

Eletronegatividade

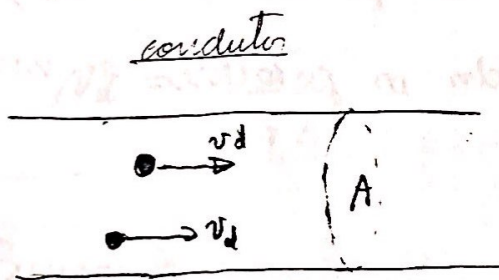
Física III para a Engenharia (4323203)

Notas de Aula - 2015

Carlos E. I. Carneiro

Corrente e Resistência

Corrente elétrica \rightarrow movimento de cargas, mais precisamente, dada uma superfície de área A , como a seção de um condutor, a corrente é igual à taxa de passagem de carga através desta superfície.



corrente média

$$I_{md} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Corrente instantânea

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}$$

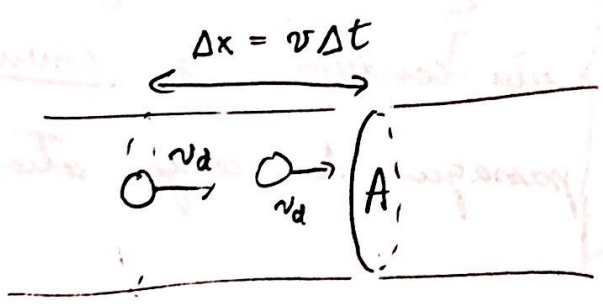
Unidade de corrente

$$\downarrow \text{C/s} = 1 \text{ A (ampère)}$$

Convenção: escolhe-se a direção da corrente como a direção de movimento das cargas positivas. Num condutor

de cobre, onde os portadores de carga são elétrons, a corrente tem direção oposta à dos elétrons.

Podemos relacionar a corrente I mais diretamente aos portadores.



Relação entre corrente e portadores

Se a velocidade média dos portadores é v_d , no intervalo de tempo Δt todos os portadores a uma distância menor do que

$$\Delta x = v_d \Delta t$$

da área A conseguem passar por ela. Assim em Δt passa por A uma carga

$$\Delta Q = n \underbrace{(\Delta x A)}_{\text{volume}} q$$

Labels: n is 'densidade de portadores', q is 'carga do portador'.

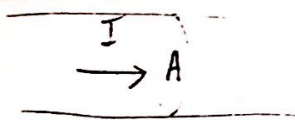
$$\Delta Q = n q v_d \Delta t A \Rightarrow \boxed{\frac{\Delta Q}{\Delta t} = n q v_d A = I_m}$$

Apesar da baixa velocidade dos portadores, o campo eletromagnético se propaga com uma velocidade próxima à da luz. Assim, ao se fechar um interruptor a mensagem para os elétrons se moverem chega quase instantaneamente a todas as partes do condutor.

Resistência e Lei de Ohm

Em situações não estáticas pode haver campos elétricos no interior de condutores e consequentemente correntes elétricas.

Densidade de corrente : corrente por unidade de área



$$\boxed{J = \frac{I}{A} = \frac{nq v_d A}{A} = nq v_d}$$

vale para correntes perpendiculares a A

Definimos o vetor densidade de corrente tal que $\vec{J} \cdot d\vec{A}$ forneça a carga que passa através de $d\vec{A}$ por unidade de tempo.

$$\boxed{\vec{J} = nq \vec{v}_d} \leftarrow \text{derivação análoga à do fluxo de um fluido}$$

Unidades : $J = \frac{A}{m^2}$ (ampère / m²)

Ao se aplicar uma d.d.p. a um condutor surge um campo \vec{E} e uma densidade de corrente no condutor.

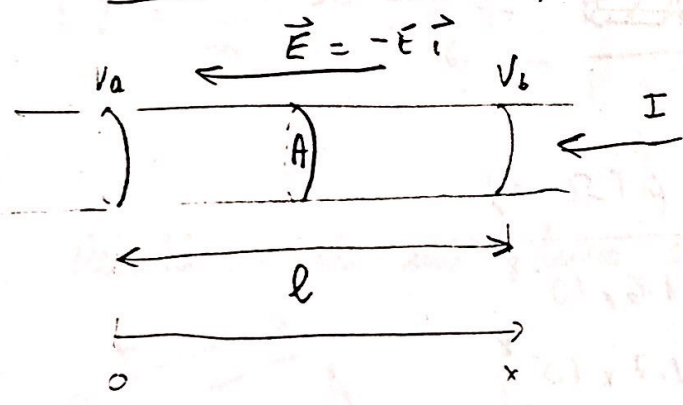
Lei de Ohm: Para muitos materiais, entre eles os metais,

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

condutividade (NÃO CONFUNDIR COM A DENSIDADE SUPERFICIAL DE CARGA)

Materiais que obedecem a lei de Ohm são chamados ôhmicos, os outros são chamados não ôhmicos. A lei de Ohm não é uma lei fundamental, mas uma relação empírica válida para certos materiais.

Lei de Ohm para fios com seção A constante



Para um campo E constante

$$V = V_b - V_a = + \int_a^b E dx = El$$

Portanto,

$$\left. \begin{aligned} J &= \sigma E = \sigma \frac{V}{l} \\ J &= \frac{I}{A} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{I}{A} = \frac{\sigma V}{l} \Rightarrow \boxed{V = \frac{l}{\sigma A} I}$$

A grandeza $\boxed{\frac{l}{\sigma A} \equiv R}$ é a resistência

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

Unidades $[R] = \frac{[V]}{[I]} = \frac{V}{A} = \Omega \text{ (ohm)}$

O inverso da condutividade é a resistividade.

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

(NÃO CONFUNDIR C/ A DENSIDA DE VOLUMÉTRICA)

Em termos de ρ

$$R = \rho \frac{l}{A} \implies [\rho] = \Omega \cdot m$$

Material	$\rho \text{ (}\Omega \cdot \text{m)}$
prata	$1,6 \times 10^{-8}$
<u>cobre</u>	$1,7 \times 10^{-8}$
platina	$1,1 \times 10^{-7}$
nicromo	$1,5 \times 10^{-6}$
<u>germânio</u>	0,46
silício	640
borraço	10^{12}
<u>vidro</u>	$10^{10} - 10^{14}$
quartzo fundido	75×10^{16}

medidos a 20°C

Lee sobre os resistoresExemplos

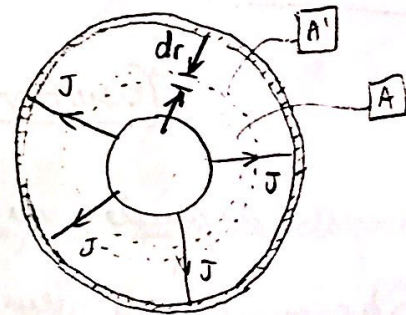
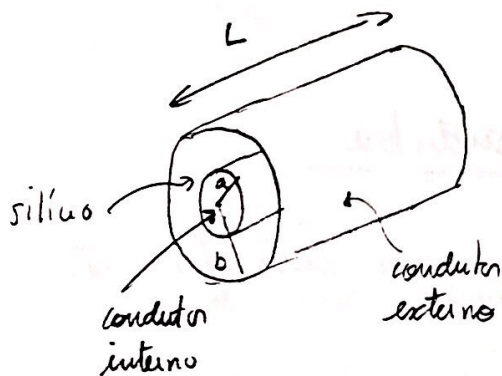
- (1) (a) Calcule R/l para um fio de nichromo de calibre 22 (0,321 mm de raio)

$$\boxed{R = \frac{\rho l}{A}} \Rightarrow \frac{R}{l} = \frac{\rho}{A} = \frac{1,5 \times 10^{-6}}{\pi \cdot (0,321 \times 10^{-3})^2} = \underline{4,6 \frac{\Omega}{m}}$$

- (b) Se $V = 10 \text{ V}$ calcule I .

$$\boxed{I = \frac{V}{R} = \frac{10}{4,6} = 2,2 \text{ A}}$$

- (2) Resistência de um tubo coaxial (prob. 21.60)



$$\begin{aligned} a &= 0,500 \text{ cm} \\ b &= 1,75 \text{ cm} \\ L &= 15,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$A' \approx A$$

Como $A' \approx A$ para cada camada de espessura dr podemos utilizar $dR = \rho \frac{dr}{A(r)}$ (as camadas sucessivas funcionam como resistências em série)

$$dR = \frac{\rho}{2\pi r l} dr$$

$$R = \int_a^b dR = \frac{\rho}{2\pi l} \int_a^b \frac{dr}{r} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$R = \frac{640}{2\pi(0.150)} \ln\left(\frac{1.75}{0.500}\right) = 851 \Omega$$

Para uma d.d.p. de 12V, $I = ?$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{851} \approx 14,1 \text{ mA}$$

$$\text{borracha, } \rho \approx 10^{13}$$

$$R = 1,33 \times 10^{13}$$

$$I = \frac{12 \cdot 10^{-13}}{1,33}$$

$$\approx 9,0 \times 10^{-13}$$

Resistividade de condutores

ρ depende de T . Para um intervalo não muito grande de temperatura

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

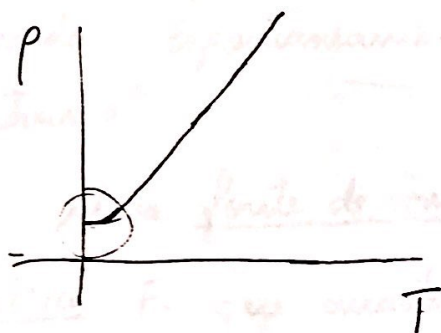
↑
coeficiente de temperatura da resistividade

Como $R = \rho \frac{l}{A}$

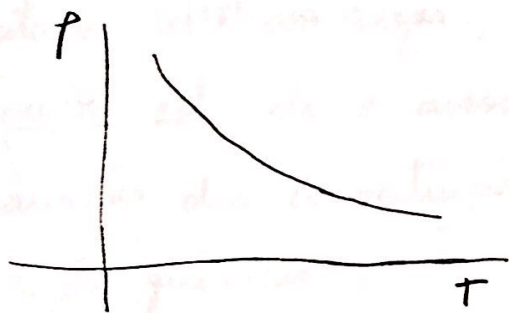
$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)] \Rightarrow R = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$

Podem ser utilizadas na construção de termômetros.

Em temperaturas muito baixas existe uma região não linear, que leva a uma resistividade residual. Isto se deve às colisões dos elétrons com as impurezas e imperfeições do metal.

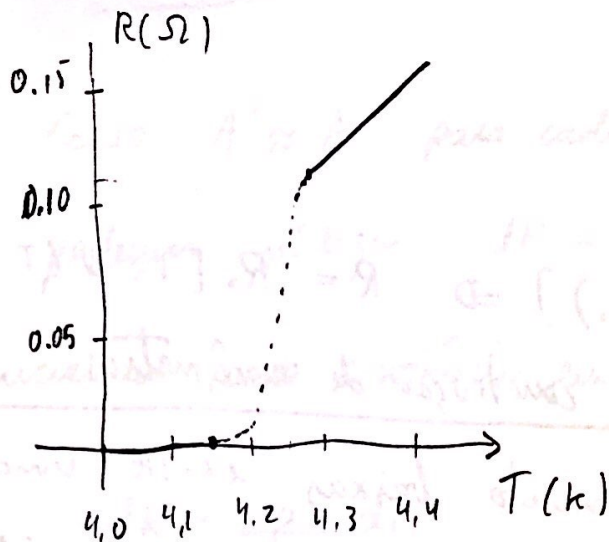


Em semi-condutores ρ diminui com a temperatura devido ao aumento do número de portadores. Veja a curva



ao lado para o germânio puro.

Existe uma classe de materiais, os supercondutores, para os quais a resistência cai praticamente a zero abaixo de uma temperatura crítica T_c .



$R \times T$ para o mercúrio

Material	T_c (K)
Al	1,19
Hg	4,15
Pb	7,18
Nb_3Sn	23,2
$LaCuO_7$	32 (Bednorz & Müller) PN 1987
$YBa_2Cu_3O_{7-d}$	92
$BiSrCaCuO$	105
$TlBaCaCuO$	125

supercondutores

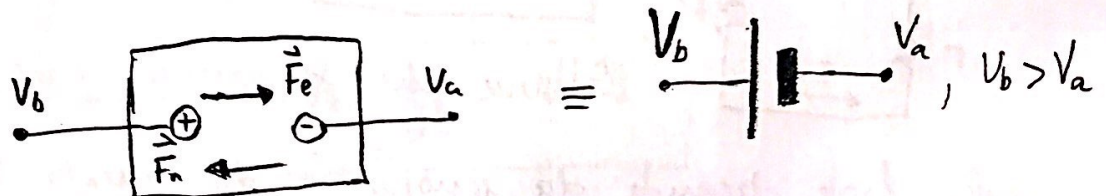
$Hg \rightarrow T_{fusão} \approx -39^\circ C$

Força eletromotriz e circuitos

Para manter uma corrente estacionária em um circuito fechado é necessária uma força eletromotriz (fem).

A fem é o agente que faz a corrente (de cargas positivas) fluir do potencial mais baixo para o mais elevado. Espontaneamente, o fluxo seria no sentido contrário.

Uma fonte de fem ideal produz uma força não elétrica \vec{F}_n que atua as cargas (positivas) para potenciais mais elevados no sentido contrário da força elétrica \vec{F}_e . Em um gerador elétrico \vec{F}_n decorre das forças magnéticas que atuam sobre as cargas; em uma bateria ou celula de combustível, ela é associada a processos de difusão e variações das concentrações eletrolíticas produzidas pelas reações químicas.



Definindo $\mathcal{E} \equiv$ trabalho por unidade de carga da fem (medido em

volt: $V = \frac{J}{C}$, o trabalho de \vec{F}_n sobre uma carga q é $W_n = qE$ (76)

(uma carga positiva ganha energia potencial). Para uma

fonte de fem ideal $\vec{F}_n = -\vec{F}_e$ e o trabalho total sobre q , $W_n + W_e = 0 \Leftrightarrow qE - q(V_b - V_a) = 0$. Portanto, não há variação da energia cinética de q . Porém, do ponto de vista elétrico

a carga q (suposta sempre positiva) ganhou energia potencial

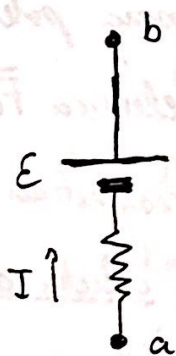
$$q(V_b - V_a) = qE \Rightarrow V_{ba} \equiv V_b - V_a = E$$

e pode novamente fluir pelo circuito.

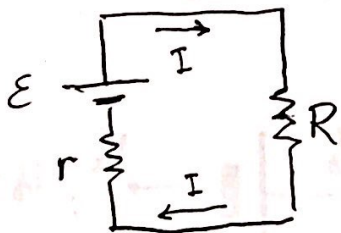
Uma fonte real possui resistência interna r e

$$V_{ba} = E - rI < E$$

Portanto $V_{ba} = E$ apenas quando $I = 0$



resistência R , temos



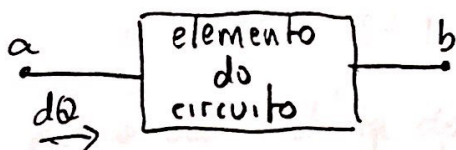
$$I = \frac{E}{R + r}$$

Observe que a corrente fornecida

pela fonte depende da resistência do circuito ao qual ela é ligada.

Energia e potência em circuitos elétricos

77



O trabalho realizado sobre a carga dq que atravessa um elemento do circuito (resistor, outra bateria, etc) que está sob uma diferença de potencial $V_b - V_a \equiv V_{ba}$ é

$$dW = V_{ba} dq = V_{ba} I dt$$

Se $V_{ba} < 0$, dq perde energia. Esta energia é dissipada pelo elemento (e.g. um resistor) e terá de ser reposta.

Se $V_{ba} > 0$, dq ganha energia e o elemento atua como uma fonte de energia para o circuito (e.g. uma bateria).

A taxa de fornecimento (ou dissipação) de energia por segundo (potência) é

$$P = \frac{dW}{dt} = V_{ba} \frac{dq}{dt} = V_{ba} I$$

unidade: $[P] = \frac{J}{s} \equiv W$ (watt).

Resistência pura

neste caso $|V_{ba}| = RI$

$$P = |V_{ba}|I = RI^2 = \frac{|V_{ba}|^2}{R}$$

Esta energia é dissipada sob a forma de calor (efeito Joule).

Potência fornecida por uma fonte real

$$V_{ba} = \mathcal{E} - Ir$$

$$P = V_{ba}I = \mathcal{E}I - rI^2$$

trabalho sobre as cargas por unidade de tempo realizado pelas forças não elétricas.

potência dissipada como calor
