



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



ELM20704

Eletromagnetismo

Aula 05

Corrente elétrica, densidade de corrente e condutividade

Professor: Bruno Fontana da Silva
Semestre letivo: 2014-1



Velocidade de deslocamento de cargas

$$\mathbf{F} = e\mathbf{E}$$

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

$$v_d = \mathbf{a}\tau = \frac{e\mathbf{E}}{m_e} \tau$$

Exemplo: Cobre (Cu), a 300 K, possui velocidade de movimento dos elétrons livres de 10^6 m/s e um tempo de colisão de 3×10^{-14} s.

Entretanto, a velocidade sob aplicação do campo elétrico, com $V = 10$ Volts e $\ell = 10$ m, cai para:

$$v_d = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{10^{-30}} 3 \times 10^{-14}$$

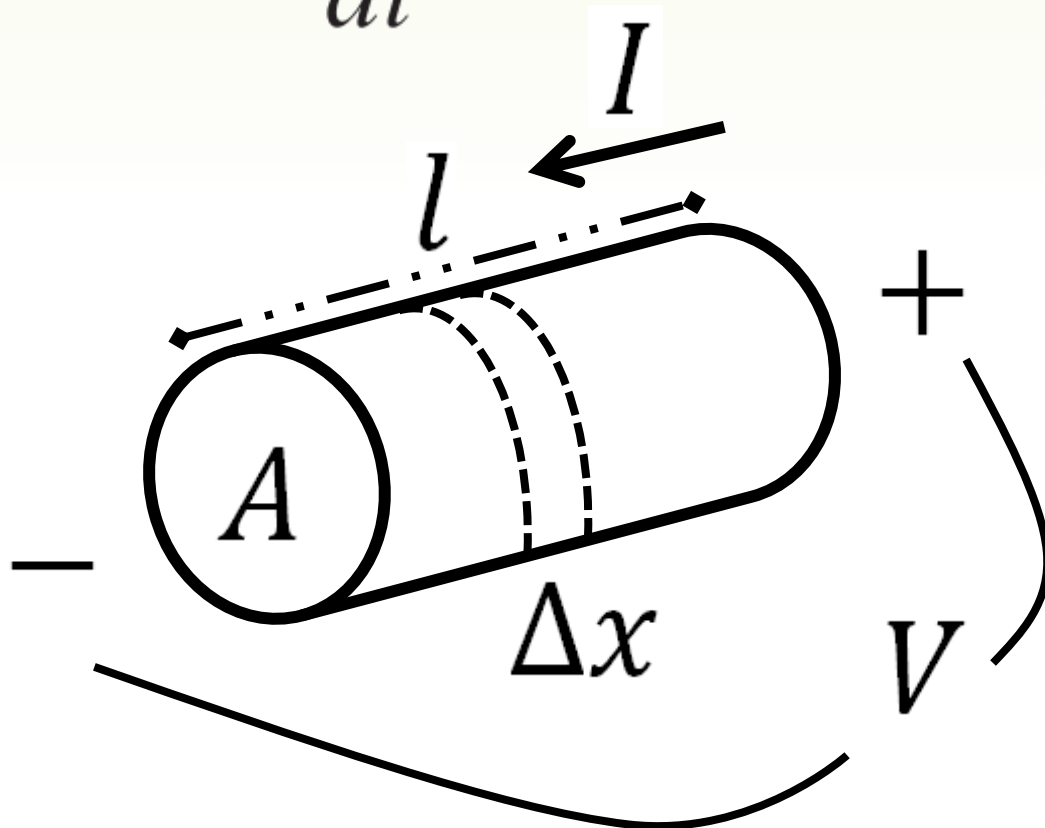
$$v_d = 5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$



Corrente elétrica e densidade de corrente

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Definição de corrente elétrica



- l = comprimento (m)
- A = área (m²)
- dx = pequena distância (m)
- V = tensão aplicada (V)
- I = corrente (A)



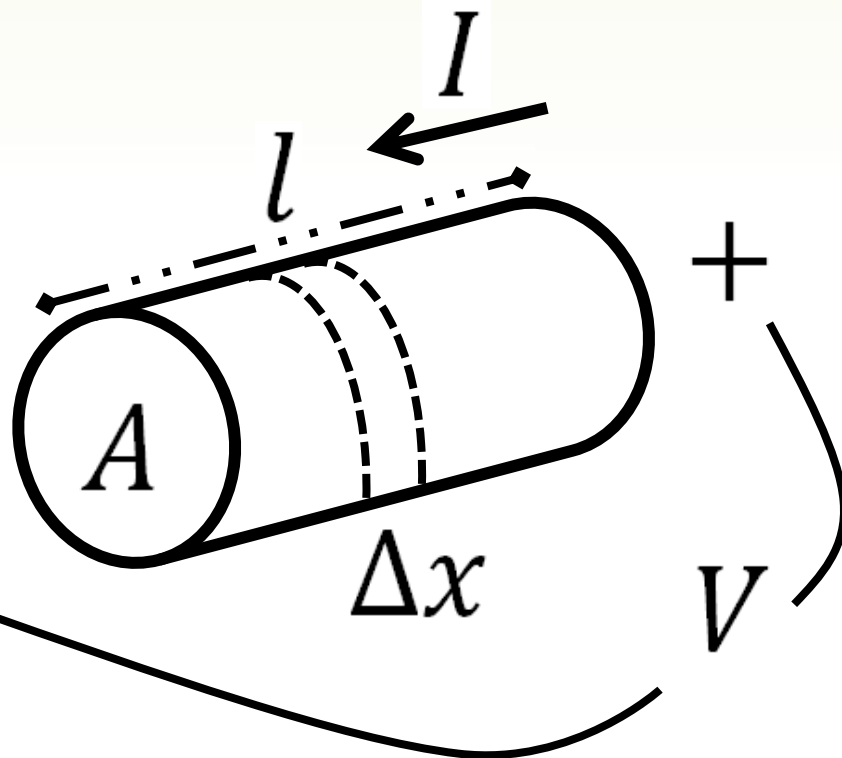
Corrente elétrica e densidade de corrente

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$dQ = \rho_v \underbrace{\Delta v}_{A\Delta x}$$

$$dQ = \rho_v A \underbrace{v_d dt}_{\Delta x} \quad (\text{C})$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{\rho_v A v_d dt}{dt} = \rho_v A v_d$$



Mas $J = \rho_v v_d$

(densidade de corrente em C/s/m²), portanto:

$$I = JA$$

$$J = \frac{I}{A}$$



Corrente elétrica e densidade de corrente

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

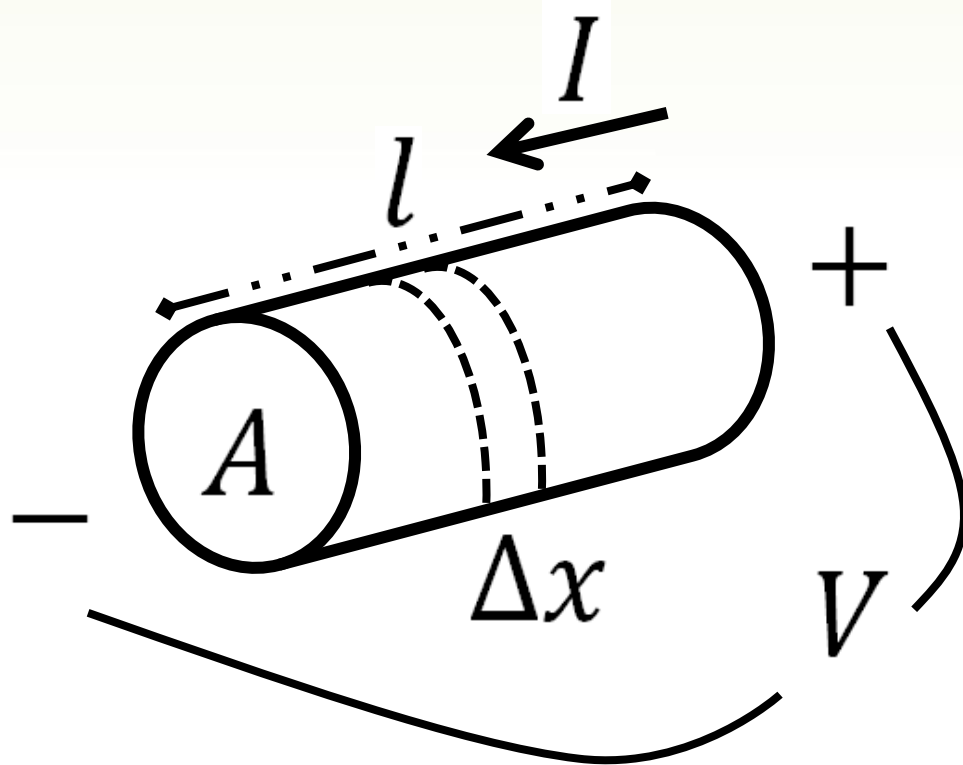
$$I = \rho_v A v_d$$

$$I = neAv_d$$

$$I = neA \left(\frac{eE}{m_e} \tau \right) = \underbrace{\frac{e^2 n \tau}{m_e}}_{\sigma} AE$$

$$I = \sigma AE$$

$$J = \sigma E$$

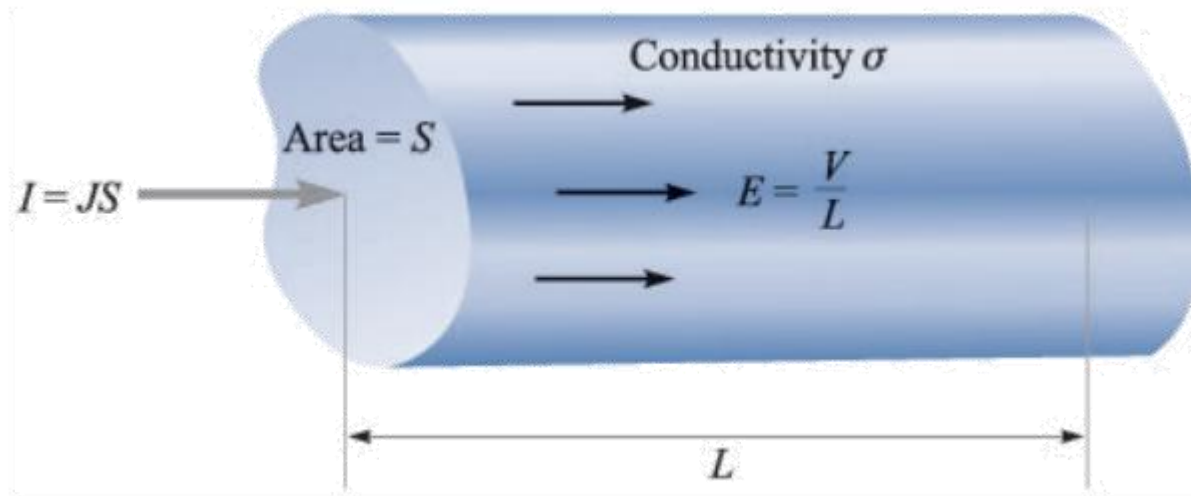




Materiais Condutores

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

Condutividade elétrica (S/m)



Caso macroscópico:
Lei de ohm



Condutividade elétrica de materiais

σ

Material	σ , S/m	Material	σ , S/m
Silver	6.17×10^7	Graphite	7×10^4
Copper	5.80×10^7	Silicon	2300
Gold	4.10×10^7	Ferrite (typical)	100
Aluminum	3.82×10^7	Water (sea)	5
Tungsten	1.82×10^7	Limestone	10^{-2}
Zinc	1.67×10^7	Clay	5×10^{-3}
Brass	1.5×10^7	Water (fresh)	10^{-3}
Nickel	1.45×10^7	Water (distilled)	10^{-4}
Iron	1.03×10^7	Soil (sandy)	10^{-5}
Phosphor bronze	1×10^7	Granite	10^{-6}
Solder	0.7×10^7	Marble	10^{-8}
Carbon steel	0.6×10^7	Bakelite	10^{-9}
German silver	0.3×10^7	Porcelain (dry process)	10^{-10}
Manganin	0.227×10^7	Diamond	2×10^{-13}
Constantan	0.226×10^7	Polystyrene	10^{-16}
Germanium	0.22×10^7	Quartz	10^{-17}
Stainless steel	0.11×10^7		
Nichrome	0.1×10^7		

DC current
 $T \sim 300K$



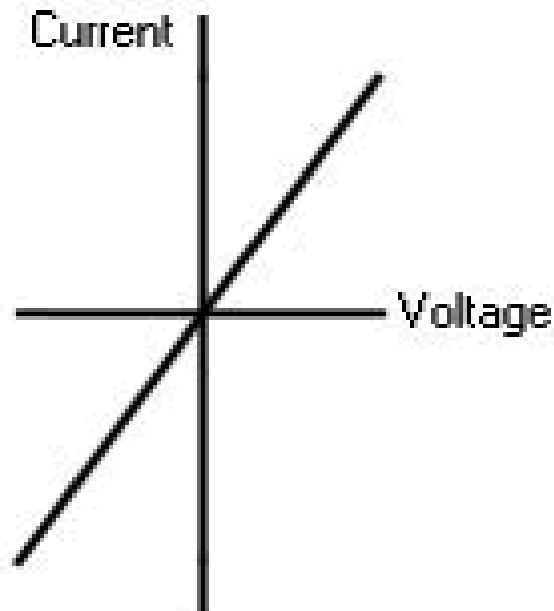
Linearidade da Lei de Ohm

$$I = \frac{\sigma A}{L} V$$

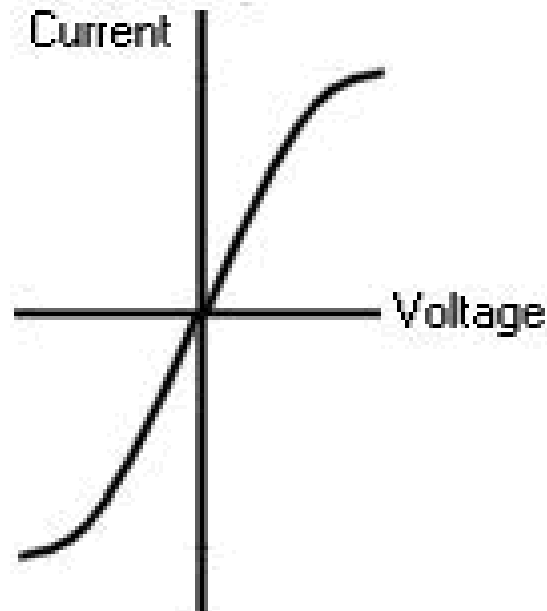
$$I = \left[\sigma(T(I)) \frac{A}{L} \right] V$$

$$I = \left(\frac{1}{R(T(I))} \right) V$$

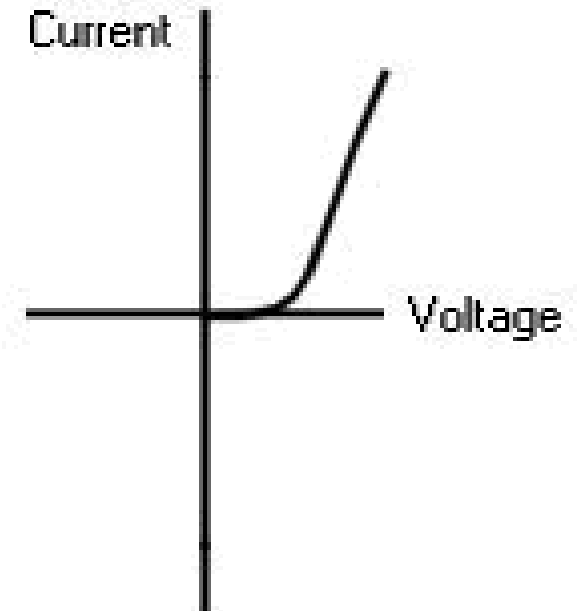
A resistor at constant temperature.



A filament lamp.



A diode.





Corrente elétrica e densidade de corrente

$$\mathbf{J} = \rho_v \mathbf{V}$$

Densidade de corrente em função da densidade de carga e velocidade de deslocamento

$$I = \int_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$$

Corrente em função da densidade de corrente (componentes normais à superfície considerada)



Corrente elétrica e densidade de corrente

$$I = \oint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = -\frac{dQ_i}{dt}$$

$$(\nabla \cdot \mathbf{J}) = -\frac{\partial \rho_v}{\partial t}$$

Equação da continuidade
da corrente