

Aula 6: Corrente e Resistência

F 328: Física Geral III

2º Semestre 2016



Corrente elétrica

- Uma corrente elétrica é um movimento **ordenado** de cargas elétricas.
- Um circuito condutor isolado (Fig. 1a) está todo a um mesmo potencial e $E = 0$ no seu interior. Nenhuma força elétrica resultante atua sobre os elétrons de condução disponíveis, logo não há nenhuma corrente elétrica.
- A inserção de uma bateria ou algo que crie uma diferença de potencial no circuito (Fig. 1b) gera um campo elétrico dentro do condutor. Este campo faz com que as cargas elétricas se movam ordenadamente, constituindo assim uma **corrente elétrica**.

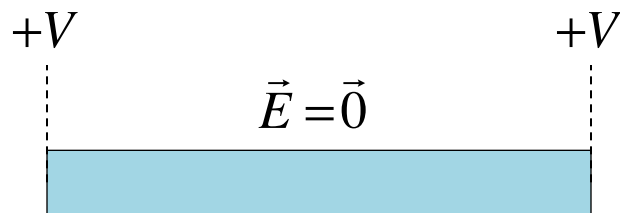


Fig. 1a

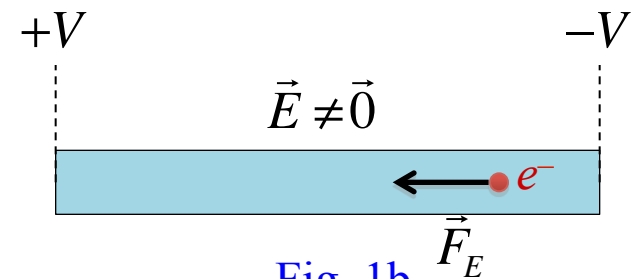


Fig. 1b

Corrente elétrica

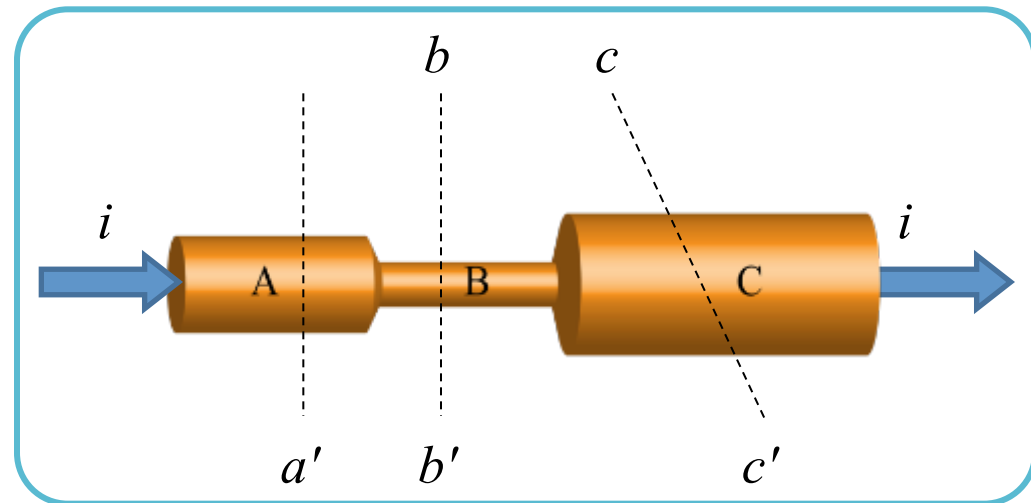
Definição de corrente: $i = \frac{dq}{dt}$

A carga Δq que atravessa um plano em um intervalo de tempo Δt pode ser determinada através de:

$$\Delta q = \int dq = \int_t^{t+\Delta t} i dt$$

Unidade de corrente:

1 ampère (A) = 1 C/s



Uma corrente i estacionária tem a mesma intensidade através das seções aa' , bb' e cc' .

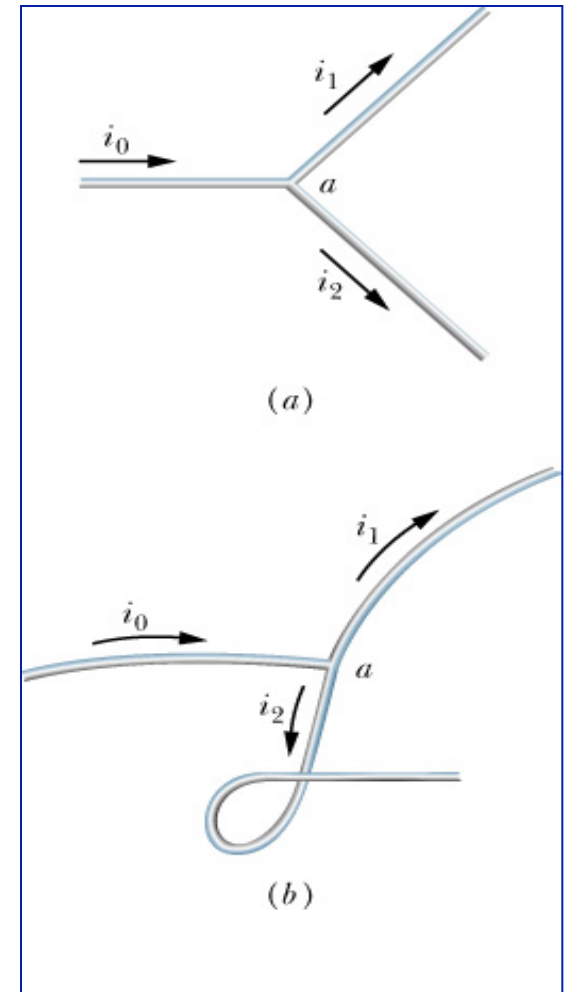
Corrente elétrica e conservação de carga

a) Correntes, apesar de serem representadas por setas, são **escalares**.

b) Em consequência da conservação da carga, temos:

$$i_0 = i_1 + i_2$$

c) O sentido convencional da corrente é o sentido no qual se moveriam os portadores de **carga positiva**, mesmo que, em alguns casos, os verdadeiros portadores tenham **carga negativa**.

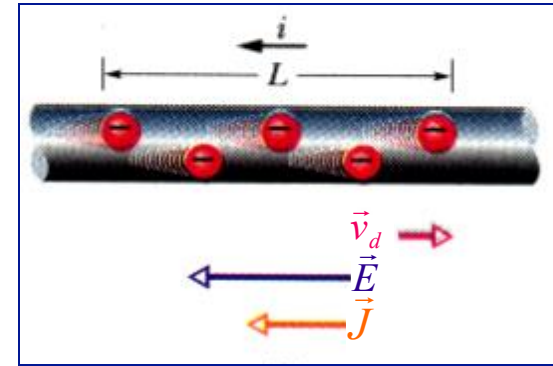
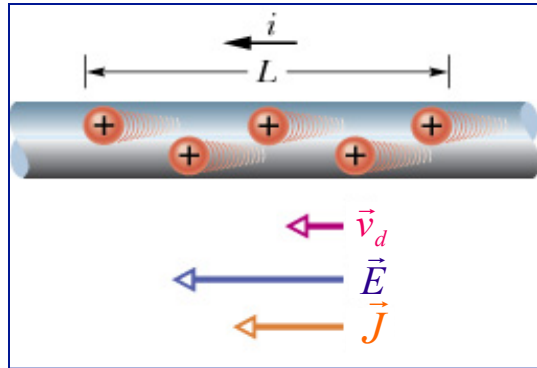


Q-01 Correntes

Considere as quatro situações seguintes: 1. um íon com carga $+Q$ move-se para a direita 2. um átomo de hidrogênio neutro, consistindo de um próton pesado ($+e$) e um elétron leve ($-e$) move-se para a direita 3. um feixe de elétrons na sua TV desvia-se para a direita 4. numa solução iônica, íons positivos pesados fluem para a direita e elétrons negativos leves fluem com a mesma velocidade para a esquerda. Em qual(is) das situações a corrente líquida é para a direita? (Escolha uma)

1. somente 1 e 4;
2. somente 1;
3. somente 4;
4. em nenhuma delas;
5. somente 3;

Densidade de corrente

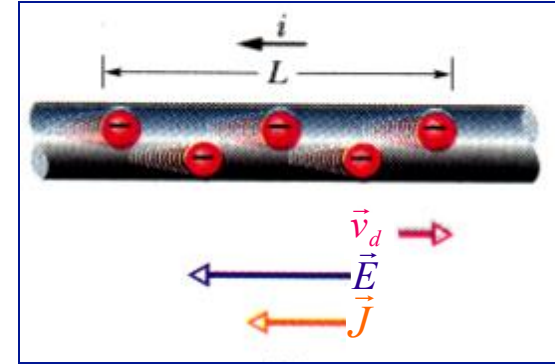
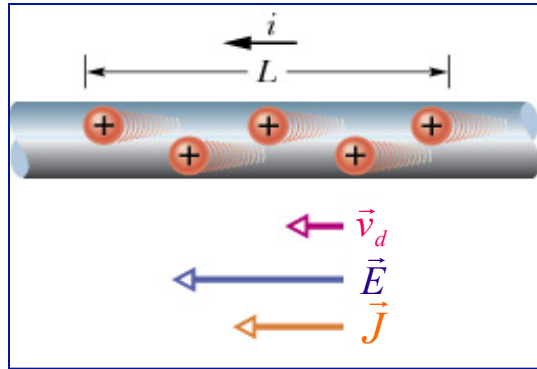


$$i = \int \vec{J} \cdot \hat{n} dA$$

Se a **densidade de corrente** \vec{J} for **uniforme** através da superfície e paralela a $d\vec{A}$,

$$i = \int J dA = J \int dA \quad \longrightarrow \quad J = \frac{i}{A} (\text{A/m}^2)$$

Densidade de corrente



Microscopicamente:

relação entre densidade de corrente J e **velocidade de deriva** v_d :

$$J = nev_d$$

ou, na forma vetorial: $\vec{J} = ne\vec{v}_d$

n = número de portadores por unidade de volume

e = carga elementar

Exemplo

- a) A densidade de corrente em um fio cilíndrico de raio $R = 2,0 \text{ mm}$ é uniforme em uma seção transversal do fio e igual a $J = 2,0 \times 10^5 \text{ A/m}^2$. Qual a corrente que atravessa a porção externa do fio entre as distâncias radiais $R/2$ e R ?

$$R: i \cong 1,9 \text{ A}$$

- b) Suponha agora que a densidade de corrente através de uma seção transversal do fio varie com a distância radial r segundo $J = ar^2$, onde $a = 3,0 \times 10^{11} \text{ A/m}^4$ e r está em metros. Neste caso, qual a corrente que atravessa a mesma porção externa do fio?

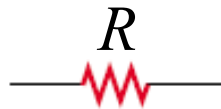
$$R: i = \frac{15}{32} \pi a R^4 \cong 7,1 \text{ A}$$

Resistividade e resistência

Definição de resistência: $R = \frac{V}{I}$

No Sistema Internacional (SI), a diferença de potencial em *volts* (V) e a corrente em *ampères* (A) resultam R em *ohms* (Ω).

Na prática, um material cuja função é oferecer uma resistência específica em um circuito é chamado de *resistor* (veja figura) e seu símbolo em um circuito elétrico é :



A principal função do resistor em um circuito elétrico é controlar a corrente elétrica.

Resistividade e resistência

Microscopicamente, é conveniente utilizar o campo elétrico \vec{E} e a densidade de corrente \vec{J} no lugar da diferença de potencial V e da corrente elétrica i . Daí, o equivalente microscópico da resistência R é a **resistividade** ρ , definida por:

$$\rho = \frac{E}{J} \left(\frac{\text{V/m}}{\text{A/m}^2} = \Omega \cdot \text{m} \right)$$

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

Em alguns casos, é conveniente usar a **condutividade** σ , definida por:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \left(\frac{1}{\Omega \cdot \text{m}} \right) \therefore \vec{J} = \sigma \vec{E}$$

Resistividade e resistência

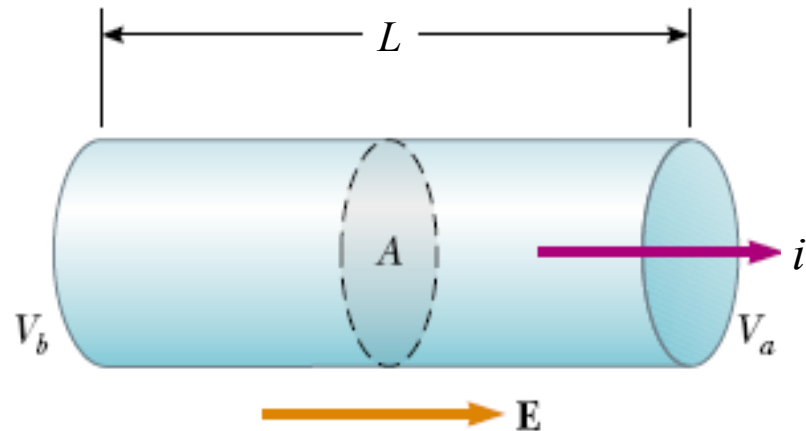
Relação entre a resistividade ρ e a resistência R :

Como:

$$E = \frac{V_b - V_a}{L}$$

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

em $\rho = \frac{E}{J}$ temos que: $R = \rho \frac{L}{A}$



Q-02 Densidades de Correntes

A figura mostra o potencial elétrico $V(x)$, em função da posição x ao longo de um fio de cobre percorrido por uma corrente. O fio possui três trechos com raios diferentes. Coloque os trechos em ordem, de acordo com a densidade de corrente em cada trecho, começando pela maior.

Escolha uma:

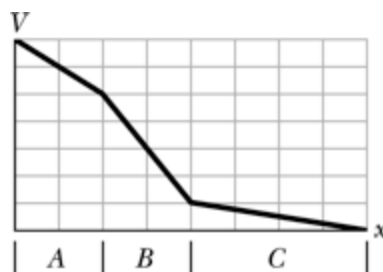
1. C, A, B ;

☒ 2. B, A, C ;

3. A, C, B ;

4. A, B, C ;

5. B, C, A .



Q-03 Medidas de Resistências

Um fio de resistividade ρ e área de seção reta A é dobrado na forma de um triângulo equilátero de lado b , como mostrado. Ligando-se os terminais de um ohmímetro aos vértices X e Y do triângulo, a resistência que ele mede é: (Escolha uma)

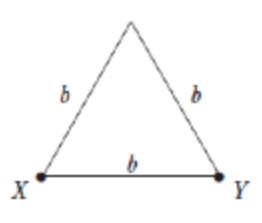
1. $3A/2\rho b$;

2. $3\rho b/2A$;

3. $3\rho b/A$;

4. $3A/\rho b$;

5. $2\rho b/3A$.



Variação da resistividade com a temperatura

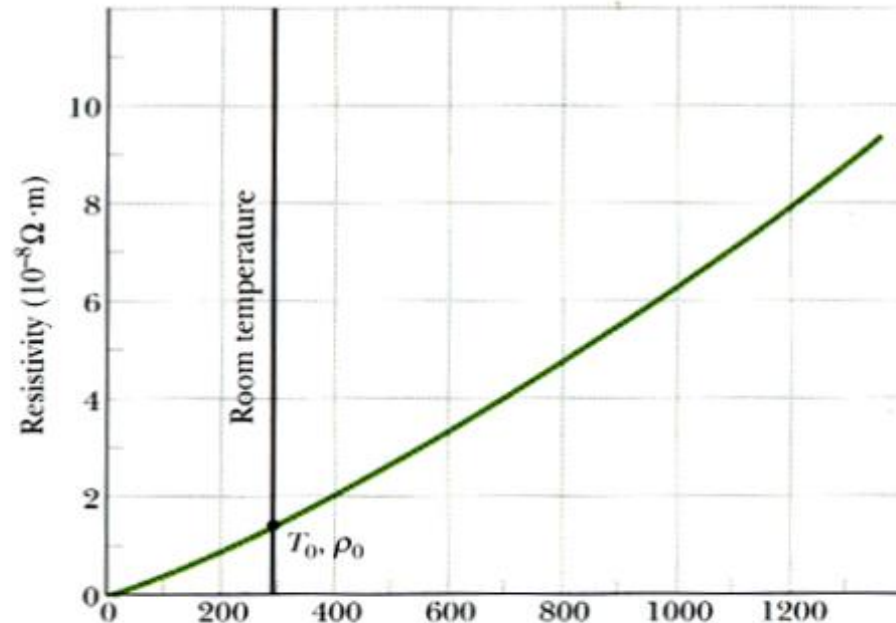
Para os metais, em geral, a variação da resistividade com a temperatura é *linear* numa ampla faixa de temperaturas:

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

Nesta equação, T_0 é uma temperatura de referência selecionada e ρ_0 é a resistividade nesta temperatura.

Normalmente, $T_0 = 293\text{K}$ para a qual $\rho_0 = 1,69 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{cm}$, no caso do cobre.

A resistividade do cobre em função de T



Constante α : **coeficiente de temperatura da resistividade.**

Resistividade de alguns materiais

Material (a 20° C)	Resistividade ρ ($\Omega.m$)	Coef. de resistividade (K^{-1})
Prata	$1,62 \times 10^{-8}$	$4,1 \times 10^{-3}$
Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$	$4,3 \times 10^{-3}$
Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$	$4,4 \times 10^{-3}$
Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$	$4,5 \times 10^{-3}$
Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$	$6,5 \times 10^{-3}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Manganina	$4,82 \times 10^{-8}$	$0,002 \times 10^{-3}$
Silício puro	$2,5 \times 10^{-3}$	-70×10^{-3}
Silício tipo <i>n</i>	$8,7 \times 10^{-4}$	
Silício tipo <i>p</i>	$2,8 \times 10^{-3}$	
Vidro	$10^{10} - 10^{14}$	
Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$	

Lei de Ohm

A lei de Ohm estabelece que a **corrente** através de um “dispositivo” em função da **diferença de potencial** é **linear**, ou seja, **R independe do valor e da polaridade de V** (Fig. A). Quando isto acontece, diz-se que o “dispositivo” é um **condutor ôhmico**. Caso contrário, o condutor não segue a lei de Ohm (Fig. B).

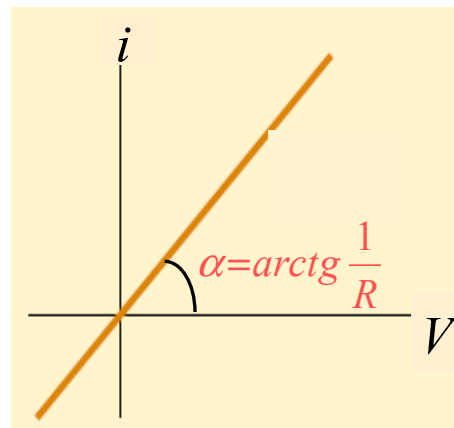
Pela definição de resistência:

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

A lei de Ohm implica que

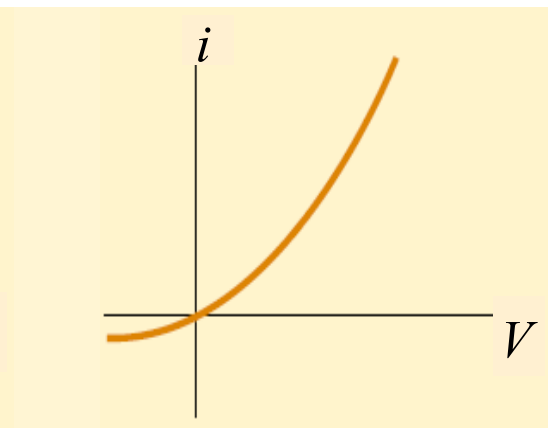
$$R \neq R(V)$$

e que o gráfico **$i \times V$** é linear



condutor ôhmico

Fig. A



condutor não-ôhmico

Fig. B

Visão microscópica da Lei de Ohm

Um elétron de massa m colocado num campo \vec{E} sofre uma aceleração

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$$

A **velocidade de deriva** pode ser escrita como:

$$v_d = a\tau = \frac{eE}{m}\tau,$$

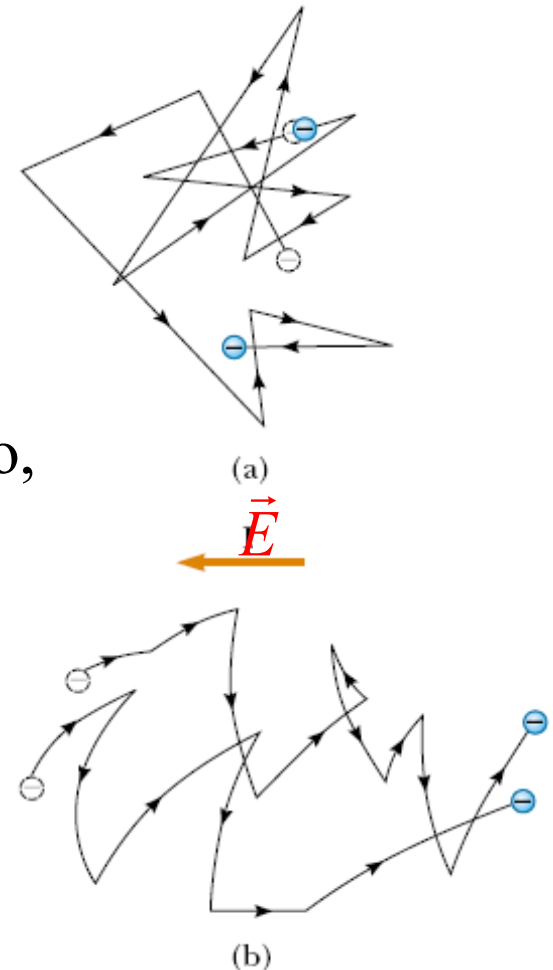
onde τ é o **tempo médio entre colisões**. Portanto,

$$J = nev_d = \frac{ne^2\tau}{m}E$$

Assim, de acordo com este **modelo clássico**,

$$\sigma = \frac{n\tau e^2}{m} \text{ ou } \rho = \frac{m}{n\tau e^2}$$

notar: σ e ρ **não dependem** de E (característica condutor ôhmico)



Potência em circuitos elétricos

Energia potencial transformada no trecho *cd* :

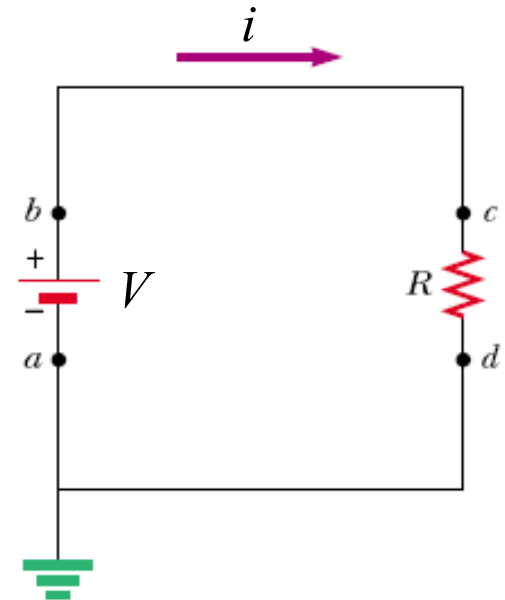
$$dU = Vdq = Vi dt$$

$$\frac{dU}{dt} = iV \Rightarrow P = Vi \text{ (W)}^{\#}$$

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

Aplica-se à transformação de energia elétrica em todos os outros tipos de energia.

** aplica-se à transformação de energia potencial elétrica em energia térmica num dispositivo com resistência.



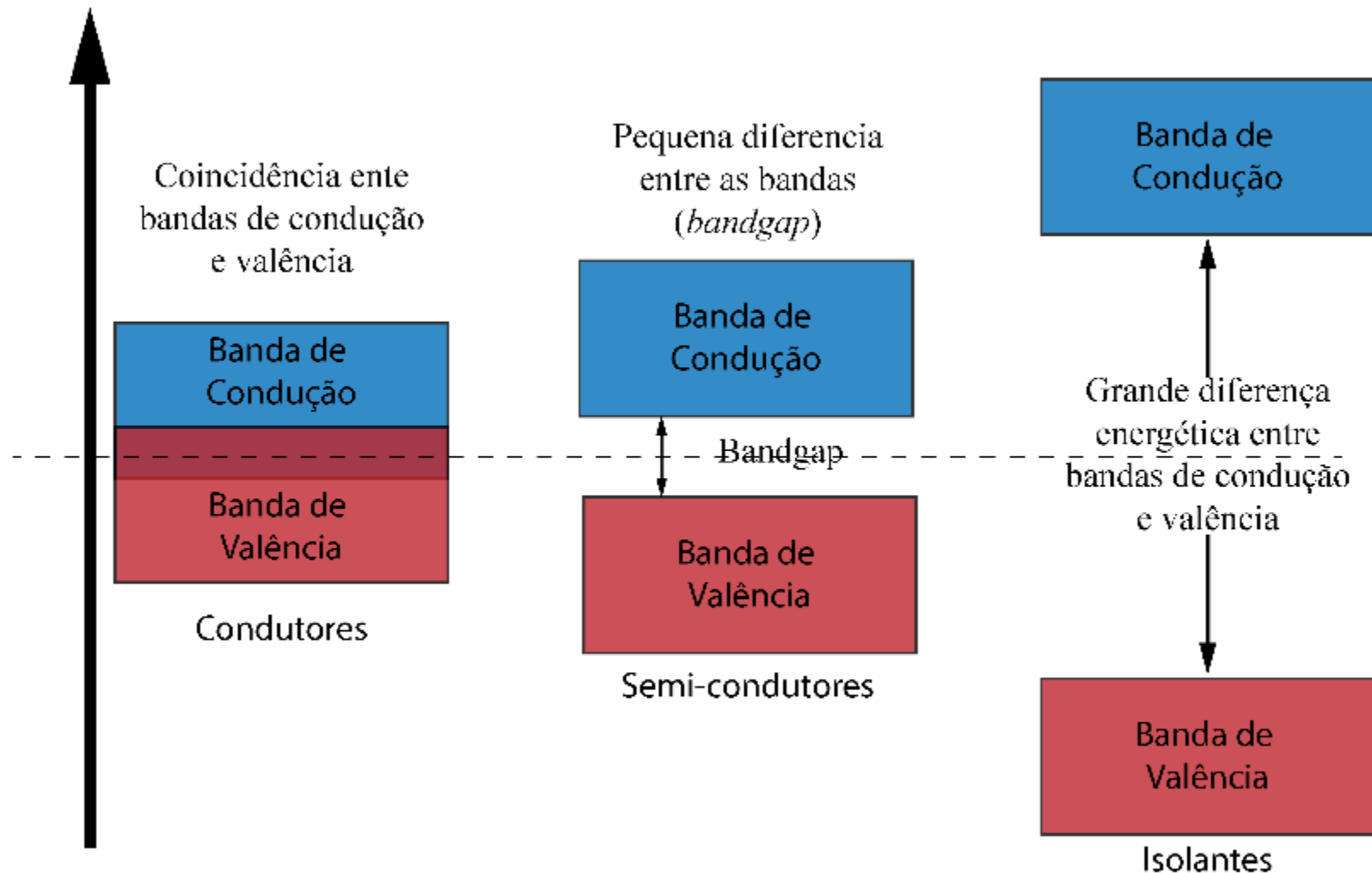
Q-04 Velocidade de deriva

Duas substâncias são idênticas, exceto que o caminho livre médio dos elétrons na substância A é o dobro do caminho livre médio na substância B. Se o mesmo campo elétrico é aplicado em ambas as substâncias, a velocidade de deriva dos elétrons em A é:

Escolha uma:

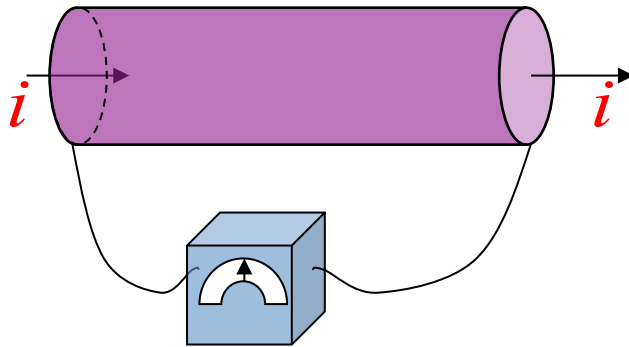
1. o dobro daquela em B;
2. metade daquela em B;
3. a mesma daquela em B;
4. $\sqrt{2}$ vezes maior que aquela em B;
5. $1/\sqrt{2}$ vezes menor que aquela em B.

Condução em materiais: modelo de bandas



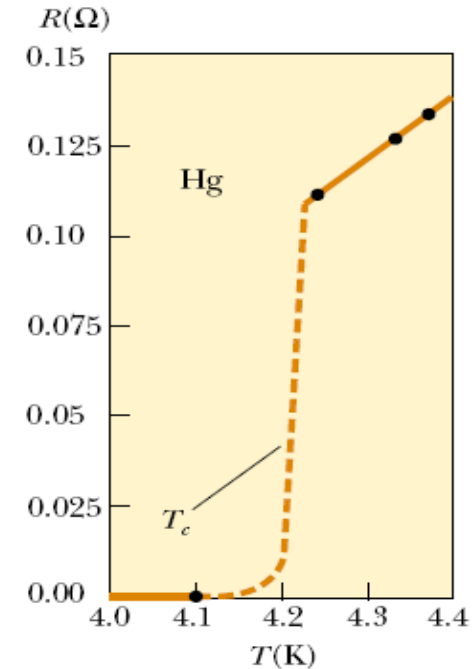
Supercondutores

Condução sem resistência



$$V = 0$$

Propriedades magnéticas inusitadas:



Pares de Cooper



Lista de exercícios do capítulo 26

•Informações complementares

Os exercícios pares do Livro texto capítulo **Corrente e Resistência** :
Consultar:

<https://www.ggte.unicamp.br/ea/index.php>

Aulas gravadas:

<http://lampiao.ic.unicamp.br/weblectures> (Prof. Roversi)

ou

[UnivespTV e Youtube](#) (Prof. Luiz Marco Brescansin)