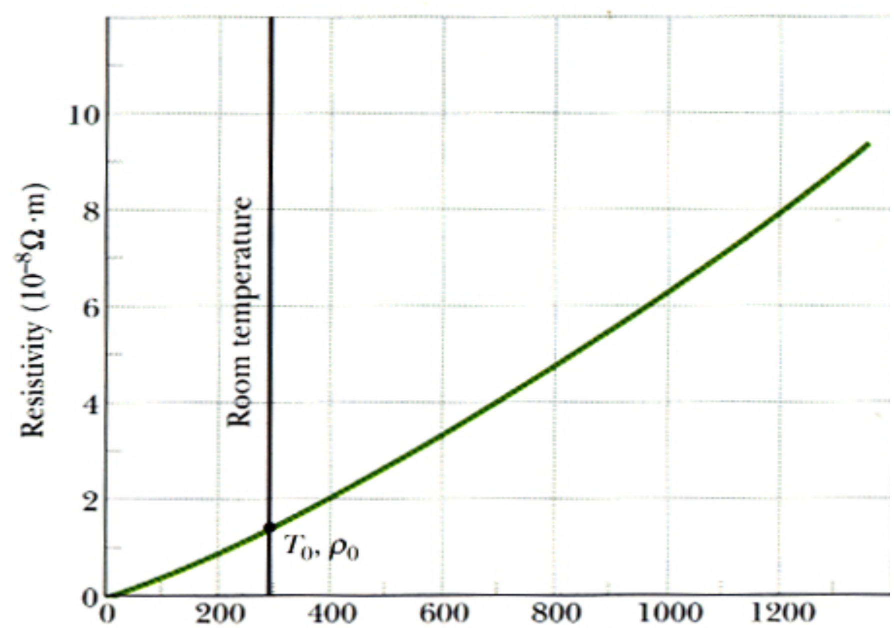
Para os metais em geral, a variação da resistividade com a temperatura é *linear* numa faixa ampla de temperaturas:

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

Nesta equação, $T_0$ é uma temperatura de referência selecionada e $\rho_0$ é a resistividade nesta temperatura.

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

A constante $\alpha$ é chamada *coeficiente de resistividade de temperatura.*




A resistividade do cobre em função de *T*

# Resistividade de alguns materiais

| Material ( a 20º C) | Resistividade $\rho$ ($\Omega$.m) | Coef. de resistividade ($K^{-1}$) |
|---|---|---|
| Prata | $1{,}62\times10^{-8}$ | $4{,}1\times0^{-3}$ |
| Cobre | $1{,}69\times10^{-8}$ | $4{,}3\times10^{-3}$ |
| Alumínio | $2{,}75\times10^{-8}$ | $4{,}4\times10^{-3}$ |
| Tungstênio | $5{,}25\times10^{-8}$ | $4{,}5\times10^{-3}$ |
| Ferro | $9{,}68\times10^{-8}$ | $6{,}5\times10^{-3}$ |
| Platina | $10{,}6\times10^{-8}$ | $3{,}9\times10^{-3}$ |
| Manganina | $4{,}82\times10^{-8}$ | $0{,}002\times10^{-3}$ |
| Silício puro | $2{,}5\times10^{-3}$ | $-70\times10^{-3}$ |
| Silício tipo *n* | $8{,}7\times10^{-4}$ | |
| Silício tipo *p* | $2{,}8\times10^{-3}$ | |
| Vidro | $10^{10}$ - $10^{14}$ | |
| Quartzo fundido | $\sim10^{16}$ | |

Condutores, semicondutores e isolantes

# 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).

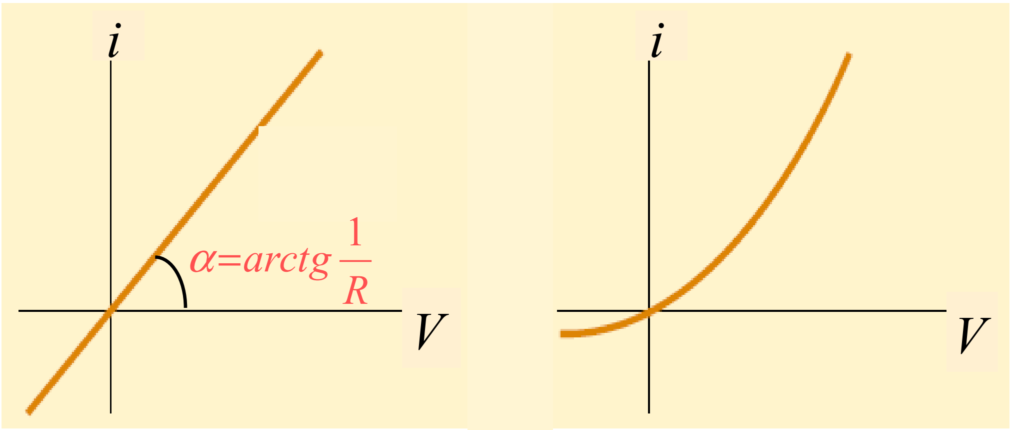
Pela definição de resistência:

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

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:

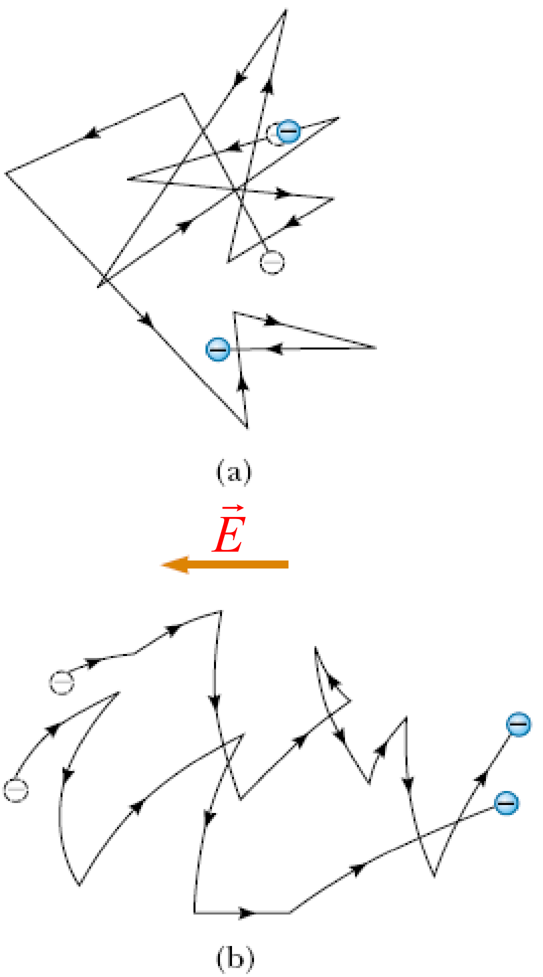
$$v_d=a\tau=\frac{eE}{m}\tau\,,$$

onde $\tau$ é o tempo médio entre colisões. Portanto,

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

de acordo com este modelo clássico,

$$\sigma=\frac{n\tau e^2}{m}\quad \text{ou}\quad \rho=\frac{m}{n\tau e^2}$$ não dependem de $E$, que é a característica de um condutor ôhmico.



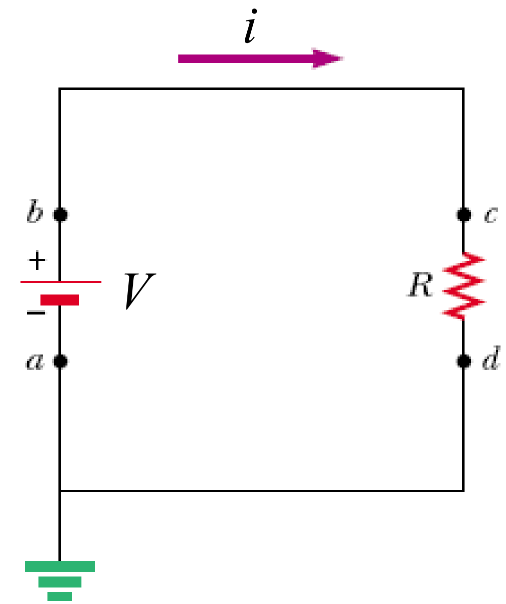
# Potência em circuitos elétricos

Energia potencial transformada no trecho *cd* :

$$dU = V dq = V i\, dt$$

$$\frac{dU}{dt} = iV \quad \Rightarrow \quad P = V i \ \ (\mathrm{W})^{\#}$$

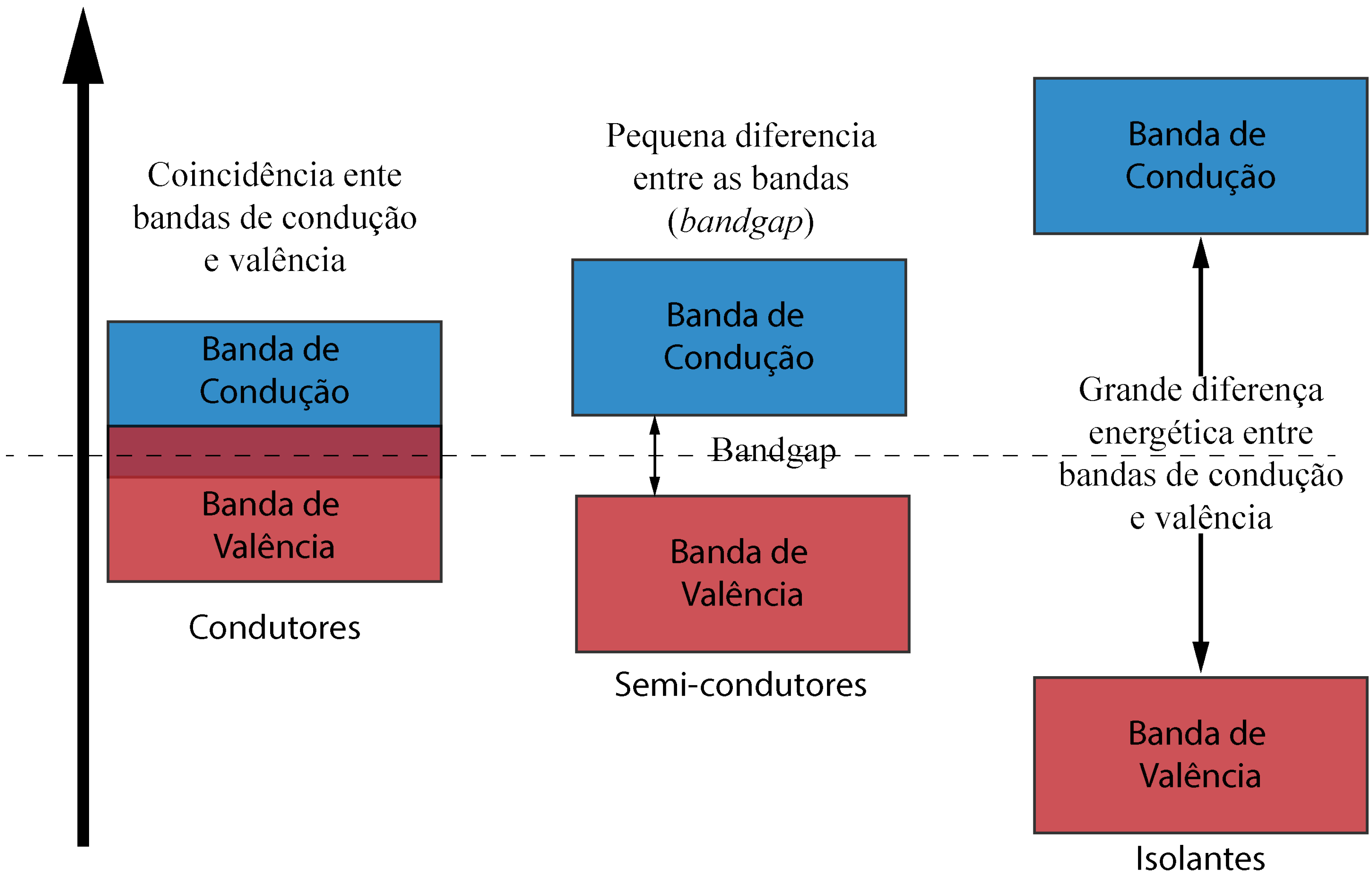
$$P = Ri^2 = \frac{V^2}{R} \ ^{**}$$




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

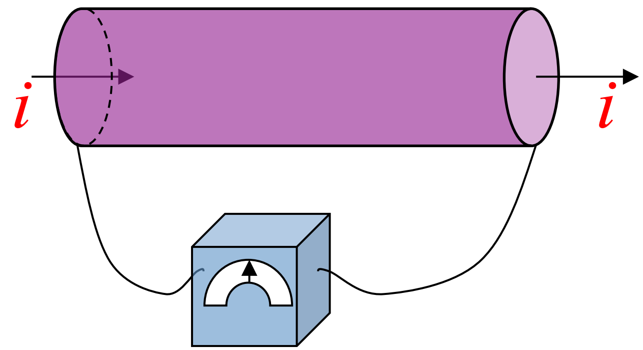
** aplica-se à transformação de energia potencial elétrica em energia térmica num dispositivo com resistência.

# Condução em materiais: modelo de bandas

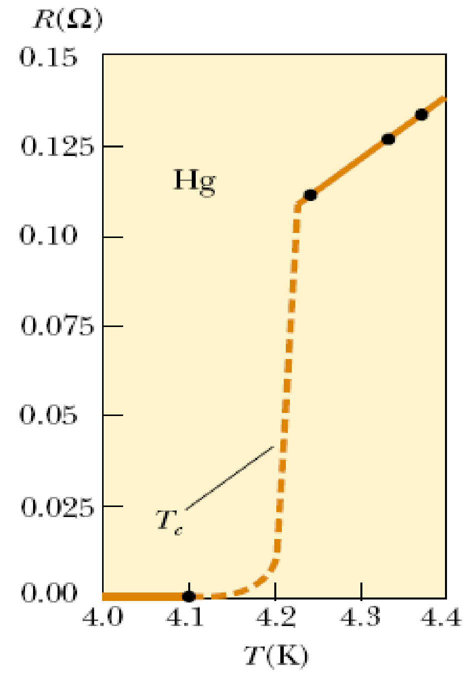


# Supercondutores

Condução sem resistência




$V = 0$




Propriedades magnéticas inusitadas:

Pares de Cooper