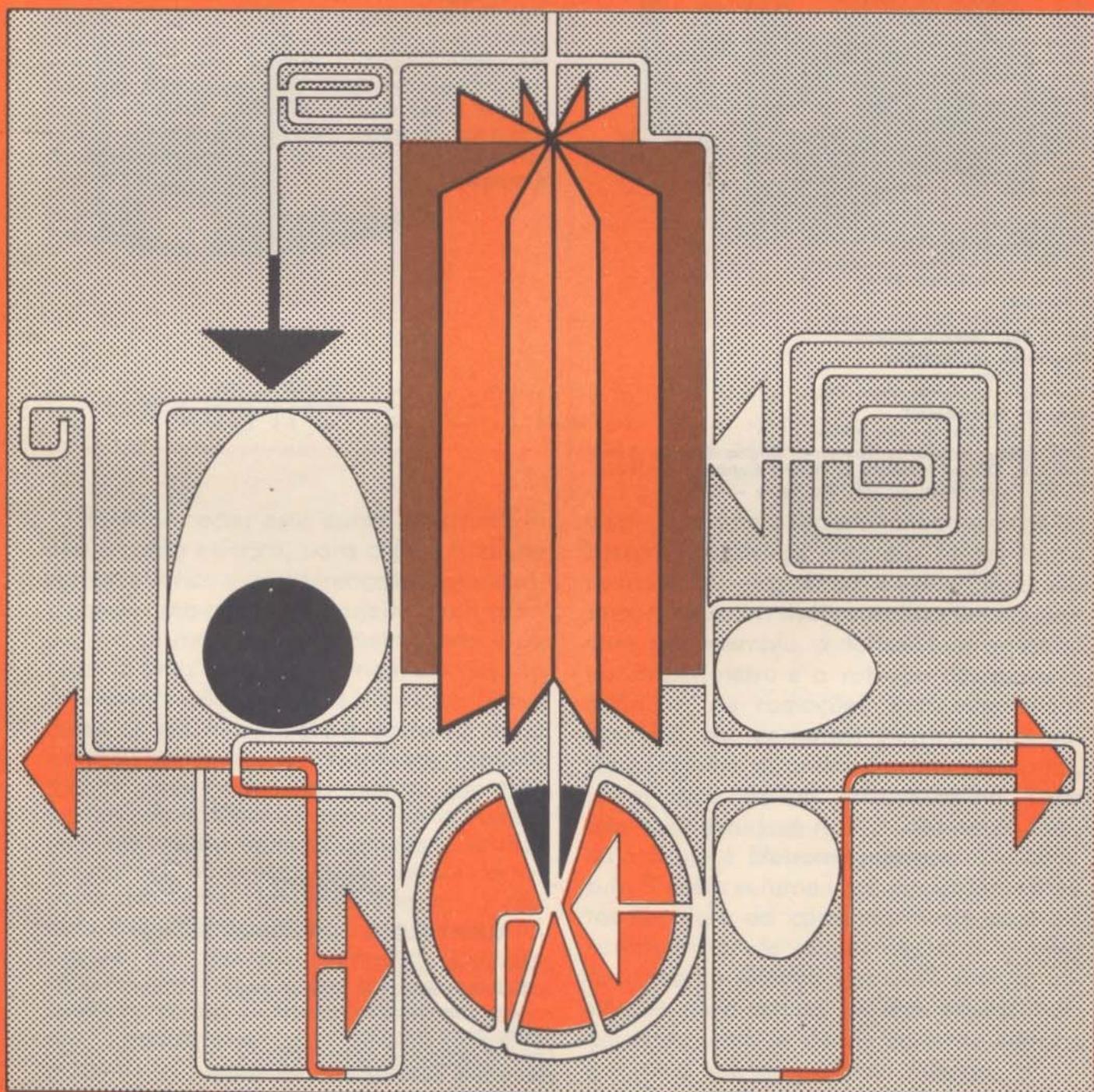


Corrente elétrica



MEC/FENAME/PREMEN

PEF — PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA, constituído de quatro conjuntos destinados ao Ensino de 2.º Grau, foi planejado e elaborado pela equipe técnica do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), mediante convênios com a FENAME e o PREMEN.

Coordenação

Ernst Wolfgang Hamburger
Giorgio Moscati

Mecânica

Antonia Rodrigues
Antonio Geraldo Violin
Diomar da Rocha Santos Bittencourt
Hideya Nakano
Luiz Muryllo Mantovani
Paulo Alves Lima
Plínio Ugo Meneghini dos Santos

Eletricidade

Eliseu Gabriel de Pieri
José de Pinho Alves Filho
Judite Fernandes de Almeida

Eletromagnetismo

Jesuina Lopes de Almeida Pacca
João Evangelista Steiner

Programação Visual

Carlos Egidio Alonso
Carlos Roberto Monteiro de Andrade
Ettore Michele di San Fili Bottini
João Baptista Novelli Junior

Fotografias e Reproduções

José Augusto Machado Calil
Washington Mazzola Racy

Secretaria e Datilografia

Carlos Eduardo Franco de Siqueira
Janete Vieira Garcia Novo

Linguagem

Claudio Renato Weber Abramo
Maria Nair Moreira Rebello

Construção de Protótipos

José Ferreira
Voanerges do Espirito Santo Brites

Conjunto Experimental

Plínio Ugo Meneghini dos Santos

Colaboram o pessoal da Secretaria, Oficina Gráfica, Administração, Oficina Mecânica e Oficina Eletrônica do IFUSP.
IFUSP: Caixa Postal 20 516, São Paulo — SP

CAPA

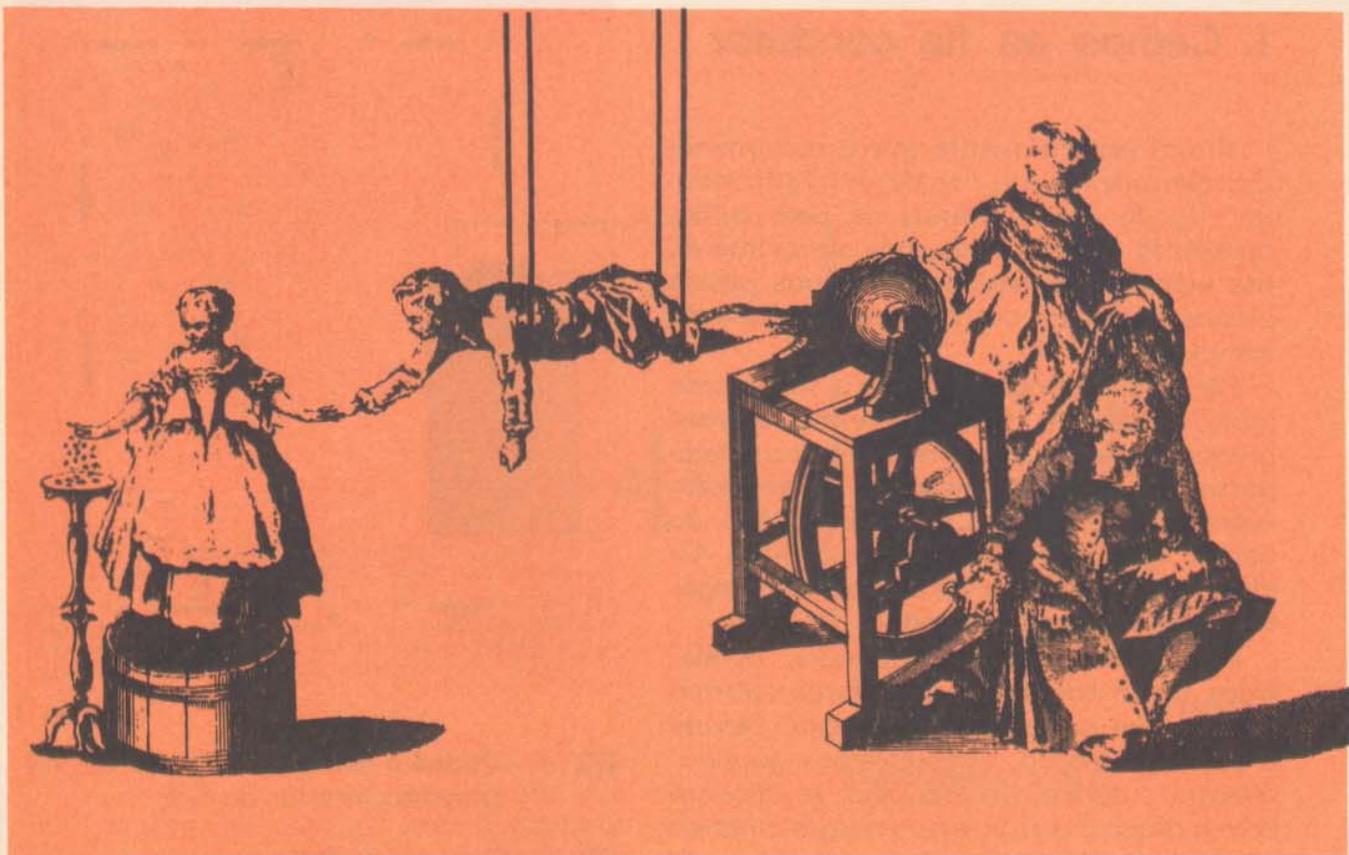
A capa é baseada em um quadro da artista carioca Renina Katz, que é também professora de

Comunicação Visual na Universidade de São Paulo. Quando realizou a obra, a artista não pensou em símbolos elétricos. Entretanto, o que cada um vê e sente em uma obra de arte depende de sua vivência. Assim, um físico poderia imaginar correntes elétricas fluindo de um gerador elétrico (objeto redondo embaixo) para um resistor (espiral à direita), na direção das setas, fazendo aquecer um radiador de calor (objeto com pás). Para a artista, o quadro é "uma coisa orgânica, o ovo (que representa talvez o homem), cercada por uma coisa mecânica, uma máquina em que algo flui em tubos e é transformado. O ovo não pode sair de lá; também vai ser transformado. Há certos momentos em que você precisa viver as contingências até o fim, não pode escapar, cumpre o seu destino natural". Talvez a artista tenha se inspirado, inconscientemente, em símbolos elétricos para representar genericamente **a máquina.**

SUMÁRIO

CAPÍTULO 4 — Corrente elétrica

1. Campo no fio condutor	4—2
2. Intensidade e sentido da corrente elétrica	4—2
3. A unidade de corrente elétrica	4—4
4. Medida de corrente elétrica	4—4
5. Corrente contínua e corrente alternada	4—8
6. Exercícios de aplicação	4—10



Corrente elétrica

Você começou este curso discutindo o que é carga elétrica, para depois falar de campo elétrico e de diferença de potencial. Quando uma carga está sujeita a um campo, ela se move, adquire velocidade e dá lugar a uma corrente elétrica. Cargas em movimento são correntes elétricas, assim como ar em movimento é vento ou água em movimento forma correntezas. O movimento gera fenômenos novos, que não existem na ausência de movimento. Assim, uma árvore em repouso começa a se mover quando há vento e pode até ser derrubada pelo vento. Uma roda d'água, parada num lago, se põe em movimento num rio. Cargas em repouso produzem somente campos elétricos. Cargas em movimento, isto é, correntes elétricas, produzem, além dos campos elétricos, também campos magnéticos, radiação eletromagnética e

calor. Os campos magnéticos criados pelas correntes elétricas exercem forças sobre os materiais magnéticos e estas forças são importantes em muitas aplicações: provocam, por exemplo, a deflexão do ponteiro do amperímetro e a rotação dos motores elétricos. As radiações eletromagnéticas emitidas por correntes elétricas que variam incluem as ondas de rádio, de radar, ultravioleta, de luz, infravermelha. Tudo isto você estudará no 4.º volume do PEF, cujo título é **Eletromagnetismo**. No capítulo 8 deste volume você estudará os efeitos térmicos da corrente. Neste capítulo vamos tratar de alguns aspectos simples da corrente elétrica que você precisa conhecer, para estudar os seus efeitos mais adiante: como se define corrente elétrica e como é que ela pode ser medida.

1. Campo no fio condutor

Vimos anteriormente que o movimento dos elétrons no interior de um fio condutor, ligado aos terminais de uma pilha, apresenta semelhanças com o movimento dos elétrons na região entre duas placas planas paralelas carregadas, situadas no vácuo.

De fato, quando ligamos o fio a uma pilha, os elétrons livres que antes estavam animados de um movimento desordenado passam a se mover numa direção preferencial (figura 1). Essa direção é a do campo elétrico no fio, devido à pilha. Os elétrons percorrem o fio do terminal negativo para o terminal positivo da pilha.

No caso das placas carregadas, os elétrons ficam sujeitos a uma força elétrica e adquirem aceleração constante. Devido a essa aceleração, estes elétrons ganham energia cinética; quando eles se chocam com a placa positiva, essa energia cinética é cedida à placa. Como consequência, a placa se aquece.

Da mesma forma que no caso das placas carregadas, os elétrons livres do fio condutor ficam sujeitos a uma força elétrica adquirindo aceleração. No entanto, o fio é formado por átomos que dificultam o movimento dos elétrons: estes, ao se moverem no interior do fio condutor, chocam-se com os átomos.

Q1 — O que acontece com a energia cinética que os elétrons adquirem ao serem acelerados pelo campo elétrico? Qual a consequência no fio?

Os choques entre os elétrons livres e os átomos do fio condutor, ao contrário do que ocorre com as placas carregadas, fazem com que o movimento dos elétrons neste fio não seja uniformemente acelerado. Como resultado, os elétrons se dirigem ao terminal positivo sofrendo uma sucessão de acelerações e desacelerações, na direção do fio, de forma que sua velocidade média permanece constante. Essa velocidade é chamada **velocidade de deslocamento** dos elétrons.

4-2

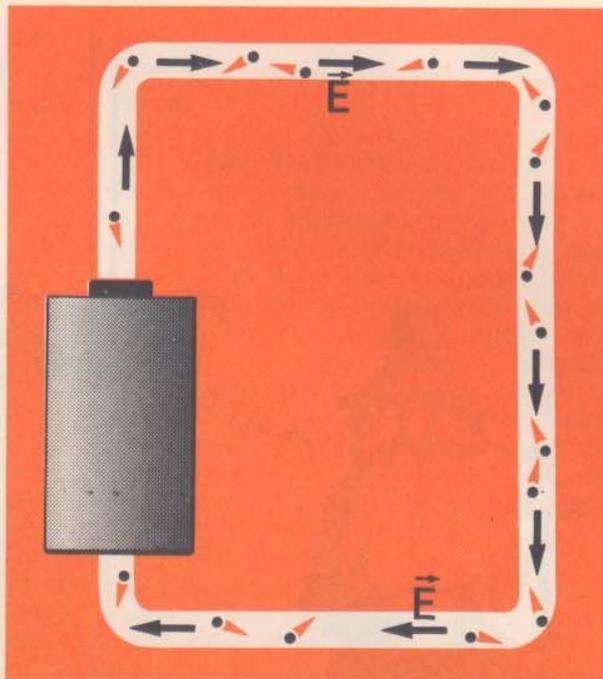


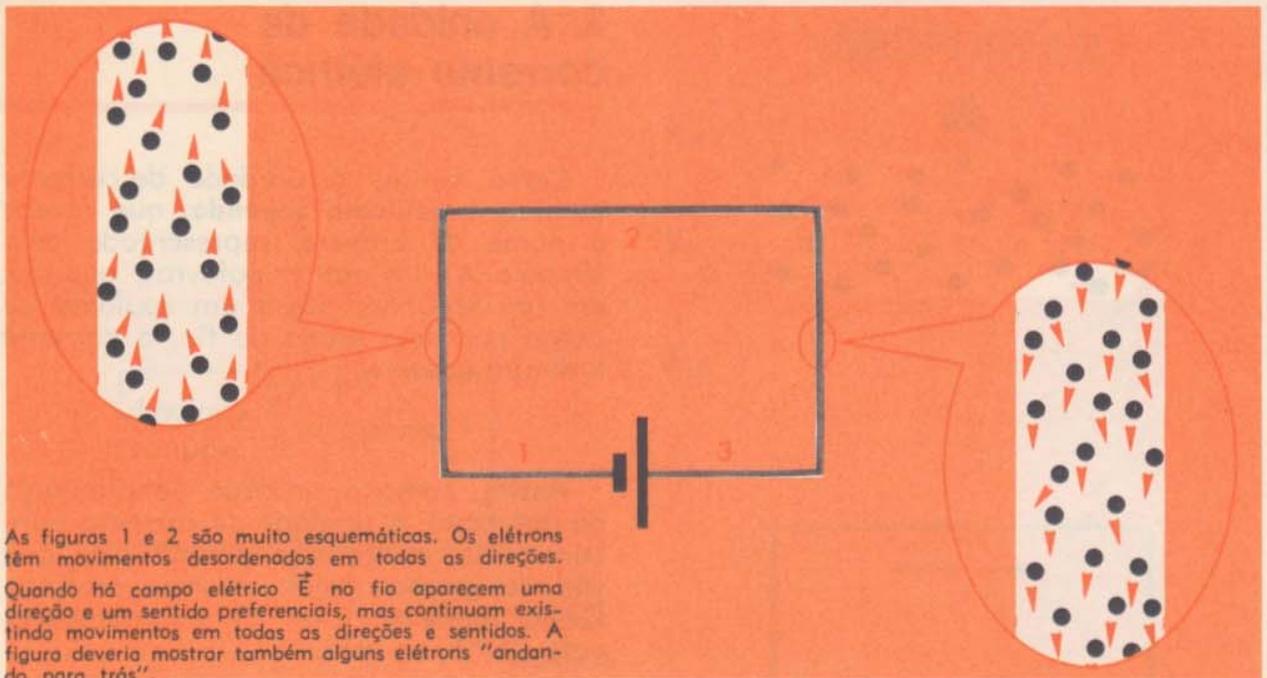
figura 1

- Q2** — Qual é a aceleração média dos elétrons no interior do fio?
- Q3** — Descreva, com suas próprias palavras, como é o movimento dos elétrons livres de um fio condutor ligado aos terminais de uma pilha.

2. Intensidade e sentido da corrente elétrica

A maneira como os elétrons livres se movem no interior de um fio condutor ligado a uma pilha é muito importante no estudo dos circuitos elétricos. Agora, estudaremos mais detidamente algumas características desse movimento.

- Q4** — Suponha que em um intervalo de tempo t passem n elétrons do fio para o terminal positivo da pilha. Quantos elétrons passam do terminal negativo da pilha para o fio nesse mesmo intervalo de tempo?
- Q5** — Na figura 2 estão representados dois trechos ampliados de um fio



As figuras 1 e 2 são muito esquemáticas. Os elétrons têm movimentos desordenados em todas as direções. Quando há campo elétrico \vec{E} no fio aparecem uma direção e um sentido preferenciais, mas continuam existindo movimentos em todas as direções e sentidos. A figura deveria mostrar também alguns elétrons "andando para trás".

figura 2

condutor ligado a uma pilha de 1,5 V. O número de elétrons que passa da região 1 para a região 2 em um mesmo intervalo de tempo é maior, menor ou igual ao número de elétrons que passa da região 2 para a região 3, neste intervalo de tempo?

Q6 — O número total de elétrons que há no conjunto **fio + pilha** sofre alguma variação quando se liga o fio à pilha?

Quando, em um fio condutor, há movimento preferencial de elétrons em um sentido, dizemos que o fio é percorrido por uma **corrente elétrica**. Assim, ao ligarmos um fio aos terminais de uma pilha, ou outra fonte de tensão qualquer, o fio passa a ser percorrido por uma corrente elétrica.

A quantidade de carga que atravessa uma seção transversal qualquer do fio, por unidade de tempo, caracteriza quantitativamente a corrente elétrica. Dessa forma, se em t segundos a carga elétrica que atravessa a seção transversal é q coulomb, então a intensidade da corrente elétrica i é dada por

$$i = \frac{q}{t} \left(\frac{\text{coulomb}}{\text{segundo}} \right)$$

RESPOSTAS

R₁ -

R₂ -

R₃ -

R₄ -

R₅ -

R₆ -

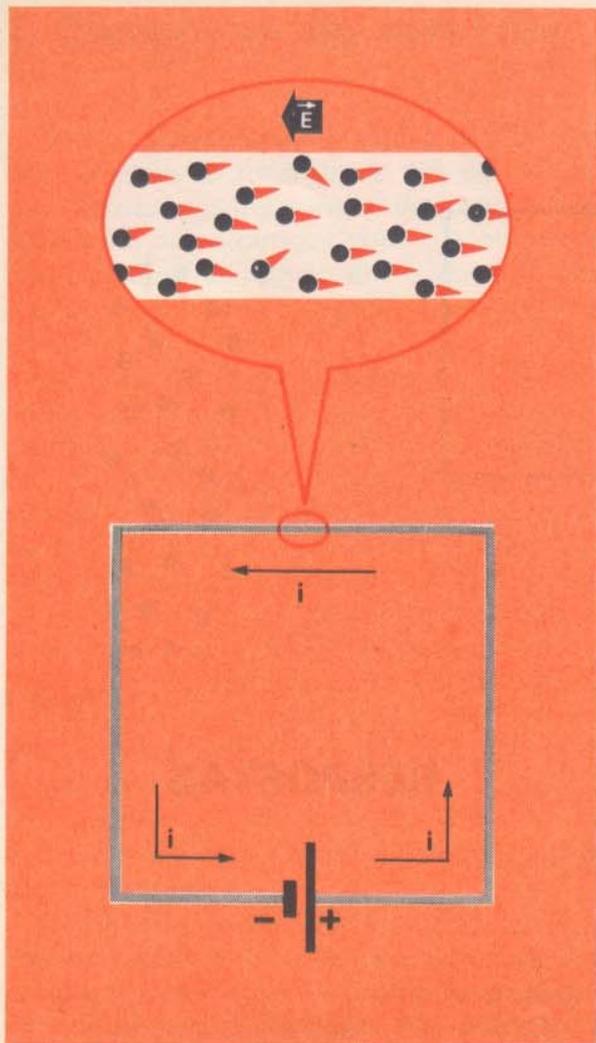


figura 3

- Q7** — Uma pilha de 1,5 V ligada a um fio condutor de comprimento l dá origem a um campo elétrico de módulo E . Esse campo faz com que os elétrons do fio fiquem submetidos a uma força \vec{F} . Se ligarmos ao mesmo fio uma pilha de 3 V, a força que age sobre os elétrons será a mesma?

Quanto ao sentido da corrente elétrica, de acordo com uma convenção aceita internacionalmente, adota-se o sentido **oposto** ao do movimento dos elétrons. Dessa forma, no circuito estudado, os elétrons se deslocam do terminal negativo ao positivo da pilha, enquanto a corrente elétrica (i) percorre o fio do terminal positivo ao negativo da pilha (figura 3).

4-4

3. A unidade de corrente elétrica

Como vimos, a unidade de corrente elétrica é **coulomb/segundo**, que recebe o nome de **ampère**, representado pelo símbolo **A**. Em outras palavras, quando, em um segundo, passa um coulomb de carga por uma seção do fio, a corrente é de um ampère.

$$1 \text{ ampère} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ segundo}}$$

Assim, como a unidade de diferença de potencial, a unidade de corrente também possui múltiplos e submúltiplos, que são designados pelos mesmos prefixos. Dessa maneira, $1 \mu\text{A}$ (1 microampère) vale 10^{-6}A , ou seja,

$$1 \mu\text{A} = 10^{-6}\text{A} = 0,000001 \text{ A}$$

- Q8** — A quantos ampères corresponde 1mA (1 miliampère)?
- Q9** — Um fio condutor metálico de 1mm de diâmetro é percorrido por uma corrente de 100 mA. Quantos elétrons atravessam uma seção transversal desse fio em 3 segundos? (A carga de um elétron vale $-1,6 \times 10^{-19}\text{C}$.)

4. Medida de corrente elétrica

Amperímetro é o nome que se dá ao aparelho que mede corrente elétrica. Antes de você efetuar algumas medidas com um amperímetro, vamos fazer algumas considerações a respeito e depois você vai ler o Guia do multímetro.

Considere o circuito da figura 4 e suponha que você queira medir a corrente que flui pelo resistor **R**.

Como você deve ligar o amperímetro para medir essa corrente?

O medidor deve ser ligado em série com o resistor. Assim, a mesma corrente que circula pelo circuito deve passar pelo medidor (figura 5). No entanto,

RESPOSTAS

R_7 -

R_8 -

R_9 -

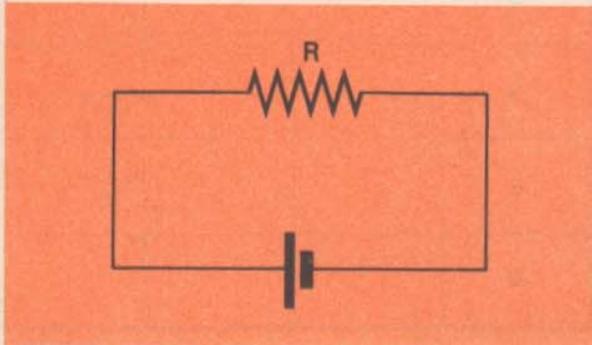


figura 4

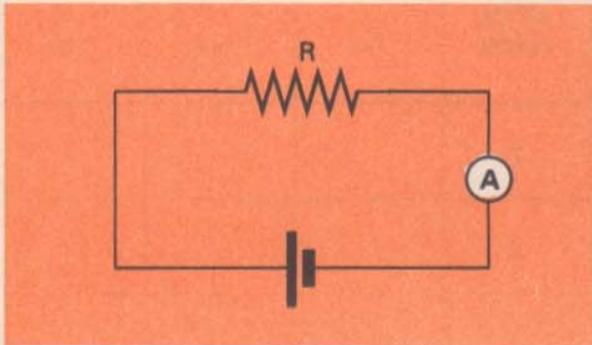


figura 5

a introdução do aparelho no circuito sempre afeta um pouco o valor da corrente pelo circuito. Assim, a corrente que percorre o circuito da figura 5 é menor que a corrente que percorre o circuito da figura 4. Na construção dos amperímetros procura-se reduzir ao mínimo essa influência.

Os amperímetros são aparelhos muito delicados e sua utilização de maneira incorreta pode danificá-los facilmente.

Um cuidado que se deve ter, antes de ligar o medidor de corrente a um circuito, é ter certeza de que a corrente que circulará por ele não é superior à máxima que ele pode suportar. Assim, por exemplo, se o medidor for ligado a uma pilha diretamente, a corrente poderá ser muito elevada e isso estragará o aparelho.

Você vai montar um circuito formado por uma pilha e um resistor. O valor da resistência do resistor deve ser escolhido de tal forma que, ligado em série com a pilha, a corrente que circulará pelo circuito seja inferior à máxima que o amperímetro pode medir. Quanto menor a corrente que o amperímetro suporte, maior deve ser o valor da resistência do resistor.

Você certamente entenderá melhor estas considerações no transcórper do curso.

Leia agora as instruções do Guia do multímetro na parte referente a medidas de correntes.

Só após saber como utilizar o aparelho, efetue as medidas.

Ligue uma pilha de 1,5 V em série com um resistor com resistência de apro-

- R1 — A energia cinética adquirida pelos elétrons é constantemente cedida aos átomos que constituem o fio. Como consequência, o fio se aquece.
- R2 — A aceleração média dos elétrons é nula, pois a velocidade média é constante.
- R3 — Os elétrons livres ficam sujeitos ao campo elétrico da pilha e são acelerados; além disso, eles se chocam com os átomos do fio, cedendo a eles parte de sua energia. Assim, o movimento dos elétrons pode ser considerado como se tivesse velocidade constante. (Naturalmente você poderá ter expresso a idéia acima com outras palavras.)
- R4 — No intervalo de tempo t passam n elétrons do terminal negativo da pilha para o fio condutor.
- R5 — O número é o mesmo nos dois casos. O número de elétrons que atravessa qualquer seção do fio por unidade de tempo é sempre o mesmo. Se assim não fosse, haveria acúmulo de cargas em regiões do fio, o que não acontece em circuitos como o considerado.
- R6 — Não. O número de elétrons permanece o mesmo, pois o circuito como um todo não recebe nem troca cargas. As cargas apenas circulam pelo circuito.
- R7 — Não. A força será o dobro da anterior. Podemos entender este resultado lembrando que, quando apenas uma pilha está ligada, o campo elétrico no fio vale $1,5/l(V/m)$. Quando duas pilhas estão ligadas, o campo será $3/l(V/m)$. Logo, a força duplicou.
- R8 — $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$.
- R9 — $q = it = 0,1\text{A} \times 3\text{s} = 0,30$ coulomb
 $q = (n.^{\circ} \text{ de elétrons}) \times (\text{carga do elétron})$
 $n.^{\circ} \text{ elétrons} = q/\text{carga do elétron}$
 $n.^{\circ} \text{ elétrons} = 1,8 \times 10^{18}$

Nº de pilhas	$V_{(v)}$	$i_{(mA)}$	$i_{(A)}$
1			
2			
3			
4			
5			

tabela 1

Nº de pilhas	$V_{(v)}$	$i_{(mA)}$	$i_{(A)}$
1			
2			
3			
4			
5			

tabela 2

ximadamente 68Ω . Meça a corrente que flui por esse circuito (figura 5).

Q10 — Que valor você encontrou para a corrente?

Sucessivamente, ligue em série mais uma, duas, até cinco pilhas ao circuito (figura 6) e meça as correntes que respectivamente o atravessam. Escreva os resultados na tabela 1 em miliampères e em ampères.

4-6

Q11 — À medida que o número de pilhas do circuito aumenta, isto é, à medida que a diferença de potencial V cresce, o que acontece com a corrente elétrica i ?

Repita a mesma experiência, desta vez ligando as pilhas em paralelo (figura 7); preencha a tabela 2 com os resultados encontrados.

Q12 — E agora, o que acontece com o valor da corrente?

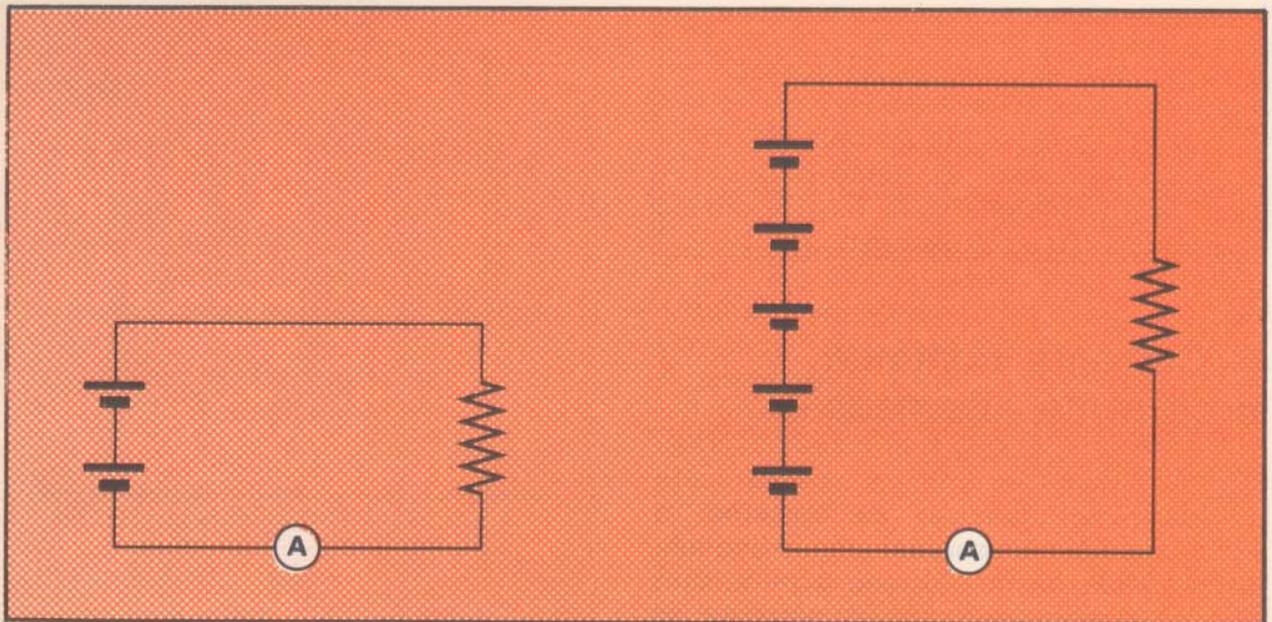


figura 6

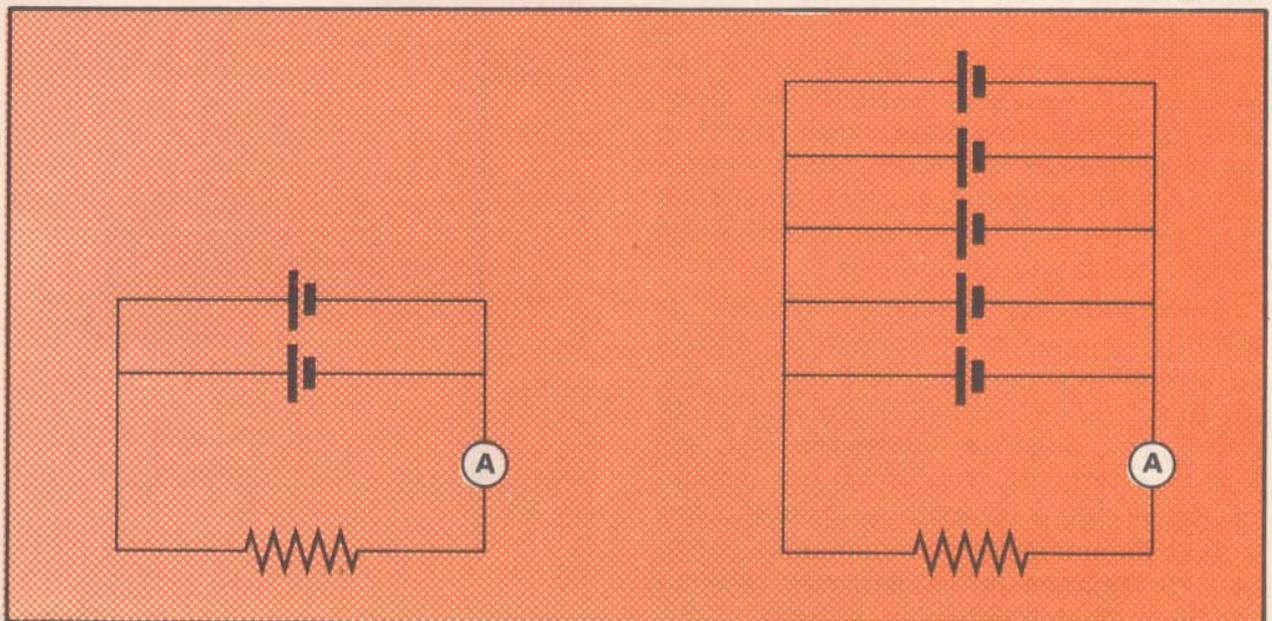


figura 7

RESPOSTAS

R_{10} -

R_{11} -

RESPOSTAS

R_{12} -

R10 — Você deve ter encontrado uma corrente de aproximadamente 21mA.

R11 — A corrente i aumenta.

R12 — Permanece aproximadamente constante.

5. Corrente contínua e corrente alternada

Nas pilhas comuns de lanterna, o pólo central (de carvão) é sempre positivo; dessa forma, quando a pilha está ligada a uma lâmpada, a corrente se dirige sempre de um terminal para o outro.

Dizemos que esse dispositivo é um gerador de **corrente contínua**, ou gerador de tensão contínua. Isto significa que a polaridade não muda com o tempo. Podemos representar essa característica por meio de um gráfico da tensão V em função do tempo t (figura 8).

Entretanto, há geradores (fontes de tensão) em que a polaridade se inverte periodicamente — um determinado terminal é ora positivo, ora negativo. Fala-se então em **corrente alternada** ou em tensão alternada, conforme nos estejamos referindo à corrente ou à tensão fornecida pelo gerador. É o caso, por exemplo, da corrente fornecida pelas centrais elétricas às cidades.

Os termos **corrente contínua** e **corrente alternada** são, em geral, abreviados respectivamente por CC e CA. O movimento das cargas em um fio condutor é diferente no caso da CA. No caso da CC a corrente vai sempre no mesmo sentido, do pólo positivo ao negativo. No caso da CA, o sentido da corrente se inverte duas vezes a cada determinado intervalo de tempo chamado período (figura 9). Durante meio período a corrente vai de um pólo a outro, e durante o meio período seguinte, vai no sentido oposto. Em CA

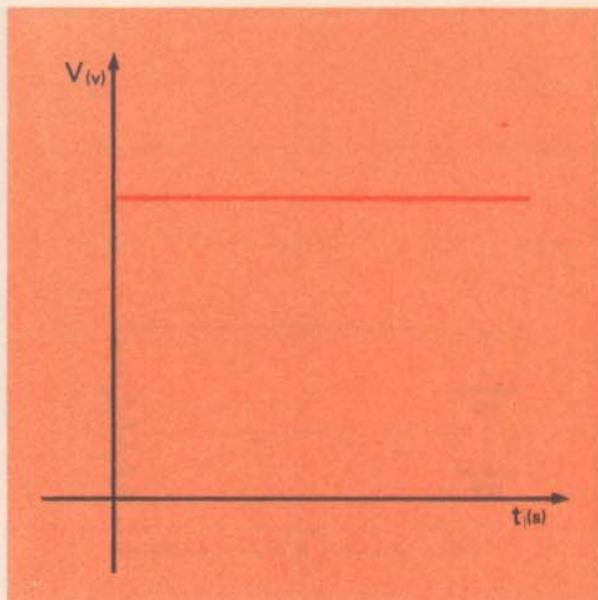


figura 8

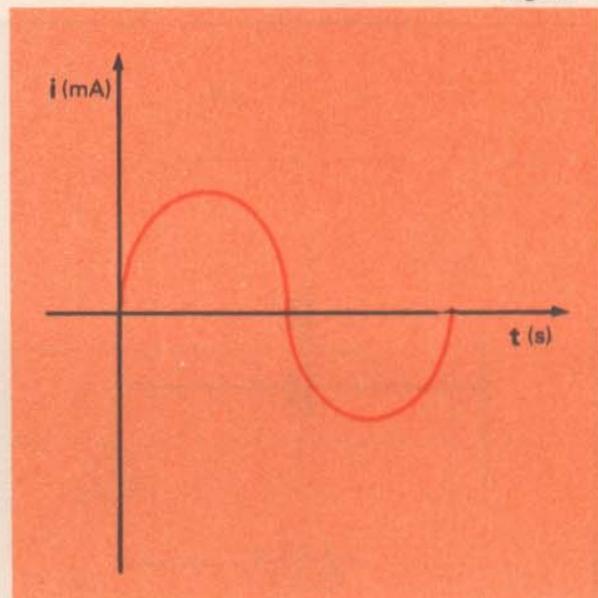


figura 9

não tem significado falar-se em pólo positivo e pólo negativo da fonte, a não ser que especifiquemos o instante considerado. O número de períodos ou **ciclos** completos que se realizam em um segundo é chamado de **freqüência** da corrente alternada e é medido em **ciclos por segundo** ou s^{-1} . Esta unidade recebe o nome de **hertz** (Hz).

A energia elétrica é normalmente distribuída nas cidades e fábricas na forma de CA. As freqüências utilizadas nestes casos variam em geral de 16 Hz

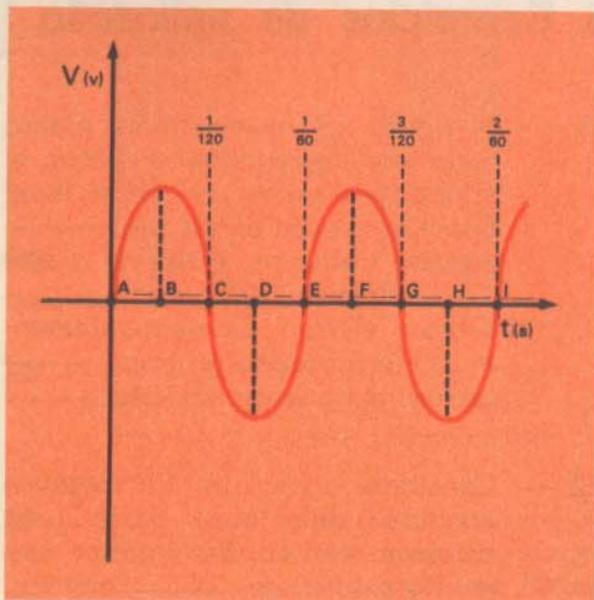


figura 10

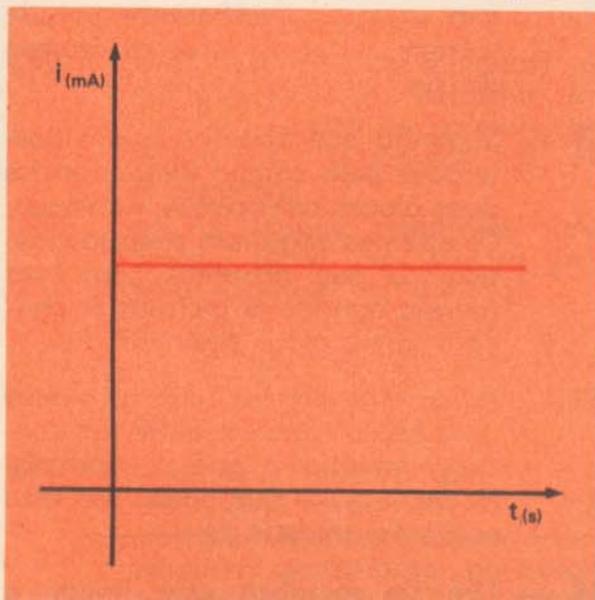


figura 11

a 400 Hz, sendo que nas cidades brasileiras é padrão a frequência de 60 Hz.

Correntes alternadas de outras frequências são, às vezes, usadas em aparelhos eletrônicos e de comunicação. Assim, frequências da ordem de 1 MHz (1 megahertz = 1 000 000 Hz) são utilizadas pelas estações de ondas médias em radiodifusão. Frequências da ordem de 100 MHz são usadas para transmissão de televisão e FM (frequência modulada); frequências de 1 GHz (10⁹ Hz) são usadas pelas estações de radar e para comunicações via satélite.

O gráfico da tensão em função do tempo de uma tomada de luz residencial comum (120 V - 60 Hz) tem o aspecto da figura 10.

Nesse gráfico, os instantes t_A e t_E delimitam um ciclo completo, que dura $1/60$ s. No instante $t_A = 0$, a tensão é nula ($V = 0$); a partir desse instante, a tensão vai aumentando, até que alcança o valor máximo no instante t_B . A partir desse instante, a tensão diminui gradativamente, passando pelo valor zero no instante t_C . Nesse instante, a polaridade se inverte. A tensão continua a decrescer até o instante t_D , em que alcança o valor mínimo (ou máximo negativo). Em seguida, a tensão passa a crescer (decrecer em valor absoluto) até anular-se no instante t_E . Completa-se então um ciclo. A partir desse instante a polaridade se inverte outra vez, recomeçando um novo ciclo.

Vamos agora comparar o que ocorre no interior de um fio condutor quando ligado a uma fonte CA, com o que ocorre em um fio condutor quando ligado a uma fonte de CC.

O gráfico da figura 8 indica que a tensão (CC) tem sempre o mesmo valor no decorrer do tempo. Assim, quando ligamos um fio condutor a uma fonte de tensão contínua — por exemplo, uma pilha —, o campo elétrico que aparece em seu interior é também constante. Logo, a força a que os elétrons ficam submetidos tem sempre a mesma intensidade e sentido; por isso, a intensidade da corrente elétrica que flui pelo condutor **não varia**. O gráfico $i \times t$ tem, neste caso, o aspecto da figura 11.

Observemos agora o gráfico $V \times t$ para uma fonte de tensão alternada (CA). Como a tensão varia no decorrer do tempo, o campo elétrico que se cria no interior do condutor também varia (lembre-se de que a intensidade do campo elétrico é proporcional à tensão).

Com a variação do campo elétrico, a força a que os elétrons ficam submetidos também varia no decorrer do tempo. Como consequência, a corrente elétrica **varia** em intensidade e sentido com a mesma frequência da tensão.

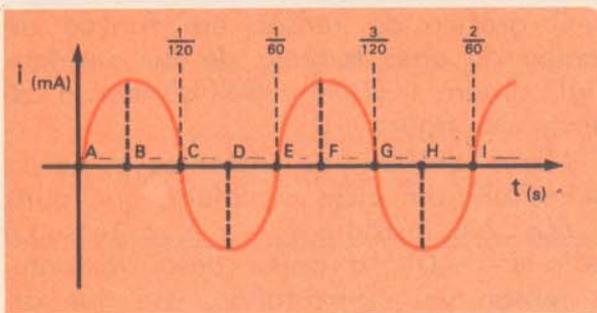


figura 12

A figura 12 mostra o gráfico da corrente em função do tempo num circuito doméstico (isto é, com corrente alternada de 60 ciclos por segundo).

Q13 — Qual intervalo de tempo entre duas inversões sucessivas da corrente é indicado no gráfico?

Q14 — Indique nesse gráfico, utilizando letras, os instantes em que a corrente é máxima, mínima e nula.

Neste capítulo você estudou corrente elétrica e sua relação com o campo em um fio condutor e fez medidas de corrente.

Você sabe também que há geradores de CA e CC. Correntes alternadas são usadas na distribuição de energia elétrica às cidades devido às facilidades de geração, transporte e transformação. O estudo dos circuitos de corrente alternada é mais complexo do que os de corrente contínua, você conhece as pilhas. Existem outras formas de se gerar corrente contínua; nos geradores de CC ou dínamos há transformação de energia mecânica em elétrica. Estes e outros aspectos deste assunto são abordados em detalhes em **Eletromagnetismo**, do PEF.

Existem dispositivos eletrônicos, chamados retificadores, capazes de transformar corrente alternada em contínua. Nos aparelhos de rádio e televisão que usam a rede de distribuição elétrica como fonte de energia há retificadores, pois internamente é usada CC.

Nos próximos capítulos vamos nos concentrar no estudo de dispositivos que utilizam corrente contínua.

4-10

6. Exercícios de aplicação

- E1** — A figura 13 mostra duas placas metálicas carregadas no vácuo e, situado entre elas, um elétron livre. Entre as placas existe um _____ elétrico uniforme, e devido a este _____ elétrico, age uma _____ sobre o elétron. Conseqüentemente, o elétron adquire uma _____ constante no sentido da placa _____.
- E2** — Considere agora um fio metálico condutor pelo qual passa uma corrente elétrica. No interior deste fio existe um _____ elétrico. Entretanto, os elétrons não adquirem _____ constante porque sofrem _____ com os átomos do fio.
- E3** — Suponha que elétrons sejam acelerados pelo campo elétrico entre duas placas carregadas, no vácuo. Os elétrons adquirem energia cinética? O que acontece com esta energia quando os elétrons se chocam com a placa positiva?
- E4** — A corrente elétrica que atravessa uma seção transversal de um condutor metálico é igual à quantidade de _____ que passa por esta seção na unidade de _____.
- E5** — Um fio metálico está ligado a uma pilha. Os elétrons responsáveis pela condução da corrente elétrica se situam em todo o volume do fio ou apenas na superfície?
- E6** — Qual é a relação entre a corrente elétrica em um condutor metálico e o número de elétrons que atravessa uma seção do condutor na unidade de tempo?
- E7** — Expresse os valores de corrente dados abaixo, na unidade ampère:
- | | |
|---------------|---------|
| a) 3,5mA | c) 55nA |
| b) 80 μ A | d) 28kA |

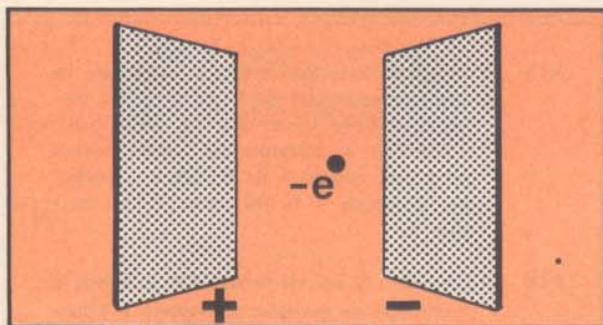


figura 13

- E8** — Em um trecho de um circuito elétrico uma carga de 280C flui em 40 segundos. Qual o valor da corrente?
- E9** — Uma corrente elétrica constante de 8A circula em um condutor, durante o tempo de 2 minutos. Determine a carga total transportada, em coulomb.
- E10** — Uma bateria (acumulador) de automóvel (12V) alimenta um circuito elétrico de corrente contínua (CC) e fornece 50C em 4 segundos.
- a)** As cargas negativas (elétrons) saem ou entram pelo pólo negativo da bateria?
- b)** Qual a intensidade média da corrente elétrica que passa pelo pólo positivo? E pelo pólo negativo?
- E11** — Você deve lembrar que 1C corresponde à carga de $6,28 \times 10^{18}$ elétrons. Quantos elétrons devem percorrer um condutor, para manter uma corrente de 7,5A durante 10 minutos?
- E12** — Explique com suas próprias palavras como é o movimento dos elétrons livres de um fio condutor ligado a uma fonte de corrente alternada.
- E13** — Para haver corrente elétrica há necessidade de deslocamento de elétrons sempre em um mesmo sentido?
- E14** — Certo navio de passageiros tem rede elétrica alimentada por um gerador de 110 V — 400 Hz. Explique o que isto significa.

RESPOSTAS

R₁₃ -

R₁₄ -

RESPOSTAS DE EXERCÍCIOS

R₈ -

R₉ -

R₁₀ -

R₁₁ -

R₁₂ -

R₁₃ -

R₁₄ -

R13 — 1/120 segundos, isto é,
 $t_x - t_c = t_a - t_b$.

R14 — Valores máximos: t_b , t_x , etc.
 Valores mínimos (ou seja, máximos negativamente): t_d , t_z , etc.
 Valores nulos: t_a , t_c , t_x , t_o , etc.

R1 — campo; campo; força; aceleração; positiva.

R2 — campo; aceleração; choques.

R3 — A energia adquirida pelo elétron é cinética. Quando os elétrons incidem na placa, há transformação de energia cinética em energia térmica e a placa aquece.

R4 — carga; tempo.

R5 — Em todo o volume do fio.

R6 — $i = \frac{q}{t}$, $q = n \cdot e$, logo, $i = \frac{n \cdot e}{t}$
 n é o número de elétrons que passam pela seção do condutor na unidade de tempo.

R7 — a) $3,5 \times 10^{-9}A$
 b) $80 \times 10^{-9}A$
 c) $55 \times 10^{-9}A$
 d) $28 \times 10^{-9}A$

R8 — $i = 7A$.

R9 — $q = 960C$.

R10 — a) As cargas negativas saem pelo pólo negativo.
 b) $i = 12,5A$ em ambos os pólos.

R11 — $q = i \cdot t$ $q = 4500C$
 número de elétrons =
 $= 4500C \times 6,28 \times 10^{18} = 2,8 \times 10^{22}$

R12 — Sabemos que em uma fonte de corrente alternada a tensão varia e causa uma variação no campo elétrico no fio condutor. Este campo por sua vez, faz com que a força que age sobre os elétrons também varie com o tempo. Portanto os elétrons livres mudam constantemente o sentido de seu deslocamento. A velocidade dos elétrons muda de sentido e módulo conforme for a frequência da fonte.

R13 — Não.

R14 — A rede fornece tensão alternada de 110V. Sua polaridade se inverte 800 vezes por segundo, como no gráfico abaixo. A tensão de 110V se refere à tensão eficaz, que é definida como a tensão CC que produziria o mesmo efeito térmico (vide capítulo 8).



R15 — O aparelho só funciona em uma rede de corrente alternada de 110V e cuja a frequência pode tomar valores entre 50Hz — 60Hz. A corrente de funcionamento para esta tensão é de 0,90A e a potência dissipada é de 80 watts (vide capítulo 8).

R16 — Com CA. O uso de tensão CA é devido a facilidade de geração, transporte e transformação.

R17 — a) Não. Os elétrons se movimentam mas sem sentido preferencial. b) Os elétrons começam a ter um deslocamento preferencial ao longo do fio. c) Sim. d) No sentido do campo elétrico ou contrário ao dos elétrons. e) Os elétrons se movimentam em um sentido durante certo tempo (meio período) e depois se movimentam em sentido inverso por mais meio período. Este ciclo se repete enquanto a fonte estiver ligada ao fio condutor.

R18 — a) Para determinar o número de elétrons, devemos calcular o número de átomos de zinco contidos em $5 \times 10^{-5}g$.
 $65g (Zn) \rightarrow 6 \times 10^{23}$ átomos
 $5 \times 10^{-5} (Zn) \rightarrow X =$
 $= 4,6 \times 10^{17}$ átomos.
 Cada átomo cede 2 elétrons. Portanto o número de elétrons liberados será de:
 $n_e = 2 \times 4,6 \times 10^{17} =$
 $= 9 \times 2 \times 10^{17}$ elétrons.
 Cada coulomb corresponde a $6,28 \times 10^{18}$ elétrons, assim:

$$q = \frac{9,2 \times 10^{17}}{6,28 \times 10^{18}} = 0,14C.$$

A corrente elétrica média será:
 $i = 0,014A = 14mA$.

b) A massa total de elétrons é: massa de um elétron vezes o número de elétrons.
 $m_t = m_e \times n_e$
 $m_t = 1 \times 6 \times 10^{-31}kg \times 9 \times 2 \times 10^{17}$ elétrons
 $m_t = 14,72 \times 10^{-14}kg = 14,72 \times 10^{-11}g$.
 A massa de zinco dissolvida foi de $5 \times 10^{-5}g$.

$$\frac{5 \times 10^{-5}}{14,72 \times 10^{-11}g} = 0,34 \times 10^6 =$$

$$= 3,4 \times 10^5$$

Logo a massa de zinco dissolvida é $3,4 \times 10^5$ vezes maior que a massa de elétrons que fluíram pela lâmpada.

c) O número de íons de $Zn SO_4$ é igual ao número de átomos de zinco que se ionizaram e depois reagiram com SO_4^{2-} . No item a) já calculamos o número de átomos de zinco, portanto: n.º de íons $Zn SO_4 = 4,6 \times 10^7$.

RESPOSTAS DE EXERCÍCIOS

R₁₈ -

R₁₅ -

R₁₆ -

R₁₇ -

- E15** — Uma máquina de costura apresenta uma plaqueta com os seguintes valores impressos:
110V 0,90A
50/60Hz 80W
Como você interpreta estes valores?
- E16** — A luz da sala onde você está estudando funciona com CC ou CA? As redes elétricas domésticas costumam ser CC ou CA? Por quê?
- E17** — Um fio condutor não está ligado inicialmente a uma fonte de tensão.
- Os elétrons deste fio estão em repouso?
 - Liga-se o fio a uma pilha. Descreva o movimento dos elétrons no fio.
 - O sentido dos elétrons é sempre em sentido oposto ao do campo elétrico?
 - Qual o sentido convencional da corrente elétrica?
 - Agora o fio é ligado a uma tomada de 110V/60Hz. Descreva o movimento dos elétrons.
- E18** — Você construiu no capítulo 2, uma pilha elétrica, que era constituída de uma placa de zinco (Zn) e outra de cobre (Cu), em contato com feltro

embebido de uma solução de sulfato de cobre. Cada átomo de Zn ao reagir com a solução libera 2 elétrons na placa; assim, a placa fica com excesso de elétrons. Suponha que a placa de Zn tinha massa inicial de 5g e que nos primeiros 10 segundos 5×10^{-5} g da placa se dissolvem (0,001% da massa total da placa), dando origem a uma corrente elétrica, que acenderá a lâmpada. São dados: peso atômico do zinco = 65; n.º de Avogadro = $6,023 \times 10^{23}$ moléculas/mol; 1C corresponde à carga de $6,28 \times 10^{-18}$ elétrons; massa do elétron = $1,6 \times 10^{-31}$ kg.

- Determine o n.º de elétrons, a carga elétrica (em coulombs) e a corrente média que flui pela lâmpada.
- Qual a massa total dos elétrons que fluíram pela lâmpada? Compare esta massa de elétrons com a massa de zinco retirada da placa.
- Quando uma pilha fornece uma corrente elétrica, no interior dela existe uma corrente de íons. Determine o n.º de íons $ZnSO_4$ que forma esta corrente, durante os 10 segundos.

Esta obra foi impressa pela
AGGS — Indústrias Gráficas S.A.
Rua Luís Câmara, 535 — Olaria — Rio de Janeiro — RJ
para a
FENAME — Fundação Nacional de Material Escolar
Rua Miguel Ângelo, 96 — Maria da Graça — Rio de Janeiro — RJ
República Federativa do Brasil