

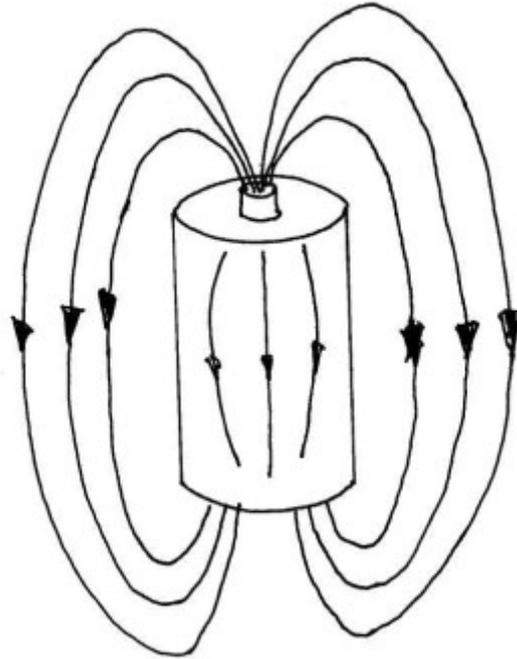
Física III 2022 (IQ) – Aula 18

Objetivos de aprendizagem

- Descrever qualitativamente o campo elétrico no entorno de uma bateria quando está afastada ou próxima de um condutor, ou conectada a ele formando um circuito fechado.
- Obter a densidade de corrente em um condutor de seção transversal de área variável quando flui por ele uma corrente estacionária.
- Estabelecer a analogia entre o “gás de elétrons” e um “fluido incompressível”

- Enunciar a Lei de Ohm em suas formas macroscópica e microscópica.
- Explicar em linhas gerais a Lei de Ohm com base em um modelo microscópico.
- Obter a resistência de condutores de geometria simples a partir da condutividade ou resistividade do material
- Calcular a potência dissipada em um condutor pelo qual flui uma corrente elétrica.

Bateria como um “dipolo”



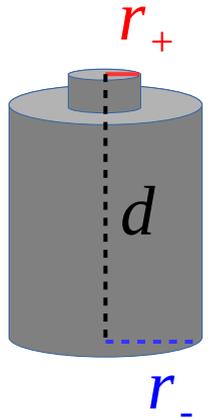
Carga nos polos da batería

- Depende do raio de cada polo e da distância entre os polos
- Em um dipolo de verdade a ddp seria infinita
- Uma estimativa seria:

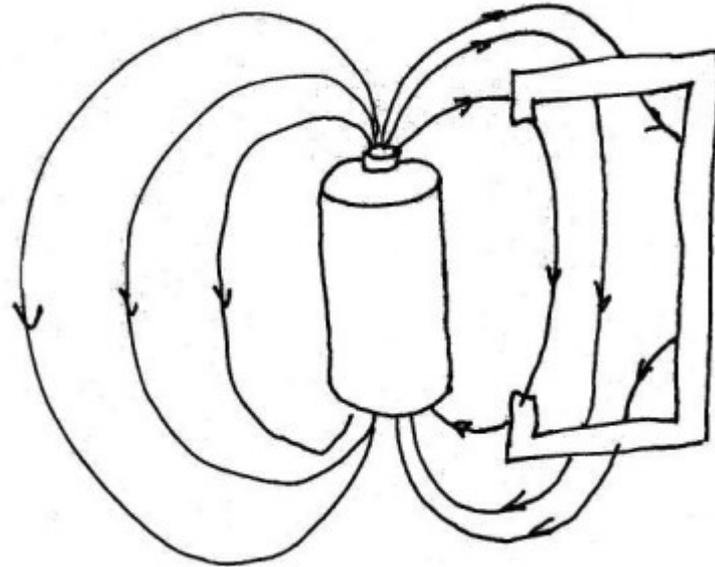
$$\Delta V \approx \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\left(\frac{1}{r_+} - \frac{1}{d} \right) - \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{r_-} \right) \right] \approx \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_+} + \frac{1}{r_-} \right), \text{ p/ } r_{+/-} \ll d$$

Melhor que a da apostila (pg. 261, $d=5$ cm), acho...

→ Resultado 20 vezes menor, para $r_+=r_-=0.5$ cm: $q=0.42\text{E-}12$ C

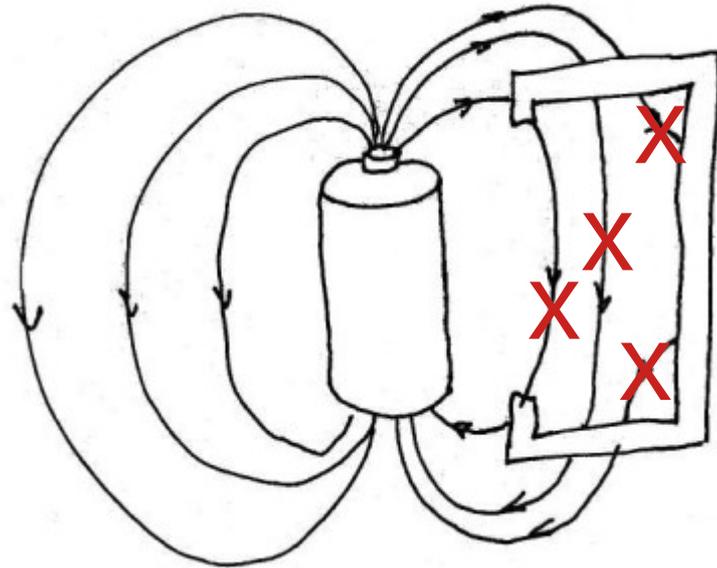


Bateria próxima a um condutor



Outra discordância com a apostila...

Bateria próxima a um condutor

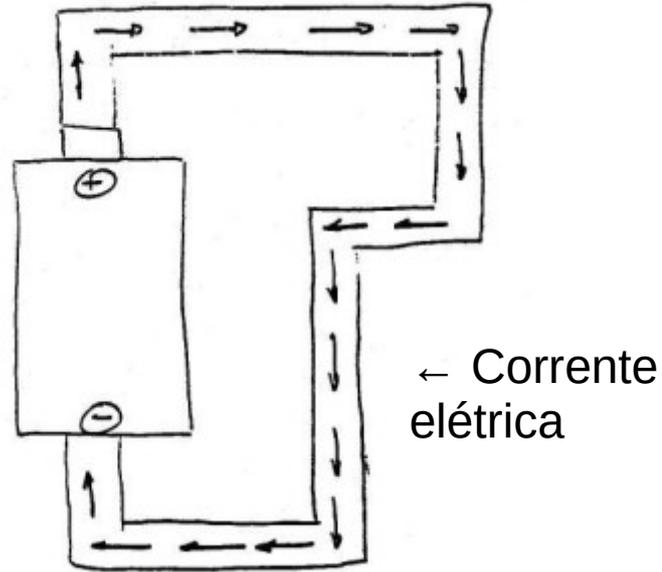


$$\vec{j} = 0$$

$$\vec{E} = 0$$

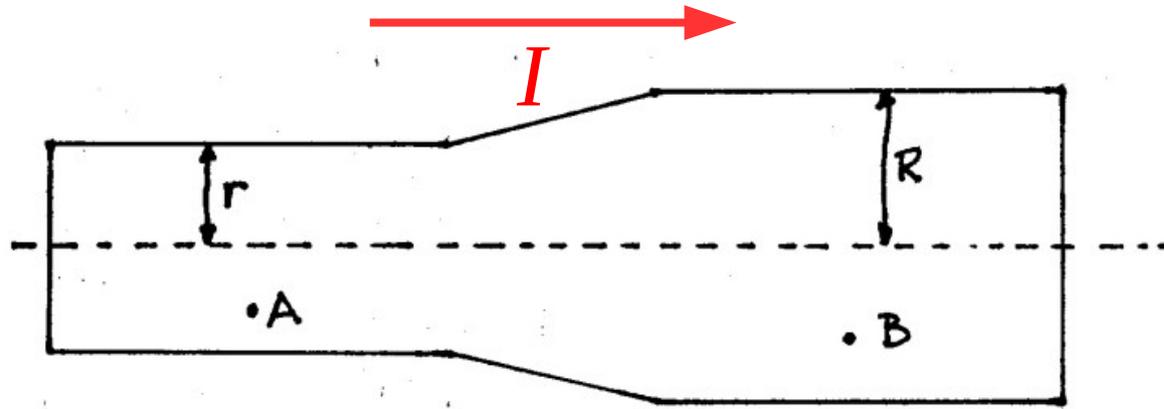
Condutor é
equipotencial

Bateria ligada em um condutor



Condutor de seção variável

- Determinar a razão entre as densidades de corrente nas duas seções



$$j_A = \frac{I}{\pi r^2}$$

$$j_B = \frac{I}{\pi R^2}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

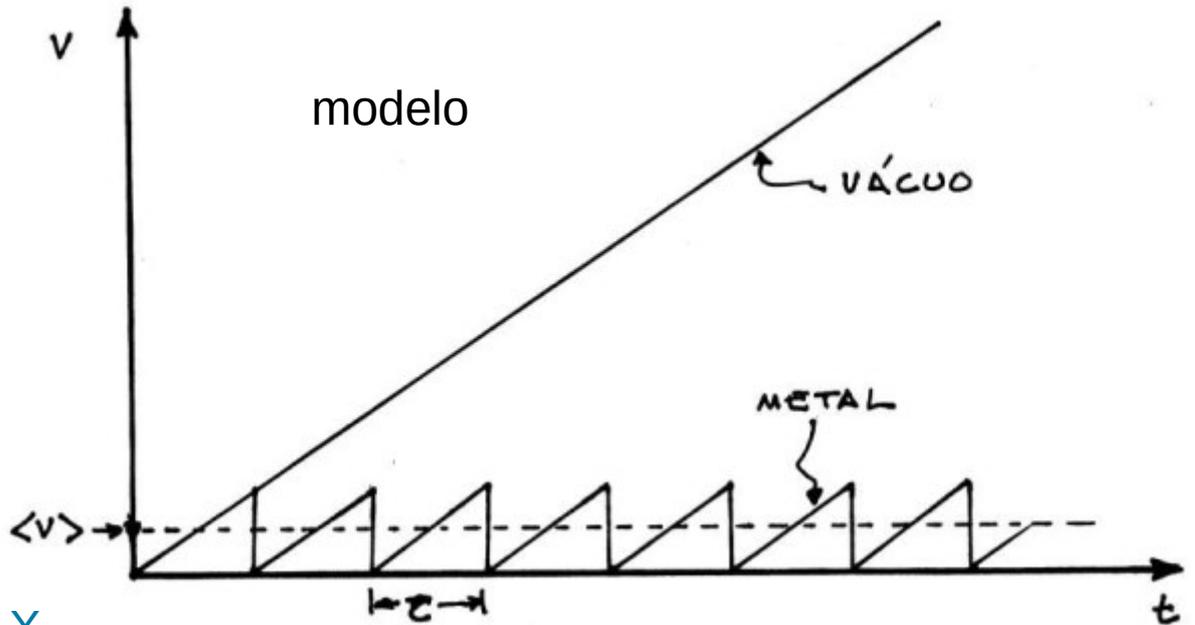
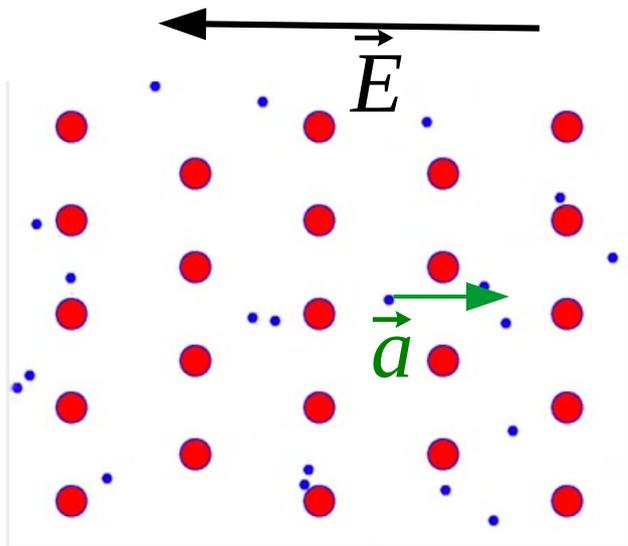
$$\vec{j} = q_p N_p \vec{v}_{med}$$

$$\frac{\langle v_A \rangle}{\langle v_B \rangle} = \frac{\langle j_A \rangle}{\langle j_B \rangle} = \frac{R^2}{r^2}$$

Semelhante a um fluido incompressível em um tubo de seção variável.

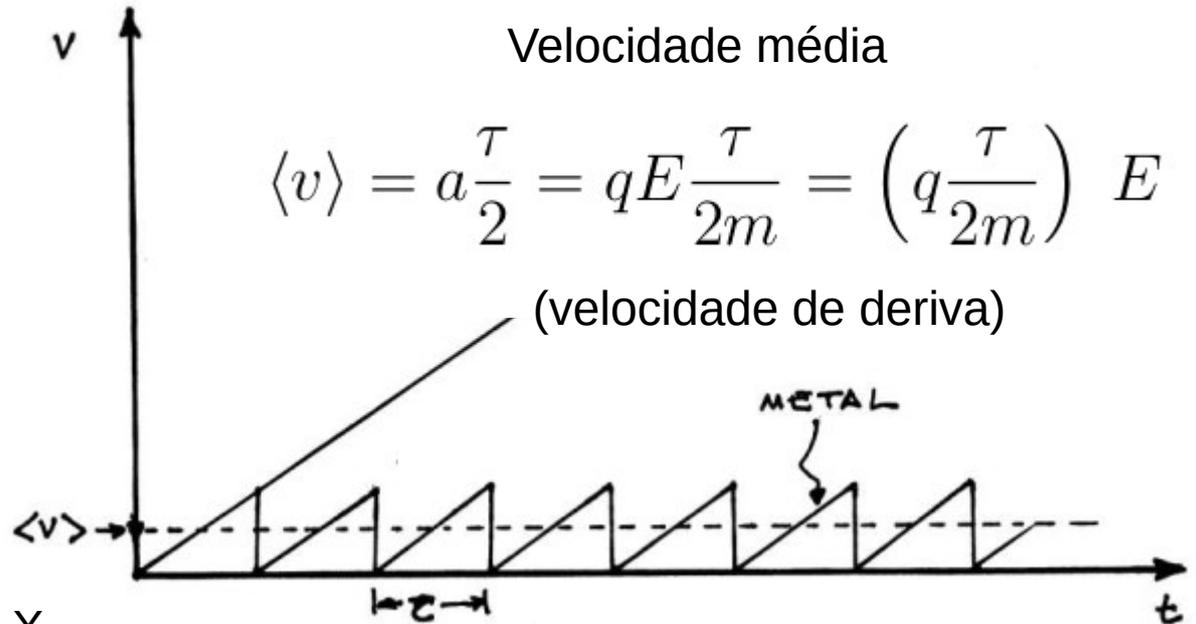
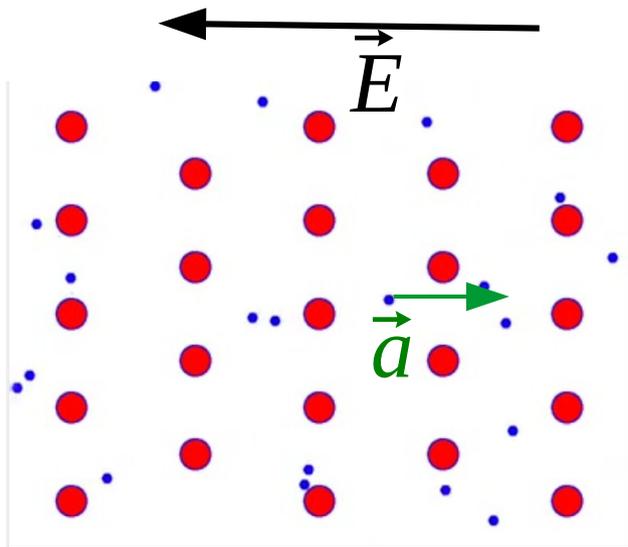
Movimentação de elétrons no interior de condutor com campo elétrico

- Aceleração (aumento gradual de energia)
- Colisões (perdas súbitas de energia)



Movimentação de elétrons no interior de condutor com campo elétrico

- Aceleração (aumento gradual de energia) $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m_e}$
- Colisões (perdas súbitas de energia) $\tau \leftarrow$ tempo médio entre colisões



Densidade de corrente (~modelo de Drude)

- Proporcional ao campo elétrico

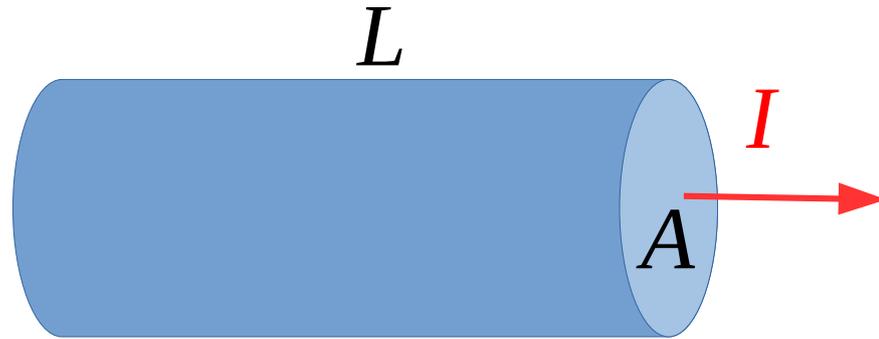
$$\vec{j} = q N v_{\text{med}} = \left(\frac{q^2 N \tau}{2m} \right) \vec{E} = \sigma \vec{E}$$

Propriedade do material

= condutividade

- Lei de Ohm microscópica: $\vec{j} = \sigma \vec{E}$

Condutor



$$\left. \begin{aligned} \Delta V &= |\vec{E}| L \\ I &= |\vec{j}| A = \sigma |\vec{E}| A \end{aligned} \right\} \Delta V = \left(\frac{L}{\sigma A} \right) I = R I$$

Resistência (Ω)

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{A}$$

resistividade

- Lei de Ohm macroscópica: $\Delta V = R I$

Dissipação de energia do resistor

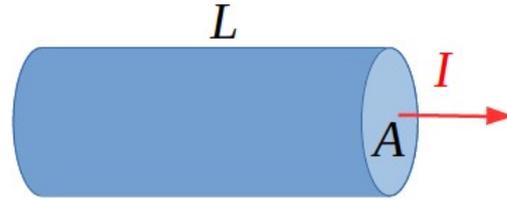
- Velocidade de deriva constante → Força dissipativa
- Força efetiva, devida a colisões
- Semelhança com força de atrito viscoso

$$F = qE = F_c$$

$$j = q N v_{\text{med}} = \frac{E}{\rho} \Rightarrow E = q \rho N v_{\text{med}}$$

$$F_c = q^2 \rho N v_{\text{med}} \propto v_{\text{med}}$$

Potência dissipada



Para 1 portador de carga:

$$dW_{1q} = F_c dx \quad P_{1q} = \frac{dW_{1q}}{dt} = F_c \frac{dx}{dt} = F_c v_{\text{med}} = q E v_{\text{med}}$$

Para todos os portadores no volume LA do condutor:

$$P = \underbrace{N}_{\text{Dens.}} \underbrace{L A}_{\text{Vol.}} q E v_{\text{med}} = I L \frac{V}{L} = V I$$