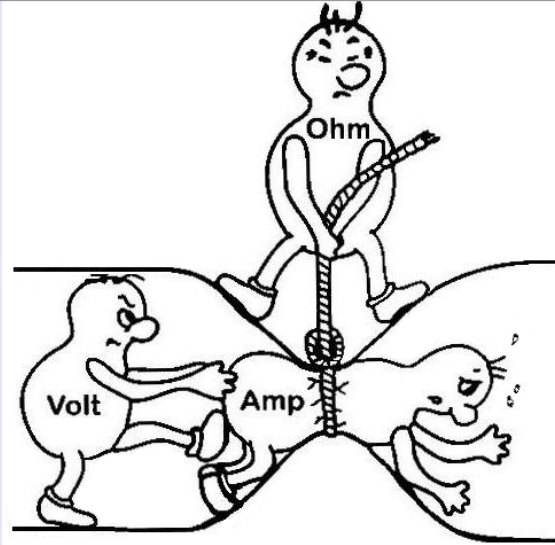


Corrente Elétrica



Prof. Fábio de Oliveira Borges

Curso de Física II

Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense
Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

<http://cursos.if.uff.br/fisica2-2015/>

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.

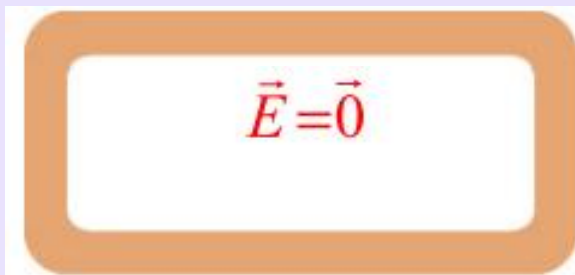


Fig. 1a

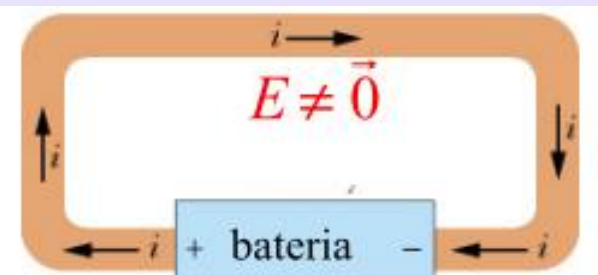
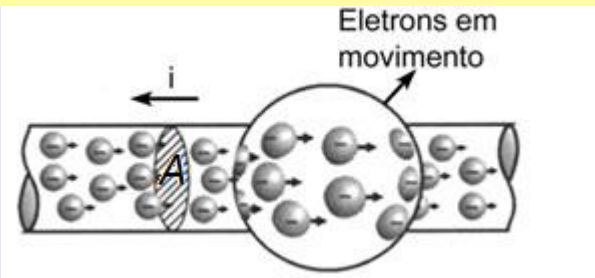


Fig. 1b

“Por definição, o sentido da corrente elétrica é aquele em que as cargas positivas se moveriam quando aplicado uma diferença de potencial no condutor”



Corrente elétrica



Corrente Elétrica $\Rightarrow$ é igual a taxa de passagem da carga através da área A.

$\Delta q \rightarrow$ quantidade de carga que passa pela área A.

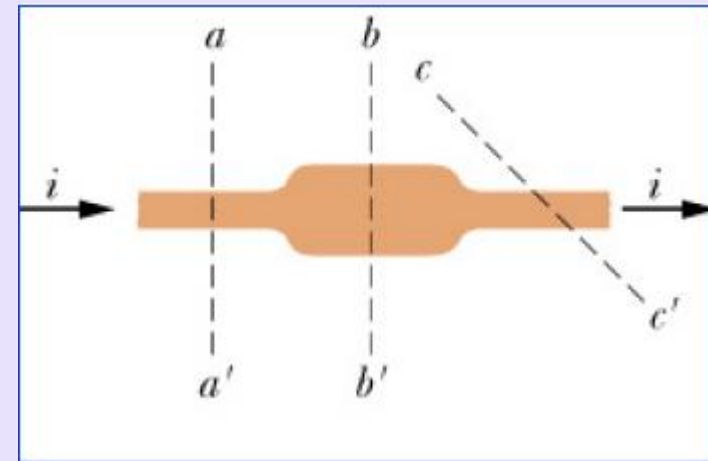
$$\Rightarrow i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \text{corrente média}$$

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

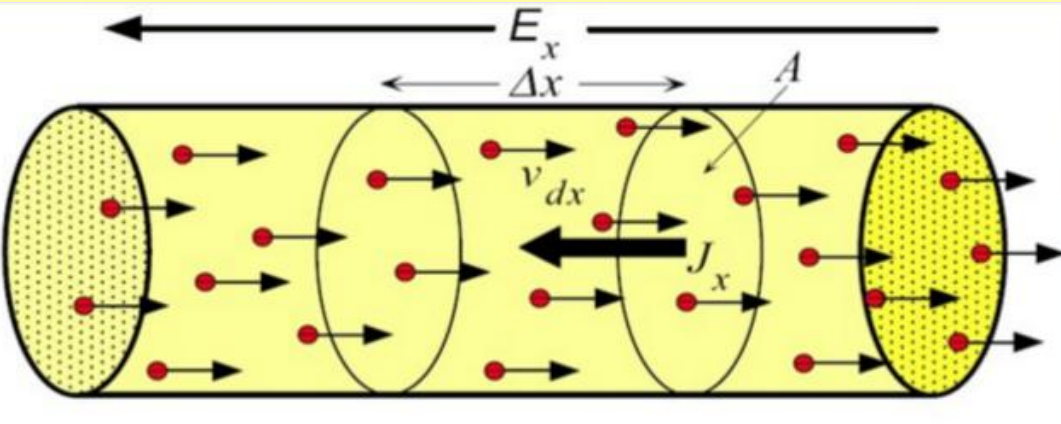
$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow q = \int_t^{t+\Delta t} i(t) dt$$

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 e o movimento das partículas carregadas



Volume do elemento
condutor $\rightarrow A\Delta x$

Nº de portadores de carga
móveis por unidade de
volume $\rightarrow n$ (Cu $\approx 10^{29}$ e/m³)

$\Rightarrow$ Nº de portadores de carga no volume do condutor $\rightarrow nA\Delta x$

$$\Delta q = \text{nº de carga} \times \text{carga por partícula} = (nA\Delta x)q$$

 quantidade de carga no
elemento de volume (ΔV)

$$\Delta x = v_d \Delta t \Rightarrow \Delta q = (nA v_d \Delta t) q$$

$$\Rightarrow i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = nq v_d A$$

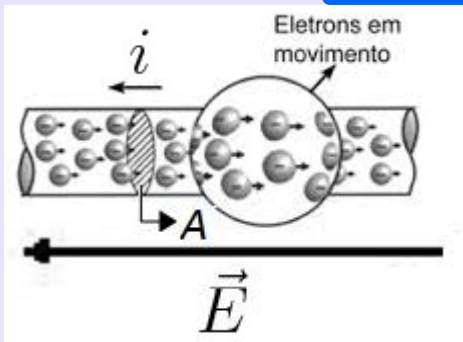
$v_d \rightarrow$ velocidade de migração dos elétrons = velocidade média

Resistência e lei de Ohm

“não pode haver campo no interior de um condutor”

↳ Só é verdade se o condutor estiver em equilíbrio eletrostático

O campo elétrico no interior do condutor provoca o deslocamento de cargas.



$$|j| = \frac{i}{A} = nqv_d \quad \left(\frac{A}{m^2} \right)$$

↳ densidade de corrente

$\vec{j} = nq\vec{v}_d \rightarrow$ a densidade de corrente é uma grandeza vetorial

↳ Só é válida se a densidade de corrente for uniforme e a superfície for perpendicular à direção da corrente

$$i = \int \vec{j} \cdot d\vec{A} \rightarrow \text{relação entre } i \text{ e } \vec{j}$$



Resistência e lei de Ohm

Em muitos materiais a densidade de corrente é proporcional ao campo elétrico:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

↑
condutividade

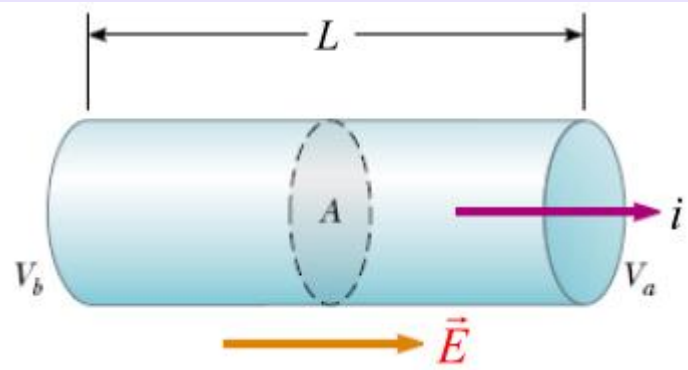
Os materiais que obedecem a relação acima seguem a lei de Ohm.

“A lei de Ohm afirma que em muitos materiais, a razão entre a densidade de corrente e o campo elétrico é uma constante, σ , que independe do campo elétrico que provoca a corrente”

materiais
Ôhmicos $\Rightarrow \vec{j} \propto \vec{E} \Rightarrow$ obedecem a
lei de Ohm

materiais
não-Ôhmicos $\Rightarrow \vec{j}$ não é
proporcional a $\vec{E} \Rightarrow$ não
obedecem a
lei de Ohm

Forma prática da lei de Ohm



Campo elétrico
uniforme

$$\leftarrow \Delta V = V_b - V_a$$

$$\Rightarrow \Delta V = E.L$$

$$\Rightarrow |\vec{j}| = \sigma |\vec{E}| = \sigma \frac{\Delta V}{L}$$

$$\text{mas, como } |\vec{j}| = \frac{i}{A}$$

$$\Rightarrow \Delta V = \frac{L}{\sigma} |\vec{j}| = \underbrace{\left(\frac{L}{\sigma A} \right)}_{\text{Resistência, R, do condutor}} i$$

Resistência, R, do condutor

$$\Rightarrow R = \frac{L}{\sigma A} = \frac{\Delta V}{i}$$

$$\Rightarrow V = Ri$$

Unidade de resistência no SI: 1 Ohm(Ω) = 1 Volt(V) / 1 Ampère(A)



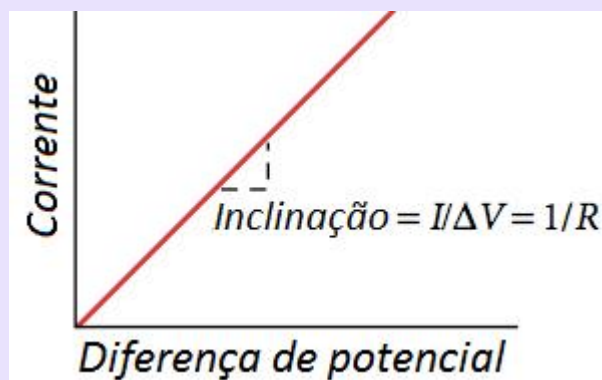
Resistividade

Definição: resistividade $\rightarrow \rho \equiv \frac{1}{\sigma}$

$$\Rightarrow R = \rho \frac{L}{A}; \quad \rho \rightarrow \text{Ohm.metro}(\Omega.m)$$

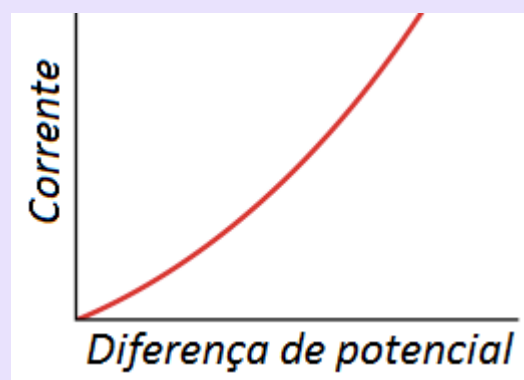
Note que a resistência depende tanto da resistividade quanto da forma de um corpo. Como a resistividade é própria do material, dois fios de cobre terão a mesma resistividade, mas poderão apresentar valores de resistência muito diferentes, dependendo de suas dimensões

Material ôhmico



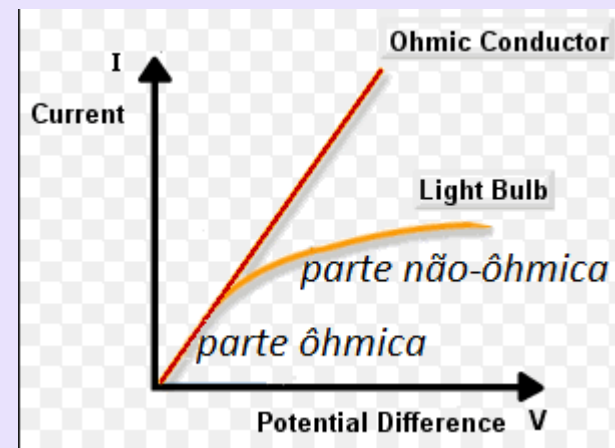
$$V = Ri$$

Material não-ôhmico



R não é linear

comparação



Resistividade de diferentes condutores

Resistividade
do condutor

$$\rightarrow \rho(T)$$



aumenta com a temperatura

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$



variação aproximadamente linear com T

$\rho_0 \rightarrow$ resistividade a uma temperatura de referência T_0 (em $^{\circ}\text{C}$)

$\alpha \rightarrow$ coeficiente de temperatura da resistividade

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{(\rho - \rho_0)}{(T - T_0)} = \frac{1}{\rho_0} \frac{\Delta \rho}{\Delta T}$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow R = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$



variação da resistência com a temperatura



Resistividade e coeficiente de temperatura

Resistividades e coeficientes de temperatura da resistividade para vários materiais

Material	Resistividade ^a [Ωm]	Coeficiente de ^b Temperatura α [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]
Prata	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Cobre	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Ouro	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}
Alumínio	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Tungstenio	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Ferro	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}
Platina	11×10^{-8}	3.92×10^{-3}
Chumbo	22×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Nicromon ^c	1.50×10^{-6}	0.4×10^{-3}
Carbono	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}
Germanio	0.46	-48×10^{-3}
Silício	640	-75×10^{-3}
Vidro	10^{10} to 10^{14}	
Borracha	$\sim 10^{13}$	
Enxofre	10^{15}	
Quartzo fundido	75×10^{16}	

^a Todos os valores a 20°C

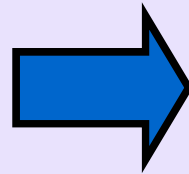
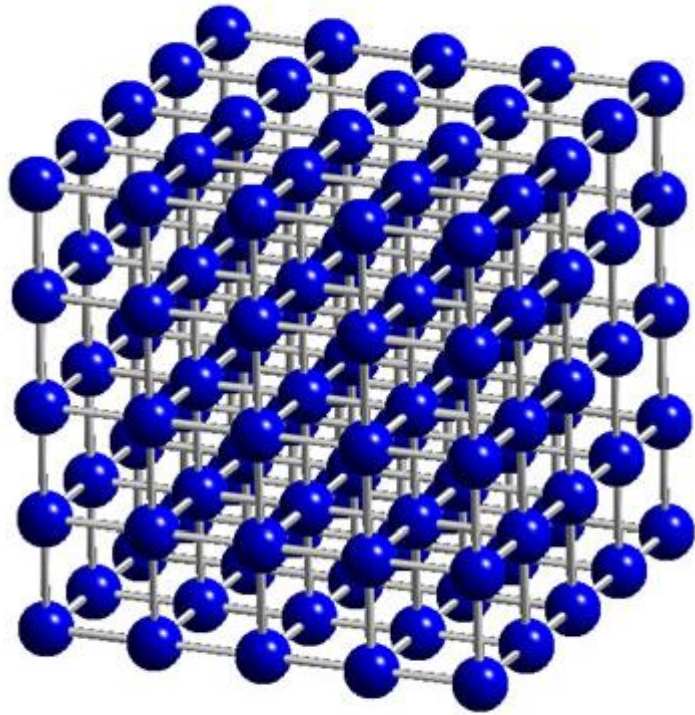
^b Veja a seção 5.2.1

^c Liga de Ni e Cr



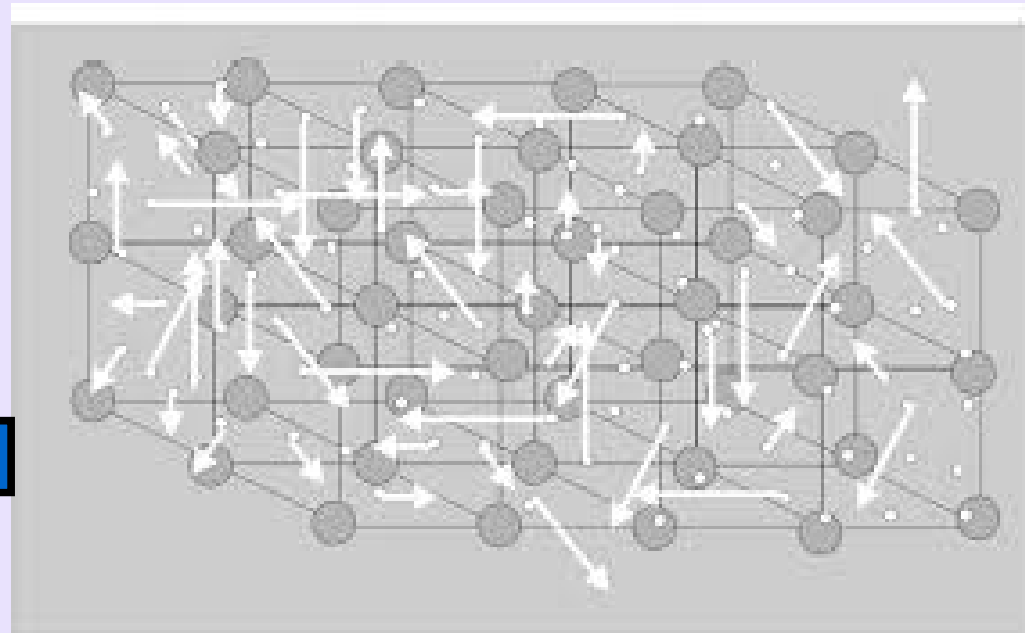
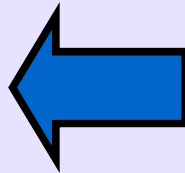
INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense

Visão microscópica da Lei de Ohm



Modelo de um metal: rede regular tridimensional de íons

Visão clássica dos elétrons livres se movendo aleatoriamente no interior de um metal

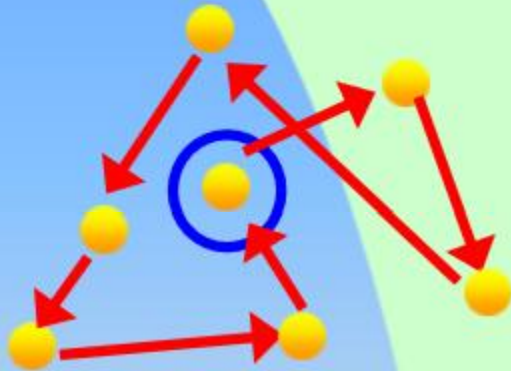


INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense

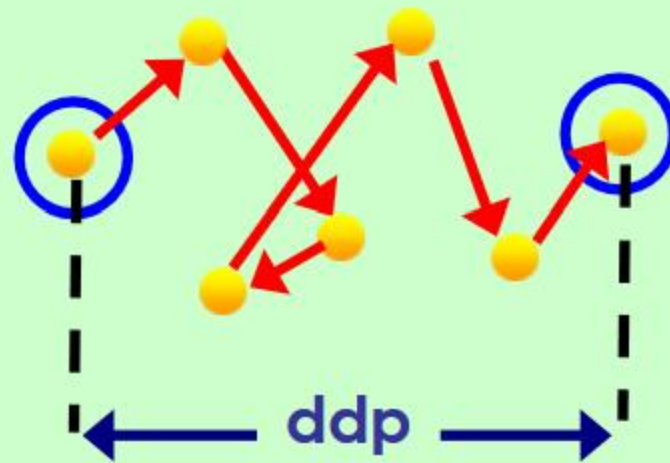
Visão microscópica da Lei de Ohm

Corrente de deriva ou condução

Devida a uma diferença de potencial



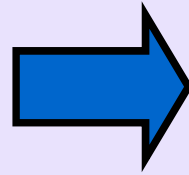
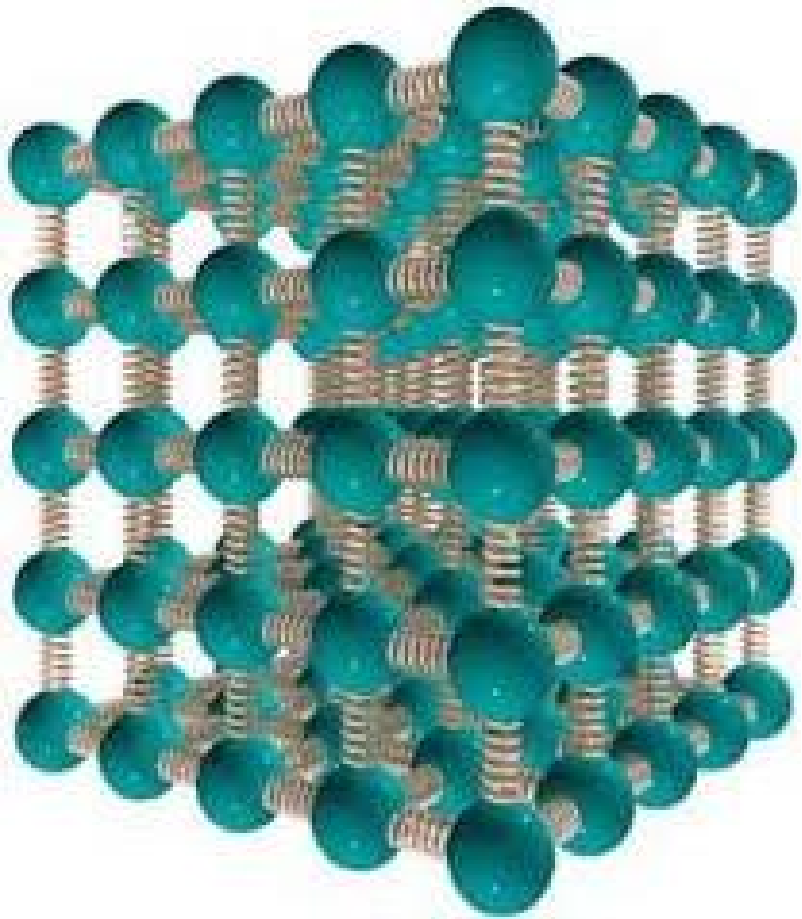
sem ddp: movimento
aleatório de média nula



com ddp: movimento
aleatório com média
não nula

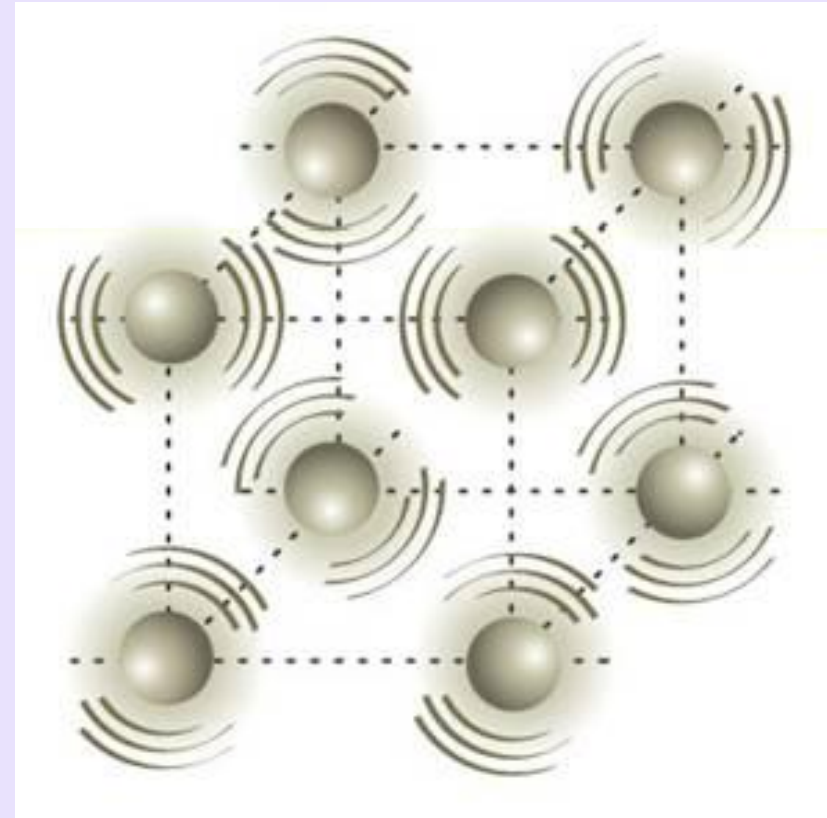
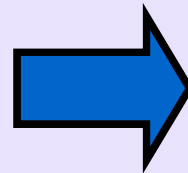


Visão microscópica da Lei de Ohm

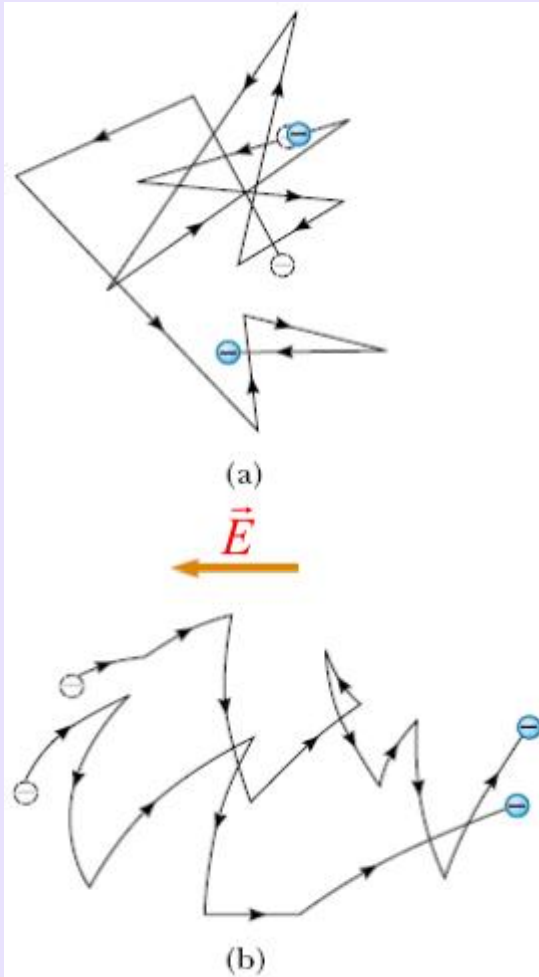


Modelo de um metal: rede regular tridimensional de íons que vibram

Rede vibrando devido aos choques com os elétrons livres do metal.



Visão microscópica da Lei de Ohm



Um elétron de massa m_e colocado num campo sofre uma aceleração

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m_e} = \frac{e\vec{E}}{m_e}$$

A velocidade de deriva pode ser escrita como:

$$\vec{v}_d = \vec{a}\tau = \frac{e\vec{E}}{m_e}\tau$$

onde τ é o tempo médio entre colisões. Portanto,

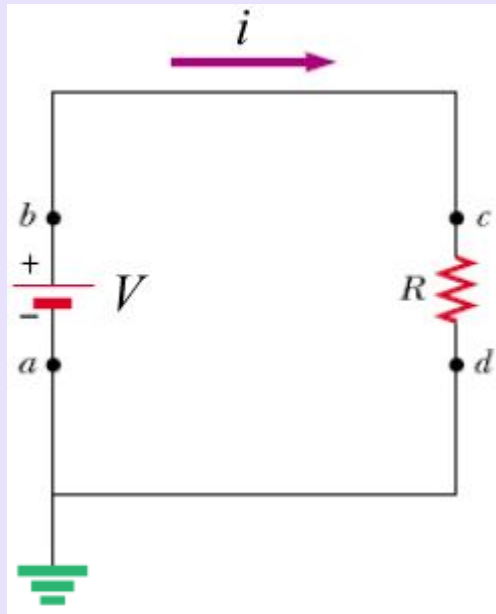
$$\vec{j} = ne\vec{v}_d = \frac{ne^2\tau}{m_e}\vec{E}$$

de acordo com este modelo clássico,

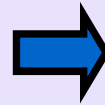
$$\frac{\vec{j}}{\vec{E}} = \frac{ne^2\tau}{m_e} = \sigma \Rightarrow \rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m_e}{ne^2\tau}$$

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

Energia elétrica e Potência elétrica

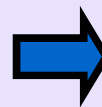


Δq vai de
a para b

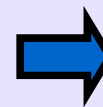


a energia potencial elétrica
aumenta de $\Delta U = V \Delta q$

Δq vai de
c para d



passa pelo
resistor

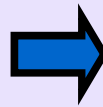


efetua colisões
e perde energia



aparece energia
térmica

Taxa com que se perde
a energia potencial



$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta q}{\Delta t} V = iV$$

A taxa de dissipação da energia é igual a potência, P , dissipada:

$$\Rightarrow P = iV$$

A relação acima, pode ser usada para determinar a potência de
qualquer dispositivo percorrido por uma corrente i .

Energia elétrica e Potência elétrica

como $V = Ri$

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



potência dissipada por
um resistor

Unidade de potência 1 watt (w) = 1 Joule/1 segundo = 1 J/s

Efeito Joule  dissipação de potência (energia) na forma de calor em um condutor de resistência R.



Aplicação: termômetro digital



$$R = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

$$V = Ri$$

$$\frac{V}{i} = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

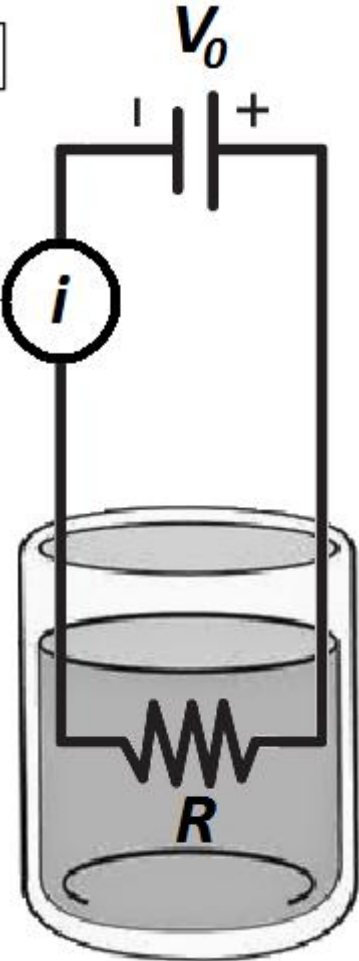
$$a = R_0 (1 - \alpha T_0)$$

$$b = \alpha R_0$$

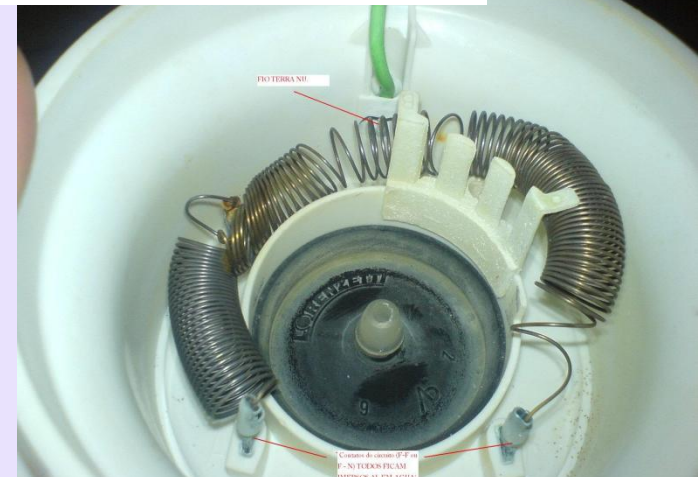
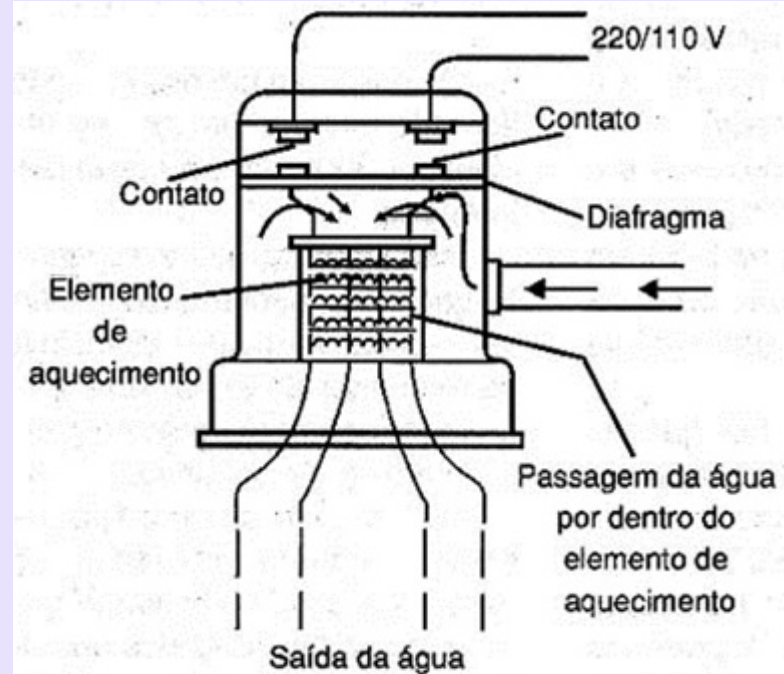
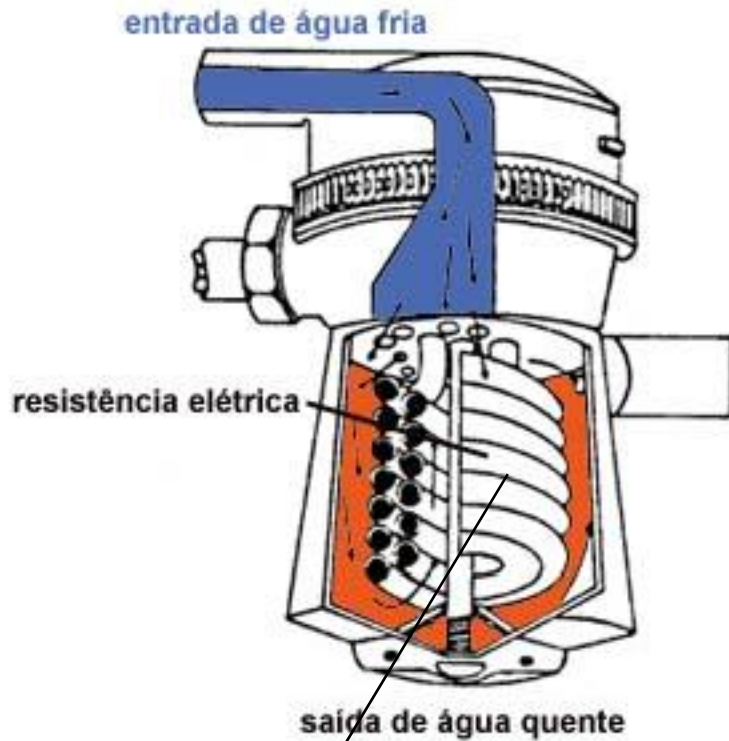
$$V = V_0 \rightarrow \text{voltagem da pilha}$$

$$\Rightarrow \frac{V_0}{i} = a + bT$$

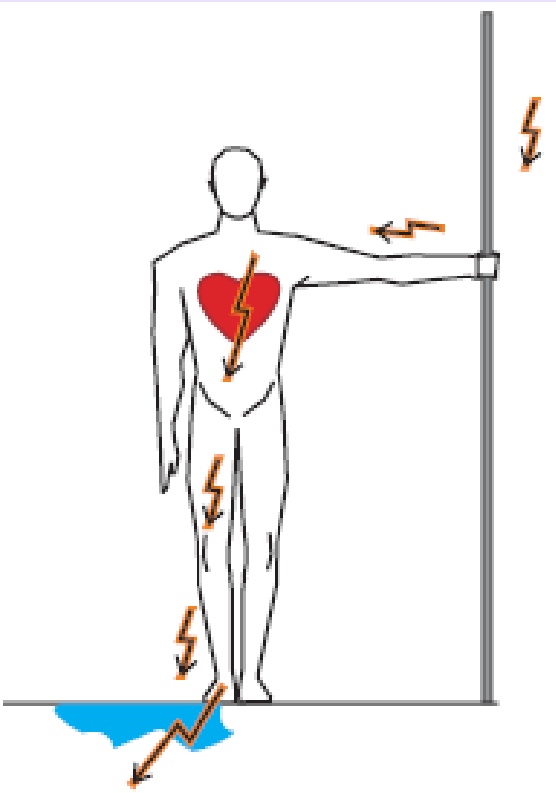
$$\text{logo } \Rightarrow T = \frac{1}{b} \left(\frac{V_0}{i} - a \right)$$



Aplicação: chuveiro elétrico



Os perigos de um choque elétrico



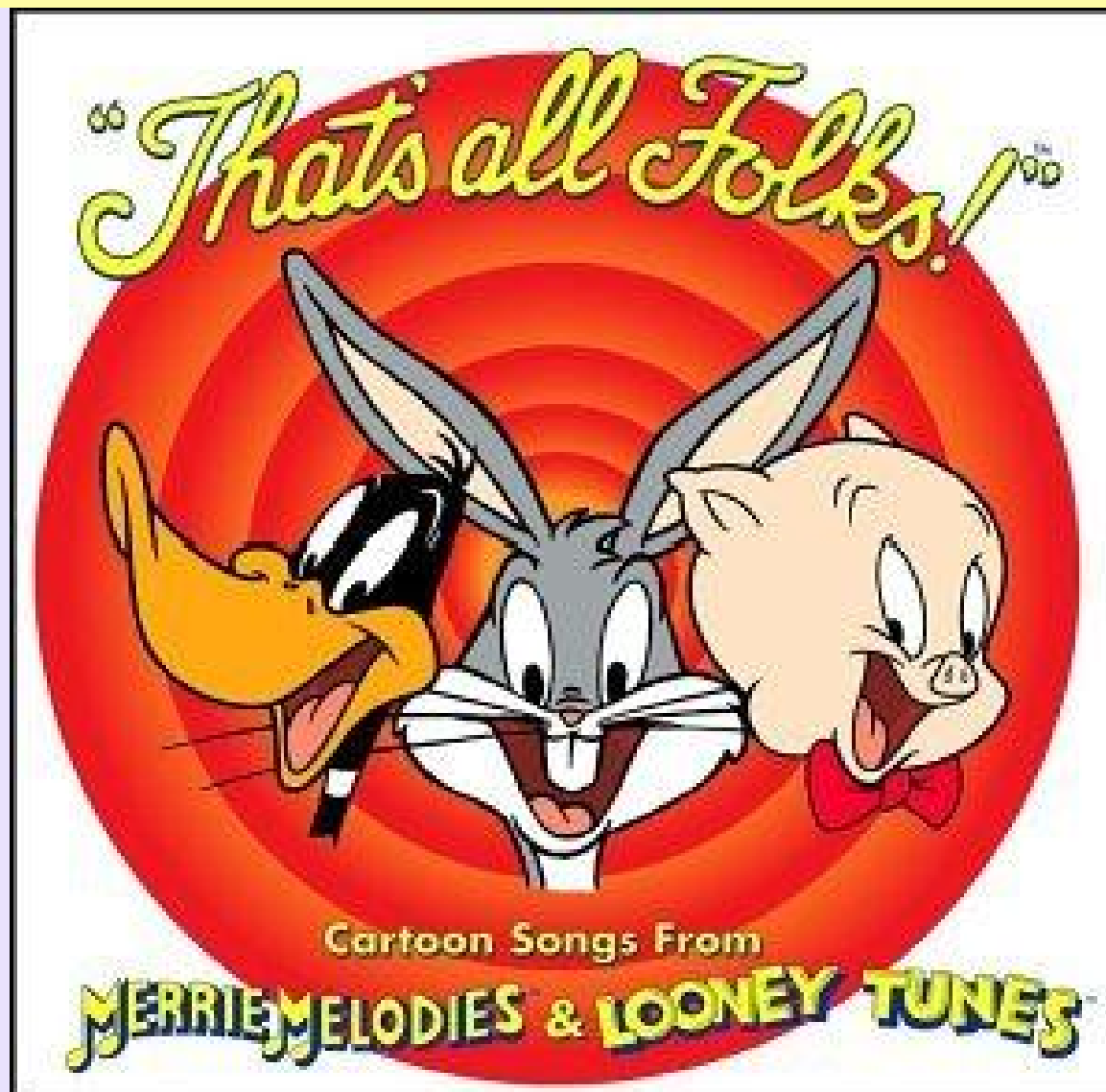
Resistência do corpo humano
Molhado $\cong 300\text{-}500\ \Omega$
Seco $\cong 5 \times 10^5\ \Omega$

INTENSIDADE	EFEITO	CAUSAS	
1 a 3 mA	Percepção	A passagem da corrente provoca formigamento. Não existe perigo.	
3 a 10 mA	Eletização	A passagem da corrente provoca movimentos.	
10 mA	Tetanização	A passagem da corrente provoca contrações musculares, agarramento ou repulsão.	
25 mA	Parada Respiratória	A corrente atravessa o cérebro.	
25 a 30 mA	Asfixia	A corrente atravessa o tórax.	
60 a 75 mA	Fibrilação Ventricular	A corrente atravessa o coração.	



INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense

FIM



INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense