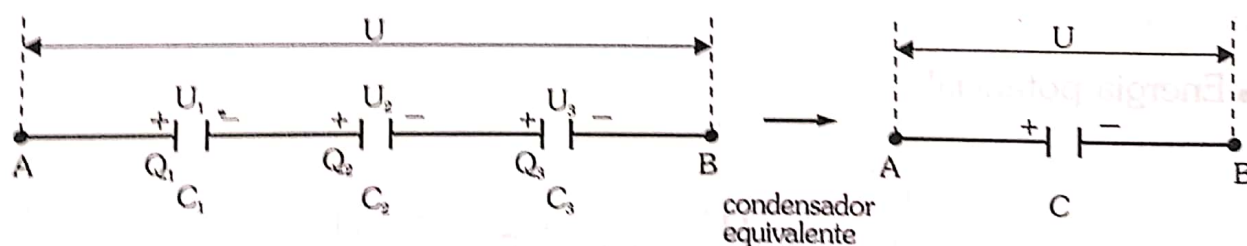


3 Associação de condensadores

Há três tipos de associação de condensadores: em série, em paralelo e mista.

a) Associação em série

Numa associação em série, a armadura negativa de um capacitor está ligada à armadura positiva do seguinte.



As cargas armazenadas em todos os condensadores são iguais, uma vez que todos se carregam por indução.

O condensador equivalente da associação em série possui as seguintes características:

1ª) A carga Q é igual à dos demais condensadores.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$$

2ª) A diferença de potencial é igual à soma das ddp de cada condensador.

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

3ª) A capacidade do condensador equivalente é igual a:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

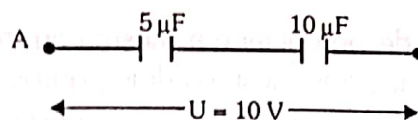
Problema de Aplicação

Dois capacitores, um de $5 \mu\text{F}$ e outro de $10 \mu\text{F}$, são associados em série e lhes é aplicada nos terminais uma tensão de 10 V . Determinar a capacidade equivalente, a carga de cada capacitor e a ddp à qual cada capacitor está submetido.

Resolução:

$$\text{Dados } \begin{cases} C_1 = 5 \mu\text{F} \\ C_2 = 10 \mu\text{F} \\ U = 10 \text{ V} \end{cases}$$

Esquema:



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{2+1}{10} = \frac{3}{10} \Rightarrow C = \frac{10}{3} \mu\text{F}$$

A carga de cada capacitor é a mesma que para o capacitor equivalente; então:

$$Q = Q_1 = Q_2 = C \cdot U = \frac{10}{3} \cdot 10 = \frac{100}{3} \mu\text{C}$$

A ddp para cada capacitor será:

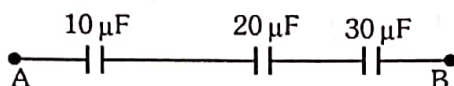
$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{\frac{100}{3}}{5} = \frac{20}{3} \approx 6,7 \text{ V}$$

$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{\frac{100}{3}}{10} = \frac{10}{3} \approx 3,3 \text{ V}$$

Resposta: $\frac{10}{3} \mu\text{F}$, $Q_1 = Q_2 = \frac{100}{3} \mu\text{C}$, $U_1 \approx 6,7 \text{ V}$ e $U_2 \approx 3,3 \text{ V}$

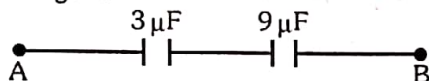
PROBLEMAS PROPOSTOS

- 785** Determine a capacidade equivalente do circuito abaixo.



- 786** Quatro condensadores em série têm a mesma capacidade de $5 \mu\text{F}$. Determine a capacidade do capacitor equivalente.

- 787** Dois capacitores são associados em série como indica a figura:



Se fornecermos à associação uma carga de

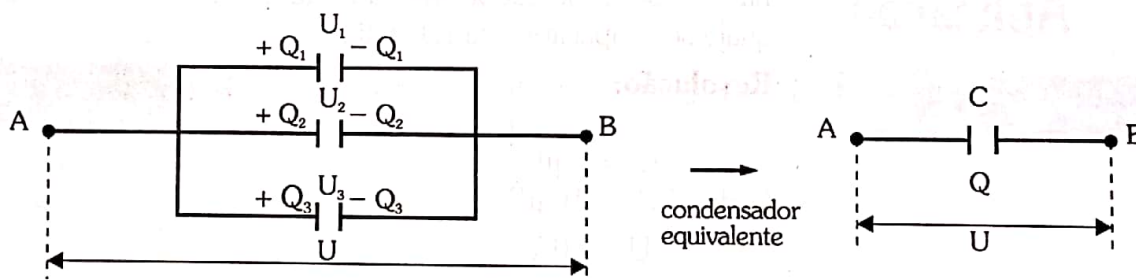
$18 \mu\text{C}$, determine:

- a capacidade equivalente;
- a carga de cada capacitor;
- a ddp em cada capacitor;
- a ddp da associação;
- a energia armazenada da associação.

- 788** (Mack-SP) Uma esfera condutora elétrica tem um diâmetro de $1,8 \text{ cm}$ e se encontra no vácuo ($k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$). Dois capacitores idênticos, quando associados em série, apresentam uma capacitância equivalente à da referida esfera. Determine a capacitância de cada um desses capacitores.

b) Associação em paralelo

Numa associação em paralelo, todas as armaduras positivas estão ligadas a um ponto de mesmo potencial, assim como todas as negativas estão ligadas a um outro ponto de potencial comum.



A diferença de potencial é a mesma em todos os condensadores, uma vez que todos estão ligados aos mesmos dois pontos.

Essa associação também pode ser substituída por um único condensador equivalente com as seguintes características:

- 1ª) A ddp é igual à dos demais condensadores.

$$U_1 = U_2 = U_3 = U$$

- 2ª) A carga armazenada é igual à soma das cargas de cada condensador.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

- 3ª) A capacidade do capacitor equivalente é dada por:

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Problema de Aplicação

Dada a associação da figura, calcular:

- a capacidade da associação equivalente;
- a carga de cada capacitor;
- a energia armazenada na associação;
- a carga total armazenada.

Resolução:

$$\text{Dados } \begin{cases} C_1 = 5 \mu\text{F} = 5 \cdot 10^{-6} \text{C} \\ C_2 = 2 \mu\text{F} = 2 \cdot 10^{-6} \text{C} \\ U = 70 \text{V} \end{cases}$$

$$\text{a) } C = C_1 + C_2 \Rightarrow C = 5 + 2 \Rightarrow C = 7 \mu\text{F}$$

$$\text{b) } Q_1 = C_1 U \Rightarrow Q_1 = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 70 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{C}$$

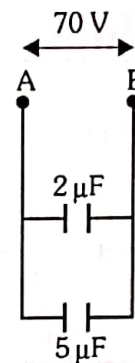
$$Q_2 = C_2 U \Rightarrow Q_2 = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 70 = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{C}$$

$$\text{c) } E_p = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow E_p = \frac{7 \cdot 10^{-6} \cdot 4900}{2} \Rightarrow E_p = 1,715 \cdot 10^2 \text{J}$$

$$\text{d) } Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q = 3,5 \cdot 10^{-4} + 1,4 \cdot 10^{-4} \Rightarrow Q = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{C}$$

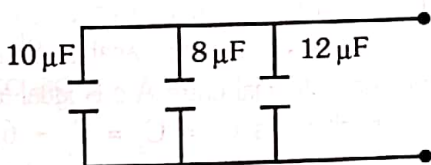
Resposta: a) $7 \mu\text{F}$ b) $3,5 \cdot 10^{-4} \text{C}$ e $1,4 \cdot 10^{-4} \text{C}$

c) $1,715 \cdot 10^2 \text{J}$ d) $4,9 \cdot 10^{-4} \text{C}$



PROBLEMAS PROPOSTOS

789 Determine a capacidade equivalente da associação dada.

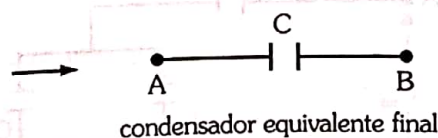
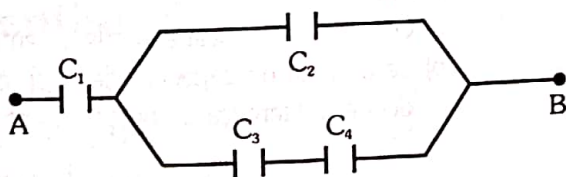


790 Dois capacitores de $2 \mu\text{F}$ e $3 \mu\text{F}$ são associados em paralelo e o conjunto é colocado sob uma diferença de potencial de 1 000 V.

- Qual a capacidade do capacitor equivalente?
- Qual a carga em cada capacitor?
- Qual a ddp em cada capacitor?

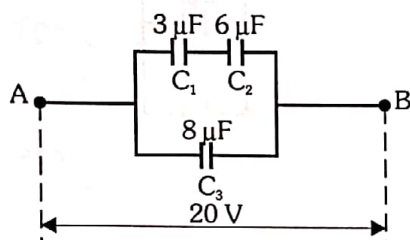
c) Associação mista

É aquela na qual encontramos, ao mesmo tempo, condensadores associados em série e em paralelo, como na figura:



A determinação do condensador equivalente final é feita mediante o cálculo dos condensadores equivalentes de cada uma das associações, a respeito dos quais se tem certeza de estarem em série ou em paralelo.

Problema de Aplicação



Na associação de capacitores da figura ao lado, determinar:

- o capacitor equivalente;
- a carga de cada capacitor.

Resolução:

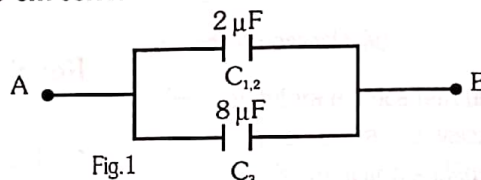
- Resolvendo a associação em série:

$$\frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{2+1}{6}$$

$$C_{1,2} = \frac{6}{3} = 2 \mu\text{F}$$

Resolvendo a associação em paralelo, temos o equivalente:

$$C_{\text{Eq}} = 8 + 2 = 10 \mu\text{F}$$



- Podemos observar na fig. 1 que os capacitores de 2 μF e 8 μF estão em paralelo, portanto têm a mesma ddp.

$$Q_{1,2} = C_{1,2} \cdot U \Rightarrow Q_{1,2} = 2 \mu \cdot 20 = 40 \mu\text{C}$$

Como C_1 está em série com C_2 , apresentam a mesma carga de $C_{1,2}$.

$$Q_{1,2} = Q_1 = Q_2 = 40 \mu\text{C}$$

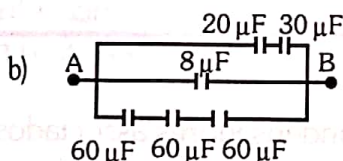
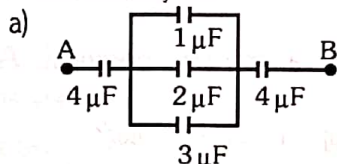
Em C_3 a ddp é de 20 V, então:

$$Q_3 = C_3 \cdot U \Rightarrow Q_3 = 8 \mu \cdot 20 = 160 \mu\text{C}$$

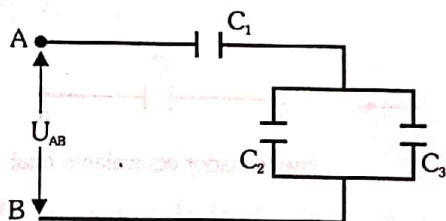
Resposta: a) 10 μF b) $Q_1 = Q_2 = 40 \mu\text{C}$ e $Q_3 = 160 \mu\text{C}$

PROBLEMAS PROPOSTOS

- 791** Calcule a capacidade do condensador equivalente das associações.



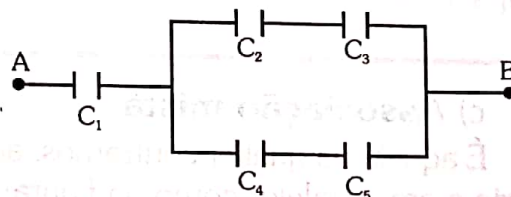
- 792** Calcule a energia armazenada na associação de capacitores indicada na figura abaixo.



Dados

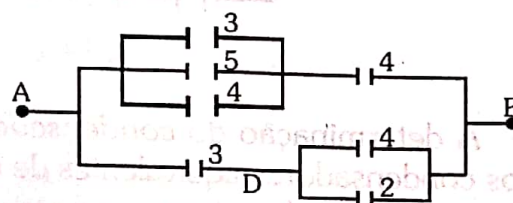
$$\begin{cases} U_{AB} = 100 \text{ V} \\ C_1 = 2,5 \mu\text{F} \\ C_2 = 7,0 \mu\text{F} \\ C_3 = 3,0 \mu\text{F} \end{cases}$$

- 793** (UFPel-RS) Cinco capacitores estão associados, como mostra a figura abaixo. Sendo a diferença de potencial entre A e B igual a 120 V, e as capacitâncias $C_1 = C_3 = C_5 = 6,0 \mu\text{F}$ e $C_2 = C_4 = 2,0 \mu\text{F}$, determine a carga total armazenada na associação.



- 794** (Faap-SP) As capacitâncias indicadas são dadas em μF.

- Qual a capacitância equivalente entre A e B?
- Se a carga do capacitor de 5 μF é 120 μC, qual é a diferença de potencial entre A e D?



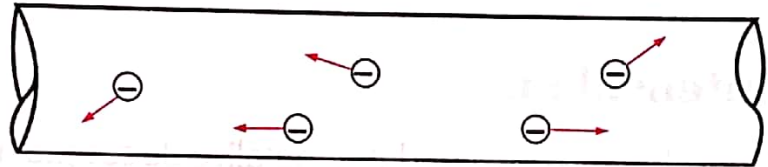
Eletrodinâmica

Capítulo

Corrente elétrica

1 Definição

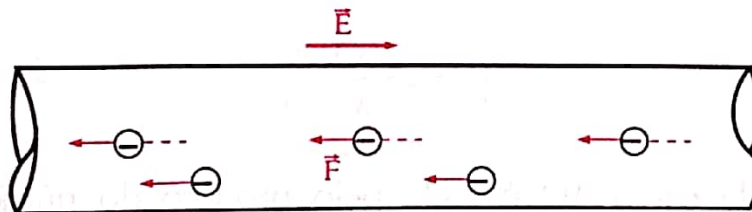
Consideremos o fio metálico da figura. Por apresentar uma grande quantidade de elétrons livres, que se movimentam de maneira desordenada, é chamado de *condutor metálico*.



Criando-se um campo elétrico no interior desse condutor, os seus elétrons livres passam a ter um movimento *ordenado*.

Para se conseguir esse campo elétrico, liga-se o condutor aos terminais de um gerador, como por exemplo os pólos de uma pilha, que, ao estabelecer no condutor uma diferença de potencial, origina no seu interior o campo elétrico $\vec{E}$.

Os elétrons livres do condutor, na presença desse campo elétrico, ficam sujeitos à ação de uma força elétrica $\vec{F}$, responsável pelo movimento ordenado dos elétrons livres. Como a carga q dos elétrons é negativa, eles são movimentados no sentido oposto ao do campo elétrico, pois $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$.



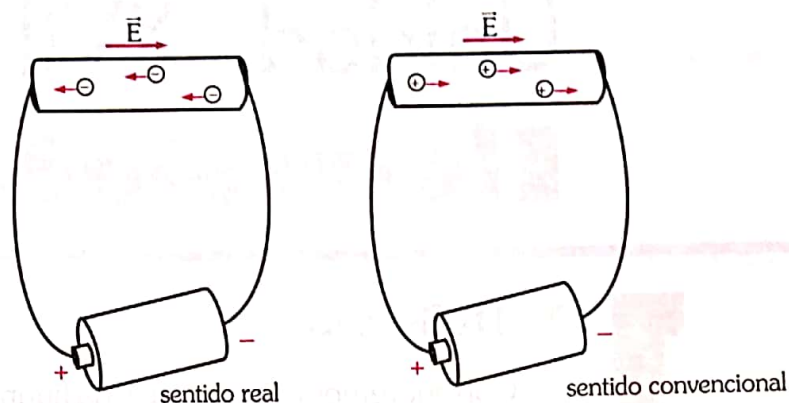
Ao movimento ordenado dos elétrons livres num condutor metálico, devido à ação de um campo elétrico estabelecido no seu interior, damos o nome de *corrente elétrica*.

2 Sentido da corrente elétrica

Nos condutores sólidos, o sentido da corrente elétrica é o sentido do movimento dos elétrons, pois são eles que se deslocam do potencial menor (pólo negativo) para o potencial maior (pólo positivo). Esse é o *sentido real* da corrente elétrica.

No estudo da corrente elétrica, entretanto, adota-se um *sentido convencional*, que é o do deslocamento das cargas positivas, do potencial maior para o menor, que corresponde ao mesmo sentido do campo elétrico no interior do condutor.

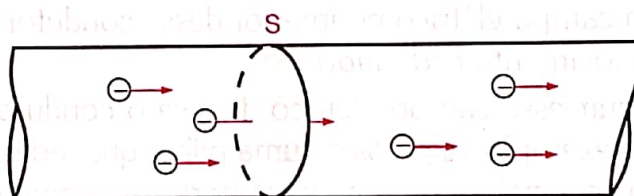
Assim, sempre que tratarmos do sentido da corrente, estaremos nos referindo ao sentido convencional.



O sentido da corrente elétrica é o do deslocamento imaginário das cargas positivas do condutor, isto é, o mesmo do campo elétrico no seu interior.

3 Intensidade

Consideremos um condutor metálico de secção transversal S sendo percorrido por uma corrente elétrica.



Suponha que num intervalo de tempo Δt , pela secção transversal S , passe uma quantidade de carga ΔQ , em módulo.

Define-se como intensidade da corrente elétrica i a relação:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

A quantidade de carga ΔQ é dada pelo produto do número n de elétrons multiplicado pela carga do elétron.

$$\Delta Q = ne$$

A unidade de corrente elétrica no Sistema Internacional de Unidades é o ampère (A).

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow 1 \text{ ampère} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ segundo}}$$

É comum o emprego de submúltiplos do ampère: o miliampère (mA) e o microampère (μA).

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

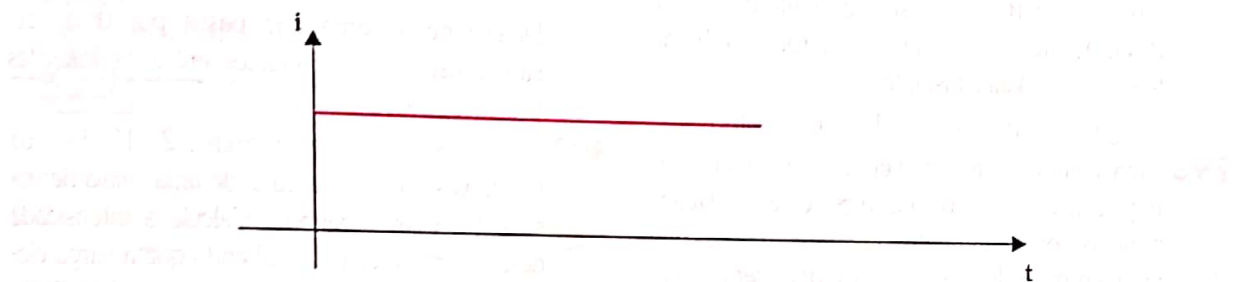
$$1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

4 Tipos de corrente elétrica

Comumente consideram-se dois tipos de corrente elétrica: a contínua (CC) e a alternada (CA).

a) Corrente contínua

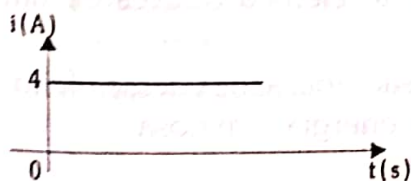
É aquela cujo sentido se mantém constante. Quando além do sentido a intensidade também se mantém constante, a corrente é chamada de *corrente contínua constante*. Vejamos o gráfico da corrente em função do tempo, mostrado a seguir. Como exemplo, temos as correntes estabelecidas por uma bateria de automóvel e por uma pilha.



b) Corrente alternada

É aquela cuja intensidade e cujo sentido variam periodicamente. É o caso das correntes utilizadas em residências, que são fornecidas pelas usinas hidrelétricas, em que temos uma corrente alternada de frequência 60 ciclos por segundo.

Problema de Aplicação



A corrente elétrica que percorre um condutor em função do tempo é fornecida pelo gráfico ao lado.

Determinar, para o tempo de 5 segundos:

- a carga elétrica que percorre o condutor;
- o número de elétrons que atravessam uma secção reta do condutor, sabendo-se que a carga do elétron é igual a $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Resolução:

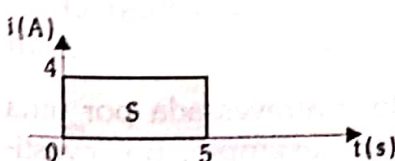
$$\text{Dados } \begin{cases} i = 4 \text{ A} \\ \Delta t = 5 \text{ s} \\ e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \end{cases}$$

- A área S da figura ao lado representa a quantidade de carga que percorre o condutor em 5 s; logo:

$$\Delta Q = \text{área} \Rightarrow \Delta Q = 4 \cdot 5 \Rightarrow \Delta Q = 20 \text{ C}$$

$$\text{b) } \Delta Q = n \cdot e \Rightarrow 20 = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow n = 1,25 \cdot 10^{20}$$

Resposta: a) 20 C b) $1,25 \cdot 10^{20}$ elétrons



PROBLEMAS PROPOSTOS

795 Um fio condutor é percorrido por uma corrente de 10 A. Calcule a carga que passa através de uma secção transversal em 1 minuto.

796 Um motor elétrico é atravessado por $2 \cdot 10^{20}$ elétrons em 4 s. Determine a intensidade da corrente que passa pelo motor.

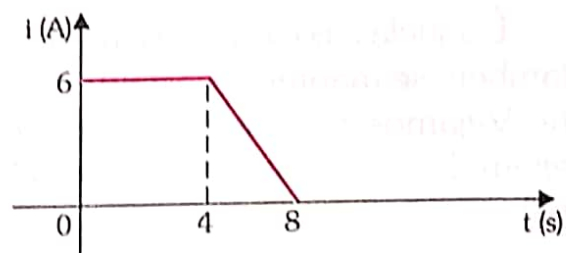
797 (Vunesp-SP) O feixe de elétrons num tubo de televisão percorre uma distância de 0,50 m no espaço evacuado entre o emissor de elétrons e a tela do tubo. Se a velocidade dos elétrons no tubo é $8,0 \cdot 10^7$ m/s e se a corrente do feixe é 2,0 mA, calcule o número de elétrons que há no feixe em qualquer instante.

(Carga do elétron = $1,6 \cdot 10^{-19}$ coulombs.)

798 Uma bateria de automóvel completamente carregada libera $1,3 \cdot 10^5$ coulombs de carga. Determine, aproximadamente, o tempo em horas que uma lâmpada, ligada nessa bateria, ficará acesa, sabendo que necessita de uma corrente constan-

te de 2,0 A para ficar em regime normal de funcionamento.

799 No gráfico tem-se a intensidade de corrente através de um condutor em função do tempo.



Determine a carga que passa por uma secção transversal do condutor entre os instantes 0 e 8 segundos.

800 (Vunesp-SP) Mediante estímulo, $2 \cdot 10^5$ íons de K^+ atravessam a membrana de uma célula nervosa em 1,0 milissegundo. Calcule a intensidade dessa corrente elétrica, sabendo que a carga elementar é $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.