

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

---

---

---

---

---

---

---

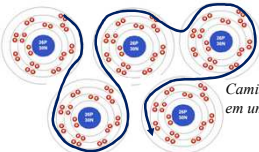
---

---

---

### 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

---

---

---

---

---

---

---

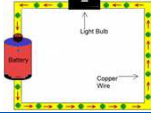
---

---

---

### 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

---

---

---

---

---

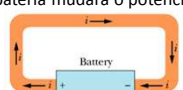
---

---

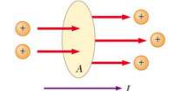
---

### 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

---

---

---

---

---

---

---

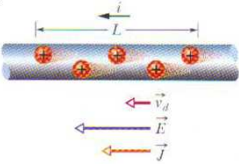
---

---

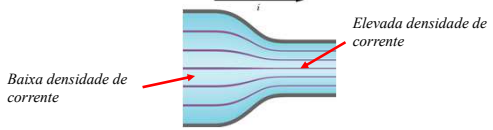
---

### 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

---

---

---

---

---

---

---

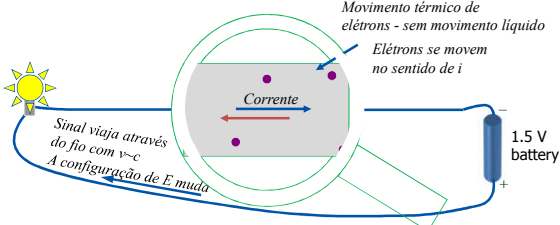
---

---

---

### Velocidade de Deriva

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



*Movimento térmico de elétrons - sem movimento líquido*  
*Elétrons se movem no sentido de i*

*Sinal viaja através do fio com v=c*  
*A configuração de E muda*

1.5 V battery

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

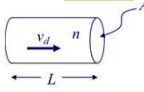
- A velocidade de deriva é pequena comparada aos movimentos térmicos.
- Movimento térmico tem velocidades de  $\sim 10^6$  m/s.
- A velocidade de deriva no cobre é de  $\sim 10^{-4}$  m/s.
- Vamos relacionar a velocidade de deriva à densidade de corrente.

- 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  $L$ :  $L = v_d t$

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

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



$\vec{J} = n e \vec{v}_d$   $n e$  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	$1.59 \times 10^{-8}$
Cobre	$1.72 \times 10^{-8}$
Ouro	$2.44 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2.82 \times 10^{-8}$
Tungstênio	$5.60 \times 10^{-8}$
Níquel	$6.99 \times 10^{-8}$
Latão	$0.8 \times 10^{-7}$
Ferro	$1.0 \times 10^{-7}$
Estanho	$1.09 \times 10^{-7}$
Platina	$1.1 \times 10^{-7}$
Chumbo	$2.2 \times 10^{-7}$
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

---

---

---

---

---

---

---

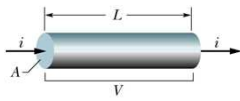
---

### Mais sobre Resistividade

- Já que resistividade tem unidade  $\Omega m$ , pode-se pensar em dividir esta grandeza por comprimento para obter a resistência em  $\Omega$ .

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

$E = V / L$      $J = i / A$



- 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,  $\rho_0$  é  $\rho$  a  $T_0$ .  $\alpha$  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

---

---

---

---

---

---

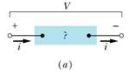
---

---

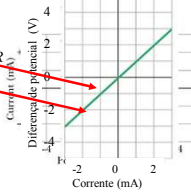
### Lei de Ohm

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

- 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**.

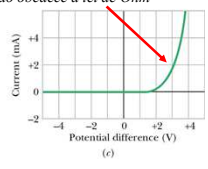


(a)



(b)

Não obedece a lei de Ohm



(c)

*Coef. ang. = R*  
*Def. Ohm:  $R = V/i$*

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

$P = iV$

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

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



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](http://loos.prof.ufsc.br) e-mail: [marcio.loos@ufsc.br](mailto:marcio.loos@ufsc.br)

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA

Prof. Loos

Física Geral III

[loos.prof.ufsc.br](http://loos.prof.ufsc.br)

23

---

---

---

---

---

---

---

---