

# Física III 2023 (IF) – Aula 28

## Objetivos de aprendizagem

- 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.

# Lei de Ohm

- Macroscópica

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

↑  
resistência

- Microscópica

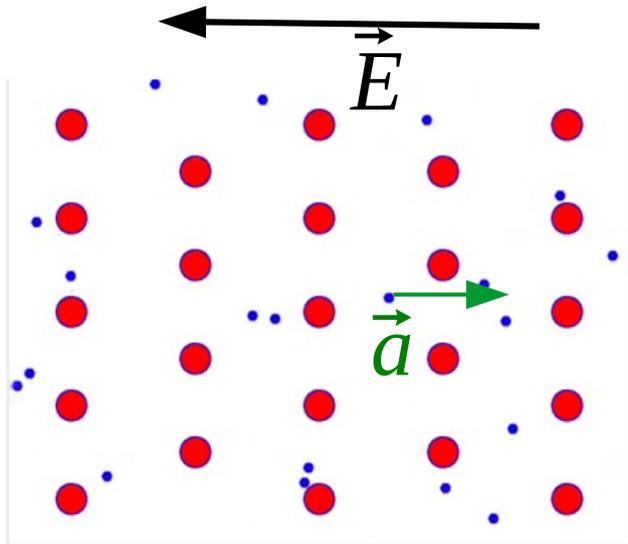
$$\vec{j} = \sigma \vec{E} = \frac{\vec{E}}{\rho}$$

↑  
condutividade

↑  
resistividade

# Movimentação de elétrons no interior de condutor com campo elétrico

- Aceleração (aumento gradual da velocidade na direção do campo)
- Colisões (perdas súbitas de orientação)

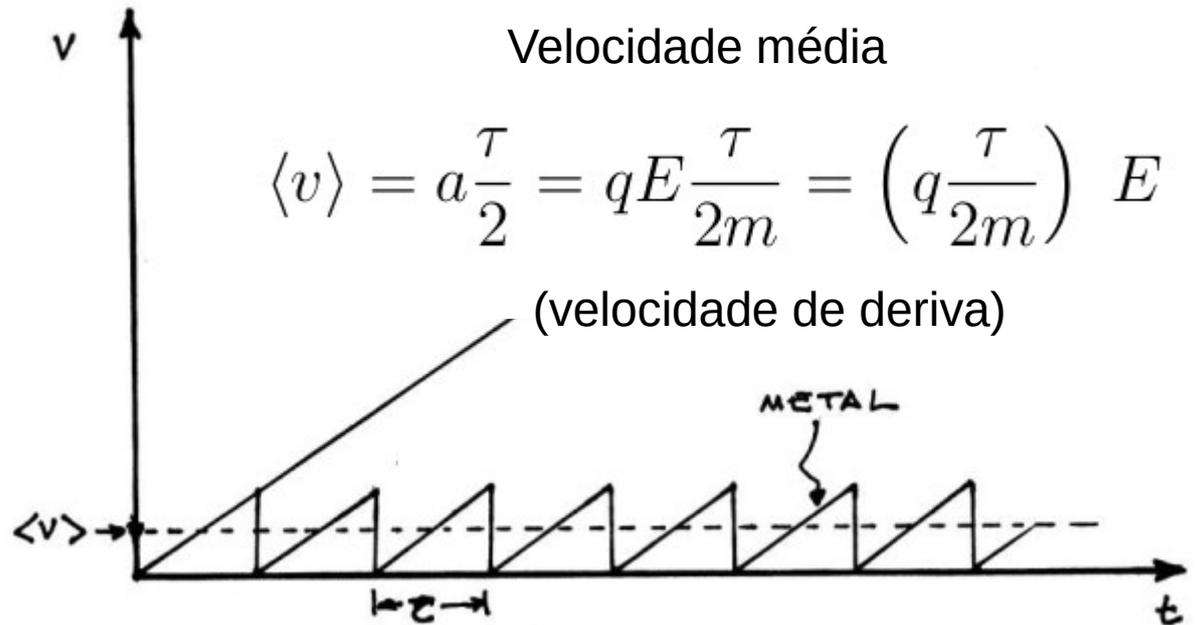
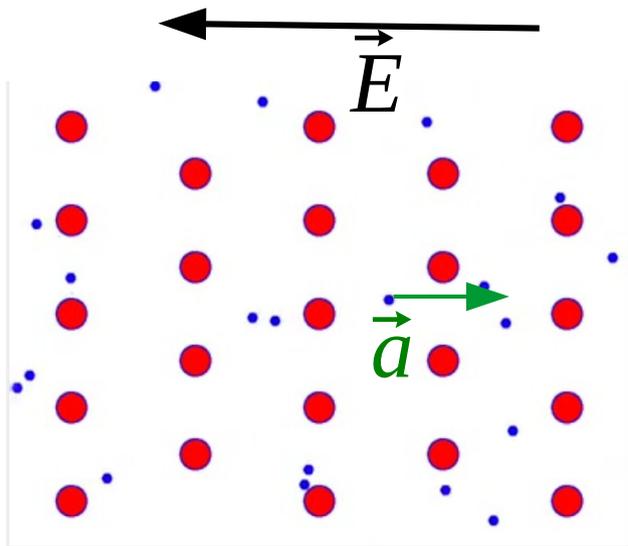


[https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/thermal\\_electrical/drude.php](https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/thermal_electrical/drude.php)

- 1) Qual seria a aceleração do elétron?
- 2) Como seria um gráfico típico da velocidade em função do tempo considerando que há colisões a intervalos regulares de tempo?
- 3) Qual seria a velocidade média dos elétrons?

# Movimentação de elétrons no interior de condutor com campo elétrico

- Aceleração (aumento gradual da velocidade na direção do campo)  $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$
- Colisões (perdas súbitas de orientação)  $\tau \leftarrow$  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:  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$

# Densidade de corrente (~modelo de Drude)

- Proporcional ao campo elétrico

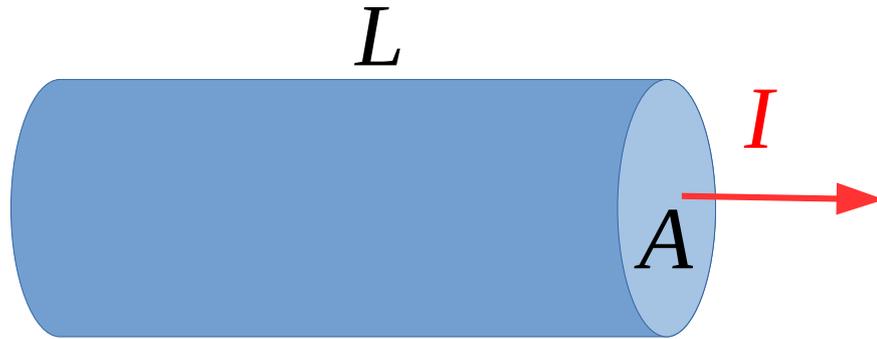
$$\vec{j} = q N v_{\text{med}} = \underbrace{\left( \frac{q^2 N \tau}{2m} \right)}_{\text{Propriedade do material}} \vec{E} = \sigma \vec{E} \quad \left( \text{Drude: } \vec{j} = \left( \frac{q^2 N \tau}{m} \right) \vec{E} \right)$$

= condutividade

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

Sugestão: Estime o caminho livre médio dos elétrons  $l = v\tau$  do cobre com base no modelo de Drude

# 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 ( $\Omega$ )

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

Resistividade ( $\Omega\text{m}$ )

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

# Dissipação de energia do resistor

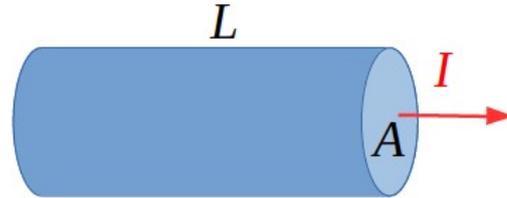
- Velocidade de deriva constante → Força dissipativa
- Força efetiva, devida a colisões
- Semelhança com força de atrito viscoso

$$F = qE = F_c$$

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

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

# Potência dissipada



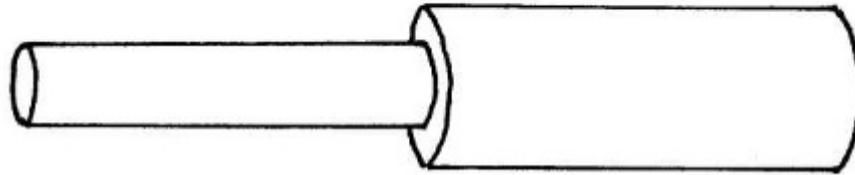
Para 1 portador de carga:

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

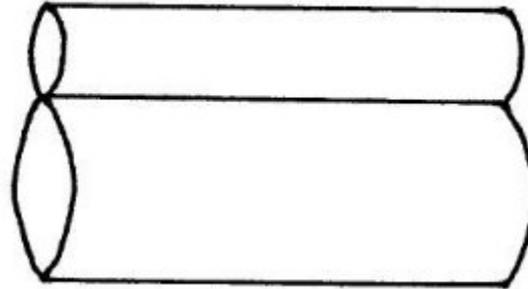
Para todos os portadores no volume  $LA$  do condutor:

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

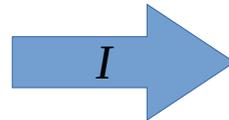
- **exemplo 1:** são dados dois cilindros feitos com o mesmo metal, de resistividade  $\rho$ , com comprimentos iguais a  $L$  e seções transversais  $a$  e  $A$ , respectivamente. Determine as resistências das duas configurações abaixo



“série”



“paralelo”



Um Capacitor Esférico é um dispositivo formado por uma esfera condutora de raio  $R_1$  envolta por uma casca esférica (esfera oca) condutora de raio interno  $R_2$ , sendo  $R_2 > R_1$ .

a) Qual é a capacitância deste capacitor?

b) Se o espaço entre as esferas for preenchido com um material dielétrico de condutividade elétrica  $\sigma$  bem menor que a condutividade dos condutores, qual será a resistência  $R$  oferecida para passagem de corrente entre os condutores?

