

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Campus Blumenau

Física Geral III

Aula Teórica 12 (Cap. 28):

- 1) Corrente Elétrica
- 2) Densidade de Corrente
- 3) Velocidade de Deriva
- 4) Resistência e Resistividade
- 5) Lei de Ohm
- 6) Potência em circuitos elétricos

Prof. Marcio R. Loos

Eletrostática vs Eletrodinâmica

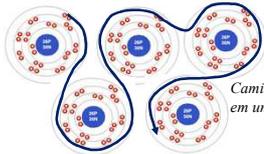
- Até agora estudamos a **Eletrostática**: a Física das cargas estacionárias.
- Passaremos a discutir a **Eletrodinâmica**: situação em que as partículas carregadas se movem (corrente elétrica).
- Um cavalo não se movimentaria se não fosse pela existência de correntes elétricas!



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 2

Corrente Elétrica

- Nem todas as partículas carregadas que se movem produzem uma corrente elétrica.
- Para que haja efetivamente uma **corrente elétrica** através de um plano, é preciso que haja um **fluxo líquido de cargas** através deste plano.
- Materiais condutores, como um fio de cobre, possuem muitos elétrons livres em constante movimento no seu interior.



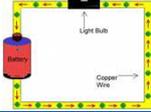
Caminho de elétrons em um metal

- Podemos então dizer que há uma corrente nestes condutores?

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 3

Corrente Elétrica

- Não!
- O movimento dos elétrons ($v=10^6$ m/s) é **randômico!**
- Se imaginarmos um **plano** cortando o fio de cobre, os elétrons passariam neste plano (**nos dois sentidos**) bilhões de vezes.
- Desta forma **não há um fluxo líquido**. Não há uma corrente.
- Se ligarmos o fio a uma **bateria**, o **fluxo em um sentido** será maior do que no outro.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 4

Corrente Elétrica

- Vimos que todos os pontos de um condutor (carregado ou não) possuem o **mesmo potencial**.
- O mesmo se aplica a um circuito fechado de fio de cobre.

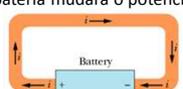


- Os elétrons livres não estão sujeitos a nenhuma força que cause um fluxo líquido.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 5

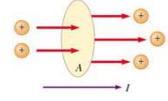
Corrente Elétrica

- A introdução de uma bateria mudará o potencial no circuito.



- Campos elétricos serão criados no interior do fio!
- Os elétrons estarão sujeitos a uma força ($F=qE$) e haverá uma corrente.

A corrente é dada por



$$i = \frac{dq}{dt}$$

Definição de corrente elétrica

$$q = \int dq = \int_0^t i dt$$

$$[i] = \frac{C}{s} = A$$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 6

Corrente Elétrica

- A corrente se conserva!

$$i_0 = i_1 + i_2$$

Sentido da corrente

A seta da corrente é desenhada no sentido em que se moveriam os portadores de carga positiva, mesmo que os portadores sejam negativos e se movam no sentido oposto.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 7

Exercício

- A Figura mostra parte de um circuito. Quais são o valor absoluto e o sentido da corrente i no fio da extremidade inferior direita?

Corrente total saindo $11 A - 3 A = 8 A$

$$i_0 = i_1 + i_2$$

- Qual a corrente nas partes do circuito (seções do fio) não especificadas?

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 8

Densidade de Corrente

- A **corrente elétrica** está relacionada a um condutor como um todo.
- Quando falamos de corrente, não nos interessa a **forma do condutor**.
- Quando usamos a Lei de Gauss estávamos interessados no **fluxo de E através de uma superfície**.
- Faremos algo similar: vamos analisar o **fluxo de carga através de uma superfície**.
- Para estudarmos o **fluxo de cargas através de uma seção** do condutor, definimos a **densidade de corrente J**.

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

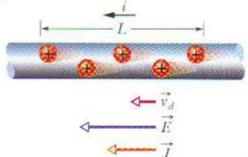
$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}$

$[J] = \frac{A}{m^2}$

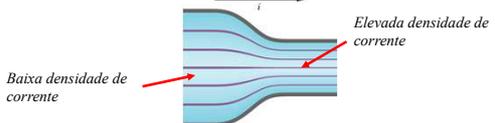
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 9

Densidade de Corrente

- J têm mesma direção e sentido do campo E.



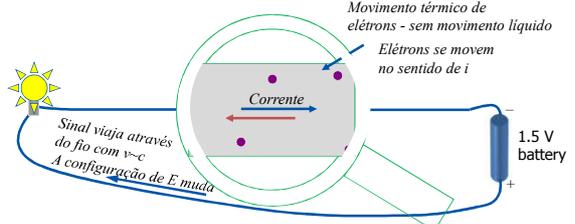
- Representamos E por **linhas de campo**.
- Podemos representar a **densidade de corrente (J)** por **linhas de corrente**:



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 10

Velocidade de Deriva

- Vamos ver o que acontece quando conectamos uma bateria a um fio para criar uma corrente elétrica:



Quando existe uma corrente, os portadores de carga ainda se movem aleatoriamente, mas tendem a **derivar** com uma **velocidade de deriva**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 11

Velocidade de Deriva

- A velocidade de deriva é pequena comparada aos movimentos térmicos.
- Movimento térmico tem velocidades de $\sim 10^6$ m/s.
- A velocidade de deriva no cobre é de $\sim 10^{-4}$ m/s.
- Vamos relacionar a velocidade de deriva à densidade de corrente.

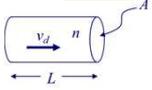
- Seja $N/V=n$ o número de portadores de carga por unidade de volume.
- A carga total num volume $V=AL$ vale:

Os portadores se movem com velocidade v_d e, num tempo t , percorrem uma distância L : $L = v_d t$

$q = \frac{N}{V} V e = n V e = n A L e$

$\therefore q = n A (v_d t) e \quad i = \frac{dq}{dt} \therefore i = n e A v_d \quad J A = n e A v_d$

$\boxed{J = n e v_d}$ $n e$ é a densidade de carga portadora



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 12

Resistência e Resistividade

- A resistência de um condutor é definida como:

$$R = \frac{V}{i} \quad [R] = \frac{V}{A} = \Omega$$
- Ou seja: aplicamos uma voltagem a um condutor e medimos qual a corrente resultante.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
13

Resistência e Resistividade

- Ao invés de considerar a resistência de um **dispositivo**, podemos discutir a propriedade de um **material** para resistir ao fluxo de corrente elétrica.
- Essa propriedade é chamada **resistividade**.
- Resistência -> Objeto/dispositivo (resistor)
- Resistividade -> Material
- A resistividade não é relacionada a i e V como a resistência, mas sim ao campo E e densidade de corrente J :

$$\rho = \frac{E}{J} \quad \text{Definição de resistividade} \quad [\rho] = \frac{V/m}{A/m^2} = \frac{Vm}{A} = \Omega m$$

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

(a)

(b)

Note que a habilidade para a corrente fluir em um material não depende apenas do material, mas também da conexão elétrica a ele!

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
14

Resistividade de alguns materiais

Material	Resistividade ($\Omega \cdot m$) a 20 °C
Prata	1.59×10^{-8}
Cobre	1.72×10^{-8}
Ouro	2.44×10^{-8}
Alumínio	2.82×10^{-8}
Tungstênio	5.60×10^{-8}
Níquel	6.99×10^{-8}
Latão	0.8×10^{-7}
Ferro	1.0×10^{-7}
Estanho	1.09×10^{-7}
Platina	1.1×10^{-7}
Chumbo	2.2×10^{-7}
Vidro	10^{10} a 10^{14}
Teflon	10^{22} a 10^{24}

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
15

Condutividade

- A condutividade é definida como o inverso da resistividade:

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

Definição de condutividade

$[\sigma] = (\Omega m)^{-1}$

- Como:

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

- Podemos escrever:

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

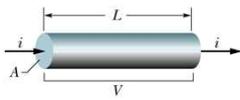
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos
Física Geral III
loos.prof.ufsc.br
16

Mais sobre Resistividade

- Já que resistividade tem unidade Ωm , pode-se pensar em dividir esta grandeza por comprimento para obter a resistência em Ω .

~~$R = \rho/L?$~~

$E = V/L$ $J = i/A$



- Resistividade pode ser escrita como:

$\rho = \frac{E}{J} = \frac{V/L}{i/A} = RA/L$

- Logo

$R = \rho \frac{L}{A}$ Resistência a partir da resistividade

Variação da resistividade com a temperatura:

- Quanto maior a temperatura em um material, maior a agitação térmica e mais difícil será criar um fluxo ordenado de eletricidade.
- O efeito da T na resistividade é considerado através da eq.: $\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$
- T_0 é uma T de referência, ρ_0 é ρ a T_0 . α é o coef. de temperatura da resistividade.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos
Física Geral III
loos.prof.ufsc.br
17

Exercício

- Um trilho de aço de um bonde tem uma área de secção transversal de $56,0 \text{ cm}^2$. Qual a resistência de 10 km de trilho? A resistividade do aço à temperatura ambiente é $3,00 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$.

Resposta

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

$R = 0,54 \Omega$

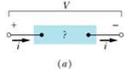


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos
Física Geral III
loos.prof.ufsc.br
18

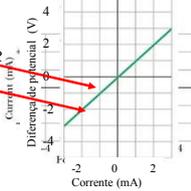
Lei de Ohm

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

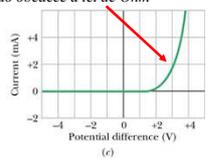
- A Lei de Ohm é uma afirmação de que a **corrente** através de um dispositivo é **sempre diretamente proporcional à ddp** aplicada ao dispositivo.
- Um **dispositivo condutor** obedece a Lei de Ohm quando a **resistência do dispositivo é independente da magnitude e polaridade da ddp aplicada**.
- Um **material condutor** obedece a lei de Ohm quando a **resistividade do material é independente da magnitude e direção do campo aplicado**.



(a)



(b)



(c)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 19

Potência em circuitos elétricos

- Sabemos que potência é energia por unidade de tempo $P = \frac{dU}{dt}$ (Watts).
- Vimos que para um arranjo de carga dq há uma energia potencial associada: $V = \frac{U}{q}$
- Logo: $dU = Vdq$
- Assim $P = \frac{dq}{dt} V$ $P = iV$ Taxa de transferência de energia elétrica $[P] = \frac{C \cdot J}{s \cdot C} = \frac{J}{s} = W$
- P (acima) é a taxa com que a energia da bateria é transferida para um dispositivo.**
- Para uma resistência que obedece a lei de Ohm podemos obter duas eq. equivalentes:

$P = i^2 R$

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

Dissipação Resistiva:
transf. de energia elétrica p/ térmica

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 20

Exercício

- Estime o custo para assar um leitão por 6h em um forno que opera continuamente a 20.0 A e 240 V. Considere o preço do kWh como R\$ 0,550.

Resposta

$$P = iV$$

$$P = \frac{dU}{dt}$$

$$\text{Custo} = U(kWh) \times R\$0,350 / kWh$$



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 21

Você já pode resolver os seguintes exercícios:

Capítulo 26: 5, 6, 9, 11, 13, 14

Capítulo 26: 15, 16, 26, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41

Capítulo 26: 43, 45, 48, 56, 60, 68 e 70

Capítulo 27: 2, 4, 6, 8, 11, 12, 16, 17, 18, 21, 23, 26, 27, 29, 30

Capítulo 27: 36, 46, 47, 52, 60, 63, 64 e 65.

Capítulo 28: 1, 7, 9, 15, 16, 26, 27, 28, 44, 49, 53 e 57

Livro texto: Halliday, vol. 3, 4ª edição.

Mais informações (cronogramas, lista de exercícios):

web: loos.prof.ufsc.br e-mail: marcio.loos@ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Prof. Loos

Física Geral III

loos.prof.ufsc.br

23
