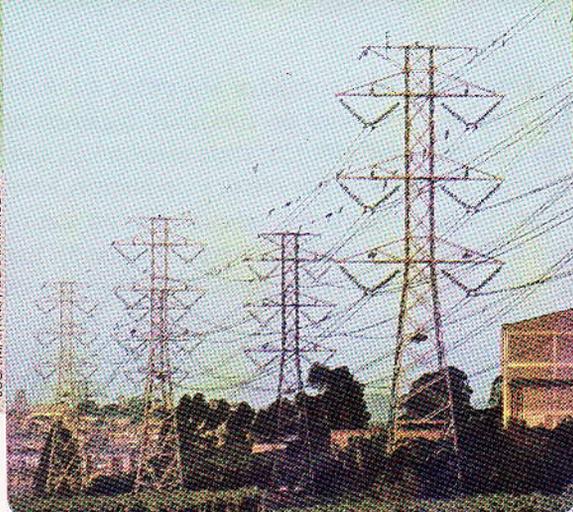


Corrente elétrica

1. A CORRENTE ELÉTRICA
2. INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA
3. SENTIDO CONVENCIONAL DA CORRENTE ELÉTRICA
4. CIRCUITO ELÉTRICO
5. EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA
6. MEDIDA DA INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA
7. ENERGIA E POTÊNCIA DA CORRENTE ELÉTRICA



Neste capítulo iniciamos o estudo da Eletrodinâmica. Conceituamos corrente elétrica e analisamos a energia e a potência da corrente elétrica. Na foto, vemos linhas de transmissão de energia elétrica.



1. A corrente elétrica

Considere um aparelho como o da figura 1, cuja função é manter entre seus terminais A e B uma diferença de potencial elétrico (ddp) expressa por $V_A - V_B$. Esse aparelho é chamado **gerador elétrico** e seus terminais A e B são denominados **pólos**.

O pólo positivo é o de maior potencial (V_A).
O pólo negativo é o de menor potencial (V_B).

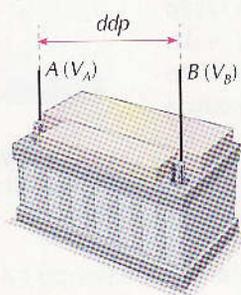


Figura 1. O gerador mantém entre os pólos A e B uma ddp. A bateria utilizada em automóveis é um exemplo de gerador elétrico.

Considere, agora, um condutor metálico em equilíbrio eletrostático (figura 2). Sabemos que os seus **elétrons livres** estão em **movimento desordenado**, com velocidades em todas as direções, porém sem saírem do condutor, não produzindo, portanto, efeito externo. Todos os pontos do condutor metálico em equilíbrio têm o mesmo potencial elétrico.

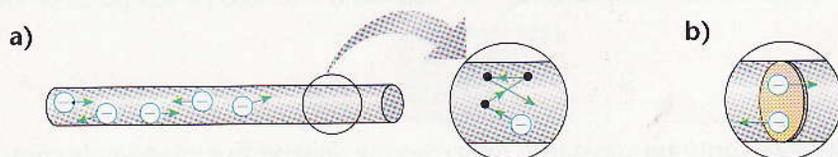


Figura 2. (a) Num condutor metálico em equilíbrio eletrostático, o movimento dos elétrons livres é desordenado. Em destaque, a representação de um elétron livre em movimento desordenado. (b) O número de elétrons livres que atravessam a secção transversal do condutor em equilíbrio eletrostático, num certo intervalo de tempo, é igual nos dois sentidos.

Ligando-se esse condutor aos pólos A e B do gerador elétrico, ele ficará submetido à ddp $V_A - V_B$, que origina, no interior do condutor, o campo elétrico \vec{E} , orientado do pólo positivo para o pólo negativo. Nesse campo elétrico, cada elétron fica sujeito a uma força elétrica $\vec{F}_e = q\vec{E}$ (de sentido oposto ao do vetor \vec{E} , pois a carga elétrica do elétron é negativa). Sob ação da força elétrica \vec{F}_e , os elétrons livres alteram suas velocidades, adquirindo, na sua maioria, movimento ordenado, cuja velocidade média tem a direção e o sentido da força \vec{F}_e (figura 3). Esse movimento ordenado de cargas elétricas constitui a **corrente elétrica**. É importante realçar que os elétrons livres, apesar de seu movimento ordenado, colidem continuamente com os átomos do material, seguindo trajetórias irregulares e com velocidades médias muito pequenas. Eles avançam no sentido da força elétrica, superpondo-se ao movimento caótico que resulta dos choques com os átomos do condutor (figura 3, no destaque).

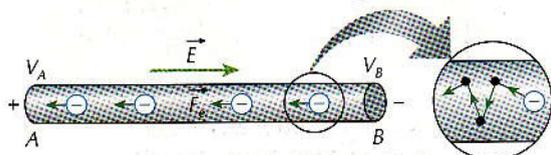


Figura 3. Ligando o condutor ao gerador, há uma ddp $V_A - V_B$ entre os terminais do condutor e o movimento dos elétrons é ordenado. Em destaque, a representação de um elétron livre avançando sob ação do campo elétrico.

Entre na rede

No endereço eletrônico <http://br.geocities.com/saladefisica3/laboratorio/corrente/corrente.htm> (acesso em 12/7/2007), você pode simular o movimento dos elétrons livres num condutor metálico, antes e após a aplicação de uma ddp entre os extremos do condutor.

O papel de grande importância que a Eletricidade desempenha na vida moderna baseia-se na corrente elétrica. A parte da Eletricidade que estuda a corrente elétrica e os efeitos produzidos pelo caminho por onde ela passa denomina-se **Eletrodinâmica**.



2. Intensidade de corrente elétrica

Suponha um condutor metálico (figura 4), ligado aos terminais de um gerador. Seja n o número de elétrons que atravessam a seção transversal desse condutor desde o instante t até o instante $t + \Delta t$. Como cada elétron apresenta, em módulo, a carga elementar e , no intervalo de tempo Δt , passa por essa seção transversal uma carga elétrica cujo valor absoluto é dado por:

$$\Delta q = ne$$

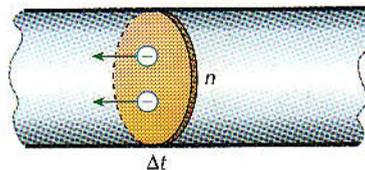


Figura 4. No intervalo de tempo Δt , n elétrons passam pela seção do condutor.

Define-se **intensidade média de corrente elétrica**, no intervalo de tempo t a $t + \Delta t$, como o quociente:

$$i_m = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Quando a corrente varia com o tempo, define-se **intensidade de corrente em um instante t** como sendo o limite para o qual tende a intensidade média, quando o intervalo de tempo Δt tende a zero:

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Denominamos **corrente contínua constante** toda corrente de sentido e intensidade constantes com o tempo. Nesse caso, a intensidade média da corrente elétrica i_m em qualquer intervalo de tempo Δt é a mesma e, portanto, igual à intensidade i em qualquer instante t .

$$i_m = i$$

A figura 5 mostra o gráfico dessa corrente em função do tempo. Esse é o caso mais simples de corrente elétrica, com o qual iniciaremos o estudo de Eletrodinâmica.

A pilha mostrada ao lado do gráfico da figura 5 nos fornece corrente contínua.

Além da corrente contínua constante, é importante estudar a **corrente alternada***, que muda periodicamente de intensidade e sentido (figura 6). Os terminais das tomadas das residências fornecem uma corrente alternada de frequência 60 Hz (Hz = hertz = ciclos/segundo).

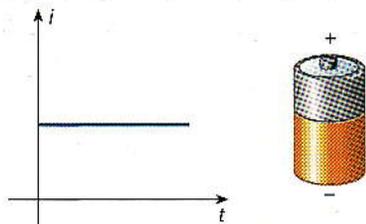


Figura 5. A corrente contínua constante tem sentido e intensidade constantes com o tempo.

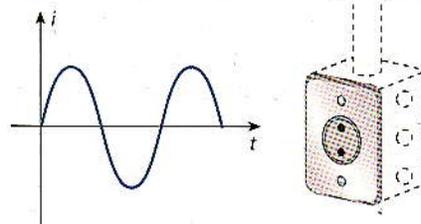


Figura 6. A corrente alternada muda periodicamente no tempo. No caso da figura, a corrente alternada é senoidal.

2.1. Unidade de intensidade de corrente elétrica

A unidade de intensidade de corrente é a **unidade fundamental elétrica do Sistema Internacional de Unidades (SI)** e denominada **ampère** (símbolo **A**), em homenagem ao cientista francês**. Essa unidade é definida por meio de um fenômeno eletromagnético, como veremos no capítulo 14.

Os principais submúltiplos do ampère são o **miliampère** (símbolo **mA**) e o **microampère** (símbolo **µA**).

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A} \quad \text{e} \quad 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

OBSERVAÇÃO

A unidade de carga elétrica no SI, o coulomb (C), é definida a partir do ampère (A), por meio da fórmula $\Delta q = i \cdot \Delta t$. Realmente, fazendo $i = 1 \text{ A}$ e $\Delta t = 1 \text{ s}$, teremos $\Delta q = 1 \text{ C}$. Assim, podemos escrever que $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$ (1 coulomb = 1 ampère vezes 1 segundo).

Portanto:

1 C é a carga elétrica que atravessa, durante 1 s, a seção transversal de um condutor pelo qual flui uma corrente elétrica de intensidade 1 A.



3. Sentido convencional da corrente elétrica

O sentido do movimento dos elétrons é oposto ao sentido do campo elétrico no interior do condutor metálico, pois: $\vec{F}_e = q\vec{E}$ e q é negativo.

Contudo, por convenção:

O sentido da corrente elétrica é igual ao sentido do campo elétrico no interior do condutor.

* Noções de corrente alternada serão apresentadas no capítulo 16.

** **AMPÈRE**, André-Marie (1775-1836), matemático e físico francês, lecionou Análise Matemática na Escola Politécnica de Paris. Com 45 anos interessou-se pela Eletricidade e, graças ao seu invejável senso matemático, conseguiu generalizar resultados experimentais particulares. Em 1826, elaborou a célebre "Teoria Matemática dos Fenômenos Eletrodinâmicos deduzidos unicamente da experiência".

Essa convenção é internacionalmente adotada, e a corrente considerada nessas condições é chamada **corrente convencional** (figura 7a).

A corrente convencional pode então ser **imaginada como se fosse constituída de cargas livres positivas em movimento** (figura 7b); assim, sempre que falarmos em **sentido da corrente**, estaremos nos referindo ao sentido do movimento dessas cargas. Portanto, ao mencionarmos **corrente em um condutor**, estaremos nos referindo à corrente convencional. Observe que a corrente convencional tem sentido contrário ao sentido real de movimento dos elétrons. **No sentido convencional, a corrente elétrica entra no gerador pelo pólo negativo e sai pelo pólo positivo.**



Figura 7. (a) O sentido convencional da corrente elétrica é o sentido do campo elétrico. (b) O sentido convencional é o sentido que teríamos se as cargas elétricas livres fossem positivas.

4. Circuito elétrico

Denominamos **circuito elétrico** ao conjunto de aparelhos com os quais se pode estabelecer uma corrente elétrica, como o das fotos abaixo. O gerador é a parte interna do circuito; os demais aparelhos constituem o circuito externo.

Fechar um circuito é efetuar a ligação que permite a passagem da corrente elétrica; **abrir** um circuito é interromper essa corrente. Tais operações se efetuam, geralmente, por meio de uma **chave** (figura 8).

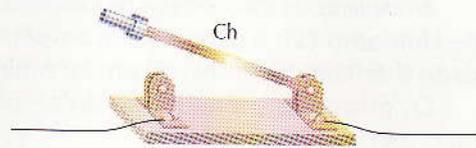
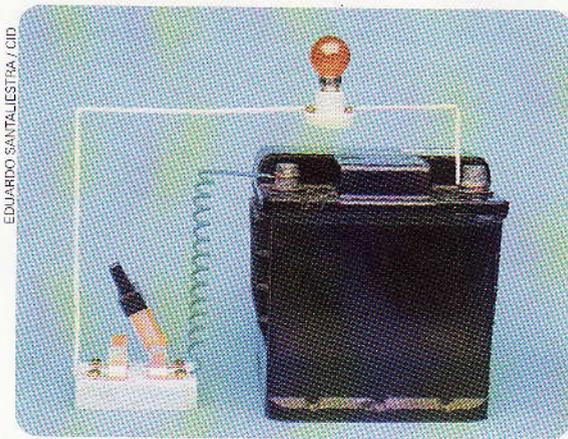


Figura 8. Chave Ch, para fechar ou abrir um circuito elétrico.



A bateria e a lâmpada, ligadas por fios condutores, constituem um circuito elétrico. Ao se fechar a chave (interruptor), há passagem de corrente elétrica e a lâmpada se acende.

Exercícios resolvidos

R.38 Um fio metálico é percorrido por uma corrente elétrica contínua e constante. Sabe-se que uma carga elétrica de 32 C atravessa uma seção transversal do fio em 4,0 s. Sendo $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C a carga elétrica elementar, determine:

- a intensidade da corrente elétrica;
- o número de elétrons que atravessa uma seção do condutor no referido intervalo de tempo.

Solução:

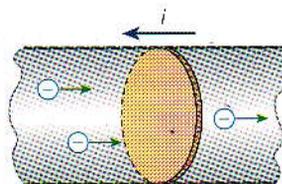
a) Sendo $\Delta q = 32 \text{ C}$ e $\Delta t = 4,0 \text{ s}$, vem: $i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow i = \frac{32}{4,0} \Rightarrow i = 8,0 \text{ A}$

b) Sendo n o número de elétrons e e a carga elétrica elementar, temos:

$$\Delta q = ne \Rightarrow n = \frac{\Delta q}{e} \Rightarrow n = \frac{32}{1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow n = 2,0 \cdot 10^{20} \text{ elétrons}$$

Resposta: a) 8,0 A; b) $2,0 \cdot 10^{20}$ elétrons

R.39 É possível medir a passagem de $5,0 \cdot 10^2$ elétrons por segundo através de uma seção de um condutor com certo aparelho sensível. Sendo a carga elementar $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, calcule a intensidade da corrente correspondente ao movimento.



Solução:

Em $\Delta t = 1 \text{ s}$, passam pela seção indicada em laranja na figura $n = 5,0 \cdot 10^2$ elétrons, cada qual dotado de carga $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Assim: $i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{ne}{\Delta t} = \frac{5,0 \cdot 10^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1} \Rightarrow i = 800 \cdot 10^{-19} \text{ A} \Rightarrow i = 8,0 \cdot 10^{-17} \text{ A}$

Resposta: $8,0 \cdot 10^{-17} \text{ A}$

Observação:

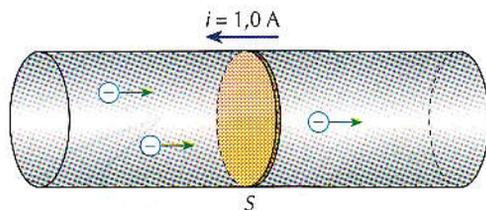
No esquema da solução, observe o sentido da corrente convencional, que é contrário ao do movimento dos elétrons.

R.40 Um fio de cobre, de área de seção transversal $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2$, é percorrido por uma corrente contínua de intensidade 1,0 A. Adotando a carga elementar $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, determine:

- a) o número de elétrons passando por uma seção transversal do condutor em 1,0 s;
- b) a velocidade média dos elétrons, sabendo que existem $1,7 \cdot 10^{22}$ elétrons livres/cm³.

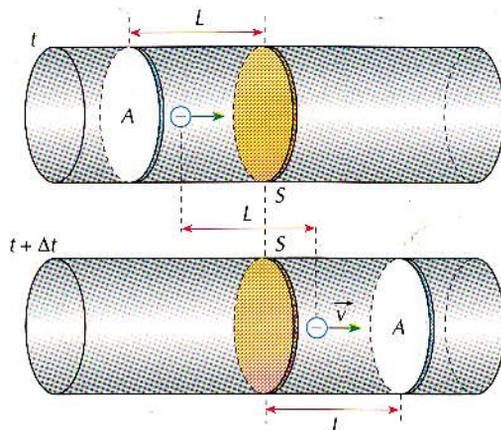
Solução:

a) Em $\Delta t = 1,0 \text{ s}$ passam n elétrons com carga de módulo $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ pela seção S destacada.



Sendo $i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{ne}{\Delta t}$, tem-se que: $n = \frac{i \cdot \Delta t}{e} \Rightarrow n = \frac{1,0 \cdot 1,0}{1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow n = 6,25 \cdot 10^{18} \text{ elétrons}$

b) No instante t , os elétrons livres existentes no volume $A \cdot L$ antes da seção S destacada põem-se em movimento simultaneamente. No intervalo de tempo Δt , atravessam a seção S e ocupam o mesmo volume $A \cdot L$ após a seção S no instante $t + \Delta t$.



Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Cada elétron livre percorre a distância L no intervalo de tempo Δt e, portanto, a velocidade média de cada elétron no volume será: $v = \frac{L}{\Delta t}$ ①

Sendo n o número de elétrons que atravessa S em Δt e N o número de elétrons por cm^3 , temos $n = N \cdot A \cdot L$.

Como $i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{ne}{\Delta t}$, segue: $i = \frac{N \cdot A \cdot L \cdot e}{\Delta t}$ ②

Substituindo-se ① na expressão ②, vem:

$$i = N \cdot A \cdot v \cdot e \Rightarrow v = \frac{i}{N \cdot A \cdot e}$$

sendo que, com as unidades do exercício, v sairá em cm/s .

Substituindo os valores:

$$v = \frac{1,0}{1,7 \cdot 10^{22} \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow v = 0,074 \text{ cm/s} \Rightarrow v = 0,74 \text{ mm/s}$$

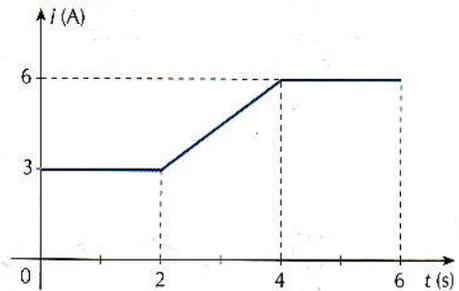
Resposta: a) $6,25 \cdot 10^{18}$ elétrons; b) $0,74 \text{ mm/s}$

Observação:

O resultado $v = 0,74 \text{ mm/s}$ pode suscitar a seguinte questão: "Ao ligar a chave de um aparelho elétrico, ele começa a funcionar quase instantaneamente, embora possa estar a centenas de metros de distância. Como isso é possível, se a velocidade dos elétrons nos condutores é relativamente baixa?" A explicação é simples: os elétrons livres do condutor se põem em movimento simultaneamente em todo o circuito.

R.41 O gráfico representa a intensidade de corrente que percorre um condutor em função do tempo. Determine a carga elétrica que atravessa uma seção transversal do condutor entre os instantes:

- a) 0 e 2 s
b) 2 e 4 s



Solução:

- a) No intervalo de tempo de 0 a 2 s a intensidade de corrente é constante e portanto coincide com a intensidade média. Desse modo, como $i = 3 \text{ A}$ e $\Delta t = 2 \text{ s}$, temos:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = i \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta q = 3 \cdot 2 \Rightarrow \Delta q = 6 \text{ C}$$

Observe que a carga elétrica $\Delta q = i \cdot \Delta t$ é numericamente igual à área do retângulo destacado no gráfico i em função de t :

$$A = 2 \cdot 3 = 6 \Rightarrow \Delta q = 6 \text{ C}$$

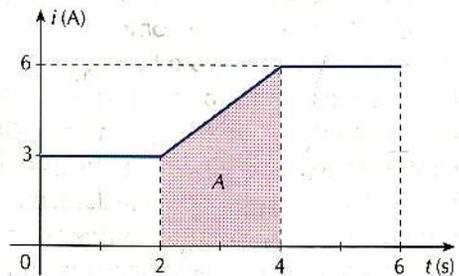
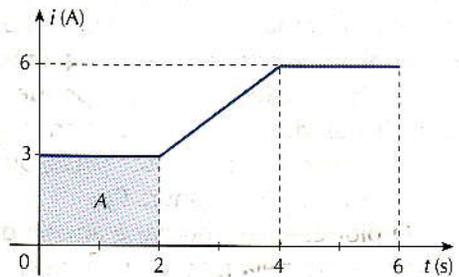
Observação:

Essa propriedade vale, também, quando a intensidade de corrente é variável. Isto é, **no gráfico da intensidade de corrente instantânea em função do tempo, a área, num certo intervalo de tempo, é numericamente igual à carga elétrica que atravessa a seção transversal do condutor, nesse intervalo de tempo.**

- b) Nesse caso, não podemos usar a fórmula $\Delta q = i \cdot \Delta t$, pois i não é constante. Devemos determinar, a partir do cálculo da área do trapézio destacado no gráfico, o valor da carga elétrica.

$$A = \frac{(6 + 3)}{2} \cdot 2 = 9 \Rightarrow \Delta q = 9 \text{ C}$$

Resposta: a) 6 C ; b) 9 C



Exercícios propostos

P.92 Através de uma seção transversal de um condutor, passam, da direita para a esquerda, $1,0 \cdot 10^{20}$ elétrons em 10 s.

Sendo a carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, determine a intensidade de corrente que corresponde a esse movimento e indique seu sentido convencional.

P.93 Um condutor é percorrido por uma corrente de intensidade 20 A. Calcule o número de elétrons por segundo que passam por uma seção transversal do condutor ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C).

P.94 Um fio de cobre, de área de seção transversal $8,0 \cdot 10^{-3}$ cm², é percorrido por uma corrente elétrica de 2,0 A. Determine a velocidade média dos elétrons que constituem a corrente elétrica, sabendo que existem $8,4 \cdot 10^{22}$ elétrons livres/cm³. (A carga elétrica elementar vale: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.)

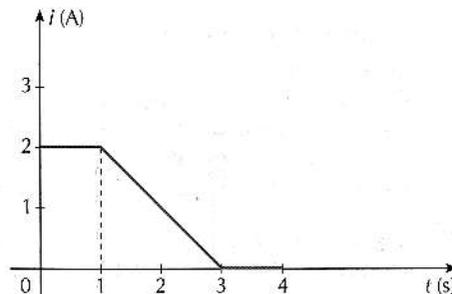
P.95 Uma corrente elétrica de intensidade 10 A é mantida em um condutor metálico durante 4 min. Determine, para esse intervalo de tempo:

a) a carga elétrica que atravessa uma seção do condutor;

b) o número de elétrons que atravessam a referida seção.

(A carga elétrica de um elétron tem valor absoluto de $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.)

P.96 O gráfico representa a intensidade da corrente que percorre um condutor em função do tempo. Determine a carga elétrica que atravessa uma seção transversal entre os instantes $t = 1$ s e $t = 3$ s.



5. Efeitos da corrente elétrica

A passagem da corrente elétrica através dos condutores acarreta diferentes efeitos, dependendo da natureza do condutor e da intensidade da corrente. É comum dizer que a corrente elétrica tem quatro efeitos principais: **fisiológico**, **térmico** (ou **Joule**), **químico** e **magnético**.

O **efeito fisiológico** corresponde à passagem da corrente elétrica por organismos vivos. A corrente elétrica age diretamente no sistema nervoso, provocando contrações musculares; quando isso ocorre, dizemos que houve um **choque elétrico** (figura 9).

O pior caso de choque é aquele que se origina quando uma corrente elétrica entra pela mão de uma pessoa e sai pela outra. Nesse caso, atravessando o tórax de ponta a ponta, há grande chance de a corrente afetar o coração e a respiração.

O valor mínimo de intensidade de corrente que se pode perceber é 1 mA. Esse valor provoca sensação de cócegas ou formigamento leve. Entretanto, com uma corrente de intensidade 10 mA, a pessoa já perde o controle dos músculos, sendo difícil abrir a mão e livrar-se do contato.

O valor mortal está compreendido entre 10 mA e 3 A, aproximadamente. Nessa faixa de valores, a corrente, atravessando o tórax, atinge o coração com intensidade suficiente para modificar seu ritmo. Modificado o ritmo, o coração pára de bombear sangue para o corpo e a morte pode ocorrer em segundos. Se a intensidade for ainda mais alta, a corrente pode paralisar completamente o coração. Este se contrai ao máximo e mantém-se assim enquanto passa a corrente. Interrompida a corrente, geralmente o coração relaxa e pode começar a bater novamente, como se nada tivesse acontecido. Todavia, paralisado o coração, paralisa-se também a circulação sanguínea, e uma interrupção de poucos minutos dessa circulação pode provocar danos cerebrais irreversíveis.

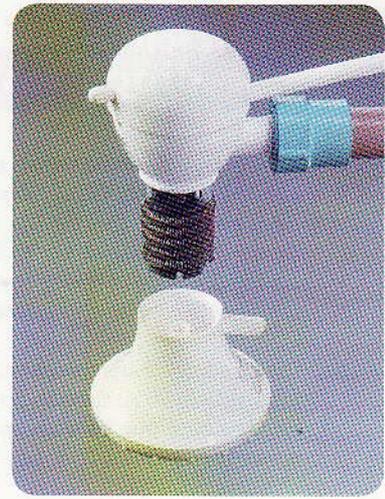


Figura 9. Efeito fisiológico.

O **efeito térmico**, também conhecido como **efeito Joule**, é causado pelo choque dos elétrons livres contra os átomos dos condutores. Ao receberem energia, os átomos vibram mais intensamente. Quanto maior for a vibração dos átomos, maior será a temperatura do condutor. Nessas condições observa-se, externamente, o aquecimento do condutor. Esse efeito é aproveitado com frequência em aquecedores, como o chuveiro da foto. (O revestimento da parte inferior foi retirado para deixar exposto o condutor enrolado em hélice, que é atravessado pela corrente.)

O **efeito químico** corresponde a determinadas reações químicas que ocorrem quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas. É muito aplicado, por exemplo, no recobrimento de metais (niquelação, cromação, prateação etc., ilustrado na figura 10).

O **efeito magnético** é aquele que se manifesta pela criação de um **campo magnético** na região em torno da corrente. A existência de um campo magnético em determinada região pode ser constatada com o uso de uma **bússola**: ocorrerá desvio de direção da agulha magnética (ímã, como mostrado na figura 11). Esse é um efeito muito importante da corrente elétrica e é abordado detalhadamente na parte 3 (Eletromagnetismo) deste livro.



▲ Num chuveiro, a passagem da corrente elétrica pela "resistência" provoca o efeito térmico ou efeito Joule, que aquece a água.

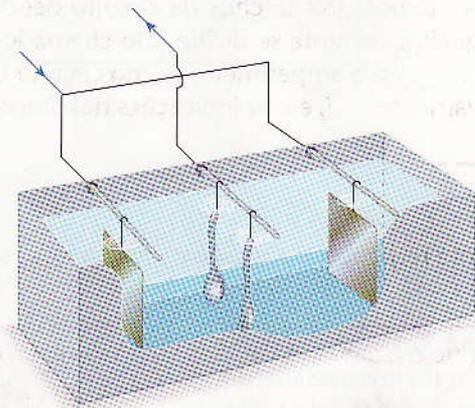


Figura 10. Efeito químico.

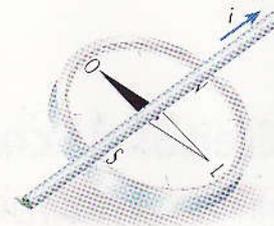


Figura 11. Efeito magnético.



Entre na rede

No endereço eletrônico <http://www.eletpaulo.com.br> (acesso em 21/8/2007), você encontra informações de como usar a energia elétrica de forma adequada (procure em Sua segurança; Evite acidentes).



6. Medida da intensidade de corrente elétrica

Para medir a intensidade de uma corrente elétrica são construídos aparelhos geralmente denominados **amperímetros** (figura 12). Esses aparelhos possuem dois terminais acessíveis e devem ser colocados no circuito de modo que a corrente a ser medida possa atravessar o medidor.

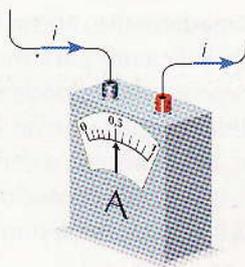


Figura 12. Aparelho destinado a medir a intensidade de corrente. Ao lado dele, temos um dos símbolos usados para representar um amperímetro no circuito.

No circuito elétrico da figura 13a, existe apenas um caminho para a corrente que se quer medir. Verificamos que os amperímetros A_1 , A_2 e A_3 , colocados em diversos pontos do circuito, fornecem a mesma indicação i . Para circuitos que oferecem apenas um caminho para a corrente, a **intensidade de corrente é a mesma em todos os pontos**.

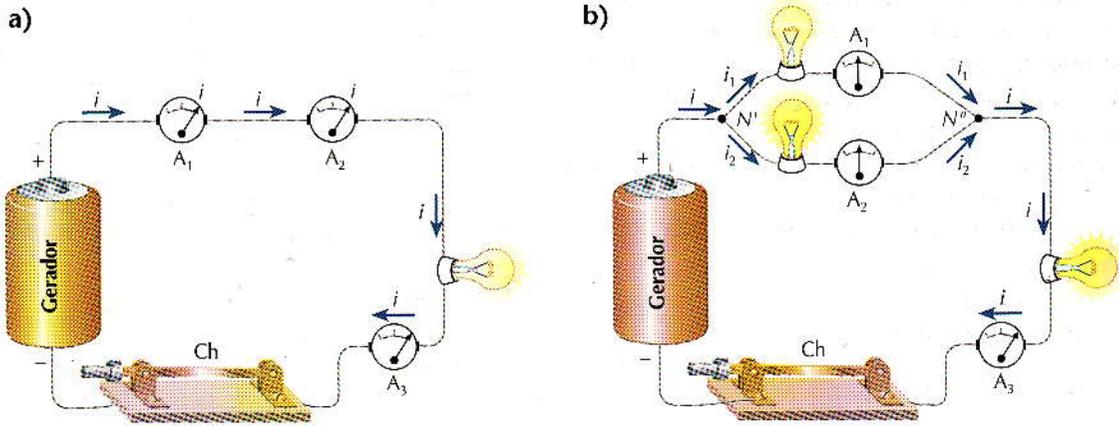


Figura 13. Medida da corrente com amperímetros. (a) Circuito que oferece apenas um caminho para a corrente; (b) circuito onde a corrente se ramifica.

No circuito da figura 13b, entre os pontos N' e N'' temos dois trechos de circuito denominados **ramos** do circuito principal. Os pontos N' e N'' , nos quais a corrente se divide, são chamados **nós** do circuito. Os amperímetros A_1 e A_2 estão colocados nos ramos e o amperímetro A_3 , no circuito principal. Com a chave Ch fechada, as intensidades são, respectivamente, i_1 , i_2 e i . As indicações dos amperímetros mostram que:

$$i_1 + i_2 = i$$

Considerando o nó N'' , podemos enunciar a seguinte regra, conhecida como **regra dos nós**, que é válida para qualquer nó de um circuito:

Em um nó, a soma das intensidades de corrente que chegam é igual à soma das intensidades de corrente que saem.

7. Energia e potência da corrente elétrica

Um aparelho elétrico é colocado entre dois pontos, A e B , de um trecho do circuito pelo qual passa a corrente convencional de intensidade i (figura 14). Sejam V_A e V_B os respectivos potenciais elétricos desses pontos e chamemos de $U = V_A - V_B$ a ddp entre os pontos. O movimento das cargas elétricas só será possível se for mantida a ddp U entre A e B .

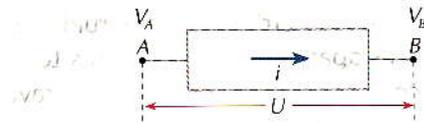


Figura 14. A ddp U deve ser mantida para que haja passagem da corrente i .

Chamemos Δq a **carga elétrica positiva** que, no intervalo de tempo Δt , atravessa esse trecho. No ponto A , a carga tem energia potencial elétrica $E_{p(A)} = \Delta q \cdot V_A$; ao chegar em B , ela tem energia potencial elétrica $E_{p(B)} = \Delta q \cdot V_B$. Quando a carga elétrica atravessa o trecho AB , o trabalho das forças elétricas é dado por:

$$\tau_{AB} = \Delta q \cdot U = \Delta q \cdot (V_A - V_B) = \Delta q \cdot V_A - \Delta q \cdot V_B$$

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Como $E_{p(A)} = \Delta q \cdot V_A$ e $E_{p(B)} = \Delta q \cdot V_B$, obtemos:

$$\zeta_{AB} = E_{p(A)} - E_{p(B)}$$

Devemos distinguir dois casos.

■ 1º caso: $E_{p(A)} > E_{p(B)}$

Nesse caso, $V_A > V_B$. A energia elétrica da corrente diminui: **o movimento das cargas é espontâneo e o trabalho, motor**. Essa energia elétrica consumida pelo trecho AB pode ter sido transformada em energia térmica, energia mecânica, energia química etc.

A **potência elétrica consumida** é dada por: $Pot = \frac{\zeta_{AB}}{\Delta t}$. Mas, sendo $\zeta_{AB} = \Delta q \cdot U$, vem:

$$Pot = \frac{\Delta q \cdot U}{\Delta t}$$

Considerando que $\frac{\Delta q}{\Delta t} = i$, obtemos:

$$Pot = U \cdot i$$

Para chegarmos a essa fórmula, não foi necessário estabelecer qualquer hipótese sobre a natureza das transformações que a energia elétrica sofre no trecho AB . Portanto, a fórmula é geral, podendo ser utilizada qualquer que seja o aparelho existente entre A e B .

A energia elétrica E_{el} consumida pelo aparelho existente entre A e B , num intervalo de tempo Δt , é dada pelo trabalho das forças elétricas:

$$\zeta_{AB} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el} = Pot \cdot \Delta t$$

■ 2º caso: $E_{p(A)} < E_{p(B)}$

Nesse caso, $V_A < V_B$. A energia elétrica da corrente aumenta: **o movimento das cargas é forçado e o trabalho, resistente**. Essa energia elétrica é fornecida pelo trecho de circuito AB à custa de outra forma de energia. É o caso do **gerador elétrico**.

A energia elétrica E_{el} é, portanto, fornecida pelo gerador, a partir de um outro tipo de energia. Nas pilhas comuns, é a energia química que se converte na energia elétrica fornecida ao circuito.

A fórmula $Pot = U \cdot i$ representa, nessas condições, a **potência elétrica fornecida pelo gerador**. U é ddp no gerador e i , a intensidade da corrente que o atravessa.

7.1. Unidades de energia e potência elétrica

Recordemos as unidades: Pot em watt (W), U em volt (V) e i em ampère (A).

Os aparelhos elétricos trazem gravados a potência elétrica que eles consomem, bem como o valor da ddp a que devem ser ligados. Assim, um aparelho que traz a inscrição (60 W — 120 V) consome a potência elétrica de 60 W, quando ligado entre dois pontos que apresentam uma ddp de 120 V.

Em Eletricidade mede-se também a potência em quilowatt (1 kW = 10^3 W) e a energia elétrica em quilowatt-hora (kWh). A quantidade de energia trocada no intervalo de tempo de 1 h com potência de 1 kW é 1 kWh. Portanto:

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 1.000 \text{ W} \cdot 3.600 \text{ s} \Rightarrow 1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Resumindo, temos:

$$Pot = U \cdot i$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$$

e

$$E_{el} = Pot \cdot \Delta t$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}$$

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h}$$



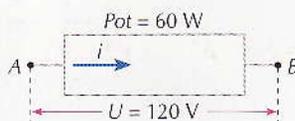
Procure identificar a ddp em que a lâmpada deve ser ligada e a potência que consome nas condições de funcionamento normal. O secador de cabelos da foto consome a potência de 1.400 W quando ligado a uma tensão de 127 V. Qual a intensidade da corrente que o atravessa nessas condições?



Exercícios resolvidos

R.42 Um aparelho elétrico alimentado sob ddp de 120 V consome uma potência de 60 W. Calcule:

- a intensidade de corrente que percorre o aparelho;
- a energia elétrica que ele consome em 8 h, expressa em kWh.



Solução:

a) A potência elétrica é dada por:

$$Pot = U \cdot i \Rightarrow 60 = 120 \cdot i \Rightarrow i = 0,5 \text{ A}$$

b) Sendo $Pot = 60 \text{ W} = 60 \cdot 10^{-3} \text{ kW}$ e $\Delta t = 8 \text{ h}$, a energia elétrica, dada pelo trabalho das forças elétricas entre A e B, será:

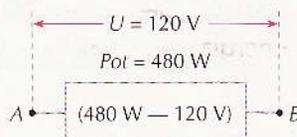
$$E_{el} = Pot \cdot \Delta t = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \Rightarrow E_{el} = 480 \cdot 10^{-3} \text{ kWh} \Rightarrow E_{el} = 0,48 \text{ kWh}$$

Resposta: a) 0,5 A; b) 0,48 kWh

R.43 Em um aparelho elétrico ligado corretamente lê-se a inscrição (480 W — 120 V). Sendo a carga elementar $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, calcule o número de elétrons que passarão por uma seção transversal do aparelho em 1 s.

Solução:

A inscrição do aparelho nos fornece $Pot = 480 \text{ W}$ e $U = 120 \text{ V}$.



Como $Pot = U \cdot i$, temos: $480 = 120i \Rightarrow i = 4 \text{ A}$

Sendo $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$, vem:

$$i = \frac{ne}{\Delta t} \Rightarrow n = \frac{i \cdot \Delta t}{e} \Rightarrow n = \frac{4 \cdot 1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow n = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ elétrons}$$

Resposta: $2,5 \cdot 10^{19}$ elétrons



Exercícios propostos

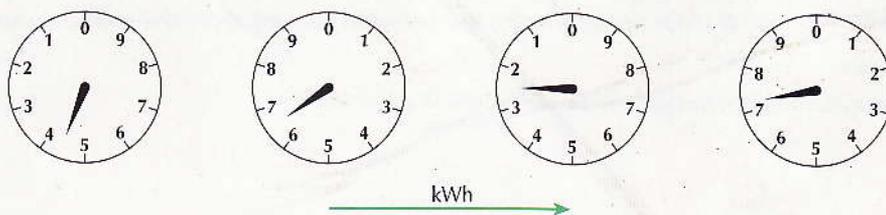
- P.97** Em um chuveiro elétrico, a ddp em seus terminais vale 220 V e a corrente que o atravessa tem intensidade 10 A. Qual a potência elétrica consumida pelo chuveiro?
- P.98** Em um aparelho elétrico lê-se: 600 W — 120 V. Estando o aparelho ligado corretamente, calcule:
- a intensidade da corrente que o atravessa;
 - a energia elétrica (em kWh) consumida em 5 h.

O relógio da luz

O que comumente chamamos de **relógio da luz** é na verdade um medidor da energia elétrica consumida no local onde é instalado. Na foto, é mostrado um desses medidores. Procure o “relógio da luz” de sua casa e compare-o com o da foto. Um disco horizontal gira quando há consumo de energia elétrica; quanto maior o consumo de energia, mais rapidamente gira o disco. Ao girar, esse disco aciona, por um sistema de engrenagens, os “reloginhos” situados na parte superior do medidor.



Ao fazer a leitura, lêem-se os relógios da esquerda para a direita. A leitura corresponde sempre ao último número ultrapassado pelo ponteiro no seu sentido de rotação. Observe que o 1º e o 3º relógios giram no sentido anti-horário, enquanto o 2º e o 4º giram no sentido horário. Por exemplo, suponhamos que, num dado instante, os relógios apresentem o seguinte aspecto:



A leitura seria então: 4.627 kWh

Essa leitura em si não tem maior significado. O que interessa é a **diferença** entre duas leituras consecutivas, a qual indica o consumo. Geralmente as leituras são feitas no intervalo de um mês; desse modo, a diferença entre as leituras indicará consumo mensal naquela instalação. Por exemplo, se a leitura acima foi feita no dia 2 de outubro, e a leitura efetuada um mês depois, em 2 de novembro, foi de 5.273 kWh, o consumo no período corresponde à diferença:

$$\text{consumo} = 5.273 - 4.627 \Rightarrow \text{consumo} = 646 \text{ kWh}$$

A conta de luz

A conta de energia elétrica, usualmente chamada "conta de luz", é um demonstrativo da energia elétrica fornecida à instalação num certo período de tempo, geralmente um mês. O consumo, medido pela diferença de leituras discutida anteriormente, é expresso em quilowatts-hora (kWh).

Observe o preço do kWh e os impostos que incidem sobre a conta: o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), o COSIP (Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública), o PIS/PASEP (Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público) e o COFINS (Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social). Em "Histórico de Consumo" é possível analisar o consumo de energia elétrica nos diversos meses que antecedem o mês a que a conta se refere.

AES ELETROPAULO

Nota Fiscal Série B **Conta de Energia Elétrica**

| | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Nota Fiscal nº 3065 | Data de Emissão 27 MAR 2007 | Conta Referente a MAR 2007 | Nº Cliente 6690 | Consumo kWh 130 | Vencimento 09 ABR 2007 | Total a Pagar R\$ 47,55 |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|

VERA LUCIA DA SILVA
R PARA 12
SAO PAULO
CPF/CNPJ XXX.XXX.XXX-XX

Electropaulo Metropolitana
Eleticidade de São Paulo SA
Rua Lourenço Mendes, 158
04547-100, São Paulo, SP
CNPJ 61.695.227/0001-83
Inscrição Estadual 108.317.078.718
Regime Especial Proe. DRT-1 nº 20.188/71

Loja de Atendimento mais próxima
das 8h30 às 18h30
PARQUE DO ANHANGABAU 296
SAO PAULO

Prezado(a) VERA

Para prestar um serviço de qualidade, a AES Eletropaulo realiza periodicamente a manutenção da sua rede elétrica. Esse trabalho geralmente é feito sem interrupção do fornecimento de energia. Mas, em alguns casos, a interrupção é necessária para garantir a segurança dos profissionais e da comunidade durante a realização das obras. Quando isso acontece, a AES Eletropaulo envia um comunicado antecipado aos clientes, informando a data e horário em que o fornecimento de energia será interrompido. Assim o cliente pode programar suas atividades.

AES Eletropaulo
Mais energia na sua vida

15 de Março é o Dia do Consumidor.
Veja no verso desta conta a promoção que a AES Eletropaulo preparou para você. www.eletropaulo.com.br

| Informações de Leitura | | | | | | Dados de Faturamento | | Valor R\$ |
|------------------------------------|---------------------|-------------|------------------|---------|------|----------------------|----------------|-----------|
| Anterior | Atual | Próxima | Entrega da Conta | Leitura | IRR | CONSUMO | TARIFA R\$/kWh | |
| 24 FEV | 26 MAR | 24 ABR | 29 MAR | 1854 | 000 | 130 kWh X | 0,28172000 | 36,62 |
| Sua Instalação | | | | | | ICMS | | 5,28 |
| Medidor | Fator Multiplicador | Classe | Faturamento | | | COSIP LEI 13.479/02 | | 3,50 |
| 3742141 | 00010 | Residencial | Bifásico | | | PIS PASEP | | 0,38 |
| Conjunto Elétrico CENTRO - JARDINS | | | | | | COFINS | | 1,77 |
| Limite Permitido | DEC | FEC | DIC | FIC | DMIC | | | |
| Verificado | 2,50 | 2,00 | 13,00 | 8,00 | 7,00 | | | |
| JAN 07 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | |

O cliente tem direito de solicitar a aplicação do DIC, FEC e DMIC e ser compensado em caso de ultrapassagem do limite permitido.

Horas anuais, que a regulação fiscal sem energia

Veze anuais, que a regulação fiscal sem energia

Horas que o cliente fiscal sem energia

Veze que o cliente fiscal sem energia

Máximo de horas compensadas que o cliente fiscal sem energia

| Histórico de Consumo kWh | | Tensão Nominal | ICMS - Lei Estadual 6374 de 01/03/69 |
|--------------------------|----|----------------|--------------------------------------|
| FEV/07 | 90 | 120/208 V | Base de Cálculo R\$ 44,05 |
| JAN/07 | 50 | | Alíquota 12% - Valor R\$ 5,28 |
| DEZ/06 | 90 | | |
| NOV/06 | 70 | Tensão Mínima | |
| OUT/06 | 70 | 113/196 V | |
| SET/06 | 90 | | |
| AGO/06 | 70 | | |
| JUL/06 | 80 | Tensão Máxima | |
| JUN/06 | 80 | 132/229 V | |
| MAI/06 | 70 | | |
| ABR/06 | 90 | | |
| MAR/06 | 90 | | |

Total 47,55

Informações do Faturamento
IMPORTANTE: MANTENHA O PAGAMENTO DA SUA CONTA EM DIA. ASSIM VOCÊ EVITA EVENTUAL SUSPENSÃO DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA.

O PAGAMENTO DESTA CONTA NÃO QUITA DÉBITOS ANTERIORES. SOBRE A CONTA PAGA APÓS O VENCIMENTO INCIDIRÃO MULTA DE 2%, JUROS DE MORA DE 0,033% AO DIA (LEI 10.438 DE 26/04/2002) E ATUALIZAÇÃO FINANCEIRA A SEREM INCLuíDOS EM CONTA FUTURA.

Demonstrativo - Resolução 168/2006

| Composição da Tarifa | R\$ |
|-------------------------|-------|
| Energia | 18,70 |
| Serviço de Distribuição | 11,53 |
| Transmissão | 2,53 |
| Encargos Setoriais | 4,06 |
| Tributos | 7,43 |
| Reservado ao Fisco | |

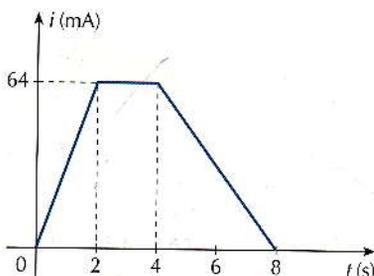
9CDE.C179.0419.F75B.9884.A00B.5428.5FFC

Exercícios propostos de recapitulação

P.99 Um fio percorrido por uma corrente de 1,0 A deve conduzir, através de uma seção transversal, uma carga de 3,6 C. Qual o intervalo de tempo necessário para que isso ocorra?

P.100 (IME-RJ) A intensidade da corrente elétrica em um condutor metálico varia, com o tempo, de acordo com o gráfico abaixo. Sendo a carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, determine:

- a carga elétrica que atravessa uma seção do condutor em 8 s;
- o número de elétrons que atravessa uma seção do condutor durante esse mesmo tempo;
- a intensidade média de corrente entre os instantes zero e 8 s.



P.101 (UFG-GO) As cargas e os tempos de duração das baterias de 6 V, para um certo tipo de telefone celular, são dados na tabela abaixo.

| Carga (Ah) | tempo (min) |
|------------|-------------|
| 0,30 | 40 |
| 0,38 | 50 |
| 0,55 | 70 |
| 0,80 | 110 |
| 1,10 | 150 |

- Qual a quantidade de carga (em coulombs) fornecida pela bateria de 0,80 Ah?
- Calcule a intensidade média da corrente elétrica e a potência média fornecidas pela bateria de 0,80 Ah.

P.102 (Vunesp) Um aparelho elétrico para ser ligado no acendedor de cigarros de automóveis, comercializado nas ruas de São Paulo, traz a seguinte instrução:

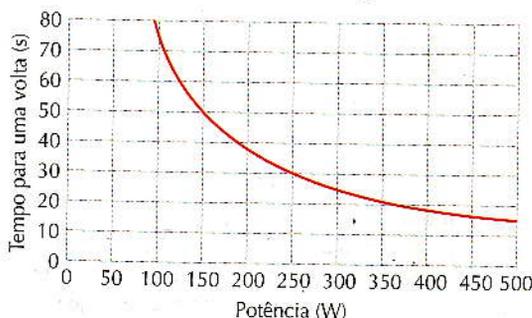
Tensão de alimentação: 12 V
Potência consumida: 180 W

Essa instrução foi escrita por um fabricante com bons conhecimentos práticos, mas descuidado quanto ao significado e uso corretos das unidades do SI (Sistema Internacional), adotado no Brasil.

- Reescreva a instrução, usando corretamente as unidades de medida do SI.
- Calcule a intensidade da corrente elétrica utilizada pelo aparelho.

P.103 (Vunesp) Normalmente, os aparelhos elétricos têm um manual de instruções ou uma plaqueta que informam a potência que absorvem da rede elétrica para funcionar. Porém, se essa informação não estiver disponível, é possível obtê-la usando o medidor de energia elétrica da entrada da residência. Além de mostradores que permitem a leitura do consumo de cada mês, o medidor tem um disco que gira quando a energia elétrica está sendo consumida. Quanto mais energia se consome, mais rápido gira o disco. Usando esse medidor, um estudante procedeu da seguinte forma para descobrir a potência elétrica de um aparelho que possuía.

- Inicialmente, desconectou todos os aparelhos das tomadas e apagou todas as luzes, e o disco cessou de girar.
- Em seguida, ligou apenas uma lâmpada de potência conhecida e mediu o tempo que o disco levou para dar uma volta completa.
- Prosseguindo, ligou ao mesmo tempo duas, depois três, depois quatro, ... lâmpadas conhecidas, repetindo o procedimento da medida. A partir dos dados obtidos, construiu o gráfico do tempo gasto pelo disco para dar uma volta completa em função da potência absorvida da rede, mostrado na figura.



- Finalmente, ligando apenas o aparelho cuja potência desejava conhecer, observou que o disco levava aproximadamente 30 s para dar uma volta completa.

- Qual a potência do aparelho?
- O tempo gasto pelo disco e a potência absorvida são grandezas diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais? Justifique sua resposta.

P.104 Sabendo-se que 20 lâmpadas de 100 watts e 10 de 200 watts permanecem acesas 5 horas por dia, pergunta-se: qual o consumo de energia elétrica, em kWh, no período de 30 dias?

P.105 (Fuvest-SP) Um kWh é a energia consumida por um aparelho de 1.000 W funcionando durante uma hora. Considere uma torneira elétrica com potência de 2.000 W.

- a) Supondo que o preço de 1 kWh de energia elétrica seja R\$ 0,20, qual o gasto mensal da torneira funcionando meia hora por dia?
- b) Qual a energia, em joules, consumida pela torneira em 1 min?

P.106 Um chuveiro elétrico tem potência de 3.000 W e uma lâmpada incandescente tem potência de 60 W. Quanto tempo a lâmpada deve ficar ligada para consumir a mesma energia que o chuveiro, durante um banho de 20 minutos?

P.107 (PUC-SP) O que consome mais energia elétrica: um banho de 30 minutos com um chuveiro elétrico de

potência 5.000 W ou uma lâmpada de 60 W que permanece ligada 24 horas? Justifique.

P.108 (Unicamp-SP) Quando o alumínio é produzido a partir da bauxita, o gasto de energia para produzi-lo é de 15 kWh/kg. Já para o alumínio reciclado a partir de latinhas, o gasto de energia é de apenas 5% do gasto a partir da bauxita.

- a) Em uma dada cidade, 50.000 latinhas são recicladas por dia. Quanto de energia elétrica é poupada nessa cidade (em kWh)? Considere que a massa de cada latinha é de 16 g.
- b) Um forno de redução de alumínio produz 400 kg do metal, a partir da bauxita, em um período de 10 horas. A cuba eletrolítica desse forno é alimentada com uma tensão de 40 V. Qual a corrente que alimenta a cuba durante a produção? Despreze as perdas.



Testes propostos

T.104 (PUC-PR) Uma corrente elétrica de 10 A é mantida em um condutor metálico durante dois minutos. Pede-se a carga elétrica que atravessa uma seção do condutor.

- a) 120 C
- b) 1.200 C
- c) 200 C
- d) 20 C
- e) 600 C

T.105 (PUC-SP) Uma corrente elétrica de intensidade $11,2 \mu\text{A}$ percorre um condutor metálico. A carga elementar é $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. O tipo e o número de partículas carregadas que atravessam uma seção transversal desse condutor por segundo são:

- a) prótons; $7,0 \cdot 10^{13}$ partículas.
- b) íons de metal; $14,0 \cdot 10^{16}$ partículas.
- c) prótons; $7,0 \cdot 10^{19}$ partículas.
- d) elétrons; $14,0 \cdot 10^{16}$ partículas.
- e) elétrons; $7,0 \cdot 10^{13}$ partículas.

T.106 Um ampère corresponde a:

- I. um coulomb por segundo.
 - II. passagem de $6,25 \cdot 10^{18}$ cargas elementares por segundo através de uma seção transversal de um condutor (carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).
- a) Só a afirmação I é correta.
 - b) Só a afirmação II é correta.
 - c) As duas afirmações estão corretas.
 - d) As duas afirmações estão incorretas.

T.107 (PUC-SP)



Na tira, Garfield, muito maldosamente, reproduz o famoso experimento de Benjamin Franklin, com a diferença de que o cientista, na época, teve o cuidado de isolar a si mesmo de seu aparelho e de manter-se protegido da chuva de modo que não fosse eletrocutado como tantos outros que tentaram reproduzir o seu experimento.

Franklin descobriu que os raios são descargas elétricas produzidas geralmente entre uma nuvem e o solo ou entre partes de uma mesma nuvem que estão eletrizadas com cargas opostas. Hoje sabe-se que uma descarga elétrica na atmosfera pode gerar correntes elétricas da ordem de 10^5 ampères e que as tempestades que ocorrem no nosso planeta originam, em média, 100 raios por segundo. Isso significa que a ordem de grandeza do número de elétrons que são transferidos, por segundo, por meio das descargas elétricas, é, aproximadamente:

- a) 10^{22}
- b) 10^{24}
- c) 10^{26}
- d) 10^{28}
- e) 10^{30}

(Dado: carga de um elétron $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

T.108 Ao acionar um interruptor de uma lâmpada elétrica, esta se acende quase instantaneamente, embora possa estar a centenas de metros de distância. Isso ocorre porque:

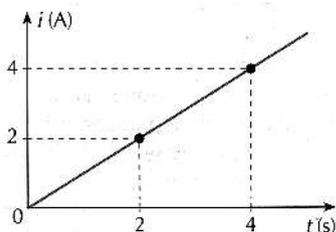
- a) a velocidade dos elétrons na corrente elétrica é igual à velocidade da luz.
- b) os elétrons se põem em movimento quase imediatamente em todo o circuito, embora sua velocidade média seja relativamente baixa.
- c) a velocidade dos elétrons na corrente elétrica é muito elevada.
- d) não é necessário que os elétrons se movimentem para que a lâmpada se acenda.

T.109 (Uece) Em um fio de cobre de 1 cm de diâmetro há uma corrente de 66 ampères. Considere a existência de $8,6 \cdot 10^{28}$ elétrons livres por metro cúbico no cobre e a carga q de um elétron igual a $-1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb. A distância percorrida por um desses elétrons livres, em uma hora, é aproximadamente igual a um:

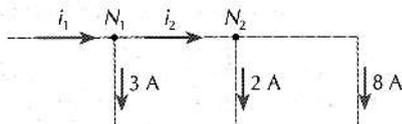
- a) centímetro
- b) palmo
- c) metro
- d) quilômetro

T.110 (Unisa-SP) No diagrama, temos a representação da intensidade de corrente (i) em um fio condutor em função do tempo (t). A quantidade de carga elétrica, em C, que atravessa uma secção transversal do condutor entre 2 s e 4 s é:

- a) 4 b) 8 c) 1 d) 6 e) 2



T.111 No trecho de circuito esquematizado na figura têm-se dois nós, N_1 e N_2 .



As intensidades das correntes i_1 e i_2 são respectivamente iguais a:

- a) 5 A e 8 A d) 3 A e 2 A
- b) 5 A e 10 A e) 11 A e 10 A
- c) 13 A e 10 A

T.112 (Unisa-SP) Um chuveiro elétrico quando sob ddp de 220 V é atravessado por uma corrente elétrica de intensidade 10 A. Qual é a energia elétrica consumida, em kWh, em 15 min de funcionamento?

- a) 33 b) 3,3 c) 1,21 d) 5,5 e) 0,55

T.113 (UEPB) Uma residência usa alguns equipamentos elétricos, cuja potência de cada um e o tempo de funcionamento em um mês encontram-se especificados na tabela abaixo.

| Equipamento | Quantidade | Tempo de funcionamento | Potência (W) |
|----------------|------------|------------------------|---------------|
| Lâmpada | 04, | 120 h | 60 (cada uma) |
| Ferro elétrico | 01 | 30 h | 600 |
| Televisor | 01 | 60 h | 120 |

A energia elétrica total consumida, em quilowatt-hora (kWh), pelos equipamentos vale:

- a) 42,0 c) 32,0 e) 72,0
- b) 66,0 d) 54,0

T.114 (Olimpíada Paulista de Física) Preocupadas com o "apagão", dona Josefa, dona Carolina e dona Eneida tomaram algumas providências para economizar energia elétrica:

- I. Dona Josefa deixou de usar o forno de microondas de 2.000 W, que costumava ligar durante 1 hora por dia.
- II. Dona Carolina trocou 10 lâmpadas incandescentes de 100 W cada, que ficavam acesas durante 5 horas diárias, por igual quantidade de lâmpadas fluorescentes de 20 W.
- III. Dona Eneida conseguiu reduzir de 1 hora para 0,5 hora por dia o tempo de banho de chuveiro elétrico de 4.000 W.

Sabendo-se que a energia elétrica é paga em kWh e que a quantidade de energia é determinada pelo produto da potência em kW (1.000 W) pelo tempo de uso em horas e considerando-se as providências anteriores, podemos afirmar que:

- a) Todas economizaram a mesma quantidade de energia elétrica.
- b) Dona Carolina foi quem conseguiu economizar mais energia elétrica.
- c) Dona Eneida foi quem economizou menos energia elétrica.
- d) Dona Josefa economizou mais energia elétrica do que dona Carolina.
- e) Não houve economia de energia elétrica nas três situações, havendo apenas economia na potência elétrica dos aparelhos utilizados.

T.115 (UFTM-MG) Após um mês de incansáveis ... *apaga a luz!..., ... desliga o chuveiro!...* a esposa comunica ao marido a redução de 130 kWh no consumo mensal de energia. Não dando o braço a torcer, o marido atribui ao sucesso da economia o fato de não mais se ter deixado acesa durante a noite aquela lâmpada de 100 W do corredor, que sua esposa achava indispensável ficar acesa. Apesar de o não uso dessa lâmpada ter contribuído para a economia obtida, ela jamais poderia ter sido a única responsável, uma vez que, com a energia economizada, essa lâmpada poderia permanecer ininterruptamente acesa por, aproximadamente:

- a) 33 dias c) 46 dias e) 61 dias
- b) 38 dias d) 54 dias

T.116 (UFRGS-RS) Para iluminar sua barraca, um grupo de campistas liga uma lâmpada a uma bateria de automóvel. A lâmpada consome uma potência de 6 W quando opera sob uma tensão de 12 V. A bateria traz as seguintes especificações: 12 V, 45 A · h, sendo o último valor a carga máxima que a bateria é capaz de armazenar. Supondo-se que a bateria seja ideal e que esteja com a metade da carga máxima, e admitindo-se que a corrente fornecida por ela se mantenha constante até a carga se esgotar por completo, quantas horas a lâmpada poderá permanecer funcionando continuamente?

- a) 90 h c) 45 h e) 11 h 15 min
- b) 60 h d) 22 h 30 min

T.117 (Vunesp) As companhias de eletricidade geralmente usam medidores calibrados em quilowatt-hora (kWh). Um kWh representa o trabalho realizado por uma máquina desenvolvendo potência igual a 1 kW durante 1 hora. Numa conta mensal de energia elétrica de uma residência com 4 moradores, lêem-se, entre outros, os seguintes valores:

| Consumo (kWh) | Total a pagar (R\$) |
|---------------|---------------------|
| 300 | 75,00 |

Cada um dos 4 moradores toma um banho diário, um de cada vez, num chuveiro elétrico de 3 kW. Se cada banho tem duração de 5 minutos, o custo ao final de um mês (30 dias) da energia consumida pelo chuveiro é de:

- a) R\$ 4,50 d) R\$ 22,50
 b) R\$ 7,50 e) R\$ 45,00
 c) R\$ 15,00

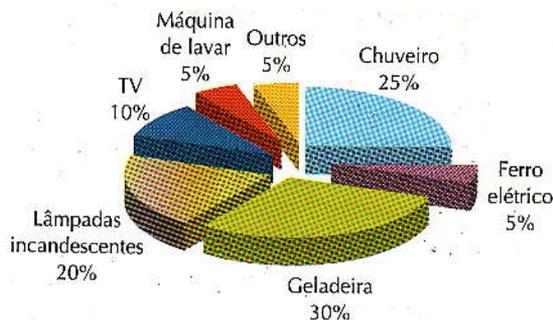
T.118 (Fuvest-SP) No medidor de energia elétrica usado na medição do consumo de residências, há um disco, visível externamente, que pode girar. Cada rotação completa do disco corresponde a um consumo de energia elétrica de 3,6 watt-hora. Mantendo-se, em uma residência, apenas um equipamento ligado, observa-se que o disco executa uma volta a cada 40 segundos. Nesse caso, a potência "consumida" por esse equipamento é de, aproximadamente:

- a) 36 W d) 324 W
 b) 90 W e) 1.000 W
 c) 144 W

A quantidade de energia elétrica de 3,6 watt-hora é definida como aquela que um equipamento de 3,6 W consumiria se permanecesse ligado durante 1 hora.

O enunciado a seguir refere-se aos testes T.119 e T.120.

(Enem-MEC) A distribuição média, por tipo de equipamento, do consumo de energia elétrica nas residências no Brasil é apresentada no gráfico abaixo.



T.119 Em associação com os dados do gráfico, considere as variáveis:

- I. potência do equipamento;
- II. horas de funcionamento;
- III. número de equipamentos.

O valor das frações percentuais do consumo de energia depende de:

- a) I, apenas d) II e III, apenas
 b) II, apenas e) I, II e III
 c) I e II, apenas

T.120 Como medida de economia, em uma residência com 4 moradores, o consumo mensal médio de energia elétrica foi reduzido para 300 kWh. Se essa residência obedece à distribuição dada no gráfico, e se nela há um único chuveiro de 5.000 W, pode-se concluir que o banho diário de cada morador passou a ter uma duração média, em minutos, de:

- a) 2,5 b) 5,0 **c) 7,5** d) 10,0 e) 12,0