

Lista 05 – Corrente elétrica, resistência e circuitos

**Sequência didática proposta para os exercícios (Cap. 27):**

1, 3, 4, 7, 10, 12, 15, 18, 26, 29, 40, 41, 43 e 44 (Halliday)

**Sequência didática proposta para os exercícios (Cap. 28):**

4, 6, 10, 12, 20, 21, 25, 27, 31, 33, 34, 37, 43, 45, 47 e 51 (Halliday)

resistividades e comprimentos são  $\rho$  e  $L$  (fio A);  $1,2\rho$  e  $1,2L$  (fio B) e  $0,9\rho$  e  $L$  (fio C). Ordene os fios de acordo com a taxa com que se transfere energia para energia térmica no interior dos fios, da maior para a menor.

10. A Fig. 27.20 fornece a resistividade de quatro materiais em função da temperatura. (a) Quais materiais são condutores e quais são semicondutores? Em quais materiais um aumento de temperatura resulta em (b) um aumento do número de elétrons de condução por unidade de volume e (c) um aumento da taxa de colisão dos elétrons de condução?

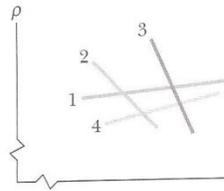


Fig. 27.20 Pergunta 10.

EXERCÍCIOS E PROBLEMAS

SEÇÃO 27.2 Corrente Elétrica

- 1E. Existe uma corrente de 5,0 A em um resistor de 10 Ω que dura 4 min. (a) Quantos coulombs e (b) quantos elétrons atravessam qualquer seção transversal do resistor neste intervalo de tempo?
- 2P. Uma correia carregada, de 50 cm de largura, se movimenta a 30 m/s entre uma fonte de carga e uma esfera. A correia transporta cargas para dentro da esfera a uma taxa correspondente a 100 μA. Calcule a densidade superficial de carga sobre a correia.
- 3P. Uma esfera condutora isolada tem um raio de 10 cm. Um fio transporta uma corrente de 1,000 002 0 A para dentro dela. Um outro fio transporta uma corrente de 1,000 000 0 A para fora dela. Quanto tempo levaria para a esfera aumentar seu potencial em 1000 V?

SEÇÃO 27.3 Densidade de Corrente

- 4E. Uma corrente pequena, mas que pode ser medida, de  $1,2 \times 10^{-10}$  A percorre um fio de cobre cujo diâmetro é de 2,5 mm. Supondo que a corrente é uniforme, calcule (a) a densidade de corrente e (b) a velocidade de deriva dos elétrons. (Veja o Problema Resolvido 27.3.)
- 5E. Um feixe contém  $2,0 \times 10^8$  íons positivos carregados duplamente por centímetro cúbico, que estão se movendo todos para o norte com uma velocidade de  $1,0 \times 10^5$  m/s. (a) Qual a intensidade, a direção e o sentido da densidade de corrente  $\vec{j}$ ? (b) É possível calcular a corrente total  $i$  neste feixe de íons? Caso não seja possível, que informações adicionais são necessárias?
- 6E. O Código Elétrico Nacional (dos Estados Unidos), que estabelece correntes seguras máximas para fios de cobre isolados de vários diâmetros, é fornecido (parcialmente) na tabela a seguir. Faça o gráfico da densidade de corrente segura em função do diâmetro. Que bitola de fio possui a densidade de corrente segura máxima? (A numeração por bitolas é uma forma de identificar diâmetros de fios, e 1 mil =  $10^{-3}$  in.)

Bitola	4	6	8	10	12	14	16	18
Diâmetro	204	162	129	102	81	64	51	40
Corrente segura	70	50	35	25	20	15	6	3

- 7E. Um fusível em um circuito elétrico é um fio que é projetado para derreter, e desse modo abrir o circuito, se a corrente exceder um valor predeterminado. Suponha que o material a ser usado em um fusível se funda quando a densidade de corrente atinge 440 A/cm<sup>2</sup>. Que diâmetro de fio cilíndrico deveria ser usado para fazer um fusível que limitará a corrente a 0,50 A?
- 8P. Próximo à Terra, a densidade de prótons no vento solar (uma corrente de partículas originárias do Sol) é 8,70 cm<sup>-3</sup>, e a sua velocidade é de 470 km/s. (a) Determine a densidade de corrente destes prótons. (b) Se o campo magnético da Terra não os desviasse, os prótons atingiriam o planeta. Neste caso, qual a corrente total que a Terra receberia?

- 9P. Um feixe permanente de partículas alfa ( $q = +2e$ ) deslocando-se com energia cinética constante de 20 MeV transporta uma corrente de 0,25 μA. (a) Se o feixe estiver dirigido perpendicularmente a uma superfície plana, quantas partículas alfa atingirão a superfície em 3,0 s? (b) Em qualquer instante, quantas partículas alfa existem em um dado trecho de 20 cm de comprimento do feixe? (c) Qual a diferença de potencial necessária para acelerar cada partícula alfa a partir do repouso para levá-la a uma energia de 20 MeV?

- 10P. (a) A densidade de corrente entre as extremidades de um condutor cilíndrico de raio  $R$  varia em intensidade de acordo com a equação

$$J = J_0 \left( 1 - \frac{r}{R} \right),$$

onde  $r$  é a distância a partir do eixo central. Assim, a densidade de corrente é um máximo  $J_0$  nesse eixo ( $r = 0$ ) e decresce linearmente até zero na superfície ( $r = R$ ). Calcule a corrente em termos de  $J_0$  e da área da seção transversal do condutor  $A = \pi R^2$ . (b) Suponha que, em vez disso, a densidade de corrente seja máxima e igual a  $J_0$  na superfície do cilindro e decresça linearmente até zero no eixo:  $J = J_0 r/R$ . Calcule a corrente. Por que o resultado é diferente daquele do item (a)?

- 11P. Quanto tempo os elétrons levam para passar da bateria de um carro para o motor de partida? Suponha que a corrente é de 300 A e que os elétrons se deslocam através de um fio de cobre com área de seção transversal igual a 0,21 cm<sup>2</sup> e comprimento igual a 0,85 m. (Veja o Problema Resolvido 27.3.)

SEÇÃO 27.4 Resistência e Resistividade

- 12E. Um fio de Nicromo (uma liga de níquel-cromo-ferro normalmente usada em elementos de aquecimento) possui 1,0 m de comprimento e 1,0 mm<sup>2</sup> de área de seção transversal. Ele transporta uma corrente de 4,0 A quando uma diferença de potencial de 2,0 V é aplicada entre as suas extremidades. Calcule a condutividade  $\sigma$  do Nicromo.
- 13E. Um fio condutor possui 1,0 mm de diâmetro, um comprimento de 2,0 m e uma resistência de 50 mΩ. Qual a resistividade do material?
- 14E. Um trilho de aço de bonde elétrico possui uma área de seção transversal de 56,0 cm<sup>2</sup>. Qual a resistência de 10,0 km de trilho? A resistividade do aço é  $3,00 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ .
- 15E. Um ser humano pode ser eletrocutado se uma pequena corrente de 50 mA passar perto do seu coração. Um electricista trabalhando com as mãos suadas faz bom contato com os dois condutores que ele está segurando, um em cada mão. Se a sua resistência for de 2000 Ω, qual poderia ser a voltagem fatal?
- 16E. Um fio de 4,00 m de comprimento e 6,00 mm de diâmetro possui uma resistência de 15,0 mΩ. Uma diferença de potencial de 23,0 V é aplicada entre as suas extremidades. (a) Qual a corrente no fio? (b) Qual a densidade de corrente? (c) Calcule a resistividade do material do fio. Identifique o material. (Use a Tabela 27.1.)
- 17E. Uma bobina é formada enrolando-se 250 voltas de um fio de cobre n.º 16 isolado (diâmetro = 1,3 mm) em uma única camada sobre

uma fôrma cilíndrica de 12 cm de raio. Qual a resistência da bobina? Despreze a espessura do isolamento. (Use a Tabela 27.1.)

18E. (a) A que temperatura a resistência de um condutor de cobre seria o dobro da sua resistência a  $20,0^\circ\text{C}$ ? (Use  $20,0^\circ\text{C}$  como o ponto de referência na Eq. 27.17; compare a sua resposta com a Fig. 27.10.) (b) Esta mesma "temperatura de duplicação" é válida para todos os condutores de cobre, independentemente de forma ou tamanho?

19E. Um fio com uma resistência de  $6,0\ \Omega$  é esticado de tal modo que seu novo comprimento é de três vezes o seu comprimento original. Determine a resistência do fio mais longo, supondo que a resistividade e a densidade do material não tenham se modificado.

20E. Um certo fio possui uma resistência  $R$ . Qual a resistência de um segundo fio, feito do mesmo material, que possui a metade do comprimento e a metade do diâmetro?

21P. Dois condutores são feitos do mesmo material e possuem o mesmo comprimento. O condutor  $A$  é um fio sólido com diâmetro de  $1,0\ \text{mm}$ . O condutor  $B$  é um tubo oco com diâmetro externo de  $2,0\ \text{mm}$  e diâmetro interno de  $1,0\ \text{mm}$ . Qual a razão entre as resistências  $R_A/R_B$ , medidas entre as suas extremidades?

22P. Um cabo elétrico é formado por 125 cordões de fio delgado, cada um tendo uma resistência de  $2,65\ \mu\Omega$ . A mesma diferença de potencial é aplicada entre as extremidades de todos os cordões e resulta em uma corrente total de  $0,750\ \text{A}$ . (a) Qual a corrente em cada cordão? (b) Qual a diferença de potencial aplicada? (c) Qual a resistência do cabo?

23P. Quando  $115\ \text{V}$  são aplicados entre as extremidades de um fio que possui  $10\ \text{m}$  de comprimento e  $0,30\ \text{mm}$  de raio, a densidade de corrente é igual a  $1,4 \times 10^4\ \text{A/m}^2$ . Determine a resistividade do fio.

24P. Um bloco com o formato de um sólido retangular possui uma área de seção transversal de  $3,50\ \text{cm}^2$ , um comprimento de  $15,8\ \text{cm}$  da frente até a parte de trás e uma resistência de  $935\ \Omega$ . O material com que o bloco é feito possui  $5,33 \times 10^{22}$  elétrons de condução/ $\text{m}^3$ . Uma diferença de potencial de  $35,8\ \text{V}$  é mantida entre as suas faces da frente e de trás. (a) Qual a corrente no bloco? (b) Se a densidade de corrente for uniforme, qual será o seu valor? (c) Qual a velocidade de deriva dos elétrons de condução? (d) Qual a intensidade do campo elétrico no bloco?

25P. Uma lâmpada de lanterna comum possui valores nominais de  $0,30\ \text{A}$  e  $2,9\ \text{V}$  (os valores da corrente e da voltagem (ou tensão) em condições de operação). Se a resistência do filamento da lâmpada à temperatura ambiente ( $20^\circ\text{C}$ ) for de  $1,1\ \Omega$ , qual será a temperatura do filamento quando a lâmpada estiver ligada? O filamento é feito de tungstênio.

26P. A atmosfera inferior da Terra contém íons positivos e negativos que são produzidos por elementos radioativos no solo e por raios cósmicos que vêm do espaço. Em uma determinada região, a intensidade do campo elétrico atmosférico é de  $120\ \text{V/m}$ , dirigido verticalmente para baixo. Este campo faz com que íons isolados carregados positivamente, a uma densidade de  $620/\text{cm}^3$ , se desloquem para baixo e íons isolados carregados negativamente, a uma densidade de  $550/\text{cm}^3$ , se desloquem para cima (Fig. 27.21). A condutividade do ar medida nessa região é de  $2,70 \times 10^{-14}\ \Omega\text{-m}$ . Calcule (a) a velocidade de deriva dos íons, supondo que seja a mesma para os íons positivos e negativos, e (b) a densidade de corrente.

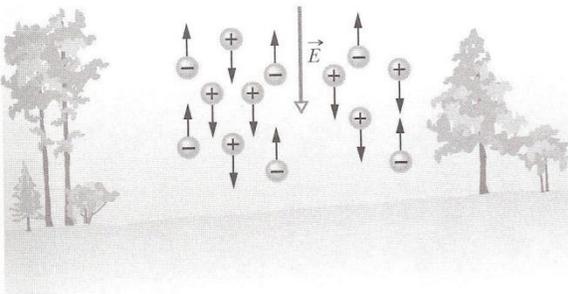


Fig. 27.21 Problema 26.

27P. Quando uma barra metálica é aquecida, não apenas a sua resistência mas também o seu comprimento e sua área da seção transversal variam. A relação  $R = \rho L/A$  sugere que todos os três fatores deveriam ser levados em conta ao se medir  $\rho$  em várias temperaturas. (a) Se a temperatura variar de  $1,0\ \text{C}^\circ$ , que variações percentuais em  $R$ ,  $L$  e  $A$  ocorrem para um condutor de cobre? (b) O coeficiente de expansão linear para o cobre é  $1,7 \times 10^{-5}/\text{K}$ . Que conclusão você tira daí?

28P. Se o número da bitola AWG de um fio for aumentado de 6, o diâmetro se reduz à metade; se o número da bitola for aumentado de 1, o diâmetro decresce de um fator  $2^{1/6}$  (veja a tabela no Exercício 6). Sabendo-se disso, e sabendo-se que  $1000\ \text{ft}$  de um fio de cobre com bitola n.º 10 possuem uma resistência de aproximadamente  $1,00\ \Omega$ , estime a resistência de  $25\ \text{ft}$  de um fio de cobre com bitola n.º 22.

29P. Um resistor possui a forma de um tronco de cone circular reto (Fig. 27.22). Os raios das bases são  $a$  e  $b$ , e a altura é  $L$ . Se a inclinação das paredes for pequena, podemos supor que a densidade de corrente é uniforme em qualquer seção transversal. (a) Calcule a resistência deste objeto. (b) Mostre que a sua resposta se reduz a  $\rho(L/A)$  para o caso especial em que  $a = b$ .

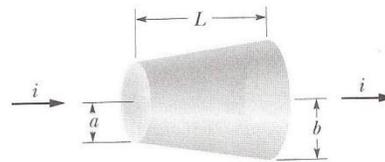


Fig. 27.22 Problema 29.

## SEÇÃO 27.6 Uma Visão Microscópica da Lei de Ohm

30P. Mostre que, de acordo com o modelo do elétron livre de condução elétrica em metais e com a física clássica, a resistividade de metais deveria ser proporcional a  $\sqrt{T}$ , onde  $T$  é a temperatura em kelvins. (Veja a Eq. 20.31.)

## SEÇÃO 27.7 Potência em Circuitos Elétricos

31E. Um certo tubo de raios X opera a uma corrente de  $7,0\ \text{mA}$  e uma diferença de potencial de  $80\ \text{kV}$ . Qual a sua potência em watts?

32E. Um estudante deixou seu rádio de  $9,0\ \text{V}$  e  $7,0\ \text{W}$  ligado a todo volume das 21 horas até às 2 horas do dia seguinte. Quanta carga passou por ele?

33E. Uma diferença de potencial de  $120\ \text{V}$  é aplicada a um aquecedor de ambiente cuja resistência é de  $14\ \Omega$  quando quente. (a) Qual a taxa com que a energia elétrica é transformada em calor? (b) A  $5,0$  centavos/ $\text{kW}\cdot\text{h}$ , quanto custa operar este dispositivo por 5 horas?

34E. Produz-se energia térmica em um resistor a uma taxa de  $100\ \text{W}$  quando a corrente é de  $3,00\ \text{A}$ . Qual a resistência?

35E. Um resistor desconhecido é ligado entre os terminais de uma bateria de  $3,00\ \text{V}$ . Energia é dissipada no resistor à taxa de  $0,540\ \text{W}$ . O mesmo resistor é então ligado entre os terminais de uma bateria de  $1,50\ \text{V}$ . Com que taxa a energia é dissipada agora?

36E. Uma diferença de potencial de  $120\ \text{V}$  é aplicada a um aquecedor de ambiente que dissipa  $500\ \text{W}$  durante a operação. (a) Qual a sua resistência durante a operação? (b) Com que taxa os elétrons atravessam qualquer seção transversal do elemento aquecedor?

37P. Um aquecedor por irradiação de  $1250\ \text{W}$  é fabricado para operar em  $115\ \text{V}$ . (a) Qual será a corrente no aquecedor? (b) Qual a resistência da bobina de aquecimento? (c) Quanta energia térmica é produzida em  $1\ \text{h}$  pelo aquecedor?

38P. Um elemento de aquecimento é feito mantendo-se uma diferença de potencial de  $75,0\ \text{V}$  entre as extremidades do comprimento de um fio de Nicromo, que possui uma seção transversal de  $2,60 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$ . O

Nicromo possui uma resistividade de  $5,00 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ . (a) Se o elemento dissipa 5000 W, qual o seu comprimento? (b) Se uma diferença de potencial de 100 V for usada para obter a mesma taxa de dissipação, qual deveria ser o comprimento?

**39P.** Um aquecedor de Nicromo dissipa 500 W quando a diferença de potencial aplicada é de 110 V e a temperatura do fio é de  $800^\circ\text{C}$ . Qual seria a taxa de dissipação se a temperatura do fio fosse mantida a  $200^\circ\text{C}$  pela imersão do fio em um banho de óleo de resfriamento? A diferença de potencial aplicada permanece a mesma, e  $\alpha$  para o Nicromo a  $800^\circ\text{C}$  é  $4,0 \times 10^{-4}/\text{K}$ .

**40P.** Uma lâmpada de 100 W é ligada em uma tomada padrão de 120 V. (a) Qual o custo mensal para deixar a luz acesa continuamente? Suponha que a energia elétrica custe 6 centavos/kW-h. (b) Qual a resistência da lâmpada? (c) Qual a corrente na lâmpada? (d) A resistência é diferente quando a lâmpada está desligada?

**41P.** Um acelerador linear produz um feixe de elétrons na forma de pulsos. A corrente do pulso é de 0,50 A, e cada pulso possui uma duração de  $0,10 \mu\text{s}$ . (a) Quantos elétrons são acelerados a cada pulso? (b) Qual a corrente média para um acelerador operando a 500 pulsos/s? (c) Se os elétrons forem acelerados até uma energia de 50 MeV, quais serão as potências média e de pico do acelerador?

**42P.** Um resistor cilíndrico com raio de 5,0 mm e comprimento de 2,0 cm é feito de um material que possui uma resistividade de  $3,5 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$ . Quais são (a) a densidade de corrente e (b) a diferença de potencial quando a taxa de dissipação de energia no resistor for de 1,0 W?

**43P.** Um fio de cobre, com área de seção transversal de  $2,0 \times 10^{-6} \text{m}^2$  e comprimento de 4,0 m, possui uma corrente de 2,0 A uniformemente distribuída por essa área. (a) Qual a intensidade do campo elétrico ao longo do fio? (b) Quanta energia elétrica é transferida para a energia térmica em 30 min?

### Problemas Adicionais

**44. O mistério do granulado de chocolate.** Esta história começa no Problema 48 no Cap. 24 e continua pelos Caps. 25 e 26. O pó de granulado de chocolate foi transferido para o silo através de uma tubulação de raio  $R$  com velocidade uniforme  $v$  e densidade de carga uniforme  $\rho$ . (a) Determine uma expressão para a corrente  $i$  (a taxa com que a carga sobre o pó se moveu) que atravessa perpendicularmente uma seção transversal da tubulação. (b) Determine  $i$  para as condições na fábrica: raio da tubulação  $R = 5,0 \text{ cm}$ , velocidade  $v = 2,0 \text{ m/s}$  e densidade de carga  $\rho = 1,1 \times 10^{-3} \text{ C/m}^3$ .

Se o pó tivesse que escoar por meio de uma variação  $V$  do potencial elétrico, sua energia poderia ser transferida para uma centelha na taxa  $P = iV$ . (c) Poderia haver uma transferência como esta no interior da tubulação devido à diferença de potencial radial discutida no Problema 57 do Cap. 25?

Quando o pó escoou da tubulação para dentro do silo, o potencial elétrico do pó variou. A intensidade dessa variação era pelo menos igual à diferença de potencial radial no interior da tubulação (como obtido no Problema 57 do Cap. 25). (d) Supondo esse valor para a diferença de potencial e usando a corrente encontrada no item (b) anterior, deter-

mine a taxa com que a energia poderia ter sido transferida do pó para uma centelha quando o pó saía da tubulação. (e) Se uma centelha de fato ocorreu na saída e durou 0,20 s (uma expectativa razoável), quanta energia teria sido transferida para a centelha?

Lembre-se do Problema 48 do Cap. 24 que uma transferência mínima de 150 mJ é necessária para provocar uma explosão. (f) Onde é mais provável que tenha ocorrido a explosão do pó: na nuvem de pó na bacia de descarregamento (considerada no Problema 48 do Cap. 26), no interior da tubulação ou na saída da tubulação para dentro do silo?

**45. Ataque cardíaco ou eletrocussão?** Em uma manhã, um homem se afasta de um piquenique caminhando descalço sobre um solo úmido próximo a uma torre de sustentação de linhas de transmissão elétrica. Repentinamente ele sofre um colapso. Seus parentes na mesa do piquenique o vêem cair e, ao alcançá-lo alguns segundos mais tarde, descobrem que ele está em fibrilação ventricular. O homem morre antes que uma equipe de emergência possa socorrê-lo com um equipamento desfibrilador. Mais tarde a família move um processo na justiça contra a companhia de energia elétrica, alegando que a vítima foi eletrocutada em razão de uma corrente de fuga acidental da torre. Você é contratado como parte da equipe forense para investigar a morte — ela se deveu a um ataque cardíaco ou a uma eletrocussão?

Uma investigação dos registros da companhia de eletricidade revela que houve na verdade uma *falha elétrica* na torre naquela manhã — por cerca de 1,0 s uma corrente  $I$  “vazou” de uma haste para o solo. Suponha que a corrente se espalhe uniformemente (hemisféricamente) para dentro do solo (Fig. 27.23). Seja  $\rho$  a resistividade do solo e  $r$  a distância a partir da haste. Determine expressões para (a) a densidade de corrente e (b) a intensidade do campo elétrico, ambas em função de  $r$ . A extremidade inferior da haste era esférica com um raio  $b$ . (c) A partir da sua expressão para a intensidade do campo elétrico, determine uma expressão para a diferença de potencial  $\Delta V$  entre a extremidade inferior da haste e um ponto a uma distância  $r$ . Sua investigação descobre que  $I = 100 \text{ A}$ ,  $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$  e  $b = 1,0 \text{ cm}$ , e que a vítima estava localizada em  $r = 10 \text{ m}$ . Na posição da vítima, quais eram (d) a densidade de corrente, (e) a intensidade do campo elétrico e (f) a diferença de potencial  $\Delta V$ ? (Esta história continua com o Problema 56 no Cap. 28.)

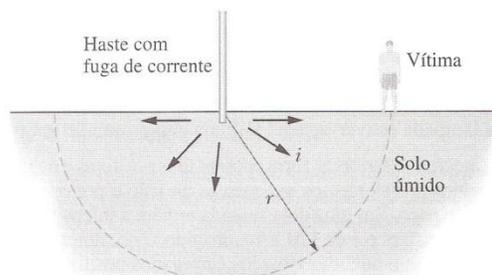


Fig. 27.23 Problema 45.

9. Um resistor  $R_1$  está ligado por fios a uma bateria, depois o resistor  $R_2$  é acrescentado em série. (a) A diferença de potencial entre as extremidades de  $R_1$  é agora maior, menor ou a mesma que anteriormente? (b) A corrente  $i_1$  que atravessa  $R_1$  é agora maior, menor ou a mesma que anteriormente? (c) A resistência equivalente  $R_{12}$  de  $R_1$  com  $R_2$  é maior, menor ou igual a  $R_1$ ?

10. A Fig. 28.20 mostra três seções de um circuito que devem ser ligadas, uma de cada vez, à mesma bateria por meio de uma chave como na Fig. 28.13. Os resistores são todos idênticos, bem como os capacitores. Ordene as seções de acordo com (a) a carga (final) de

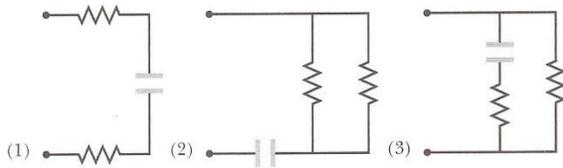


Fig. 28.20 Pergunta 10.

equilíbrio no capacitor e (b) o tempo necessário para que o capacitor atinja 50% da sua carga final, nos dois itens, dos maiores para os menores valores.

11. A Fig. 28.21 mostra gráficos de  $V(t)$  para três capacitores que descarregam (separadamente) através do mesmo resistor. Ordene os gráficos de acordo com as capacitâncias dos capacitores, das maiores para as menores.

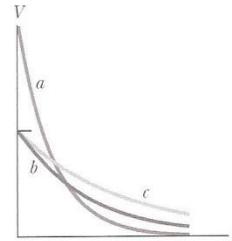


Fig. 28.21 Pergunta 11.

### EXERCÍCIOS E PROBLEMAS

#### SEÇÃO 28.5 Diferenças de Potencial

1E. Uma pilha padrão de lanterna pode fornecer cerca de 2,0 W·h de energia antes que ela se esgote. (a) Se uma pilha custa 80 centavos de dólar, qual o custo de operação de uma lâmpada de 100 W por 8,0 h usando pilhas? (b) Qual o custo se a energia for fornecida a 6 centavos de dólar por quilowatt-hora?

2E. Uma corrente de 5,0 A é mantida em um circuito por 6,0 min por meio de uma bateria recarregável com uma fem de 6,0 V. Qual a redução da energia química da bateria?

3E. Uma bateria de automóvel com uma fem de 12 V possui uma carga inicial de 120 A·h. Supondo que o potencial entre os terminais permaneça constante até que a bateria esteja completamente descarregada, durante quanto tempo ela pode fornecer energia à taxa de 100 W?

4E. Na Fig. 28.22,  $\mathcal{E}_1 = 12$  V e  $\mathcal{E}_2 = 8$  V. (a) Qual o sentido da corrente no resistor? (b) Que bateria está realizando trabalho positivo? (c) Qual ponto, A ou B, está no potencial mais alto?

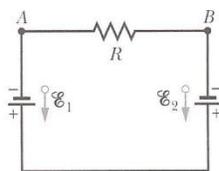


Fig. 28.22 Exercício 4.

5E. Suponha que as baterias da Fig. 28.23 tenham resistências internas desprezíveis. Determine (a) a corrente no circuito, (b) a potência dissipada em cada resistor e (c) a potência de cada bateria, indicando se a energia é fornecida ou absorvida por cada bateria.

6E. Um fio com resistência de  $5,0 \Omega$  está ligado a uma bateria cuja fem  $\mathcal{E}$  é de 2,0 V e cuja resistência interna é de  $1,0 \Omega$ . Em 2,0 min, (a) quanta energia se transfere da forma de energia química para a forma de energia elétrica? (b) Quanta energia aparece no fio como energia térmica? (c) Justifique a diferença entre os itens (a) e (b).

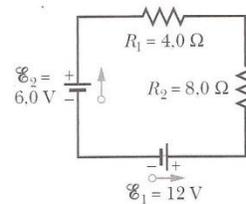


Fig. 28.23 Exercício 5.

7E. Uma bateria de automóvel com uma fem de 12 V e uma resistência interna de  $0,040 \Omega$  está sendo carregada com uma corrente de 50 A. (a) Qual a diferença de potencial entre os seus terminais? (b) Com que taxa a energia está sendo dissipada como energia térmica na bateria? (c) Com que taxa a energia elétrica está sendo convertida para energia química? (d) Quais as respostas para os itens (a) e (b) quando a bateria é usada para fornecer 50 A para um motor de partida?

8E. Na Fig. 28.4a, considere  $\mathcal{E} = 2,0$  V e  $r = 100 \Omega$ . Faça um gráfico (a) da corrente e (b) da diferença de potencial entre as extremidades de  $R$ , em função de  $R$  na faixa de 0 a  $500 \Omega$ . Trace as duas curvas sobre um mesmo gráfico. (c) Faça uma terceira curva, multiplicando, para diversos valores de  $R$ , os valores correspondentes nas duas curvas já plotadas. Qual o significado físico desta terceira curva plotada?

9E. Na Fig. 28.24, o segmento  $AB$  do circuito absorve energia a uma taxa de 50 W quando uma corrente  $i = 1,0$  A passa por ele no sentido indicado. (a) Qual a diferença de potencial entre A e B? (b) O dispositivo de fem X não possui resistência interna. Qual a sua fem? (c) Qual a sua polaridade (a orientação dos seus terminais positivo e negativo)?

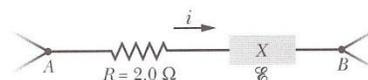


Fig. 28.24 Exercício 9.

10E. Na Fig. 28.25, se o potencial no ponto  $P$  for igual a 100 V, qual será o potencial no ponto  $Q$ ?

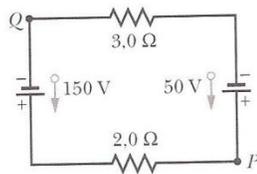


Fig. 28.25 Exercício 10.

11E. Na Fig. 28.6a, calcule a diferença de potencial entre  $a$  e  $c$  considerando uma trajetória que contenha  $R$ ,  $r_1$  e  $\mathcal{E}_1$ .

12P. (a) Na Fig. 28.26, que valor  $R$  deve ter para que a corrente no circuito seja de 1,0 mA? Considere  $\mathcal{E}_1 = 2,0$  V,  $\mathcal{E}_2 = 3,0$  V e  $r_1 = r_2 = 3,0$  Ω. (b) Qual a taxa com que aparece energia térmica em  $R$ ?

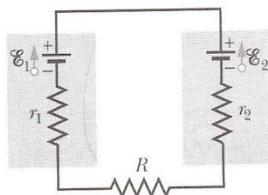


Fig. 28.26 Problema 12.

13P. A corrente em um circuito de malha única com uma resistência  $R$  é de 5,0 A. Quando uma resistência adicional de 2,0 Ω é inserida em série com  $R$ , a corrente cai para 4,0 A. Qual o valor de  $R$ ?

14P. O motor de partida de um automóvel está girando muito lentamente e o mecânico tem que decidir se substitui o motor, o cabo ou a bateria. O manual do fabricante diz que a bateria de 12 V deveria ter uma resistência interna não superior 0,020 Ω, o motor uma resistência de não mais que 0,200 Ω e os cabos uma resistência de não mais que 0,040 Ω. O mecânico liga o motor e mede 11,4 V entre os terminais da bateria, 3,0 V entre as extremidades do cabo, e uma corrente de 50 A. Que parte está defeituosa?

15P. Duas baterias que possuem a mesma fem  $\mathcal{E}$ , porém diferentes resistências internas  $r_1$  e  $r_2$  ( $r_1 > r_2$ ), estão ligadas em série a uma resistência externa  $R$ . (a) Determine o valor de  $R$  que produz uma diferença de potencial nula entre os terminais de uma bateria. (b) Qual é essa bateria?

16P. Uma célula solar gera uma diferença de potencial de 0,10 V quando um resistor de 500 Ω está ligado a ela e uma diferença de potencial de 0,15 V quando o resistor anterior é substituído por um resistor de 1000 Ω. Qual (a) a resistência interna e (b) a fem da célula solar? (c) A área da célula é de 5,0 cm<sup>2</sup>, e a taxa por unidade de área com que ela recebe energia da luz é de 2,0 mW/cm<sup>2</sup>. Qual a eficiência da célula para converter energia luminosa em energia térmica no resistor externo de 1000 Ω?

17P. (a) Na Fig. 28.4a, mostre que a taxa com que se dissipa energia em  $R$  como energia térmica é máxima quando  $R = r$ . (b) Mostre que esta potência máxima é  $P = \mathcal{E}^2/4r$ .

### SEÇÃO 28.6 Circuitos de Múltiplas Malhas

18E. Usando apenas dois resistores — isoladamente, em série ou em paralelo — você é capaz de obter resistências de 3,0, 4,0, 12 e 16 Ω. Quais são as duas resistências?

19E. Quatro resistores de 18,0 Ω estão ligados em paralelo entre os terminais de uma bateria ideal de 25,0 V. Qual a corrente que atravessa a bateria?

20E. Na Fig. 28.27, determine a resistência equivalente entre os pontos  $D$  e  $E$ . (Dica: Imagine que uma bateria está ligada entre os pontos  $D$  e  $E$ .)

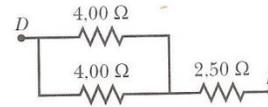


Fig. 28.27 Exercício 20.

21E. Determine na Fig. 28.28 a corrente em cada resistor e a diferença de potencial entre os pontos  $a$  e  $b$ . Considere  $\mathcal{E}_1 = 6,0$  V,  $\mathcal{E}_2 = 5,0$  V,  $R_1 = 4,0$  Ω,  $R_2 = 100$  Ω e  $R_3 = 50$  Ω.

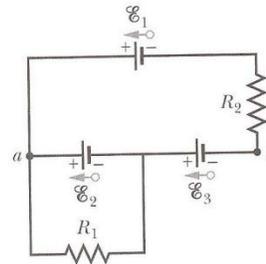


Fig. 28.28 Exercício 21.

22E. A Fig. 28.29 mostra um circuito contendo três chaves, indicadas por  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ . Determine a corrente em  $a$  para todas as possíveis combinações de posições das chaves. Considere  $\mathcal{E} = 120$  V,  $R_1 = 20,0$  Ω e  $R_2 = 10,0$  Ω. Suponha que a bateria não possui resistência.

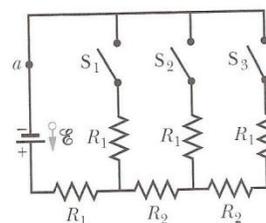


Fig. 28.29 Exercício 22.

23E. Duas lâmpadas, uma com resistência  $R_1$  e a outra com resistência  $R_2$ , onde  $R_1 > R_2$ , estão ligadas a uma bateria (a) em paralelo e (b) em série. Qual lâmpada possui maior brilho (dissipa mais energia) em cada caso?

24E. Na Fig. 28.7, calcule a diferença de potencial entre os pontos  $c$  e  $d$  por tantas trajetórias quanto possível. Suponha que  $\mathcal{E}_1 = 4,0$  V,  $\mathcal{E}_2 = 1,0$  V,  $R_1 = R_2 = 10$  Ω e  $R_3 = 5,0$  Ω.

25E. Nove fios de cobre de comprimento  $\ell$  e diâmetro  $d$  estão ligados em paralelo para formar um único condutor composto de resistência  $R$ . Qual deve ser o diâmetro  $D$  de um único fio de cobre de comprimento  $\ell$  para que ele possua a mesma resistência?

26P. Na Fig. 28.30, determine a resistência equivalente entre os pontos (a)  $F$  e  $H$  e (b)  $F$  e  $G$ . (Dica: Para cada par de pontos, imagine que uma bateria está ligada entre as extremidades do par.)

27P. Você recebe uma certa quantidade de resistores de 10 Ω, cada um capaz de dissipar apenas 1,0 W sem ser destruído. Qual o número mínimo de tais resistores que você precisa combinar em série ou em parale-

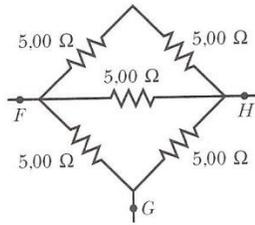


Fig. 28.30 Problema 26.

lo para fazer uma resistência de  $10 \Omega$  que seja capaz de dissipar pelo menos  $5,0 \text{ W}$ ?

28P. (a) Na Fig. 28.31, qual a resistência equivalente da rede de resistores mostrada? (b) Qual a corrente em cada resistor? Considere  $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = R_3 = 50 \Omega$ ,  $R_4 = 75 \Omega$  e  $\mathcal{E} = 6,0 \text{ V}$ ; suponha que a bateria é ideal.

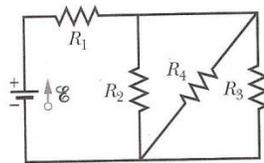


Fig. 28.31 Problema 28.

29P. Duas baterias com fem  $\mathcal{E}$  e resistência interna  $r$  estão ligadas em paralelo entre as extremidades de um resistor  $R$ , como na Fig. 28.32a. (a) Para que valor de  $R$  a taxa de dissipação de energia elétrica pelo resistor é máxima? (b) Qual a taxa máxima de dissipação de energia?

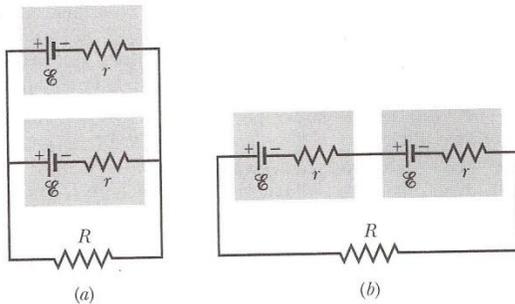


Fig. 28.32 Problemas 29 e 30.

30P. Você dispõe de duas baterias de fem  $\mathcal{E}$  e resistência interna  $r$ . Elas podem ser ligadas tanto em paralelo (Fig. 28.32a) quanto em série (Fig. 28.32b) e devem ser usadas para estabelecer uma corrente em um resistor  $R$ . (a) Deduza expressões para a corrente em  $R$  para os dois arranjos. Qual produzirá a maior corrente (b) quando  $R > r$  e (c) quando  $R < r$ ?

31P. Na Fig. 28.33,  $\mathcal{E}_1 = 3,00 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_2 = 1,00 \text{ V}$ ,  $R_1 = 5,00 \Omega$ ,  $R_2 = 2,00 \Omega$ ,  $R_3 = 4,00 \Omega$  e as duas baterias são ideais. Qual a taxa com que se dissipa energia em (a)  $R_1$ , (b)  $R_2$  e (c)  $R_3$ ? Qual a potência (d) da bateria 1 e (e) da bateria 2?

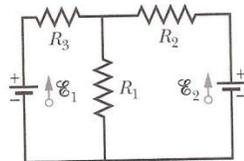


Fig. 28.33 Problema 31.

32P. No circuito da Fig. 28.34, para que valor de  $R$  a bateria ideal transferirá energia para os resistores (a) a uma taxa de  $60,0 \text{ W}$ , (b) na taxa possível máxima e (c) na taxa possível mínima? (d) Quais são essas taxas?

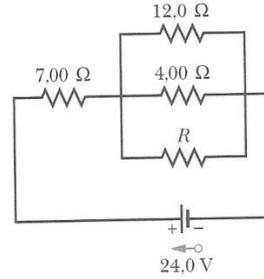


Fig. 28.34 Problema 32.

33P. (a) Calcule a corrente que atravessa cada bateria ideal da Fig. 28.35. Suponha que  $R_1 = 1,0 \Omega$ ,  $R_2 = 2,0 \Omega$ ,  $\mathcal{E}_1 = 2,0 \text{ V}$  e  $\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_3 = 4,0 \text{ V}$ . (b) Calcule  $V_a - V_b$ .

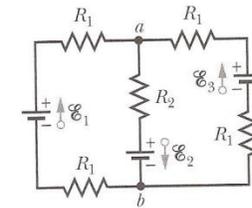


Fig. 28.35 Problema 33.

34P. No circuito da Fig. 28.36,  $\mathcal{E}$  possui um valor constante, mas  $R$  pode ser alterado.<sup>9</sup> Determine o valor de  $R$  que resulta no aquecimento máximo nesse resistor. A bateria é ideal.

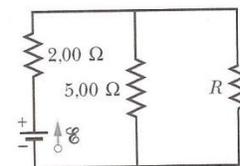


Fig. 28.36 Problema 34.

35P. Um fio de cobre de raio  $a = 0,250 \text{ mm}$  possui uma capa de alumínio de raio externo  $b = 0,380 \text{ mm}$ . (a) Existe uma corrente  $i = 2,00 \text{ A}$  no fio composto. Usando a Tabela 27.1, calcule a corrente em cada material. (b) Se uma diferença de potencial  $V = 12,0 \text{ V}$  entre as extremidades do fio mantiver a corrente, qual o comprimento do fio composto?

SEÇÃO 28.7 O Amperímetro e o Voltímetro

36E. Um ohmímetro simples é feito conectando-se uma pilha de lanterna de  $1,50 \text{ V}$  em série com uma resistência  $R$  e um amperímetro que lê de  $0$  até  $1,00 \text{ mA}$ , como mostrado na Fig. 28.37. A resistência  $R$  é

<sup>9</sup> Um resistor cuja resistência pode ser alterada é chamado de reostato. (N.T.)

ajustada de tal modo que quando as garras de seus fios são postas em contato, o ponteiro do medidor sofre uma deflexão até o seu valor máximo na escala, de 1,00 mA. Que resistência externa entre as extremidades das garras resulta em uma deflexão de (a) 10%, (b) 50% e (c) 90% do valor máximo da escala? (d) Se o amperímetro possuir uma resistência de 20,0 Ω e a resistência interna da bateria for desprezível, qual o valor de R?

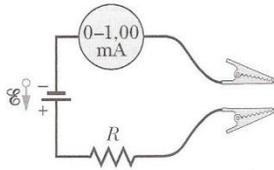


Fig. 28.37 Exercício 36.

37P. (a) Na Fig. 28.38, determine qual será a leitura do amperímetro, supondo que  $\mathcal{E} = 5,0 \text{ V}$  (para a bateria ideal),  $R_1 = 2,0 \Omega$ ,  $R_2 = 4,0 \Omega$  e  $R_3 = 6,0 \Omega$ . (b) O amperímetro e a fonte de fem agora são trocados de lugar fisicamente. Mostre que a leitura do amperímetro permanece inalterada.

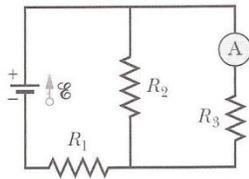


Fig. 28.38 Problema 37.

38P. Quando são acesas as luzes de um automóvel, um amperímetro em série com elas marca 10 A e a leitura de um voltmímetro ligado entre as suas extremidades marca 12 V. Veja a Fig. 28.39. Quando o motor de partida elétrico é ligado, a leitura do amperímetro cai para 8,0 A e as luzes ficam um pouco mais fracas. Se a resistência interna da bateria for de 0,050 Ω e a do amperímetro for desprezível, qual (a) a fem da bateria e (b) a corrente que atravessa o motor de partida quando as luzes estão acesas?

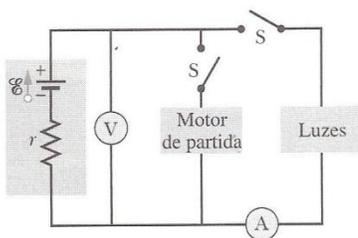


Fig. 28.39 Problema 38.

39P. Na Fig. 28.12, suponha que  $\mathcal{E} = 3,0 \text{ V}$ ,  $r = 100 \Omega$ ,  $R_1 = 250 \Omega$  e  $R_2 = 300 \Omega$ . Se a resistência do voltmímetro  $R_V$  for igual a 5,0 kΩ, que erro percentual ela introduz na medição da diferença de potencial entre as extremidades de  $R_1$ ? Ignore a presença do amperímetro.

40P. Um voltmímetro (de resistência  $R_V$ ) e um amperímetro (de resistência  $R_A$ ) são ligados para medir uma resistência  $R$ , como na Fig. 28.40a. A resistência é dada por  $R = V/i$ , onde  $V$  é a leitura do voltmímetro e  $i$  é a corrente na resistência  $R$ . Parte da corrente  $i'$  registrada pelo amperímetro atravessa o voltmímetro, de modo que a razão entre as lei-

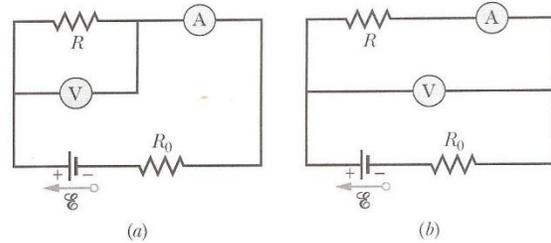


Fig. 28.40 Problemas 40 a 42.

turas dos medidores ( $= Vi'$ ) fornece apenas uma resistência aparente  $R'$ . Mostre que  $R$  e  $R'$  estão relacionadas por

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R'} - \frac{1}{R_V}$$

Observe que quando  $R_V \rightarrow \infty$ ,  $R' \rightarrow R$ .

41P. (Veja o Problema 40.) Se um amperímetro e um voltmímetro forem usados para medir resistência, eles também podem ser ligados como na Fig. 28.40b. Novamente, a razão entre as leituras dos medidores nos dá apenas uma resistência aparente  $R'$ . Mostre que agora  $R'$  está relacionado com  $R$  por

$$R = R' - R_A$$

na qual  $R_A$  é a resistência do amperímetro. Observe que, quando  $R_A \rightarrow 0$ ,  $R' \rightarrow R$ .

42P. (Veja os Problemas 40 e 41.) Na Fig. 28.40, as resistências do amperímetro e do voltmímetro são 3,00 e 300 Ω, respectivamente. Considere  $\mathcal{E} = 12,0 \text{ V}$  para a bateria ideal e  $R_0 = 100 \Omega$ . Se  $R = 85,0 \Omega$ , (a) quais serão as leituras dos medidores para as duas diferentes ligações (Figs. 28.40a e b)? (b) Que resistência aparente  $R'$  será calculada em cada caso?

43P. Na Fig. 28.41, a resistência  $R_x$  deve ter seu valor ajustado movendo-se o contato deslizante ao longo dela até que os pontos  $a$  e  $b$  sejam trazidos para o mesmo potencial. (Testa-se esta condição ligando-se momentaneamente um amperímetro sensível entre os pontos  $a$  e  $b$ ; se estes pontos estiverem no mesmo potencial, o ponteiro do amperímetro não sofrerá nenhuma deflexão.) Mostre que, quando este ajuste é feito, a seguinte relação é válida:

$$R_x = R_p \left( \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Uma resistência desconhecida ( $R_x$ ) pode ser medida em termos de uma resistência padrão ( $R_p$ ) usando-se este dispositivo, que é chamado de ponte de Wheatstone.

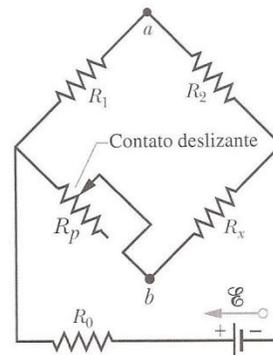


Fig. 28.41 Problema 43.

**SEÇÃO 28.8 Circuitos RC**

**44E.** Um capacitor com carga inicial  $q_0$  é descarregado através de um resistor. Em termos da constante de tempo  $\tau$ , qual o tempo necessário para que o capacitor perca (a) a primeira terça parte da sua carga e (b) dois terços da sua carga?

**45E.** Quantas constantes de tempo devem se passar para que um capacitor inicialmente descarregado em um circuito em série RC seja carregado até 99,0% da sua carga de equilíbrio?

**46E.** Em um circuito em série RC,  $\mathcal{E} = 12,0$  V,  $R = 1,40$  M $\Omega$  e  $C = 1,80$   $\mu$ F. (a) Calcule a constante de tempo. (b) Determine a carga máxima que aparecerá no capacitor durante o carregamento. (c) Quanto tempo leva para que a carga se acumule até 16,0  $\mu$ C?

**47E.** Um resistor de 15,0 k $\Omega$  e um capacitor estão ligados em série, e então uma diferença de potencial de 12,0 V é repentinamente aplicada entre as extremidades deles. A diferença de potencial entre as extremidades do capacitor aumenta para 5,00 V em 1,30  $\mu$ s. (a) Calcule a constante de tempo do circuito. (b) Determine a capacitância do capacitor.

**48P.** A diferença de potencial entre as placas de um capacitor de 2,0  $\mu$ F com fuga (significando que cargas passam de uma placa para a outra) cai a um quarto do seu valor inicial em 2,0 s. Qual a resistência equivalente entre as placas do capacitor?

**49P.** Um resistor de 3,00 M $\Omega$  e um capacitor de 1,00  $\mu$ F estão ligados em série com uma bateria ideal de fem  $\mathcal{E} = 4,00$  V. Um segundo após se estabelecer a ligação, quais são as taxas com que (a) a carga do capacitor está aumentando, (b) está sendo armazenada energia no capacitor, (c) a energia térmica está aparecendo no resistor e (d) está sendo fornecida energia pela bateria?

**50P.** Um capacitor  $C$  inicialmente descarregado está totalmente carregado por um dispositivo de fem constante  $\mathcal{E}$  ligado em série com um resistor  $R$ . (a) Mostre que a energia final armazenada no capacitor é metade da energia fornecida pelo dispositivo de fem. (b) Por integração direta de  $i^2R$  no tempo de carregamento, mostre que a energia térmica dissipada pelo resistor é também metade da energia fornecida pelo dispositivo de fem.

**51P.** Um capacitor com uma diferença de potencial inicial de 100 V é descarregado através de um resistor quando uma chave entre eles é fechada em  $t = 0$ . Em  $t = 10,0$  s, a diferença de potencial entre as placas do capacitor é de 1,00 V. (a) Qual a constante de tempo do circuito? (b) Qual a diferença de potencial entre as placas do capacitor em  $t = 17,0$  s?

**52P.** A Fig. 28.42 mostra o circuito de uma lanterna, como aquelas que ficam presas em tonéis em canteiros de obras em auto-estradas. A lâmpada fluorescente  $L$  (de capacitância desprezível) está ligada em paralelo entre as placas do capacitor  $C$  de um circuito RC. A corrente passa pela lâmpada somente quando a diferença de potencial entre as suas extremidades alcança a tensão de ruptura  $V_L$ ; quando isto acontece, o capacitor se descarrega completamente através da lâmpada e a lâmpada faz um clarão por um curto intervalo de tempo. Suponha que dois flashes por segundo sejam necessários. Para uma lâmpada com uma tensão de ruptura  $V_L = 72,0$  V, ligada por fios a uma bateria ideal de 95,0 V e a um capacitor de 0,150  $\mu$ F, qual deveria ser a resistência  $R$ ?

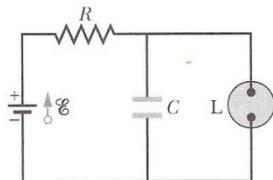


Fig. 28.42 Problema 52.

**53P.** Um capacitor de 1,0  $\mu$ F com uma energia armazenada inicialmente de 0,50 J é descarregado através de um resistor de 1,0 M $\Omega$ . (a) Qual a carga inicial no capacitor? (b) Qual a corrente que atravessa o resistor quando começa a descarga? (c) Determine  $V_C$ , a diferença de potencial entre as placas do capacitor, e  $V_R$ , a diferença de potencial entre as extremidades do resistor, em função do tempo. (d) Expresse a taxa de produção de energia térmica no resistor em função do tempo.

**54P.** Um controlador em um jogo eletrônico é formado por um resistor variável ligado às placas de um capacitor de 0,220  $\mu$ F. O capacitor é carregado até 5,00 V e, depois, descarregado através do resistor. O tempo para que a diferença de potencial entre as placas diminua até 0,800 V é medido por um relógio interno do jogo. Se a faixa de tempos de descarga que podem efetivamente ser usados for de 10,0  $\mu$ s a 6,00 ms, qual deveria ser a faixa de resistências do resistor?

**55P\*.** No circuito da Fig. 28.43,  $\mathcal{E} = 1,2$  kV,  $C = 6,5$   $\mu$ F,  $R_1 = R_2 = R_3 = 0,73$  M $\Omega$ . Com  $C$  completamente descarregado, a chave  $S$  é repentinamente fechada (em  $t = 0$ ). (a) Determine a corrente que atravessa cada resistor em  $t = 0$  e quando  $t \rightarrow \infty$ . (b) Desenhe qualitativamente um gráfico da diferença de potencial  $V_2$  entre as extremidades de  $R_2$  de  $t = 0$  até  $t = \infty$ . (c) Quais os valores numéricos de  $V_2$  em  $t = 0$  e quando  $t \rightarrow \infty$ ? (d) Qual o significado físico de “ $t \rightarrow \infty$ ” neste caso?

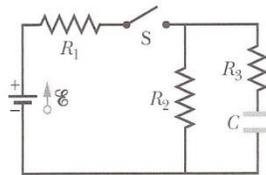


Fig. 28.43 Problema 55.

**Problema Adicional**

**56.** *Ataque cardíaco ou eletrocussão?* Esta história começa no Problema 45 do Cap. 27. A Fig. 28.44 mostra a trajetória da corrente elétrica que sobe por um dos pés da vítima, atravessa o tronco (incluindo o coração) e desce pelo outro pé. (a) A partir dos dados fornecidos, determine a diferença de potencial entre os pés do homem, admitindo que um pé estava 0,50 m mais próximo do que o outro da haste com fuga de corrente. (b) Suponha que a resistência de um pé em um solo úmido possui o valor típico de 300  $\Omega$  e que a resistência do interior do tronco seja o valor geralmente aceito de 1000  $\Omega$ . Qual era então a corrente que atravessou o tronco da vítima? (c) O coração humano pode ser colocado em fibrilação por uma corrente de 0,10 A até 1,0 A passando pelo tronco. A fibrilação da vítima foi provocada pela fuga de corrente da haste?

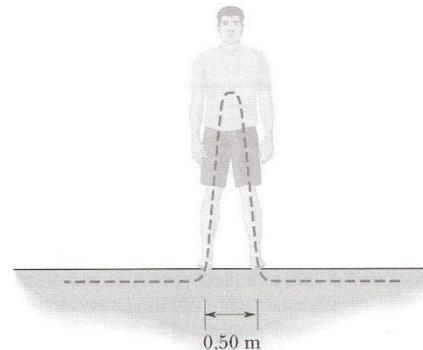


Fig. 28.44 Problema 56.

## CAPÍTULO 27

**PV** 1. 8 A, para a direita 2. de (a) até (c) para a direita 3. *a* e *c* empatados e então *b* 4. O dispositivo 2 5. (a) e (b) empatados, então (d), então (c) **P** 1. *a*, *b* e *c* empatados, então *d* (zero) 3. *b*, *a*, *c* 5. empatados *A*, *B* e *C*, então empatados *A* + *B* e *B* + *C* e então *A* + *B* + *C* 7. de (a) até (c) 1 e 2 empatados, então 3 9. *C*, *A*, *B* **EP** 1. (a) 1200 C; (b)  $7,5 \times 10^{21}$  3. 5,6 ms 5. (a)  $6,4 \text{ A/m}^2$ , para o norte; (b) não, a área de seção transversal 7. 0,38 mm 9. (a)  $2 \times 10^{12}$ ; (b) 5000; (c) 10 MV 11. 13 min 13.  $2,0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  15. 100 V 17. 2,4  $\Omega$  19. 54  $\Omega$  21. 3,0 23.  $8,2 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$  25. 2000 K 27. (a) 0,43%, 0,0017%, 0,0034% 29. (a)  $R = \rho L/\pi ab$  31. 560 W 33. (a) 1,0 kW; (b) 25 centavos 35. 0,135 W 37. (a) 10,9 A; (b) 10,6  $\Omega$ ; (c) 4,5 MJ 39. 660 W 41. (a)  $3,1 \times 10^{11}$ ; (b) 25  $\mu\text{A}$ ; (c) 1300 W, 25 MW 43. (a) 17 mV/m; (b) 243 J 45. (a)  $J = I/2\pi r^2$ ; (b)  $E = \rho I/2\pi r^2$ ; (c)  $\Delta V = \rho l(1/r - 1/b)/2\pi$ ; (d) 0,16 A/m<sup>2</sup>; (e) 16 V/m; (f) 0,16 MV

## CAPÍTULO 28

**PV** 1. (a) para a direita; (b) são todas iguais; (c) *b*, então *a* e *c* empatados; (d) *b*, então *a* e *c* empatadas 2. (a) são todas iguais; (b)  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  3. (a) menor; (b) maior; (c) igual 4. (a)  $V/2$ ,  $i$ ; (b)  $V$ ,  $i/2$  5. (a) 1, 2, 4, 3; (b) 4, empatados 1 e 2, e então 3 **P** 1. 3, 4, 1, 2 3. (a) não; (b) sim; (c) são todas iguais 5. em paralelo,  $R_2$ ,  $R_1$ , em série 7. (a) a mesma; (b) a mesma; (c) menor; (d) maior 9. (a) menor; (b) menor; (c) maior 11. *c*, *b*, *a* **EP** 1. (a) 320 dólares; (b) 4,8 centavos 3. 14 h 24 min 5. (a) 0,50 A; (b)  $P_1 = 1,0 \text{ W}$ ,  $P_2 = 2,0 \text{ W}$ ; (c)  $P_1 = 6,0 \text{ W}$  (fornecida),  $P_2 = 3,0 \text{ W}$  (absorvida) 7. (a) 14 V; (b) 100 W; (c) 600 W; (d) 10 V, 100 W 9. (a) 50 V; (b) 48 V; (c) *B* está ligado ao terminal negativo 11. 2,5 V 13. 8,0  $\Omega$  15. (a)  $r_1 - r_2$ ; (b) a bateria que tem  $r_1$  19. 5,56 A 21.  $i_1 = 50 \text{ mA}$ ,  $i_2 = 60 \text{ mA}$ ,  $V_{ab} = 9,0 \text{ V}$  23. (a) lâmpada 2; (b) lâmpada 1 25. 3d 27. nove 29. (a)  $R = r/2$ ; (b)  $P_{\text{máx}} = \mathcal{E}^2/2r$  31. (a) 0,346 W; (b) 0,050 W; (c) 0,709 W; (d) 1,26 W; (e) -0,158 W 33. (a) bateria 1: 0,67 A para baixo; bateria 2: 0,33 A para cima; bateria 3: 0,33 A para cima; (b) 3,3 V 35. (a) Cu: 1,11 A. Al: 0,893 A; (b) 126 m 37. 0,45 A 39. -3,0% 45. 4,6 47. (a) 2,41  $\mu\text{s}$ ; (b) 161 pF 49. (a) 0,955  $\mu\text{C/s}$ ; (b) 1,08  $\mu\text{W}$ ; (c) 2,74  $\mu\text{W}$ ; (d) 3,82  $\mu\text{W}$  51. (a) 2,17 s; (b) 39,6 mV 53. (a)  $1,0 \times 10^{-3} \text{ C}$ ; (b)  $10^{-3} \text{ A}$ ; (c)  $V_C = 10^3 e^{-t} \text{ V}$ ,  $V_R = 10^3 e^{-t} \text{ V}$ ; (d)  $P = e^{-2t} \text{ W}$  55. (a)

em  $t = 0$ ,  $i_1 = 1,1 \text{ mA}$ ,  $i_2 = i_3 = 0,55 \text{ mA}$ ; em  $t = \infty$ ,  $i_1 = i_2 = 0,82 \text{ mA}$ ,  $i_3 = 0$ ; (c) em  $t = 0$ ,  $V_2 = 400 \text{ V}$ ; em  $t = \infty$ ,  $V_2 = 600 \text{ V}$ ; (d) após várias constantes de tempo ( $\tau = 7,1 \text{ s}$ ) terem se passado

## Cap. 27

- 4)(a)  $2,45 \cdot 10^{-5} \text{ A/m}^2$  (b)  $1,8 \cdot 10^{-15} \text{ m/s}$   
10) (a)  $\frac{AJ_0}{3}$ ; (b)  $\frac{2AJ_0}{3}$   
12)  $2 \cdot 10^6 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$   
18) 252,5°C  
26) (a) 1170 q.v.d;  $2,77 \cdot 10^{-15} / \text{q}$   
40) (a) 43,20; (b) 144  $\Omega$ ; (c) 0,83 A

## Cap. 28

- 4)(a) anti-horária (b)  $\xi_1$  (c)  $V_b > V_a$   
6) (a) 80 J; (b) 66,6 J  
10) -10 V  
12) 994  $\Omega$ ;  $9,94 \cdot 10^{-4} \text{ W}$   
20) 4,5  $\Omega$   
34)  $\frac{10}{7} \Omega$   
43) No enunciado