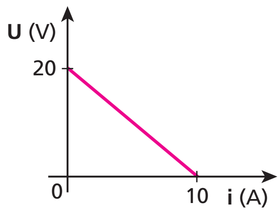
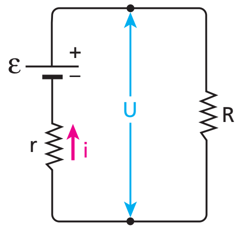
Tópico 3

1 E.R. Temos, a seguir, a curva característica de um gerador e um circuito simples, em que esse gerador alimenta um resistor de resistência **R**.





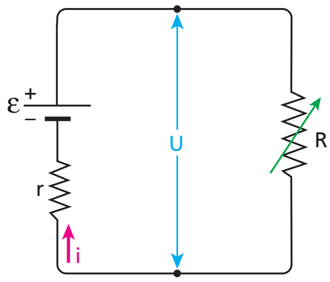
Determine:
a) a equação do gerador;
b) a intensidade de corrente no circuito, se **R** for igual a 3 Ω;
c) o valor de **R** para que a potência fornecida pelo gerador seja máxima e o valor dessa potência.

Resolução:
a) Temos que $U = \varepsilon - r\,i$.
Para $i = 0$: $U = \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = 20\text{ V}$
Para $U = 0$: $i = \frac{\varepsilon}{r} \Rightarrow 10 = \frac{20}{r} \Rightarrow r = 2\,\Omega$
A equação do gerador é, então: $\boxed{U = 20 - 2i \quad (\text{SI})}$

b) $\varepsilon = R_{eq}\,i \Rightarrow i = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{20}{3 + 2}$
$\boxed{i = 4\text{ A}}$

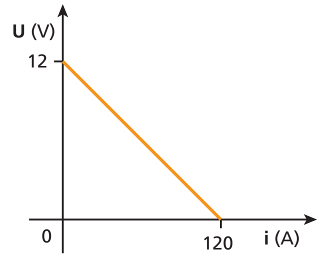
c) Para haver máxima transferência de potência, devemos ter:
$R = r \Rightarrow \boxed{R = 2\,\Omega}$
Nessa situação, temos:
$U = \frac{\varepsilon}{2} = \frac{20}{2} \Rightarrow U = 10\text{ V}$
$i = \frac{i_{cc}}{2} = \frac{10}{2} \Rightarrow i = 5\text{ A}$
$Pot_{u_{máx}} = U\,i = 10 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{Pot_{u_{máx}} = 50\text{ W}}$

2 Um gerador de corrente contínua, de fem $\varepsilon = 12$ V e resistência interna $r = 0{,}1\,\Omega$, é ligado a um resistor de resistência variável **R**.



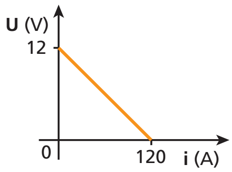
a) Trace a curva característica desse gerador, ou seja, o gráfico de **U** em função de **i**.
b) Calcule a intensidade de corrente no circuito quando $R = 1{,}9\,\Omega$.

Resolução:
a) • $\varepsilon = 12$ V
• $i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{12}{0{,}1} \Rightarrow i_{cc} = 120\text{ A}$



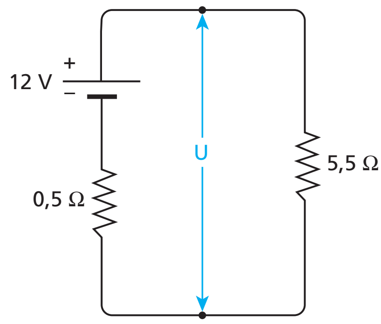
b) $i = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{12}{2{,}0}$
$\boxed{i = 6{,}0\text{ A}}$

Respostas: a)



b) 6,0 A

3



No circuito representado na figura, calcule:
a) a intensidade de corrente elétrica;
b) a tensão **U** entre os terminais do gerador.

Resolução:
a) $\varepsilon = R_{eq}\,i \Rightarrow 12 = 6{,}0i \Rightarrow \boxed{i = 2{,}0\text{ A}}$

b) $U = R\,i \Rightarrow 5{,}5 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{U = 11\text{ V}}$

Respostas: a) 2,0 A; b) 11 V

4 a) Determine a força eletromotriz de um gerador de resistência interna igual a 0,2 Ω, sabendo que a sua corrente de curto-circuito vale 30 A.
b) Qual é a diferença de potencial entre os terminais desse mesmo gerador, em circuito aberto?

Resolução:
a) $i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r} \Rightarrow 30 = \frac{\varepsilon}{0{,}2} \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 6\text{ V}}$

b) $\boxed{U = \varepsilon = 6\text{ V}}$

Respostas: a) 6 V; b) 6 V

5 Uma pilha tem fem igual a 1,5 V e resistência interna igual a 0,1 Ω. Se ela for ligada a uma lâmpada de resistência igual a 0,4 Ω, qual será a ddp entre seus terminais?

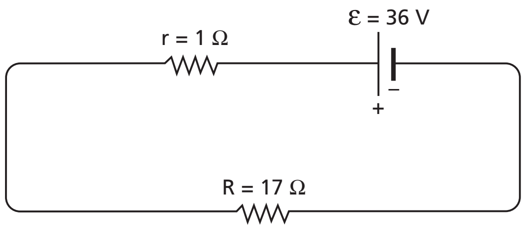
Resolução:

• $\varepsilon = R_{eq}\, i \Rightarrow 1{,}5 = 0{,}5i \Rightarrow i = 3\text{ A}$

• $U = R\,i = 0{,}4 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{U = 1{,}2\text{ V}}$

Resposta: 1,2 V

6 No circuito representado a seguir, temos um gerador de força eletromotriz **ε** e resistência interna **r**, alimentando um resistor de resistência **R**:



Determine:

a) a potência elétrica útil do gerador, isto é, a potência elétrica que ele fornece ao resistor;

b) a potência elétrica desperdiçada na resistência interna do gerador;

c) o rendimento do gerador.

Resolução:

a) $i = \dfrac{\varepsilon}{R + r} = \dfrac{36}{18} \Rightarrow i = 2\text{ A}$

$U = R\,i = 17 \cdot 2 \Rightarrow U = 34\text{ V}$

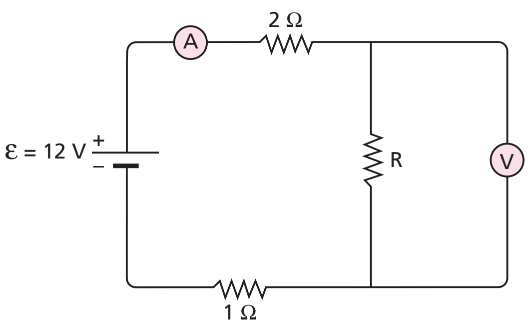
$Pot_u = U\,i = 34 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{Pot_u = 68\text{ W}}$

b) $Pot_d = r\,i^2 = 1 \cdot 2^2 \Rightarrow \boxed{Pot_d = 4\text{ W}}$

c) $\eta = \dfrac{U}{\varepsilon} = \dfrac{34}{36} \Rightarrow \boxed{\eta = 94\%}$

Respostas: a) 68 W; b) 4 W; c) 94%

7 E.R. No circuito abaixo, considere ideais o gerador, o amperímetro **A** e o voltímetro **V**.



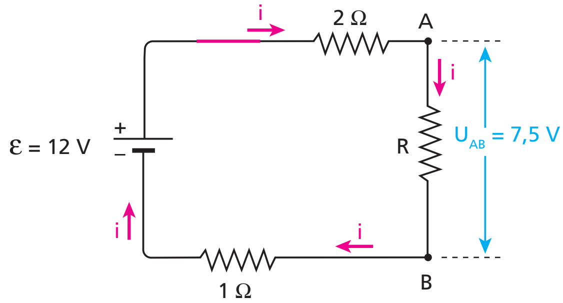
Sabendo que a leitura no voltímetro é igual a 7,5 V, determine:

a) a resistência **R** do resistor em paralelo com o voltímetro;

b) a leitura no amperímetro.

Resolução:

a) Lembrando que um amperímetro ideal equivale a um condutor ideal (resistência nula) e que o voltímetro ideal equivale a um circuito aberto (resistência infinita), vamos redesenhar o circuito dado:



Temos, então, um circuito de "caminho" único e, por isso, podemos escrever:

$\varepsilon = R_{eq}\, i \Rightarrow 12 = (2 + R + 1)\, i$

$12 = (3 + R)\, i \qquad \text{(I)}$

A leitura do voltímetro é a ddp entre os pontos **A** e **B**. Então, para o resistor de resistência **R**, temos:

$$U_{AB} = R\,i \Rightarrow 7{,}5 = R\,i \Rightarrow i = \frac{7{,}5}{R} \qquad \text{(II)}$$

Substituindo (II) em (I), vem:

$$12 = (3 + R) \cdot \frac{7{,}5}{R} \Rightarrow 12\,R = 22{,}5 + 7{,}5\,R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4{,}5\,R = 22{,}5 \Rightarrow \boxed{R = 5\ \Omega}$$

b) A leitura no amperímetro é a intensidade **i** da corrente que passa por ele. Então, substituindo em (II) o valor de **R**, temos:

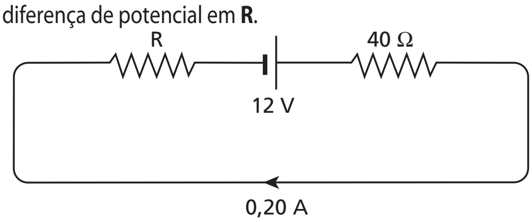
$$i = \frac{7{,}5}{5} \Rightarrow \boxed{i = 1{,}5\text{ A}}$$

8 (Vunesp-SP) Dois resistores, um de 40 Ω e outro de resistência **R** desconhecida, estão ligados em série com uma bateria de 12 V e resistência interna desprezível, como mostra a figura.

Sabendo que a corrente no circuito é de 0,20 A, determine:

a) o valor da resistência **R**;

b) a diferença de potencial em **R**.



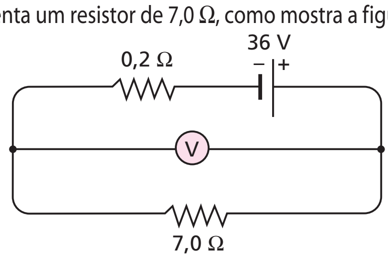
Resolução:

a) $i = \dfrac{\varepsilon}{R + 40} \Rightarrow 0{,}20 = \dfrac{12}{R + 40} \Rightarrow \boxed{R = 20\ \Omega}$

b) $U_R = R\,i = 20 \cdot 0{,}20 \Rightarrow \boxed{U_R = 4{,}0\text{ V}}$

Respostas: a) 20 Ω; b) 4,0 V

9 Um gerador de 36 V de força eletromotriz e 0,2 Ω de resistência interna alimenta um resistor de 7,0 Ω, como mostra a figura:



Determine a indicação do voltímetro suposto ideal, isto é, de resistência infinita.

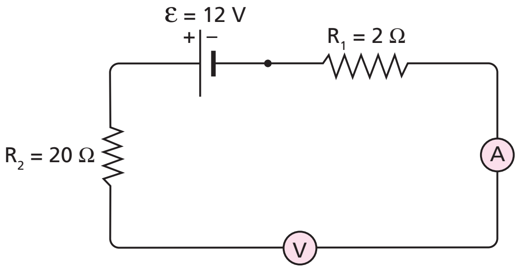
Resolução:

• $i = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{36}{7,2} \Rightarrow i = 5,0\ A$

• $U = R\,i = 7,0 \cdot 5,0 \Rightarrow \boxed{U = 35\ V}$

Resposta: 35 V

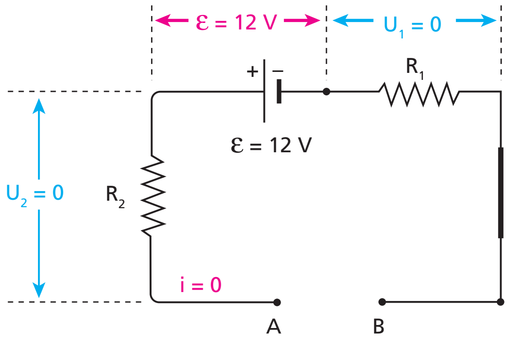
10 E.R. No circuito a seguir, determine as indicações do amperímetro **A** e do voltímetro **V**, ambos supostos ideais.



Resolução:
Como o voltímetro ideal equivale a um circuito aberto, a corrente no circuito é nula.
Portanto:

$\boxed{\text{O amperímetro indica zero.}}$

Sendo nula a corrente, também são nulas as diferenças de potencial nos resistores ($U_1 = R_1\,i = 0$ e $U_2 = R_2\,i = 0$):



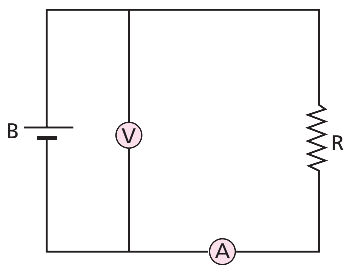
O voltímetro indica a ddp U_{AB} entre os pontos **A** e **B**, que é dada por:

$$U_{AB} = U_1 + \varepsilon + U_2 = 0 + 12 + 0 \Rightarrow U_{AB} = 12\ V$$

Portanto:

O voltímetro indica a força eletromotriz do gerador, ou seja, 12 V.

11 (UFG-GO) Para investigar o desempenho de uma bateria **B**, foi montado o circuito ao lado, em que **V** e **A** representam, respectivamente, um voltímetro e um amperímetro ideais. A resistência **R** é variável e os fios de ligação têm resistências desprezíveis.



As indicações do voltímetro e do amperímetro são:

Voltímetro (V)	Amperímetro (A)
3,00	0,00
2,25	0,50
1,50	1,00
0,75	1,50
0,00	2,00

Nessas condições, podemos dizer que:

1. A força eletromotriz da bateria é igual a 3,00 V.
2. A resistência interna da bateria é igual a 1,50 Ω.
3. Para a corrente de 1,00 A, a potência dissipada na resistência **R** é igual a 3,00 W.
4. Quando a diferença de potencial sobre **R** for igual a 2,25 V, a quantidade de carga que a atravessa em 10 s é igual a 22,5 C.

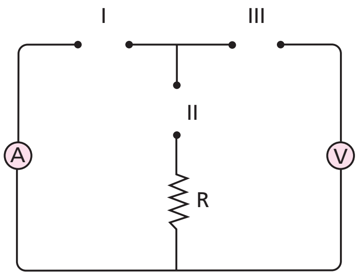
Resolução:

1. Correta: $i = 0,00\ A \Rightarrow \boxed{U = \varepsilon = 3,00\ V}$
2. Correta: $U = \varepsilon - r\,i \Rightarrow 1,50 = 3,00 - r \cdot 1,00 \Rightarrow \boxed{r = 1,5\ \Omega}$
3. Falsa: $i = 1,00\ A \Rightarrow U = 1,50\ V$

   $Pot = U\,i = 1,50 \cdot 1,00 \Rightarrow \boxed{Pot = 1,50\ W}$
4. Falsa: $U = 2,25\ V \Rightarrow i = 0,50\ A = 0,50\ C/s \Rightarrow \boxed{Q = 5,0\ C}$

Resposta: Apenas as afirmações **1** e **2** estão corretas.

12 (Cesgranrio-RJ) No circuito esquematizado a seguir, o amperímetro **A** e o voltímetro **V** serão considerados ideais. Uma bateria, cuja resistência interna é desprezível, pode ser conectada ao circuito em um dos trechos I, II ou III, curto-circuitando os demais. Em qual (ou quais) desses trechos devemos conectar a bateria, para que a leitura dos dois medidores permita calcular corretamente o valor de **R**?



a) Somente em I.
b) Somente em II.
c) Somente em III.
d) Em I ou em II.
e) Em I ou em III.

Resolução:

• Se a bateria for conectada em II, a leitura do voltímetro será nula.

• Se a bateria for conectada em III, a corrente no circuito todo será nula.

Resposta: a

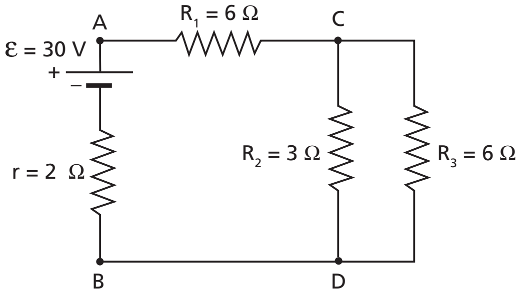
13 E.R. No circuito a seguir, tem-se um gerador ligado a um conjunto de resistores.

Determine:

a) a intensidade de corrente elétrica que percorre o gerador AB;

b) a diferença de potencial entre os pontos **C** e **D**;

c) a intensidade de corrente nos resistores de resistências R_2 e R_3.

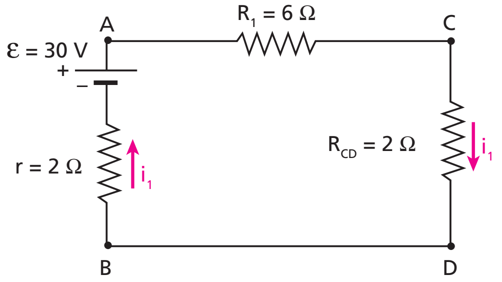


Resolução:

a) Os resistores de resistências R_2 e R_3 estão em paralelo. Assim:

$$R_{CD} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} \Rightarrow R_{CD} = 2\ \Omega$$

Podemos, então, redesenhar o circuito, como segue:



Como os elementos do circuito estão todos em série (circuito de "caminho" único), podemos usar a equação do circuito simples:

$$\varepsilon = R_{eq}\, i_1$$

Como $\varepsilon = 30$ V e $R_{eq} = 2\ \Omega + 6\ \Omega + 2\ \Omega = 10\ \Omega$ (série), temos:

$$30 = 10\, i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 3\text{ A}}$$

b) A diferença de potencial entre **C** e **D** é obtida aplicando-se a Primeira Lei de Ohm a R_{CD}:

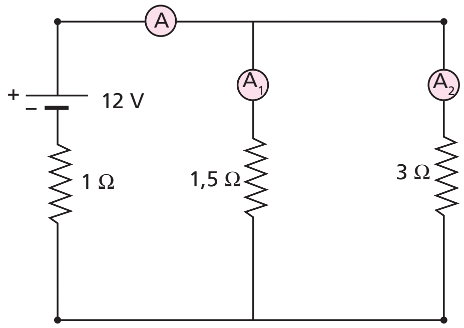
$$U_{CD} = R_{CD}\, i_1 = 2 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{U_{CD} = 6\text{ V}}$$

c) Aplicando a Primeira Lei de Ohm aos resistores de resistências R_2 e R_3 do circuito original, temos:

$$U_{CD} = R_2\, i_2 \Rightarrow 6 = 3\, i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 2\text{ A}}$$

$$U_{CD} = R_3\, i_3 \Rightarrow 6 = 6\, i_3 \Rightarrow \boxed{i_3 = 1\text{ A}}$$

14 No circuito esquematizado na figura a seguir, determine:

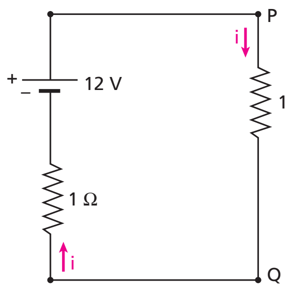


a) as indicações dos amperímetros **A**, A_1 e A_2, supondo-os ideais;

b) a redução da energia química da bateria em 5 segundos de funcionamento.

Resolução:

a) • 3 Ω em paralelo com 1,5 Ω ⇒ **1 Ω**



• $i = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{12}{2} \Rightarrow \boxed{i = 6\text{ A}}$ (indicação de **A**)

• $U_{PQ} = R_{PQ}\, i = 1 \cdot 6 \Rightarrow U_{PQ} = 6$ V

A_1: $U_{PQ} = 1{,}5\, i_1 \Rightarrow 6 = 1{,}5\, i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 4\text{ A}}$

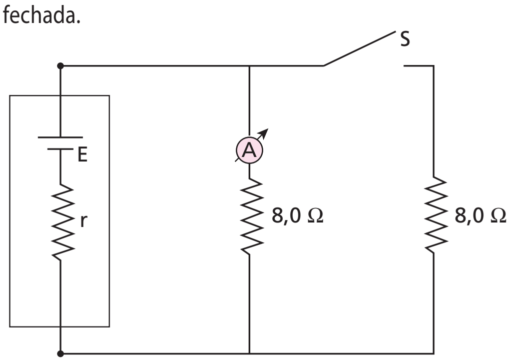
A_2: $U_{PQ} = 3\, i_2 \Rightarrow 6 = 3\, i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 2\text{ A}}$

b) A redução da energia química da bateria é igual à energia elétrica total produzida por ela:

$E = Pot_t\, \Delta t = \varepsilon\, i\, \Delta t = 12 \cdot 6 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{E = 360\text{ J}}$

Respostas: a) 6 A, 4 A e 2 A, respectivamente; b) 360 J

15 (Olimpíada Brasileira de Física) Um gerador, de f.e.m. **E** e resistência interna **r**, é ligado a um amperímetro ideal, duas resistências de 8,0 Ω e uma chave **S**, conforme o desenho abaixo. Quando a chave **S** está aberta, o amperímetro indica 6,0 A e, com a chave fechada, o amperímetro indica 5,0 A. Determine os valores de **E** e **r** do gerador e a potência total dissipada no circuito, inclusive na bateria, com a chave fechada.



Resolução:

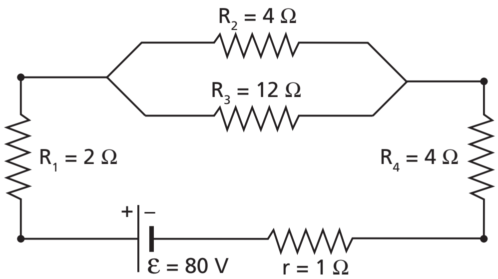
• **Chave aberta:** $E = (8{,}0 + r)\, i_1 \Rightarrow E = (8{,}0 + r) \cdot 6{,}0$
Chave fechada: $E = (4{,}0 + r)\, i_2 \Rightarrow E = (4{,}0 + r) \cdot 10{,}0$ $\Big\} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ $\boxed{E = 60\text{ V}}$ e $\boxed{r = 2{,}0\ \Omega}$

• $Pot_t = E\, i_2 = 60 \cdot 10{,}0 \Rightarrow \boxed{Pot_t = 600\text{ W}}$

Respostas: $E = 60$ V; $r = 2{,}0\ \Omega$; $Pot_t = 600$ W

16 Determine a intensidade da corrente elétrica nos resistores R_1, R_2 e R_3 do circuito a seguir:



Resolução:

• R_2 em paralelo com $R_3 \Rightarrow 3\ \Omega$

• $i_1 = \dfrac{\varepsilon}{R_{eq}} = \dfrac{80}{2 + 3 + 4 + 1} \Rightarrow \boxed{i_1 = 8\text{ A}}$

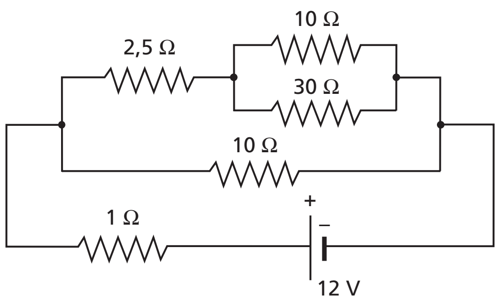
• Entre os terminais da associação de R_2 e R_3, temos:
$U = 3\, i_1 = 3 \cdot 8 \Rightarrow U = 24$ V

• Em R_2: $U = R_2\, i_2 \Rightarrow 24 = 4\, i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 6\text{ A}}$

• Em R_3: $U = R_3\, i_3 \Rightarrow 24 = 12\, i_3 \Rightarrow \boxed{i_3 = 2\text{ A}}$

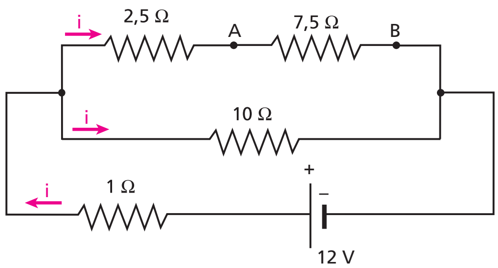
Respostas: 8 A, 6 A e 2 A, respectivamente

17 No circuito esquematizado a seguir, calcule a intensidade de corrente no resistor de 30 Ω:



Resolução:

Consideremos o circuito a seguir:



$\varepsilon = R_{eq}\, I \Rightarrow 12 = 6\, I \Rightarrow I = 2$ A

Portanto: $i = 1$ A

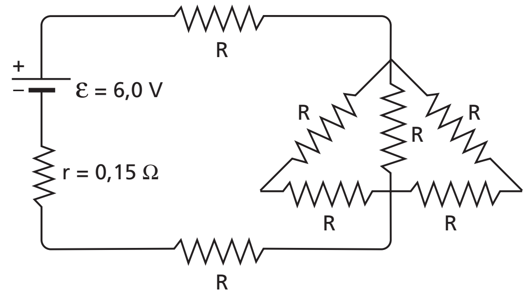
$U_{AB} = R_{AB}\, i = 7{,}5 \cdot 1 \Rightarrow U_{AB} = 7{,}5$ V

No resistor de 30 Ω, calculemos a intensidade de corrente i':

$U_{AB} = 30\, i' \Rightarrow 7{,}5 = 30\, i' \Rightarrow \boxed{i' = 0{,}25\text{ A}}$

Resposta: 0,25 A

18 No circuito da figura, a potência dissipada na resistência interna do gerador é de 15,0 W. Calcule o valor de **R**.



Resolução:

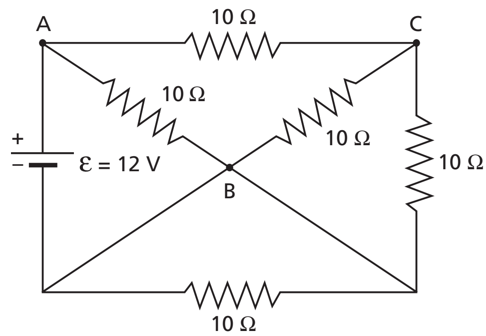
• $Pot_d = r\, i^2 \Rightarrow 15{,}0 = 0{,}15\, i^2 \Rightarrow i = 10$ A

• 2R, R e 2R em paralelo $\Rightarrow \dfrac{R}{2}$

• $i = \dfrac{\varepsilon}{r + R + \dfrac{R}{2} + R} \Rightarrow 10 = \dfrac{6{,}0}{0{,}15 + \dfrac{5R}{2}} \Rightarrow \boxed{R = 0{,}18\ \Omega}$

Resposta: 0,18 Ω

19 E.R. Considere ideal o gerador de força eletromotriz igual a 12 V, que alimenta o circuito representado na figura:

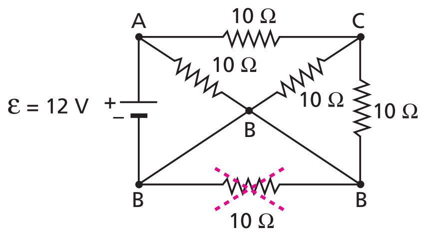


Determine a diferença de potencial entre os pontos:

a) **A** e **B** (U_{AB}); b) **A** e **C** (U_{AC}).

Resolução:

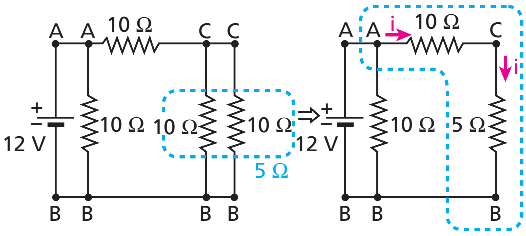
a) Observando os pontos que estão curto-circuitados, temos:



Então, a ddp entre **A** e **B** é igual a 12 V:

$\boxed{U_{AB} = 12\text{ V}}$

b) Vamos, agora, redesenhar o circuito:



No trecho ACB, temos:

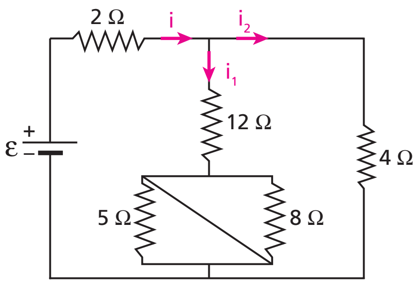
$$U_{AB} = R_{ACB}\, i \Rightarrow 12 = (10 + 5)\, i \Rightarrow i = 0{,}8\ \text{A}$$

Então:

$$U_{AC} = R_{AC}\, i = 10 \cdot 0{,}8 \Rightarrow \boxed{U_{AC} = 8\ \text{V}}$$

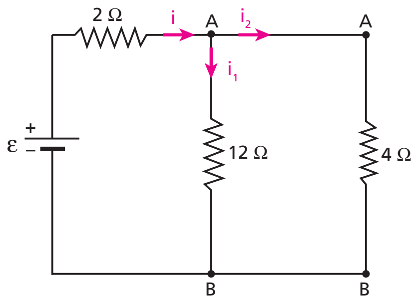
20 (Mack-SP) No circuito representado abaixo, a bateria é ideal e a intensidade de corrente i_1 é igual a 1,5 A. O valor da força eletromotriz **ε** da bateria é:

a) 10 V.
b) 20 V.
c) 30 V.
d) 40 V.
e) 50 V.



Resolução:

Como os resistores de 5 Ω e 8 Ω estão curto-circuitados, temos:

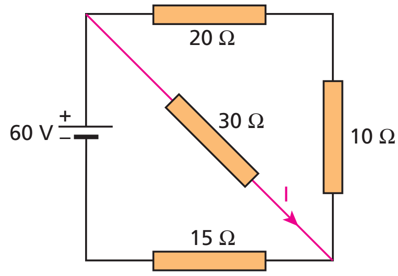


- $U_{AB} = 12\, i_1 = 12 \cdot 1{,}5 \Rightarrow U_{AB} = 18\ \text{V}$
- $U_{AB} = 4\, i_2 \Rightarrow 18 = 4\, i_2 \Rightarrow i_2 = 4{,}5\ \text{A}$
- $i = i_1 + i_2 \Rightarrow i = 6{,}0\ \text{A}$
- $U_{AB} = \varepsilon - 2\, i$

$18 = \varepsilon - 2 \cdot 6{,}0 \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 30\ \text{V}}$

Resposta: c

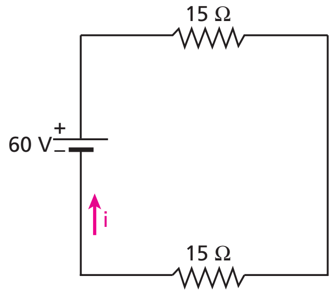
21 (Ufal) O esquema abaixo representa um circuito composto de gerador, fios de ligação e resistores. A resistência interna do gerador e as resistências dos fios de ligação são consideradas desprezíveis.



Com base nos valores indicados no esquema, calcule a corrente elétrica **I** no resistor de 30 Ω, em ampères.

Resolução:

- 20 Ω em série com 10 Ω $\Rightarrow$ **30 Ω**
- 30 Ω em paralelo com 30 Ω $\Rightarrow$ 15 Ω

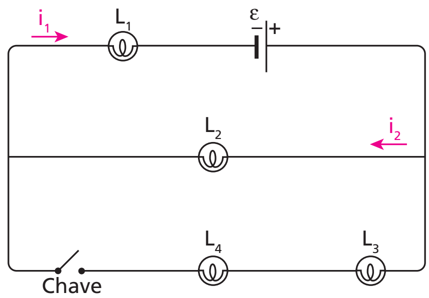


$$i = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{60}{30} \Rightarrow i = 2\ \text{A}$$

$$I = \frac{i}{2} \Rightarrow \boxed{I = 1\ \text{A}}$$

Resposta: 1 A

22 E.R. No esquema, temos um gerador de resistência interna desprezível e força eletromotriz **ε**, e quatro lâmpadas iguais (L_1, L_2, L_3 e L_4), cada uma delas com resistência **R**.

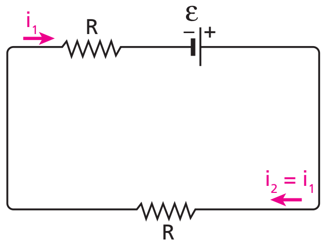


Fechando a chave:

a) determine o que acontece com as intensidades i_1 e i_2 das correntes em L_1 e L_2, respectivamente.
b) quais as lâmpadas que iluminarão igualmente?
c) dentre as lâmpadas L_2 e L_3, qual iluminará melhor?

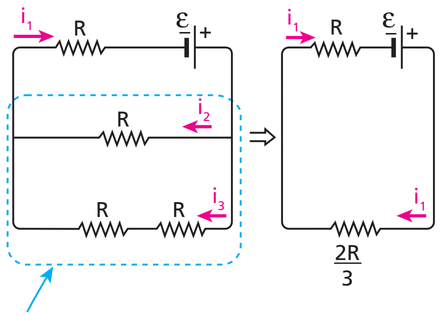
Resolução:

a) Com a chave aberta, temos:



$$\varepsilon = R_{eq}\, i_1 \Rightarrow \varepsilon = 2R\, i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = \frac{\varepsilon}{2R}} \text{ e } \boxed{i_2 = \frac{\varepsilon}{2R}}$$

Vamos, agora, analisar o circuito com a chave fechada.



Equivale a $\frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2R}{3}$ e $i_3 = \frac{i_2}{2}$

$$\varepsilon = R_{eq}\, i_1 = \left(R + \frac{2R}{3}\right) i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = \frac{3\varepsilon}{5R}}$$

Note que o novo valor de i_1 é **maior** que o anterior.

Como $i_3 = \frac{i_2}{2}$ e $i_1 = i_2 + i_3$, temos:

$$i_1 = i_2 + \frac{i_2}{2} = \frac{3i_2}{2} \Rightarrow i_2 = \frac{2i_1}{3} = \frac{2}{3} \cdot \frac{3\varepsilon}{5R} \Rightarrow \boxed{i_2 = \frac{2\varepsilon}{5R}}$$

Então, o novo valor de i_2 é **menor** que o anterior.
Portanto, podemos responder:

$\boxed{i_1 \text{ aumenta e } i_2 \text{ diminui.}}$

Nota:
- Com isso, a potência dissipada em L_1 ($R\, i_1^2$) aumenta e ela passa a iluminar mais que antes. Em L_2, porém, a potência dissipada ($R\, i_2^2$) diminui e ela passa a iluminar menos.

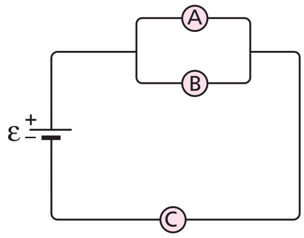
b) A intensidade da corrente é igual (i_3) nas lâmpadas L_3 e L_4, o mesmo ocorrendo com a potência dissipada.
Então:

$\boxed{\text{As lâmpadas que iluminarão igualmente são } L_3 \text{ e } L_4.}$

c) A intensidade da corrente em L_2 é i_2 e, em L_3, é $i_3 = \frac{i_2}{2}$.
Portanto:

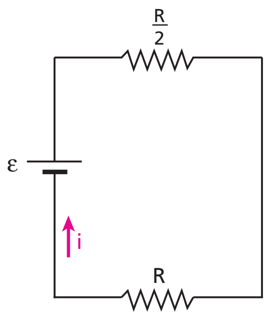
$\boxed{L_2 \text{ iluminará melhor que } L_3.}$

23 No circuito a seguir, **A**, **B** e **C** são lâmpadas iguais e iluminam alimentadas por um gerador de resistência interna desprezível.



Verifique o que acontece com o brilho da lâmpada **A**:
a) se a lâmpada **C** se queimar;
b) se, em vez de **C**, a lâmpada **B** se queimar.

Resolução:
Sendo **R** a resistência elétrica de cada lâmpada:



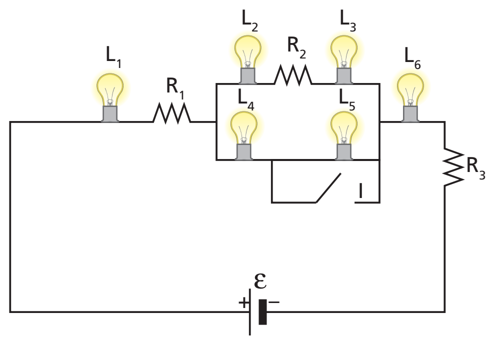
$\varepsilon = \frac{3R}{2} \cdot i \Rightarrow i = \frac{2\varepsilon}{3R}$ (**C**)

$\frac{i}{2} = \frac{\varepsilon}{3R}$ (**A** e **B**)

a) Apaga.
b) $\varepsilon = 2R \cdot i' \Rightarrow i' = \frac{\varepsilon}{2R}$ (**A** e **C**)
O brilho de **A** aumenta.

Respostas: a) A lâmpada **A** apaga; b) O brilho de **A** aumenta.

24 (UFSC) No circuito mostrado, todas as lâmpadas são iguais. R_1, R_2 e R_3 são três resistores. A bateria representada tem resistência elétrica desprezível. Suponha que o interruptor **I** esteja aberto.



Sabendo que o brilho de uma lâmpada depende da intensidade da corrente elétrica que passa por ela, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

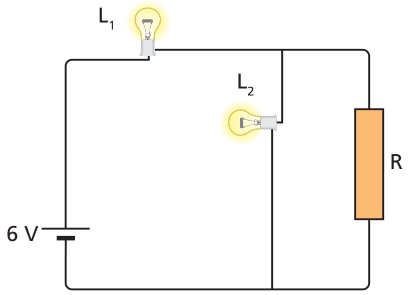
01. L_1 brilha mais do que L_2 e esta, mais do que L_3.
02. L_2 e L_3 têm o mesmo brilho.
04. L_1 tem o mesmo brilho de L_6.
08. Ao fechar o interruptor **I**, o brilho de L_4 não permanece o mesmo.

Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.

Resolução:
01. Incorreta: L_1 brilha mais do que L_2, mas L_2 e L_3 têm o mesmo brilho porque estão em série ($i_{L_2} = i_{L_3}$).
02. Correta.
04. Correta: L_1 e L_6 estão em série.
08. Correta: como L_5 é curto-circuitado, as intensidades das correntes no circuito se alteram.

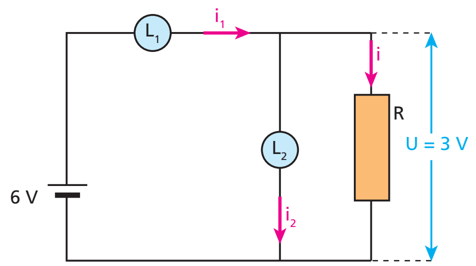
Resposta: 14

25 (Fuvest-SP) Um circuito é formado de duas lâmpadas L_1 e L_2, uma fonte de 6 V e uma resistência **R**, conforme desenhado na figura. As lâmpadas estão acesas e funcionando em seus valores nominais (L_1: 0,6 W e 3 V e L_2: 0,3 W e 3 V). O valor da resistência **R** é:



a) 30 Ω.
b) 25 Ω.
c) 20 Ω.
d) 15 Ω.
e) 45 Ω.

Resolução:



$$\text{Pot} = U\,i \Rightarrow i = \frac{\text{Pot}}{U} \begin{cases} \text{Em } L_1\text{: } i_1 = \dfrac{0{,}6}{3} \Rightarrow i_1 = 0{,}2 \text{ A} \\ \text{Em } L_2\text{: } i_2 = \dfrac{0{,}3}{3} \Rightarrow i_2 = 0{,}1 \text{ A} \end{cases}$$

$i_1 = i_2 + i \Rightarrow 0{,}2 = 0{,}1 + i \Rightarrow i = 0{,}1$ A

Em **R**: $U = R\,i \Rightarrow 3 = R\,0{,}1 \Rightarrow R = 30\ \Omega$

Resposta: a

26 Ligando os terminais de uma bateria por um cabo curto e grosso de cobre, a corrente que percorre o cabo tem intensidade de 100 A. Sabendo que a diferença de potencial entre os terminais da bateria quando em circuito aberto vale 12 V, calcule sua resistência interna.

Resolução:

• $R_{cabo} \simeq 0$

• $i_{cc} = \dfrac{\varepsilon}{r} \Rightarrow 100 = \dfrac{12}{r} \Rightarrow \boxed{r = 0{,}12\ \Omega}$

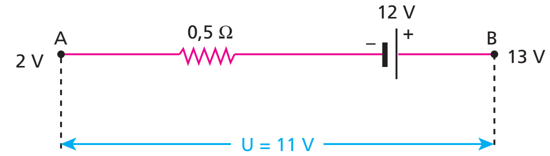
Resposta: 0,12 Ω

27 Na figura a seguir, está representado um elemento de circuito elétrico:

Sabendo que os potenciais em **A** e **B** valem, respectivamente, 2 V e 13 V, calcule a intensidade de corrente nesse elemento, especificando seu sentido.

Resolução:

Como a tensão **U** entre os terminais do elemento é menor que 12 V, concluímos que esse elemento é, com certeza, um gerador.



Assim:

$U = \varepsilon - r\,i \Rightarrow 11 = 12 - 0{,}5i$

$i = 2$ A (de **A** para **B**)

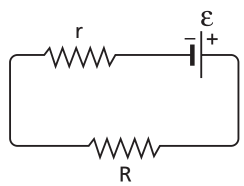
Resposta: 2 A, de **A** para **B**

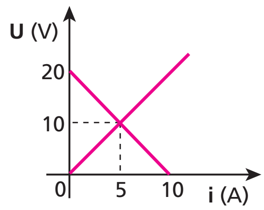
28 Fios de alumínio são usados na transmissão de energia elétrica de uma usina hidrelétrica até uma cidade. Esses fios, apesar de excelentes condutores, apresentam determinada resistência elétrica.

a) Quando a demanda de energia elétrica na cidade aumenta (mais aparelhos ligados), o que acontece com a tensão **U** recebida pela cidade? Justifique.
b) Qual a vantagem de se fazer a transmissão de energia elétrica em altas tensões?

Respostas: a) Diminui, porque aumenta a perda (r i) nos fios.
b) Consegue-se transmitir a mesma potência (U i) com correntes mais baixas, reduzindo-se assim a potência dissipada nos fios ($r\,i^2$).

29 Um gerador de força eletromotriz igual a **ε** e resistência interna **r** alimenta um resistor de resistência **R**. O esquema do circuito montado, bem como as curvas características do gerador e do resistor, estão mostrados a seguir:





Determine:

a) **ε**, **r** e **R**;
b) a potência dissipada no resistor;
c) o rendimento elétrico do gerador.

Resolução:

Observando as curvas características, obtemos a corrente e a tensão comuns ao gerador e ao resistor:

$i = 5$ A e $U = 10$ V

a) $R = \dfrac{U}{i} \Rightarrow R = \dfrac{10}{5} \Rightarrow \boxed{R = 2\ \Omega}$

$\boxed{\varepsilon = 20 \text{ V}}$

$i_{cc} = \dfrac{\varepsilon}{r} \Rightarrow 10 = \dfrac{20}{r} \Rightarrow \boxed{r = 2\ \Omega}$

b) $\text{Pot} = U\,i \Rightarrow \text{Pot} = 10 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{\text{Pot} = 50 \text{ W}}$

c) $\eta = \dfrac{U}{\varepsilon} \Rightarrow \eta = \dfrac{10}{20} \Rightarrow \boxed{\eta = 0{,}5 = 50\%}$

Respostas: a) 20 V; 2 Ω; 2 Ω; b) 50 W; c) 50%

30 Qual é o mínimo intervalo de tempo necessário para que um gerador de força eletromotriz $\varepsilon = 50$ V e resistência interna de 3 Ω possa fornecer, a um resistor conveniente, $2 \cdot 10^5$ J de energia?

Resolução:
O intervalo de tempo é mínimo, quando o gerador transfere máxima potência ao resistor. Para isso, a resistência desse resistor deve ser igual à resistência interna **r** do gerador, ou seja, 3 Ω:

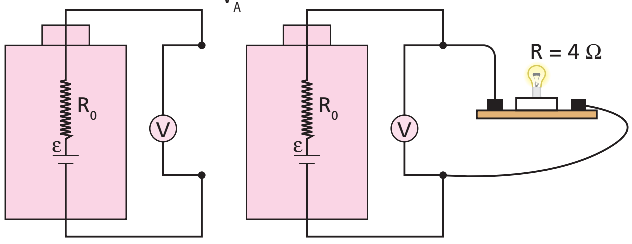
$$Pot_{máx} = \frac{\left(\frac{\varepsilon}{2}\right)^2}{r} = \frac{E}{\Delta t_{min}} \Rightarrow \Delta t_{min} = \frac{4\,E\,r}{\varepsilon^2}$$

$$\Delta t_{min} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 3}{50^2}$$

$$\boxed{\Delta t_{min} = 960\ s = 16\ min}$$

Resposta: 16 minutos

31 (Fuvest-SP) Uma bateria possui força eletromotriz ε e resistência interna R_0. Para determinar essa resistência, um voltímetro foi ligado aos dois polos da bateria, obtendo-se $V_0 = \varepsilon$ (situação I). Em seguida, os terminais da bateria foram conectados a uma lâmpada. Nessas condições, a lâmpada tem resistência R = 4 Ω e o voltímetro indica V_A (situação II), de tal forma que $\frac{V_0}{V_A} = 1,2$.

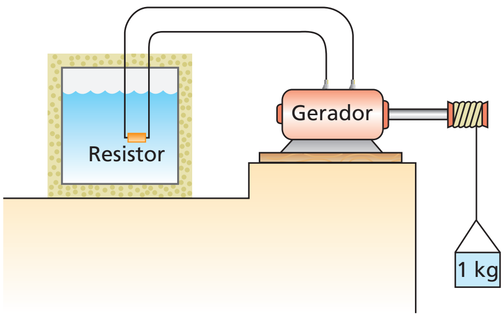


Dessa experiência, conclui-se que o valor de R_0 é:
a) 0,8 Ω b) 0,6 Ω c) 0,4 Ω d) 0,2 Ω e) 0,1 Ω

Resolução:
• $\frac{V_0}{V_A} = 1,2 \Rightarrow V_A = \frac{\varepsilon}{1,2}$
• $V_A = 4\,i \Rightarrow i = \frac{V_A}{4} = \frac{\varepsilon}{4,8}$
• $i = \frac{\varepsilon}{R_0 + 4} = \frac{\varepsilon}{4,8} \Rightarrow \boxed{R_0 = 0,8\ \Omega}$

Resposta: a

32 (UFV-MG) A figura ilustra um gerador elétrico ligado a um resistor imerso em $1,0 \cdot 10^{-2}$ kg de um líquido isolado termicamente. O gerador tem um rendimento de 50% e é movido por um corpo de massa igual a 1,0 kg.

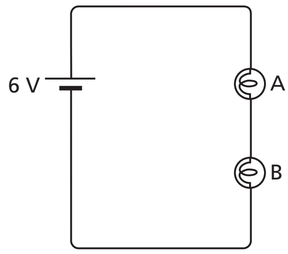


Considerando o valor da aceleração da gravidade como 10 m/s², calcule:
a) a energia elétrica gerada, se o corpo se desloca para baixo, percorrendo uma distância de 10 m com uma velocidade constante;
b) a variação na temperatura do líquido após o corpo percorrer esses 10 m, considerando que nenhuma mudança de fase ocorre no líquido.
(Calor específico do líquido: $5,0 \cdot 10^3$ J · kg^{-1} °C^{-1}.)

Resolução:
a) O gerador recebe a energia potencial gravitacional E_p perdida pelo corpo:
$E_p = m\,g\,h = 1,0 \cdot 10 \cdot 10 \Rightarrow E_p = 100$ J
Como o rendimento é 50%, só metade desses 100 J são convertidos em energia elétrica. Assim, a energia elétrica gerada é de 50 J.
b) $Q = m\,c\,\Delta\theta$
$50 = 1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 5,0 \cdot 10^3\ \Delta\theta$
$\Delta\theta = 1,0$ °C

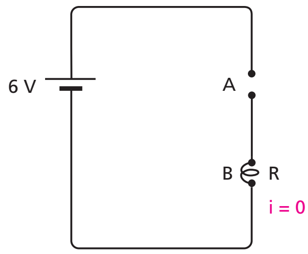
Respostas: a) 50 J; b) 1,0 °C

33 No circuito representado na figura, as lâmpadas **A** e **B**, que estavam acesas, em um certo momento se apagaram.



Mantendo as lâmpadas em seus respectivos soquetes e usando um voltímetro, verificou-se que a ddp entre os terminais da lâmpada **A** é 6 V, mas é nula entre os terminais da lâmpada **B**.
Identifique a(s) lâmpada(s) queimada(s).

Resolução:
Lâmpadas apagadas: i = 0



$U_A = 6 - R\,i = 6 - R \cdot 0 \Rightarrow \boxed{U_A = 6\ V}$

$U_B = R\,i = R \cdot 0 \Rightarrow \boxed{U_B = 0}$

Note que, se a lâmpada **B** também estivesse queimada, teríamos $U_A = U_B = 0$.

Resposta: A lâmpada **A**

34 Associam-se em série **n** resistores e os terminais da associação são ligados a um gerador de força eletromotriz **ε** e resistência interna **r**. Sejam Σ R a soma de todas as resistências do circuito e R_i a resistência do i-ésimo resistor ($1 \leq i \leq n$). Prove que a tensão em R_i é U_i dada por:

$$U_i = \frac{R_i}{\Sigma R}\,\varepsilon$$

Resolução:

Temos:

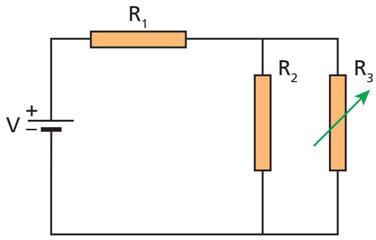
$\varepsilon = \Sigma R \cdot i \Rightarrow i = \dfrac{\varepsilon}{\Sigma R}$

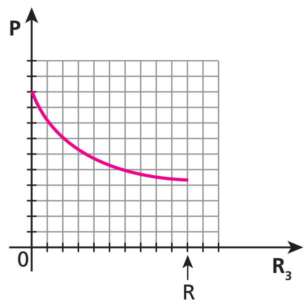
A tensão U_i é dada por:

$U_i = R_i\, i \Rightarrow \boxed{U_i = \dfrac{R_i}{\Sigma R}\,\varepsilon}$

Resposta: Ver demonstração

35 (Fuvest-SP) No circuito abaixo, os resistores R_1 e R_2 têm resistência **R** e a bateria tem tensão **V**. O resistor R_3 tem **resistência variável** entre os valores 0 e **R**.





O gráfico mostra qualitativamente a variação da potência **P**, dissipada em um dos elementos do circuito, em função do valor da resistência de R_3. A curva desse gráfico só pode representar a:

a) potência dissipada no resistor R_1.
b) potência dissipada no resistor R_2.
c) potência dissipada no resistor R_3.
d) diferença entre as potências dissipadas em R_2 e R_3.
e) soma das potências dissipadas em R_2 e R_3.

Resolução:

À medida que R_3 aumenta de 0 a **R**, a resistência equivalente à associação de R_2 com R_3 (em paralelo) aumenta de $0\left(\dfrac{R\,0}{R+0}=0\right)$ a $\dfrac{R}{2}\left(\dfrac{R\,R}{R+R}=\dfrac{R}{2}\right)$. Com isso, a intensidade de corrente em R_1 diminui, o mesmo ocorrendo com a potência dissipada nesse resistor (Pot_1). Para confirmar que nenhuma alternativa, além de **a**, está correta, podemos verificar, por exemplo, o que acontece com as outras potências dissipadas, para $R_3 = 0$:

$Pot_3 = 0\, i^2 = 0$

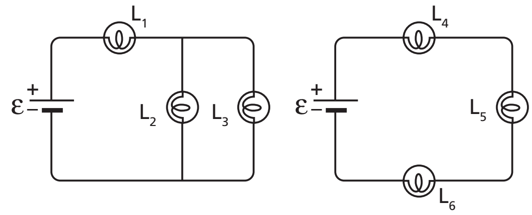
$Pot_2 = 0$ (R_2 está em curto-circuito)

$Pot_2 - Pot_3 = 0$

$Pot_2 + Pot_3 = 0$

Resposta: a

36 Usando seis lâmpadas iguais e duas baterias iguais, foram montados os dois circuitos a seguir:



Considerando as baterias ideais e desprezando a influência da temperatura na resistência elétrica, compare o brilho da lâmpada L_2 com o da lâmpada L_5.

Resolução:

Sendo **R** a resistência elétrica de cada lâmpada, temos:

- No circuito da esquerda:

$i_1 = \dfrac{\varepsilon}{R_{eq}} = \dfrac{\varepsilon}{R + \dfrac{R}{2}} = \dfrac{2\varepsilon}{3R}$

$i_2 = \dfrac{i_1}{2} \Rightarrow i_2 = \dfrac{\varepsilon}{3R}$

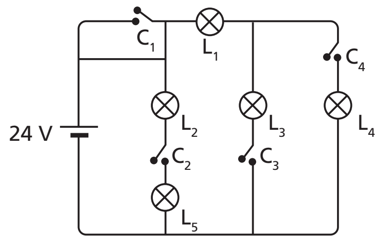
- No outro circuito:

$i_5 = \dfrac{\varepsilon}{R_{eq}} = \dfrac{\varepsilon}{3R}$

- $i_2 = i_5 \Rightarrow \boxed{\text{Brilhos iguais}}$

Resposta: são iguais

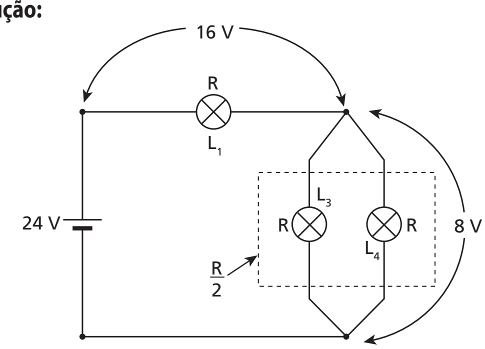
37 (Puccamp-SP) No circuito representado no esquema abaixo, as lâmpadas L_1, L_2, L_3, L_4 e L_5 são de 6,0 W e 12 V. O gerador de 24 V tem resistência interna desprezível. C_1, C_2, C_3 e C_4 são chaves que estão abertas e podem ser fechadas pelo operador. Duas dessas chaves não devem ser fechadas ao mesmo tempo porque causam aumento de tensão em uma das lâmpadas.



Essas duas chaves são:

a) C_1 e C_2. b) C_3 e C_4. c) C_2 e C_4. d) C_2 e C_3. e) C_1 e C_3.

Resolução:



Note que o fechamento de C_3 e C_4 implica uma tensão de 16 V na lâmpada L_1.

Resposta: b

38 Um gerador de 12 V de força eletromotriz deve alimentar um aquecedor para levar determinada quantidade de água à temperatura de ebulição no **menor tempo possível**. O aquecedor poderá ser constituído de um ou mais dos seguintes resistores: $R_1 = 6\ \Omega$, $R_2 = 3\ \Omega$, $R_3 = 2\ \Omega$. Esquematize o circuito apropriado, nos seguintes casos:

a) o gerador tem resistência interna igual a $3\ \Omega$;

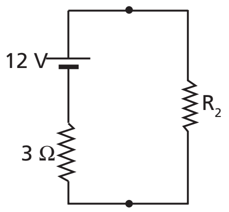
b) o gerador tem resistência interna desprezível.

Resolução:

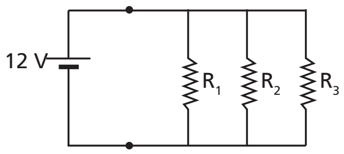
a) Para haver máxima transferência de potência ao aquecedor, é preciso que sua resistência seja igual à resistência interna do gerador ($3\ \Omega$).

b) Neste caso, o aquecedor deve ter a mínima resistência possível para que a corrente seja máxima. Isso é conseguido ligando todos os resistores disponíveis em paralelo.

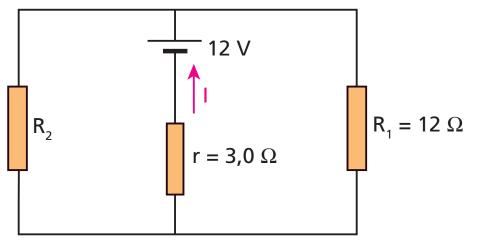
Respostas: a)



b)



39 (Ufal) Um gerador de 12 V e resistência interna $r = 3{,}0\ \Omega$ está ligado conforme o esquema abaixo.



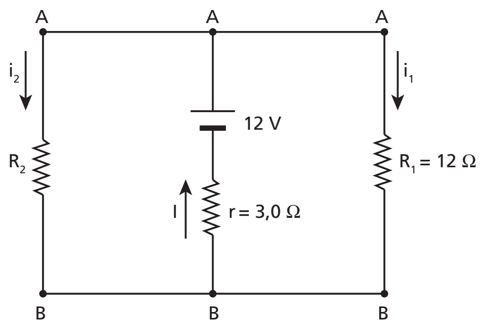
Considerando os valores indicados no esquema, determine o valor do resistor R_2, em ohms, nas seguintes situações:

I. A corrente elétrica **I** indicada no esquema é igual a 1,0 A.

II. A potência fornecida pelo gerador ao circuito externo é máxima.

Resolução:

I.



No gerador:

$U_{AB} = \varepsilon - r\,I = 12 - 3{,}0 \cdot 1{,}0 \Rightarrow U_{AB} = 9\ V$

Em R_1:

$U_{AB} = R_1\, i_1 \Rightarrow 9 = 12\, i_1 \Rightarrow i_1 = 0{,}75\ A$

Em R_2:

$I = i_1 + i_2 \Rightarrow 1{,}0 = 0{,}75 + i_2 \Rightarrow i_2 = 0{,}25\ A$

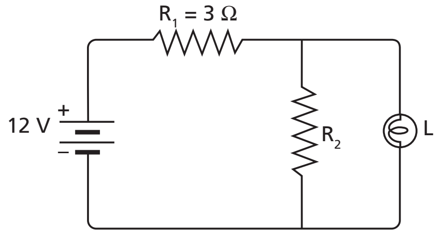
$U_{AB} = R_2 i_2 \Rightarrow 9 = R_2\, 0{,}25 \Rightarrow R_2 = 36\ \Omega$

II. R_1 e R_2 constituem o circuito externo ao gerador. Para que a potência fornecida pelo gerador seja máxima, a resistência equivalente a R_1 e R_2, que estão em paralelo, tem de ser igual a **r**:

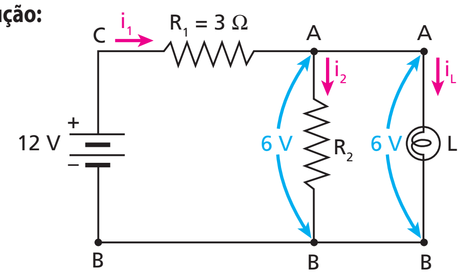
$$\frac{R_1\, R_2}{R_1 + R_2} = r \Rightarrow \frac{12\, R_2}{12 + R_2} = 3{,}0 \Rightarrow R_2 = 4\ \Omega$$

Respostas: I) $36\ \Omega$; II) $4\ \Omega$.

40 E.R. Considere ideal a bateria presente no circuito a seguir e calcule a resistência R_2 para que a lâmpada **L** opere conforme suas especificações, que são: 3 W–6 V.



Resolução:



Em **L**, temos:

$$Pot_L = U_L\, i_L \Rightarrow 3 = 6\, i_L \Rightarrow i_L = 0{,}5\ A$$

Para calcular i_1, note que $U_{CB} = U_{CA} + U_{AB}$. Então:

$$12 = U_{CA} + 6 \Rightarrow U_{CA} = 6\ V$$

Em R_1, calculamos i_1:

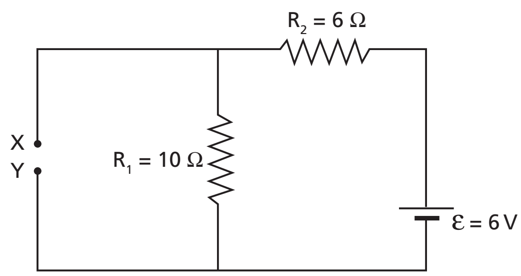
$$U_{CA} = R_1\, i_1 \Rightarrow 6 = 3\, i_1 \Rightarrow i_1 = 2\ A$$

Para calcular R_2, podemos fazer:

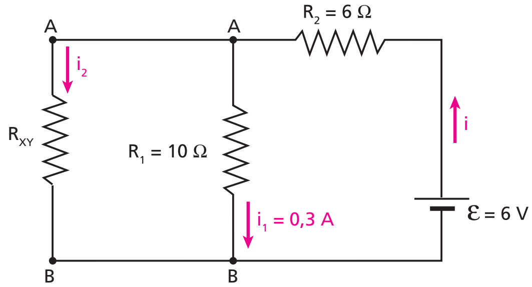
$$i_1 = i_2 + i_L \Rightarrow 2 = i_2 + 0{,}5 \Rightarrow i_2 = 1{,}5\ A$$

$$U_{AB} = R_2\, i_2 \Rightarrow 6 = R_2 \cdot 1{,}5 \Rightarrow \boxed{R_2 = 4\ \Omega}$$

41 Determine a resistência elétrica do resistor que deve ser ligado entre os pontos **X** e **Y**, para que a intensidade de corrente elétrica em R_1 seja de 0,3 A:



Resolução:



• $U_{AB} = R_1\, i_1 = 10 \cdot 0,3 \Rightarrow U_{AB} = 3$ V

• $U_{AB} = \varepsilon - R_2\, i \Rightarrow 3 = 6 - 6\,i \Rightarrow i = 0,5$ A

Portanto: $i_2 = 0,2$ A.

$U_{AB} = R_{XY}\, i_2 \Rightarrow 3 = R_{XY} \cdot 0,2 \Rightarrow \boxed{R_{XY} = 15\ \Omega}$

Resposta: 15 Ω

42 (Uepa) Aparelhos eletrodomésticos, como refrigeradores de ar, aquecedores e ferros de passar, utilizam termostatos para controle de temperatura. A figura a seguir representa, de modo simplificado, os elementos constituintes de um ferro de passar.

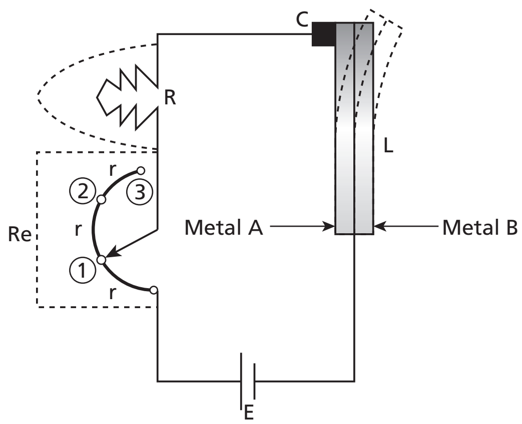
Nessa figura:

Re é um reostato – resistor de resistência variável – constituído por um cursor (seta) e três resistências **r**;

L é uma lâmpada bimetálica constituída de dois metais, **A** e **B**, fortemente conectados entre si, sendo que, na temperatura ambiente, permanece praticamente retilínea;

C é um contato elétrico no qual a lâmina bimetálica pode tocar, fechando o circuito;

R é a resistência elétrica do ferro, que transfere calor para a sua base metálica, e **E** é um gerador elétrico.



Com o circuito fechado, a passagem de corrente na lâmina bimetálica faz com que ela se aqueça, por efeito Joule, curve-se para a direita, afastando-se do contato **C**, e interrompa o circuito. Nessa situação, a resistência **R** deixa de transformar energia elétrica em calor, assim como a lâmina **L** que, ao resfriar-se, retorna à posição inicial, tocando em **C**, fechando novamente o circuito. Esse dispositivo liga-desliga juntamente com o reostato fazem o controle da temperatura, que é a função do termostato.

Considerando a situação apresentada, responda às questões **a** e **b**.

a) Sabe-se que, para que a lâmina bimetálica apresente o comportamento descrito no enunciado, o coeficiente de dilatação do metal **A** deve ser maior que o do metal **B**. Explique fisicamente essa afirmação.

b) Considerando que as várias resistências (**r**) do reostato são idênticas e que **as demais resistências do circuito são muito pequenas comparadas com r**, mostre, a partir das equações adequadas, o que ocorre com a potência dissipada no resistor **R**, quando o cursor é deslocado do ponto **1** para o ponto **3**.

Resolução:

a) Quando a lâmina se curva para a direita, a parte de metal **A** torna-se mais longa que a de metal **B**, ou seja, a parte de metal **A** dilata mais que a outra: $\Delta L_A > \Delta L_B$.

Como $\Delta L = \alpha\, L_0\, \Delta\theta$,

$L_{0_A} = L_{0_B}$ e $\Delta\theta_A = \Delta\theta_B$:

$\Delta L_A > \Delta L_B \Rightarrow \boxed{\alpha_A > \alpha_B}$

b) Como "as demais resistências **do circuito** são muito pequenas comparadas com **r**":

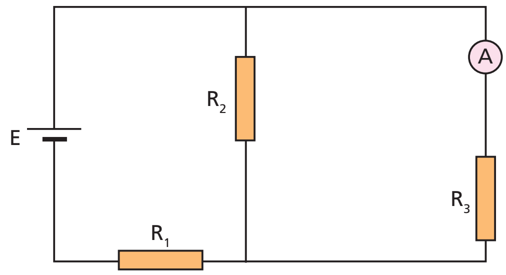
$$\left.\begin{array}{l} i_1 = \dfrac{\varepsilon}{r} \\[2ex] i_3 = \dfrac{\varepsilon}{3r} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{i_3}{i_1} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{Pot_3}{Pot_1} = \frac{R\, i_3^2}{R\, i_1^2} = \left(\frac{i_3}{i_1}\right)^2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2$$

$$\boxed{Pot_3 = \frac{Pot_1}{9}}$$

Respostas: a) Quando a lâmina se curva para a direita, a parte de metal **A** torna-se mais longa que a de metal **B**, ou seja, a parte de metal **A** dilata mais que a outra; b) A potência dissipada em **R**, com o cursor na posição **3**, é $\frac{1}{9}$ da dissipada com o cursor na posição **1**.

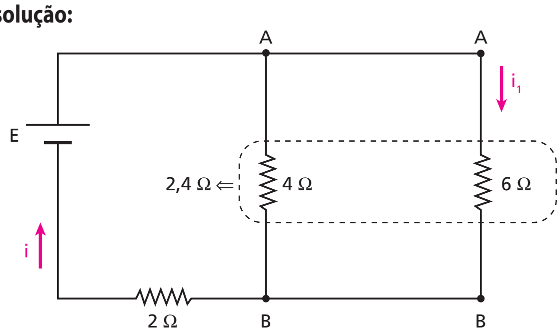
43 (UFPI) No circuito a seguir, a força eletromotriz **E** da fonte, considerada ideal, é de 8,8 V, e os resistores têm resistências $R_1 = 2,0\ \Omega$, $R_2 = 4,0\ \Omega$ e $R_3 = 6,0\ \Omega$.



Seja **I** a indicação do amperímetro **A**. Permutando de lugar o amperímetro e a fonte de fem, a indicação do amperímetro será:

a) $\frac{I}{3}$. b) $\frac{I}{2}$. c) I. d) 2 I. e) 3 I.

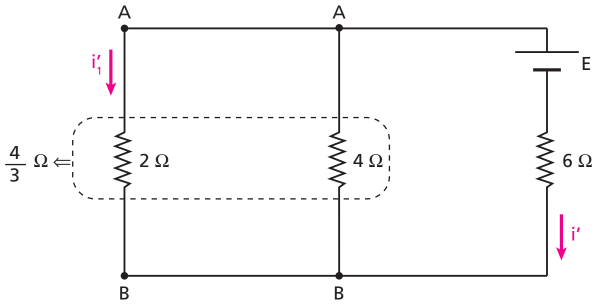
Resolução:



$E = 4{,}4\,i \Rightarrow i = \dfrac{E}{4{,}4}$

$U_{AB} = R_{AB}\,i = 2{,}4\,\dfrac{E}{4{,}4} = \dfrac{6\,E}{11}$

$i_1 = \dfrac{U_{AB}}{6} = \dfrac{\frac{6\,E}{11}}{6} = \dfrac{E}{11} = I$



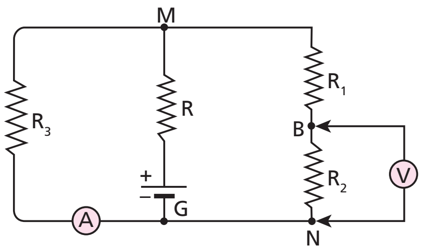
$E = \left(6 + \dfrac{4}{3}\right) i' \Rightarrow i' = \dfrac{3E}{22}$

$U_{AB} = R_{AB}\,i' = \dfrac{4}{3} \cdot \dfrac{3E}{22} = \dfrac{2E}{11}$

$i'_1 = \dfrac{U_{AB}}{2} = \dfrac{\frac{2\,E}{11}}{2} = \dfrac{E}{11} = I$

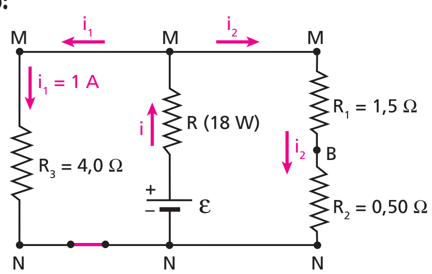
Resposta: c

44 No circuito esquematizado na figura, o gerador **G** é ideal (resistência interna nula), de força eletromotriz **ε**. Sabe-se que o amperímetro **A**, ideal, indica 1 A e que o resistor **R** dissipa 18 W:



a) Qual a indicação do voltímetro ideal **V**, ligado entre os pontos **B** e **N**?
b) Qual o valor de **R**?
c) Qual a força eletromotriz **ε** do gerador **G**?
Dados: $R_1 = 1{,}5\ \Omega$, $R_2 = 0{,}50\ \Omega$ e $R_3 = 4{,}0\ \Omega$.

Resolução:



a) **Em R_3:** $U_{MN} = R_3\,i_1 = 4{,}0 \cdot 1$

$U_{MN} = 4$ V

Na associação de R_1 com R_2:

$U_{MN} = (R_1 + R_2)\,i_2$

$4 = 2{,}0\,i_2 \Rightarrow 1_2 = 2$ A

No voltímetro:

$U_{BN} = R_2\,i_2 = 0{,}50 \cdot 2$

$\boxed{U_{BN} = 1\text{ V}}$

b) $i = i_1 + i_2 = 1 + 2 \Rightarrow i = 3$ A

Em R: $Pot = R\,i^2$

$18 = R \cdot 3^2 \Rightarrow \boxed{R = 2\,\Omega}$

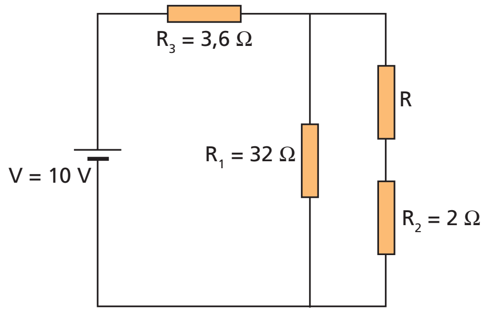
c) $U_{MN} = \varepsilon - R\,i$

$4 = \varepsilon - 2 \cdot 3$

$\boxed{\varepsilon = 10\text{ V}}$

Respostas: a) 1V; b) 2 Ω; c) 10 V

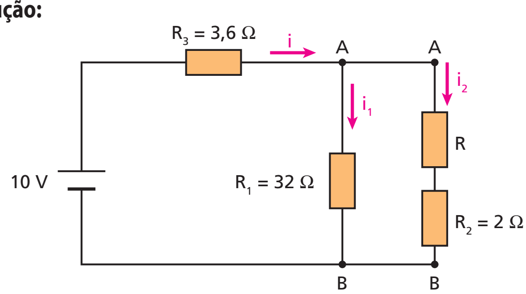
45 (Fuvest-SP) O circuito abaixo é formado por quatro resistores e um gerador ideal que fornece uma tensão V = 10 volts. O valor da resistência do resistor **R** é desconhecido. Na figura estão indicados os valores das resistências dos outros resistores.



a) Determine o valor, em ohms, da resistência **R** para que as potências dissipadas em R_1 e R_2 sejam iguais.
b) Determine o valor, em watts, da potência **P** dissipada no resistor R_1, nas condições do item anterior.

Resolução:

a)



$Pot_1 = Pot_2 \Rightarrow R_1\,i_1^2 = R_2\,i_2^2$

$32\,i_1^2 = 2\,i_2^2 \Rightarrow i_2 = 4\,i_1$

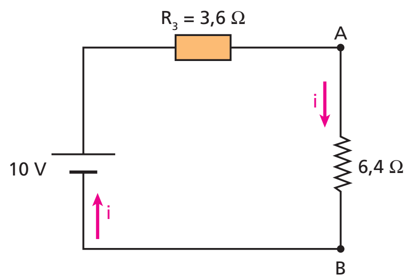
$U_{AB} = R_1\,i_1 = (R + R_2)\,i_2$

$32\,i_1 = (R + 2)\,4i_1$

$R = 6\,\Omega$

b) **R** em série com $R_2 \Rightarrow 8\,\Omega$

R_1 em paralelo com $8\,\Omega \Rightarrow 6{,}4\,\Omega$



$\varepsilon = R_{eq}\, i \;\Rightarrow\; 10 = 10\, i \;\Rightarrow\; i = 1\text{ A}$

$U_{AB} = 6{,}4\, i = 6{,}4 \cdot 1 \;\Rightarrow\; U_{AB} = 6{,}4\text{ V}$

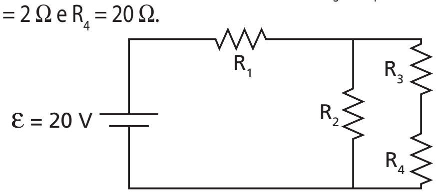
Na primeira figura:

$$Pot_1 = \frac{U_{AB}^2}{R_1} = \frac{6{,}4^2}{32} \;\Rightarrow\; Pot_1 = 1{,}28\text{ W}$$

Respostas: a) 6 Ω; b) 1,28 W

46 (Unifei-MG) No circuito a seguir, a potência dissipada em R_2 é igual à potência dissipada conjuntamente em R_3 e R_4.

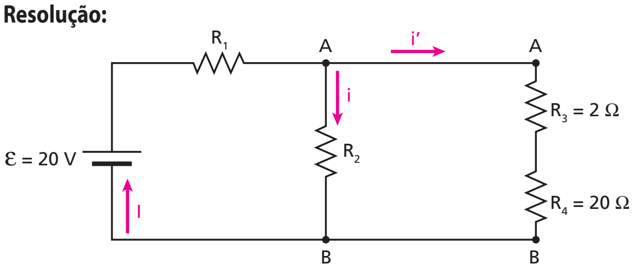
Dados: $R_3 = 2\ \Omega$ e $R_4 = 20\ \Omega$.



a) Determine o valor da resistência R_2.

b) Sabendo-se que a potência total liberada em R_1 é igual a 9 W e que a ddp nos terminais de R_1 é menor que a ddp nos terminais de R_2, calcule a corrente total fornecida ao sistema pela bateria.

Resolução:



a) $Pot_2 = Pot_{3,4} \Rightarrow \dfrac{U_{AB}^2}{R_2} = \dfrac{U_{AB}^2}{22} \Rightarrow \boxed{R_2 = 22\ \Omega}$

b) $Pot_1 = 9\text{ W}$

$U_1 < U_2$

$I = ?$

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon &= (R_1 + R_{AB})\, I \\ R_1\, I^2 &= Pot_1 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left.\begin{aligned} 20 &= (R_1 + 11)\, I \\ R_1\, I^2 &= 9 \end{aligned}\right\} \Rightarrow 20 = \left(\frac{9}{I^2} + 11\right) I \Rightarrow$$

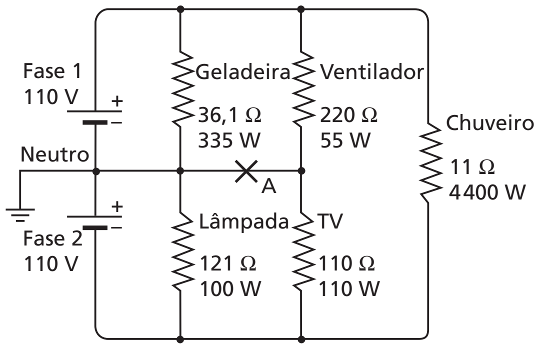
$$\Rightarrow 11 \cdot I^2 - 20 \cdot I + 9 = 0$$

$$I = \frac{20 \pm 2}{22} \begin{cases} I = 1\text{ A} \Rightarrow U_2 = 11 \cdot 1 = 11\text{ V} \Rightarrow U_1 < U_2 \\ I = \dfrac{9}{11}\text{ A} \Rightarrow U2 = 11 \cdot \dfrac{9}{11} = 9\text{ V} \Rightarrow U_1 > U_2 \end{cases}$$

Portanto: $\boxed{I = 1\text{ A}}$

Respostas: a) 22 Ω; b) 1 A

47 (Unicamp-SP) Algumas residências recebem três fios da rede de energia elétrica, sendo dois fios correspondentes às fases e o terceiro ao neutro. Os equipamentos existentes nas residências são projetados para serem ligados entre uma fase e o neutro (por exemplo, uma lâmpada) ou entre duas fases (por exemplo, um chuveiro). Considere o circuito abaixo, que representa, de forma muito simplificada, uma instalação elétrica residencial. As fases são representadas por fontes de tensão em corrente contínua e os equipamentos, representados por resistências. Apesar de simplificado, o circuito pode dar uma ideia das consequências de uma eventual ruptura do fio neutro. Considere que todos os equipamentos estejam ligados ao mesmo tempo.



a) Calcule a corrente que circula pelo chuveiro.

b) Qual é o consumo de energia elétrica da residência em kWh durante quinze minutos?

c) Considerando que os equipamentos se queimam quando operam com uma potência 10% acima da nominal (indicada na figura), determine quais serão os equipamentos queimados caso o fio neutro se rompa no ponto **A**.

Resolução:

a) **No chuveiro:**

$U = R\, i$

$220 = 11\, i \;\Rightarrow\; i = 20\text{ A}$

b) $Pot_{total} = 335\text{ W} + 100\text{ W} + 55\text{ W} + 110\text{ W} + 4400\text{ W} = 5000\text{ W} = 5\text{ kW}$

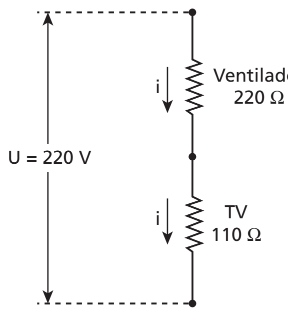
$\Delta t = 15\text{ min} = \dfrac{1}{4}\text{ h}$

Sendo **E** a energia elétrica consumida, temos:

$E = Pot\, \Delta t = 5\text{ kW}\, \dfrac{1}{4}\text{ h}$

$E = 1{,}25\text{ kWh}$

c) Com o rompimento do fio neutro no ponto **A**, o chuveiro, a geladeira e a lâmpada não são afetados, pois continuam submetidos a 220 V, 110 V e 110 V, respectivamente. O ventilador e a TV, porém, passam a constituir uma associação de aparelhos em série, sendo de 220 V a ddp entre os terminais da associação:



$U = R_{eq}\, i$

$220 = (220 + 110)\, i \;\Rightarrow\; i = \dfrac{2}{3}\text{ A}$

Calculemos as novas potências com que o ventilador e a TV vão operar logo após o rompimento do fio neutro:

$Pot_v = R_v\, i^2 = 220 \left(\dfrac{4}{9}\right) \;\Rightarrow\; Pot_v \simeq 98\text{ W}$

(mais que 10% acima de 55 W)

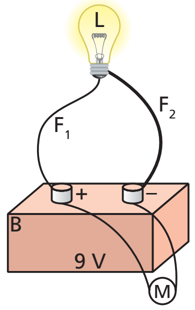
$Pot_{TV} = R_{TV}\, i^2 = 110 \left(\dfrac{4}{9}\right) \;\Rightarrow\; Pot_{TV} \simeq 49\text{ W}$

(abaixo da potência nominal)

Portanto, só o ventilador será queimado. Evidentemente, ocorrendo isso, a TV (não-queimada) deixará de funcionar.

Respostas: a) 20 A; b) 1,25 kWh; c) Só o ventilador

48 (Fuvest-SP) Uma lâmpada **L** está ligada a uma bateria **B** por 2 fios, $\mathbf{F_1}$ e $\mathbf{F_2}$, de mesmo material, de comprimentos iguais e de diâmetros **d** e **3d**, respectivamente. Ligado aos terminais da bateria, há um voltímetro ideal **M** (com resistência interna muito grande), como mostra a figura. Nessas condições, a lâmpada está acesa, tem resistência $R_L = 2,0\ \Omega$ e dissipa uma potência igual a 8,0 W. A força eletromotriz da bateria é $\varepsilon = 9,0$ V e a resistência do fio F_1 é $R_1 = 1,8\ \Omega$.



Determine o valor da:

a) corrente **I**, em ampères, que percorre o fio $\mathbf{F_1}$;
b) potência $\mathbf{P_2}$, em watts, dissipada no fio $\mathbf{F_2}$;
c) diferença de potencial $\mathbf{V_M}$, em volts, indicada pelo voltímetro **M**.

Resolução:

a) $Pot_L = R_L\, I^2 \Rightarrow 8,0 = 2,0 \cdot I^2 \Rightarrow \boxed{I = 2,0\ A}$

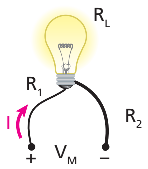
Como os fios e a lâmpada estão todos em série, a intensidade da corrente elétrica é a mesma na lâmpada e nos fios.

b) $R_1 = 1,8\ \Omega = \dfrac{\rho\,\ell}{A}$

$R_2 = \dfrac{\rho\,\ell}{9\,A} = \dfrac{1,8\ \Omega}{9} \Rightarrow R_2\ 0,2\ \Omega$

$P_2 = R_2\, I^2 = 0,2 \cdot 2,0^2 \Rightarrow \boxed{P_2 = 0,80\ W}$

c)



$V_M = (R_1 + R_L + R_2)\, I$

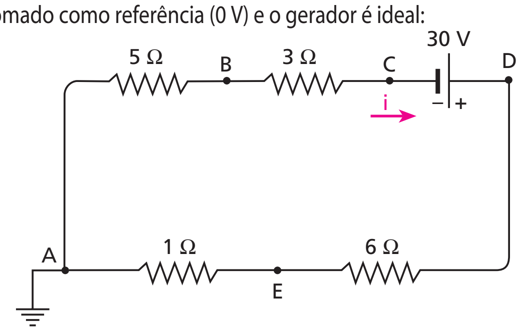
$V_M = (1,8 + 2,0 + 0,2) \cdot 2,0$

$\boxed{V_M = 8,0\ V}$

Esse resultado revela que a resistência interna da bateria não é desprezível.

Respostas: a) 2,0 A; b) 0,80 W; c) 8,0 V

49 **E.R.** Considere o circuito a seguir, em que o potencial da Terra é tomado como referência (0 V) e o gerador é ideal:



Determine os potenciais nos pontos **B**, **C**, **D** e **E**.

Resolução:

O sentido da corrente no interior de um gerador é do polo de menor potencial para o polo de maior potencial. Em um resistor, porém, a corrente passa do terminal de potencial maior para o de menor. Calculemos a intensidade de corrente no circuito:

$$\varepsilon = R_{eq}\, i$$
$$30 = (5 + 3 + 6 + 1)\, i \Rightarrow i = 2\ A$$

De **A** para **B**, temos uma queda de potencial igual a $5\ \Omega \cdot 2\ A = 10$ V. Assim, sendo $\nu_A = 0$, tem-se:

$$\nu_B - \nu_A = -10 \Rightarrow \nu_B - 0 = -10$$
$$\boxed{\nu_B = -10\ V}$$

De **B** para **C**, temos outra queda de potencial, igual a $3\ \Omega \cdot 2\ A = 6$ V. Assim, sendo $\nu_B = -10$ V, tem-se:

$$\nu_C - \nu_B = -6 \Rightarrow \nu_C - (-10) = -6$$
$$\boxed{\nu_C = -16\ V}$$

De **C** para **D**, temos uma elevação de potencial igual a 30 V. Assim, sendo $\nu_C = -16$ V, vem:

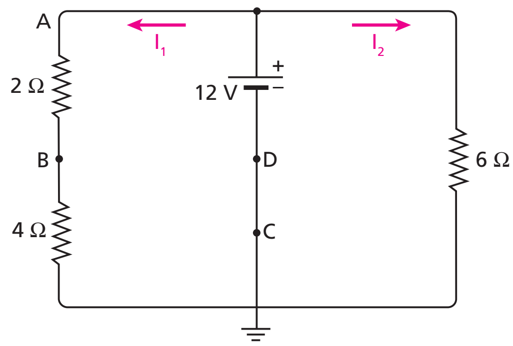
$$\nu_D - \nu_C = 30 \Rightarrow \nu_D - (-16) = 30$$
$$\boxed{\nu_D = 14\ V}$$

De **D** para **E**, temos uma nova queda de potencial, igual a $6\ \Omega \cdot 2\ A = 12$ V. Sendo $\nu_D = 14$ V, temos:

$$\nu_E - \nu_D = -12 \Rightarrow \nu_E - 14 = -12$$
$$\boxed{\nu_E = 2\ V}$$

Observe que ocorre uma queda de 2 V de **E** para **A**, o que já era esperado, pois $\nu_A = 0$.

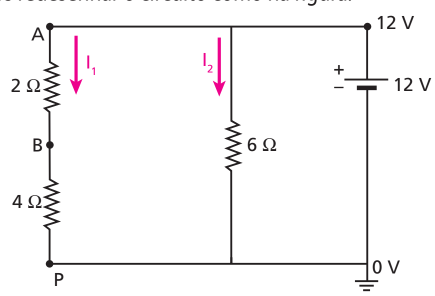
50 (Cesesp-PE) Uma bateria de força eletromotriz de 12 V e resistência interna desprezível alimenta o circuito resistivo indicado na figura:



a) Quais os potenciais nos pontos **A** e **B**, referidos à Terra?
b) Qual a resistência que deve ser adicionada ao circuito, entre os pontos **C** e **D**, para que o potencial no ponto **A**, referido à Terra, torne-se igual a 6 V?

Resolução:

a) Podemos redesenhar o circuito como na figura:



No ramo **AP**, temos:

$$I_1 = \frac{U_{AP}}{R_{AP}} = \frac{12}{6} \Rightarrow I_1 = 2\ A$$

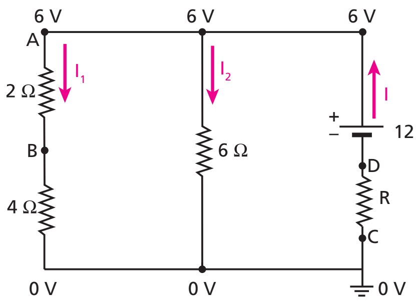
No trecho **AB**, temos:

$U_{AB} = R_{AB}\, I_1 = 2 \cdot 2 \Rightarrow U_{AB} = 4\ V$

Então, temos:

$\boxed{\nu_A = 12\ V}$ e $\boxed{\nu_B = 8\ V}$

b)



$$I_1 = \frac{6}{6} \Rightarrow I_1 = 1\ A$$

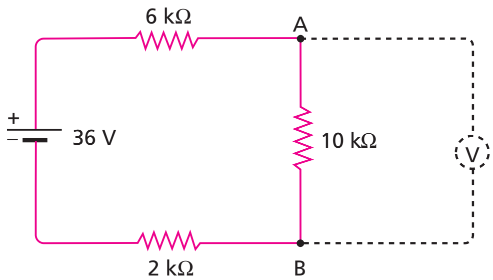
$$I_2 = \frac{6}{6} \Rightarrow I_2 = 1\ A$$

No gerador: $U = \varepsilon - R\,I$

$6 = 12 - R \cdot 2 \Rightarrow \boxed{R = 3\ \Omega}$

Respostas: a) 12 V e 8 V, respectivamente; b) 3 Ω

51 E.R. No circuito a seguir, a resistência interna do gerador é desprezível em comparação com as demais resistências:



Determine:

a) a diferença de potencial entre os pontos **A** e **B**;

b) a resistência interna de um voltímetro que indica 18 V quando é ligado aos pontos **A** e **B**.

Resolução:

a) Temos que:

$\varepsilon = R_{eq}\, i$

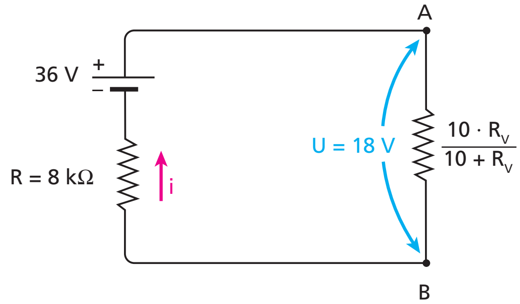
$$36 = (6 + 10 + 2) \cdot 10^3\, i \Rightarrow i = 2 \cdot 10^{-3}\ A = 2\ mA$$

A ddp entre **A** e **B** é dada pela Primeira Lei de Ohm:

$$U_{AB} = R_{AB}\, i = 10\ k\Omega \cdot 2\ mA$$

$$\boxed{U_{AB} = 20\ V}$$

b) Temos, nessa situação, um voltímetro real, isto é, um voltímetro em que a resistência interna não é infinita. Sendo R_V a resistência interna do voltímetro, o circuito original pode ser redesenhado assim:



Tudo se passa como se **R** fosse a resistência interna do gerador. Então, podemos escrever, para o gerador:

$$U = \varepsilon - R\, i$$

$$18 = 36 - 8i \Rightarrow i = \frac{18}{8}\ mA$$

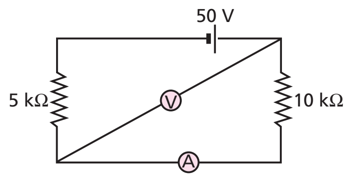
Entre **A** e **B** temos, também:

$$U_{AB} = R_{AB}\, i$$

$$18 = \frac{10\, R_V}{10 + R_V} \cdot \frac{18}{8}$$

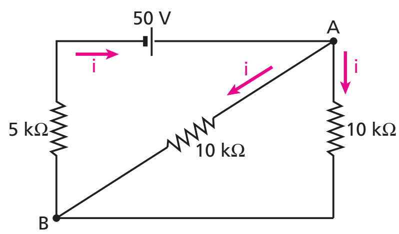
$$\boxed{R_V = 40\ k\Omega}$$

52 No circuito esquematizado a seguir, as resistências do gerador e do amperímetro são desprezíveis. A resistência interna do voltímetro é igual a 10 kΩ.



Determine as indicações do amperímetro e do voltímetro.

Resolução:



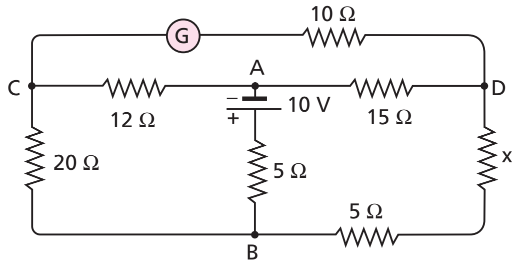
$\varepsilon = R_{eq}\, I \Rightarrow 50\ V = 10\ k\Omega \cdot I \Rightarrow I = 5\ mA$

$\boxed{i = 2{,}5\ mA}$

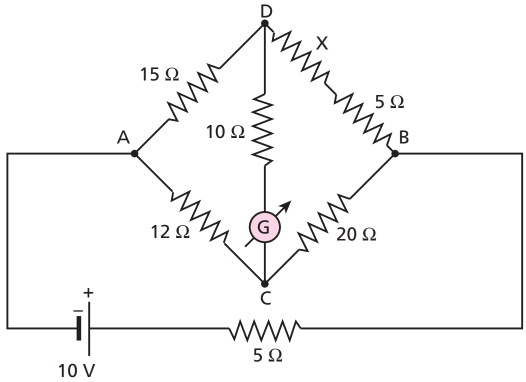
$U_{AB} = 10\ k\Omega \cdot 2{,}5\ mA \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 25\ V}$

Respostas: 2,5 mA e 25 V

53 No circuito a seguir, qual deve ser o valor da resistência **x**, para que o galvanômetro **G** indique zero?



Resolução:
O circuito fornecido é uma típica ponte de Wheatstone em equilíbrio (a corrente elétrica no galvanômetro é nula).
Assim, podemos redesenhar esse circuito na forma convencional:

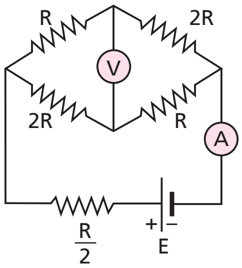


Uma vez que a ponte encontra-se em equilíbrio, vale a igualdade entre os produtos das resistências opostas:
$12\,(x + 5) = 15 \cdot 20$

$x + 5 = 25 \Rightarrow \boxed{x = 20\ \Omega}$

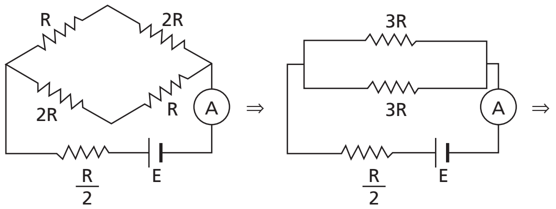
Resposta: 20 Ω

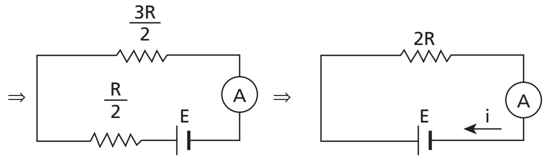
54 (Fuvest-SP) Considere o circuito da figura, onde E = 10 V e R = 1 000 Ω.



a) Qual a leitura do amperímetro **A**?
b) Qual a leitura do voltímetro **V**?

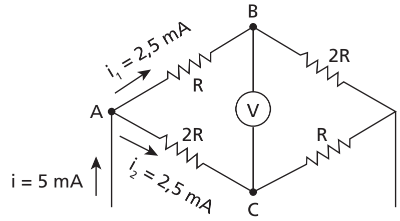
Resolução:
Consideremos ideais o voltímetro, o amperímetro e o gerador.
a)





$E = 2\,R\,i \Rightarrow 10 = 2\,000\,i$
$i = 5 \cdot 10^{-3}\ A = 5\ mA$

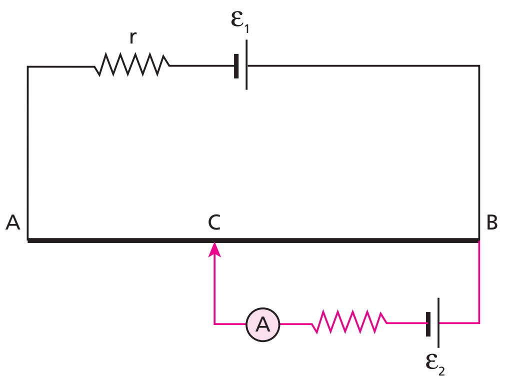
b)



Usando a Primeira Lei de Ohm, podemos escrever que:
$U_{AB} = \nu_A - \nu_B = R\,i_1$ (I)
$U_{AC} = \nu_A - \nu_C = 2\,R\,i_2$ (II)
Como $i_1 = i_2 = I = 2{,}5$ mA, subtraindo (I) de (II), vem:
$(\nu_A - \nu_C) - (\nu_A - \nu_B) = 2R\,i_2 - R\,i_1$
$\nu_B - \nu_C = R\,I$
$\nu_B - \nu_C = 1\,000 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3}$
$\nu_B - \nu_C = 2{,}5\ V$

Respostas: a) 5 mA; b) 2,5 V

55 **E.R.** O circuito apresentado a seguir é útil na determinação da força eletromotriz de um gerador. Nesse circuito, um gerador de força eletromotriz $\varepsilon_1 = 9$ V e resistência interna r = 2 Ω está ligado a um fio homogêneo AB de secção transversal uniforme. O comprimento do fio AB é igual a 100 cm e sua resistência elétrica é de 16 Ω. Um outro gerador, de força eletromotriz desconhecida ε_2, tem um terminal ligado em **B** e o outro ligado a um amperímetro, que, por sua vez, faz contato com o fio AB por meio de um cursor **C**, que pode deslizar ao longo desse fio.



Quando o trecho CB do fio mede 25 cm, a indicação do amperímetro anula-se. Calcule a força eletromotriz ε_2.

Resolução:
Na situação descrita, calculemos a intensidade de corrente no fio AB:

$$\varepsilon_1 = R_{eq}\,i \Rightarrow \varepsilon_1 = (R_{AB} + r)\,i \quad \text{(I)}$$

Como $\varepsilon_1 = 9$ V, $R_{AB} = 16\ \Omega$ e r = 2 Ω, vem, de (I):

$$9 = (16 + 2)\,i \Rightarrow i = 0{,}5\ A$$

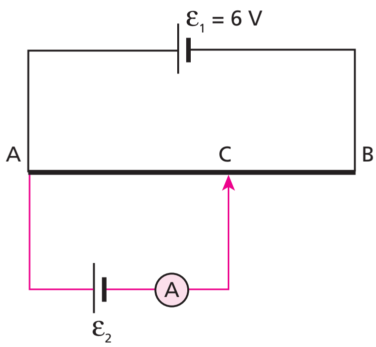
Quando a corrente no amperímetro se anula, a diferença de potencial entre os pontos **B** e **C** é igual a ε_2. Então, a queda de potencial do ponto **B** ao ponto **C**, determinada pela corrente de intensidade $i = 0{,}5$ A, também é igual a ε_2. Assim, temos:

$$\varepsilon_2 = U_{BC} = R_{BC}\, i \quad \text{(II)}$$

Se a resistência elétrica de 100 cm de fio é de 16 Ω, concluímos que nos 25 cm correspondentes ao trecho BC ela vale 4 Ω. Assim, de (II), vem:

$$\varepsilon_2 = 4 \cdot 0{,}5 \;\Rightarrow\; \boxed{\varepsilon_2 = 2\text{ V}}$$

56 Os geradores que comparecem no circuito esquematizado na figura são considerados ideais. O fio homogêneo AB tem seção transversal uniforme e 100 cm de comprimento:



Quando o cursor **C** está em uma posição tal que AC = 75 cm, o amperímetro não registra corrente. Calcule a força eletromotriz ε_2.

Resolução:

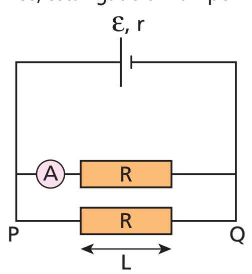
Temos:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon &= R_{AB}\, i \\ \varepsilon' &= R_{AC}\, i \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = \frac{R_{AB}}{R_{AC}} \Rightarrow \frac{6}{\varepsilon'} = \frac{100}{75}$$

$$\boxed{\varepsilon' = 4{,}5\text{ V}}$$

Resposta: 4,5 V

57 (UFF-RJ) As extremidades de dois cilindros condutores idênticos, de resistência **R** e comprimento L = 5,0 cm, estão ligadas, por fios de resistência desprezível, aos terminais de uma fonte de força eletromotriz ε = 12 V e resistência interna r = 0,50 Ω, conforme mostra o esquema abaixo. Em um dos ramos, está ligado um amperímetro ideal **A**.



Sabendo que o amperímetro fornece uma leitura igual a 2,0 A, determine:

a) a diferença de potencial elétrico entre os pontos **P** e **Q**, identificados na figura;
b) a resistência elétrica **R** do cilindro;
c) o campo elétrico **E**, suposto uniforme, no interior de um dos cilindros, em N/C.

Resolução:

a) No gerador: $i = i_R + i_R = 2{,}0 + 2{,}0 \;\Rightarrow\; i = 4{,}0\text{ A}$

$$U_{PQ} = \varepsilon - r\,i = 12 - 0{,}50 \cdot 4{,}0$$

$$\boxed{U_{PQ} = 10\text{ V}}$$

b) $U_{PQ} = R\, i_R \;\Rightarrow\; 10 = R \cdot 2{,}0 \;\Rightarrow\; \boxed{R = 5{,}0\ \Omega}$

c) $E\,d = U \;\Rightarrow\; E\,L = U_{PQ} \;\Rightarrow\; E \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-2} = 10$

$$\boxed{E = 2{,}0 \cdot 10^2\text{ N/C}}$$

Respostas: a) 10 V; b) 5,0 Ω; c) $2{,}0 \cdot 10^2$ N/C

58 (ITA-SP) Para iluminar o interior de um armário, liga-se uma pilha seca de 1,5 V a uma lâmpada de 3,0 W e 1,0 V. A pilha ficará a uma distância de 2,0 m da lâmpada e será ligada a um fio de 1,5 mm de diâmetro e resistividade de $1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$. A corrente medida produzida pela pilha em curto-circuito foi de 20 A. Assinale a potência real dissipada pela lâmpada, nessa montagem.

a) 3,7 W b) 4,0 W c) 5,4 W d) 6,7 W e) 7,2 W

Resolução:

• $i_{cc} = \dfrac{\varepsilon}{r} \;\Rightarrow\; 20 = \dfrac{15}{r} \;\Rightarrow\; r = 0{,}075\ \Omega$

• $R_{fios} = \dfrac{\rho\,\ell}{r} = \dfrac{\rho\,\ell}{\pi R^2} = \dfrac{\rho\,\ell}{\pi\,\dfrac{d^2}{4}} = \dfrac{4 \cdot (1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega\,\text{m}) \cdot (4{,}0\text{ m})}{3{,}1 \cdot (1{,}5 \cdot 10^{-3}\text{ m})^2}$

$R_{fios} = 0{,}039\ \Omega$

• A partir dos valores nominais da lâmpada (3,0 W – 1,0 V):

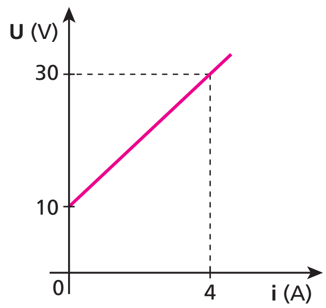
$Pot_L = \dfrac{U_L^2}{R_L} \;\Rightarrow\; 3{,}0 = \dfrac{1{,}0^2}{R_L} \;\Rightarrow\; R_L = 0{,}333\ \Omega$

• $i = \dfrac{\varepsilon}{r + R_{fios} + R_L} = \dfrac{1{,}5}{0{,}447} \;\Rightarrow\; i = 3{,}36\text{ A}$

• $Pot_{L_{real}} = R_L\, i^2 = 0{,}333 \cdot 3{,}36^2 \;\Rightarrow\; \boxed{Pot_{L_{real}} \simeq 3{,}7\text{ W}}$

Resposta: a

59 E.R. O diagrama mostra como varia a tensão nos terminais de um receptor em função da corrente elétrica que por ele circula:



Determine, para esse receptor:

a) a força contraeletromotriz (ε′) e a resistência interna (r′);
b) a potência útil e o rendimento, quando a corrente elétrica que o percorre é de 4 A.

Resolução:

a) A equação de um receptor é:

$$U = \varepsilon' + r'\,i \quad \text{(I)}$$

em que ε′ é a sua força contraeletromotriz e r′, a sua resistência interna.

Assim, para i = 0, temos $U = \varepsilon'$ e, do gráfico, obtemos:

$$\boxed{\varepsilon' = 10\ V}$$

Ainda do gráfico, temos que, para i = 4 A, a tensão **U** é igual a 30 V. Logo, substituindo esses valores em (I), vem:

$$30 = 10 + r' \cdot 4 \Rightarrow \boxed{r' = 5\ \Omega}$$

b) A potência útil do receptor é dada por:

$$Pot_{útil} = \varepsilon'\, i$$

Assim:

$$Pot_{útil} = 10 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{Pot_{útil} = 40\ W}$$

O rendimento do receptor é calculado pela relação:

$$\eta = \frac{Pot_{útil}}{Pot_{total}} = \frac{\varepsilon'}{U}$$

Como, para i = 4 A, temos U = 30 V, então:

$$\eta = \frac{10}{30} \Rightarrow \boxed{\eta \simeq 0{,}33 \text{ ou } \eta \simeq 33\%}$$

60 A equação característica que fornece a tensão (**U**) em função da intensidade de corrente (**i**) nos terminais de um receptor é $U = 30 + 6i$ (SI). Determine, para esse receptor:

a) a força contraeletromotriz e a resistência interna;

b) o rendimento, quando a corrente elétrica que o atravessa tem intensidade de 5 A.

Resolução:

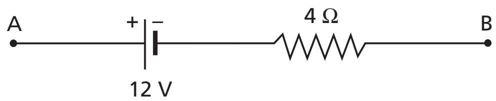
a) $\boxed{\varepsilon' = 30\ V}$ e $\boxed{r' = 6\ \Omega}$

b) $U = 30 + 6\,i = 30 + 6 \cdot 5 \Rightarrow U = 60\ V$

$$\eta = \frac{\varepsilon'}{U} = \frac{30}{60} \Rightarrow \boxed{\eta = 50\%}$$

Respostas: a) 30 V e 6 Ω; b) 50%

61 Na figura, está representado um elemento de circuito elétrico:



Sabendo que os potenciais em **A** e **B** valem, respectivamente, 25 V e 5 V, calcule a intensidade de corrente nesse elemento, especificando seu sentido.

Resolução:

Como a ddp entre **A** e **B** é maior que 12 V, concluímos que o elemento é um receptor:

$U = \varepsilon' + r'\, i$

$20 = 12 + 4\, i \Rightarrow i = 2$ A, de **A** para **B**

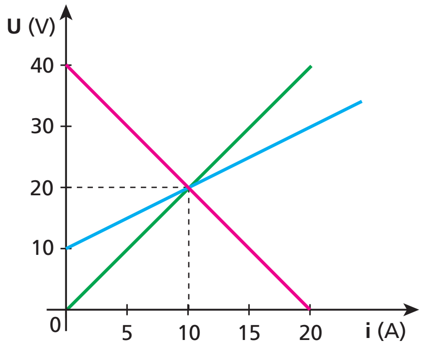
Resposta: 2 A, de **A** para **B**

62 A figura a seguir representa as curvas características de um gerador, um receptor e um resistor.

Determine:

a) as resistências elétricas do resistor (R_1), do gerador (R_2) e do receptor (R_3);

b) os rendimentos elétricos do gerador e do receptor, quando estiverem operando sob corrente de 5 A.



Resolução:

a) • $R_1 = \frac{U}{i} = \frac{20}{10} \Rightarrow \boxed{R_1 = 2\ \Omega}$

• $i_{cc} = \frac{\varepsilon}{R_2} \Rightarrow 20 = \frac{40}{R_2} \Rightarrow \boxed{R_2 = 2\ \Omega}$

• $\varepsilon' = 10\ V$

$U = \varepsilon' + R_3\, i \Rightarrow 20 = 10 + R_3 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{R_3 = 1\ \Omega}$

b) $\eta_G = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{\varepsilon - R_2\, i}{\varepsilon} = \frac{40 - 2 \cdot 5}{40} \Rightarrow \boxed{\eta_G = 75\%}$

$\eta_R = \frac{\varepsilon'}{U} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon' + R_3\, i} = \frac{10}{10 + 1 \cdot 5} \Rightarrow \boxed{\eta_R = 67\%}$

Respostas: a) R_1 = 2 Ω; R_2 = 2 Ω; R_3 = 1 Ω; b) 75% e 67%, respectivamente

63 (Ufla-MG) Um motor elétrico (receptor), de resistência interna de 10 Ω, está ligado a uma tomada de 200 V, recebendo uma potência de 1 600 W. Calcule:

a) a potência elétrica dissipada internamente;

b) a força contraeletromotriz do motor;

c) o rendimento do motor.

Resolução:

a) • $Pot_t = U\, i \Rightarrow 1\,600 = 200\, i \Rightarrow i = 8\ A$

• $Pot_d = r'\, i^2 = 10 \cdot 8^2 \Rightarrow \boxed{Pot_d = 640\ W}$

b) $U = \varepsilon' + r'\, i \Rightarrow 200 = \varepsilon' + 10 \cdot 8 \Rightarrow \boxed{\varepsilon' = 120\ V}$

c) $\eta = \frac{\varepsilon'}{U} = \frac{120}{200} \Rightarrow \boxed{\eta = 60\%}$

Respostas: a) 640 W; b) 120 V; c) 60%

64 (ITA-SP) A diferença de potencial entre os terminais de uma bateria é de 8,5 V, quando há uma corrente que a percorre internamente do terminal negativo para o positivo, de 3 A. Por outro lado, quando a corrente que a percorre internamente é de 2 A, indo do terminal positivo para o negativo, a diferença de potencial entre seus terminais é de 11 V. Determine a resistência interna (**r**) e a força eletromotriz (**ε**) da bateria.

Resolução:

- Bateria operando como gerador:
  $U = \varepsilon - r\,i \Rightarrow 8{,}5 = \varepsilon - r \cdot 3$ (I)
- Bateria operando como receptor:
  $U = \varepsilon' + r'\,i \Rightarrow 11 = \varepsilon + r \cdot 2$ (II)
- De (I) e (II), vem:

$\boxed{r = 0{,}5\ \Omega}$ e $\boxed{\varepsilon = 10\ \text{V}}$

Respostas: 0,5 Ω; 10 V

65 (UFSE) Um motor, ligado a uma bateria de força eletromotriz 9,0 V e resistência interna desprezível, está erguendo verticalmente um peso de 3,0 N com velocidade constante de 2,0 m/s. A potência dissipada por efeito Joule no motor é de 1,2 W. A corrente que passa pelo motor é, em ampères:

a) 0,80 b) 0,60 c) 0,40 d) 0,20 e) 0,10

Resolução:

$Pot_u = F\,v = 3{,}0 \cdot 2{,}0 \Rightarrow Pot_u = 6{,}0\ \text{W}$

$Pot_t = Pot_u + Pot_d = 6{,}0 \cdot 1{,}2 \Rightarrow Pot_t = 7{,}2\ \text{W}$

$Pot_t = U\,i \Rightarrow 7{,}2 = 9{,}0 \cdot i \Rightarrow i = 0{,}80\ \text{A}$

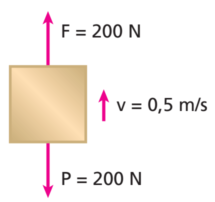
Resposta: a

66 Um motor de corrente contínua funciona sob tensão de 25 V, elevando um bloco de 20 kg de massa com velocidade constante de 0,5 m/s. Sendo de 80% o rendimento elétrico do motor e desprezando outras perdas, determine:

a) a potência que o motor fornece ao bloco, considerando $g = 10\ \text{m/s}^2$;
b) a potência que o motor recebe da fonte de tensão;
c) a intensidade de corrente no motor.

Resolução:

a)



$Pot_u = F\,v = 200 \cdot 0{,}5 \Rightarrow \boxed{Pot_u = 100\ \text{W}}$

b) $\eta = \dfrac{Pot_u}{Pot_t} \Rightarrow 0{,}8 = \dfrac{100}{Pot_t} \Rightarrow \boxed{Pot_t = 125\ \text{W}}$

c) $Pot_t = U\,i \Rightarrow 125 = 25 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 5\ \text{A}}$

Respostas: a) 100 W; b) 125 W; c) 5 A

67 (FEI-SP) Um gerador de rendimento igual a 90% recebe de uma turbina hidráulica uma potência P = 20 kW. Esse gerador alimenta um motor elétrico de rendimento igual a 80%. Qual a potência P' disponível no eixo desse motor?

Resolução:

No gerador:

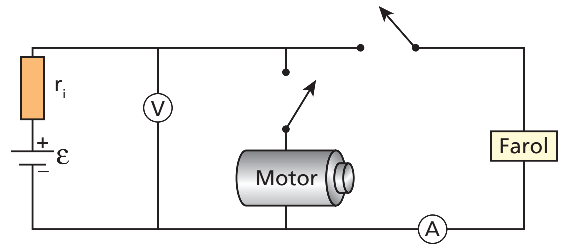
$\eta = \dfrac{Pot_u}{Pot_t} \Rightarrow 0{,}90 = \dfrac{Pot_u}{20} \Rightarrow Pot_u = 18\ \text{kW}$

No motor:

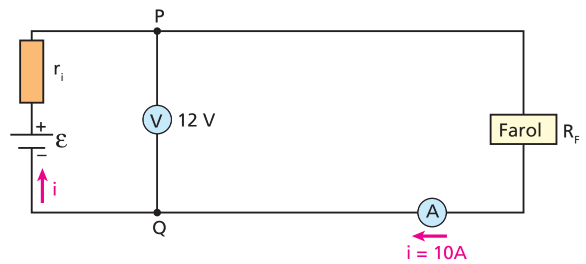
$\eta = \dfrac{Pot_u}{Pot_t} \Rightarrow 0{,}80 = \dfrac{Pot_u}{18} \Rightarrow \boxed{Pot_u = 14{,}4\ \text{kW}}$

Resposta: 14,4 kW

68 (ITA-SP) Quando se acendem os faróis de um carro cuja bateria possui resistência interna $r_i = 0{,}050\ \Omega$, um amperímetro indica uma corrente de 10 A e um voltímetro, uma voltagem de 12 V. Considere desprezível a resistência interna do amperímetro. Ao ligar o motor de arranque, observa-se que a leitura do amperímetro é de 8,0 A e que as luzes diminuem um pouco de intensidade. Calcular a corrente que passa pelo motor de arranque quando os faróis estão acesos.

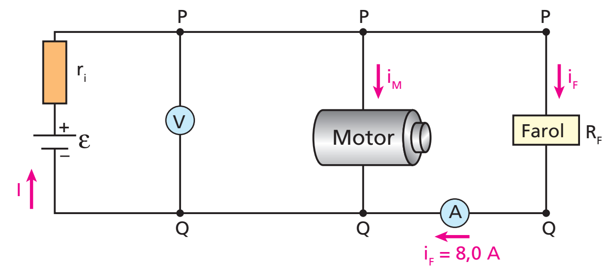


Resolução:



Supondo o voltímetro ideal, temos:

- $U_{PQ} = R_F\,i \Rightarrow 12 = R_F \cdot 10 \Rightarrow R_F = 1{,}2\ \Omega$
- $U_{PQ} = \varepsilon - r_i\,i \Rightarrow 12 = \varepsilon - 0{,}050 \cdot 10 \Rightarrow \varepsilon = 12{,}5\ \text{V}$



- $U_{PQ} = R_F\,i_F = 1{,}2 \cdot 8{,}0 \Rightarrow U_{PQ} = 9{,}6\ \text{V}$
- $U_{PQ} = \varepsilon - r_i\,I \Rightarrow 9{,}6 = 12{,}5 - 0{,}050\,I \Rightarrow I = 58\ \text{A}$
- $I = i_M + i_F \Rightarrow 58 = i_M + 8{,}0 \Rightarrow \boxed{i_M = 50\ \text{A}}$

Resposta: 50 A

69 E.R. As baterias chumbo-ácido dos automóveis são constituídas de seis células geradoras, cada uma com cerca de 2,0 V de força eletromotriz e cerca de 0,005 Ω de resistência interna, associadas em série.

a) Determine a força eletromotriz e a resistência interna de uma dessas baterias.
b) Quando se dá a partida, a corrente na bateria é muito elevada, podendo atingir cerca de 200 A de intensidade. Para uma corrente com esse valor, calcule a ddp entre os seus terminais.

Resolução:

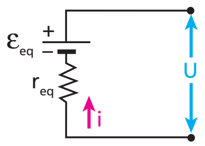
a) Como $\varepsilon_{eq} = n\,\varepsilon$, em que n = 6 e ε = 2,0 V, temos:

$$\varepsilon_{eq} = 6 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{\varepsilon_{eq} = 12\text{ V}}$$

Como r = 0,005 Ω e $r_{eq} = n\,r$, vem:

$$r_{eq} = 6 \cdot 0{,}005 \Rightarrow \boxed{r_{eq} = 0{,}03\ \Omega}$$

b)



$$U = \varepsilon_{eq} - r_{eq}\, i$$

Como i = 200 A:

$$U = 12 - 0{,}03 \cdot 200$$

$$\boxed{U = 6\text{ V}}$$

Esse resultado explica por que o brilho de lâmpadas eventualmente acesas diminui quando se dá a partida.

70 Considere três pilhas iguais, cada uma com força eletromotriz de 1,5 V e resistência interna de 0,3 Ω. Determine a força eletromotriz e a resistência elétrica resultantes, quando essas pilhas são associadas:

a) em série; b) em paralelo.

Resolução:

a) $\varepsilon_{eq} = n\,\varepsilon = 3 \cdot 1{,}5 \Rightarrow \boxed{\varepsilon_{eq} = 4{,}5\text{ V}}$

$r_{eq} = n\,r = 3 \cdot 0{,}3 \Rightarrow \boxed{r_{eq} = 0{,}9\ \Omega}$

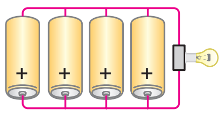
b) $\varepsilon_{eq} = \varepsilon \Rightarrow \boxed{\varepsilon_{eq} = 1{,}5\text{ V}}$

$r_{eq} = \dfrac{r}{n} = \dfrac{0{,}3}{3} \Rightarrow \boxed{r_{eq} = 0{,}1\ \Omega}$

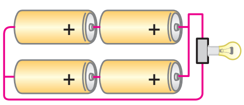
Respostas: a) 4,5 V e 0,9 Ω; b) 1,5 V e 0,1 Ω

71 Uma lâmpada é ligada a uma associação de quatro pilhas de 1,5 V, supostas ideais, de quatro maneiras, representadas nas figuras seguintes:

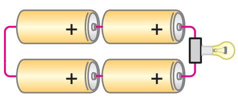
a)



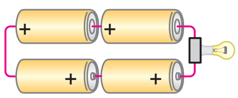
c)



b)



d)

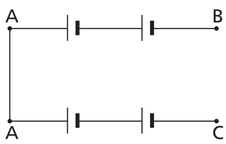


Qual é a ddp **U** entre os terminais da lâmpada em cada ligação?

Resolução:

a) Todas as pilhas em paralelo $\Rightarrow \boxed{U = 1{,}5\text{ V}}$

b)



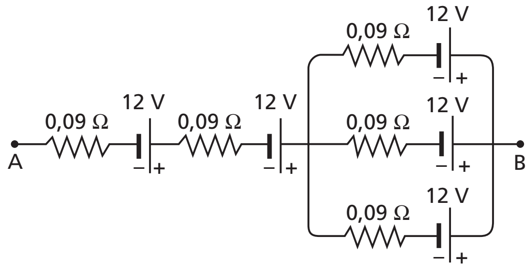
$$\left.\begin{matrix} V_B - V_A = 3\text{ V} \\ V_C - V_A = 3\text{ V} \end{matrix}\right. \Rightarrow V_B = V_C \Rightarrow \boxed{U = 0}$$

c) Duas pilhas em série (3 V) associadas em paralelo a outras duas em série (3 V) $\Rightarrow \boxed{U = 3\text{ V}}$

d) Todas as pilhas em série $\Rightarrow \boxed{U = 6\text{ V}}$

Respostas: a) 1,5 V; b) zero; c) 3 V; d) 6 V

72 Calcule a força eletromotriz e a resistência elétrica equivalente à seguinte associação de geradores, em que **A** e **B** são os terminais.



Resolução:

• Para os três geradores em paralelo, temos:

$$\varepsilon_{eq} = \varepsilon = 12\text{ V} \quad \text{e} \quad r_{eq} = \frac{r}{n} = \frac{0{,}09\ \Omega}{3} = 0{,}03\ \Omega$$

• Entre **A** e **B**, passamos a ter três geradores em série:

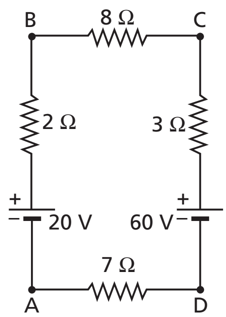
$$\varepsilon_{AB} = 3 \cdot 12 \Rightarrow \boxed{\varepsilon_{AB} = 36\text{ V}}$$

$$r_{AB} = 2 \cdot 0{,}09 + 0{,}03 \Rightarrow \boxed{r_{AB} = 0{,}21\ \Omega\text{ V}}$$

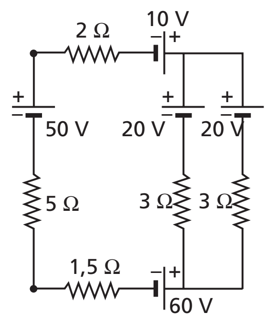
Respostas: 36 V e 0,21 Ω

73 E.R. Determine a intensidade da corrente elétrica total nos circuitos a seguir:

a)



b)



Resolução:

a) No circuito fornecido, notamos dois possíveis geradores. Entretanto, da forma como estão ligados, apenas um deles funcionará como gerador, ficando o outro como receptor. O gerador será aquele que apresentar maior tensão como força eletromotriz (fem). Então, a corrente elétrica circula no sentido anti-horário, pois 60 V é maior que 20 V. Tratando-se de um circuito de "caminho" único, sabemos que vale:

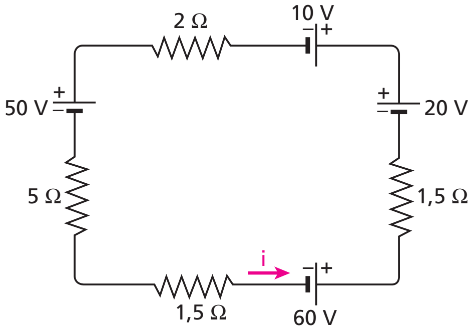
$$\Sigma\text{ fem} = \Sigma\text{ fcem} + R_{eq}\, i \quad \text{(I)}$$

Como Σ fem = 60 V, Σ fcem = 20 V e R_{eq} = 2 Ω + 8 Ω + 3 Ω + 7 Ω = = 20 Ω, temos, de (I):

$$60 = 20 + 20\,i \Rightarrow \boxed{i = 2\text{ A}}$$

b) Se substituirmos os dois geradores associados em paralelo por um gerador equivalente, o circuito dado ficará reduzido a um circuito de "caminho" único.

Então, teremos:



O sentido da corrente elétrica é realmente o indicado, pois a Σ fem (60 V + 20 V = 80 V) supera a Σ fcem (10 V + 50 V = 60 V).

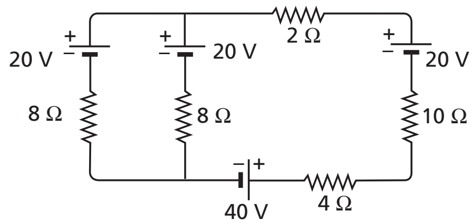
Temos que Σ fem = Σ fcem + R_{eq} i (I)

Como Σ fem = 80 V, Σ fcem = 60 V e R_{eq} = 5 Ω + 2 Ω + 1,5 Ω + + 1,5 Ω = 10 Ω, temos, de (I):

$$80 = 60 + 10\,i$$

$$\boxed{i = 2\text{ A}}$$

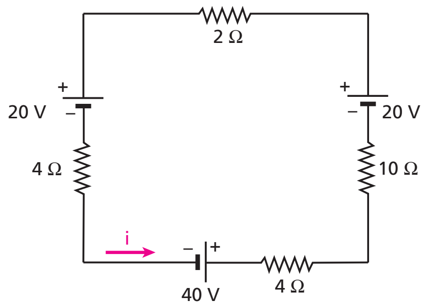
74 Calcule a maior intensidade de corrente elétrica no circuito a seguir, em que estão presentes quatro baterias.



Resolução:

• Duas baterias iguais em paralelo ⇒ ε_{eq} = 20 V e r_{eq} = 4 Ω

•



Σ fem = 40 V + 20 V = 60 V

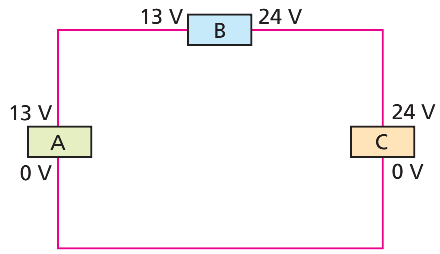
Σ fcem = 20 V

Σ fem = Σ fcem + R_{eq} i

60 = 20 + 20 i ⇒ $\boxed{i = 2\text{ A}}$

Resposta: 2 A

75 Observe os elementos **A**, **B** e **C** do circuito representado a seguir. Um deles é gerador, outro é receptor e um terceiro, resistor. Os números que você vê são os potenciais elétricos nos terminais desses elementos. Sabendo que a força contraeletromotriz do receptor é igual a 12 V, identifique cada elemento.

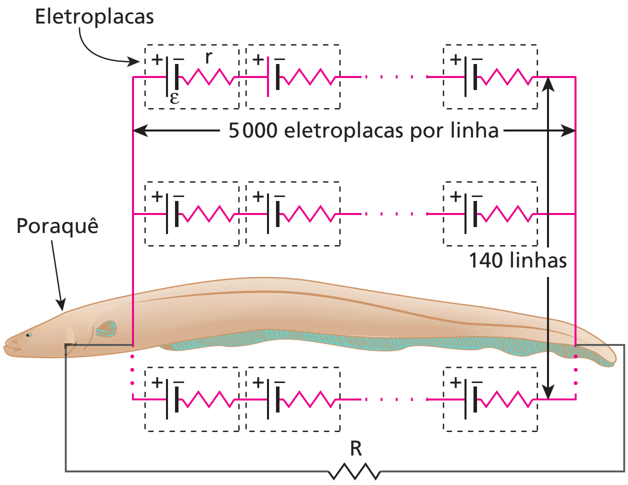


Resolução:

O gerador é o elemento que apresenta a **maior** diferença de potencial entre os terminais. Portanto, o gerador é o elemento **C**. O receptor tem ε' = 12 V e como U = ε' + r' i, **U** tem de ser **maior** que 12 V entre os terminais desse elemento. Então, **A** é o receptor e **B** é o resistor.

Respostas: A: receptor; **B:** resistor; **C:** gerador

76 (UFRN) O poraquê (*Electrophorus electricus*), peixe muito comum nos rios da Amazônia, é capaz de produzir corrente elétrica por possuir células especiais chamadas eletroplacas. Essas células, que atuam como baterias fisiológicas, estão dispostas em 140 linhas ao longo do corpo do peixe, tendo 5 000 eletroplacas por linha. Essas linhas se arranjam da forma esquemática mostrada na figura abaixo. Cada eletroplaca produz uma força eletromotriz ε = 0,15 V e tem resistência interna r = 0,25 Ω. A água em torno do peixe fecha o circuito.



Representação esquemática do circuito elétrico que permite ao poraquê produzir corrente elétrica.

Se a resistência da água for R = 800 Ω, o poraquê produzirá uma corrente elétrica de intensidade igual a:

a) 8,9 A
b) 6,6 mA
c) 0,93 A
d) 7,5 mA

Resolução:

• Em cada linha:

$\varepsilon_{eq} = 5\,000 \cdot 0{,}15\text{ V} = 750\text{ V}$

$r_{eq} = 5\,000 \cdot 0{,}25\ \Omega = 1\,250\ \Omega$

• Nas 140 linhas em paralelo:

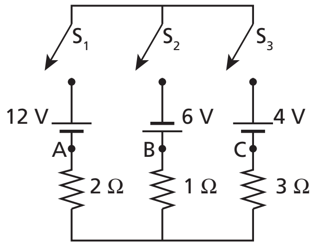
$\varepsilon_{EQ} = \varepsilon_{eq} = 750\text{ V}$

$$r_{EQ} = \frac{r_{eq}}{n} = \frac{1\,250\ \Omega}{140} = 8{,}9\ \Omega$$

$$\bullet\ i = \frac{\varepsilon_{EQ}}{r_{EQ} + R} = \frac{750}{8{,}9 + 800} \Rightarrow \boxed{i = 0{,}93\text{ A}}$$

Resposta: c

77 (UFC-CE) Determine os módulos das correntes elétricas nos pontos **A**, **B** e **C** do circuito, mostrado na figura abaixo, em todas as situações em que apenas duas das chaves S_1, S_2 e S_3 estejam fechadas.



Resolução:

S_1 e S_2: $i = \dfrac{\varepsilon_{eq}}{R_{eq}} = \dfrac{18}{3} \Rightarrow \boxed{i_A = i_B = 6\text{ A}}$ e $\boxed{i_C = 0}$

S_1 e S_3: $\varepsilon = \varepsilon' + R_{eq}\, i \Rightarrow 12 = 4 + 5\,i \Rightarrow \boxed{i_A = i_C = 1{,}6\text{ A}}$ e $\boxed{i_B = 0}$

S_2 e S_3: $i = \dfrac{\varepsilon_{eq}}{R_{eq}} = \dfrac{10}{4} \Rightarrow \boxed{i_B = i_C = 2{,}5\text{ A}}$ e $\boxed{i_A = 0}$

Resposta: S_1 **e** S_2: $i_A = i_B = 6$ A; $i_C = 0$; S_1 **e** S_3: $i_A = i_C = 1{,}6$ A; $i_B = 0$; S_2 **e** S_3: $i_B = i_C = 2{,}5$ A; $i_A = 0$

78 Quatro geradores, cada um com fem igual a 6 V e corrente de curto-circuito igual a 30 A, são associados em paralelo. Determine a fem e a resistência interna equivalentes a essa associação.

Resolução:

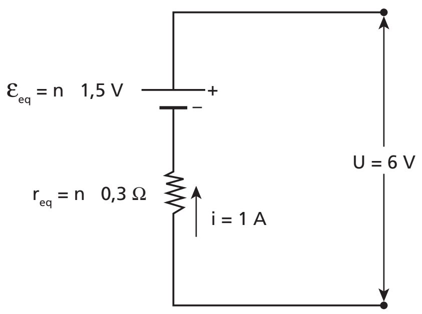
- $i_{cc} = \dfrac{\varepsilon}{r} \Rightarrow 30 = \dfrac{6}{r} \Rightarrow r = 0{,}2\ \Omega$
- $\boxed{\varepsilon_{eq} = \varepsilon = 6\text{ V}}$ e $r_{eq} = \dfrac{r}{n} = \dfrac{0{,}2}{4} \Rightarrow \boxed{r_{eq} = 0{,}05\ \Omega}$

Respostas: 6 V e 0,05 Ω

79 Quantas pilhas de 1,5 V de força eletromotriz e 0,3 Ω de resistência interna devem ser associadas em série para que um pequeno motor de corrente contínua, ligado aos terminais da associação, se submeta a uma ddp de 6 V? Sabe-se que esse motor, quando recebe 6 V, é percorrido por uma corrente de intensidade igual a 1 A.

Resolução:

Seja **n** o número de pilhas em série:



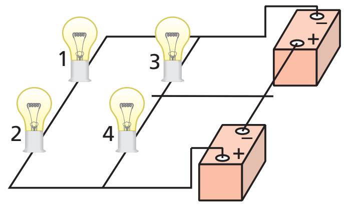
$U = \varepsilon_{eq} - r_{eq}\, i$

$6 = n \cdot 1{,}5 - n\ \ 0{,}3 \cdot 1$

$n = 5$

Resposta: 5

80 (Unifesp-SP) Um rapaz montou um pequeno circuito utilizando quatro lâmpadas idênticas, de dados nominais 5 W–12 V, duas baterias de 12 V e pedaços de fios sem capa ou verniz. As resistências internas das baterias e dos fios de ligação são desprezíveis. Num descuido, com o circuito ligado e as quatro lâmpadas acesas, o rapaz derrubou um pedaço de fio condutor sobre o circuito entre as lâmpadas indicadas com os números 3 e 4 e o fio de ligação das baterias, conforme mostra a figura.



O que o rapaz observou a partir desse momento foi:

a) as quatro lâmpadas se apagarem devido ao curto-circuito provocado pelo fio.
b) as lâmpadas 3 e 4 se apagarem, sem qualquer alteração no brilho das lâmpadas 1 e 2.
c) as lâmpadas 3 e 4 se apagarem, e as lâmpadas 1 e 2 brilharem mais intensamente.
d) as quatro lâmpadas permanecerem acesas e as lâmpadas 3 e 4 brilharem mais intensamente.
e) as quatro lâmpadas permanecerem acesas, sem qualquer alteração em seus brilhos.

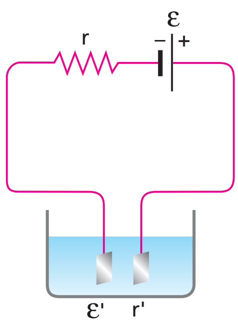
Resolução:

Como as lâmpadas são idênticas, a ddp em cada uma delas, antes do acidente, era igual a 12 V.

Com o acidente, essa **ddp** continua igual a 12 V.

Resposta: e

81 A figura a seguir representa uma bateria de força eletromotriz **ε** igual a 12 V e resistência interna **r** igual a 0,1 Ω alimentando uma cuba eletrolítica de força contraeletromotriz ε' igual a 4 V e resistência interna r' igual a 3,9 Ω. Calcule a intensidade da corrente no circuito.



Resolução:

$\varepsilon = \varepsilon' + R_{eq}\, i$

$12 = 4 + (0{,}1 + 3{,}9)\, i \Rightarrow \boxed{i = 2\text{ A}}$

Resposta: 2 A

82 E.R. A partida de um automóvel é acionada durante 5 s e, nesse intervalo de tempo, a corrente elétrica que circula pela bateria tem intensidade 200 A. Quanto tempo a bateria leva para se recuperar da descarga, se nesse processo a corrente elétrica tem intensidade 20 A?

Resolução:

Quando a bateria é acionada na partida do automóvel, dizemos que ela se descarrega um pouco. Isso significa que uma parte de sua energia química se transforma em energia elétrica. Nesse processo de descarga, reações químicas acontecem em seus eletrodos, enquanto uma certa quantidade de carga **Q** passa por ela em um determinado sentido (a bateria está operando como um gerador). Recuperar a bateria dessa descarga não significa acumular cargas dentro dela, mas sim inverter as reações químicas que ocorreram – essas reações são reversíveis –, de modo que haja a reposição da energia química que havia perdido. E, para isso acontecer, é preciso que passe pela bateria, em sentido oposto ao anterior (agora ela está operando como receptor), a mesma quantidade de carga **Q**. É isso que significa recarregar a bateria. Vamos, agora, aos cálculos:

Na partida:

Como i = 200 A e Δt = 5 s, temos:

$$i = \frac{|Q|}{\Delta t} \Rightarrow 200 = \frac{|Q|}{5} \Rightarrow |Q| = 1\,000\text{ C}$$

Na recuperação:

Como i' = 20 A e |Q| = 1 000 C, calculamos o novo Δt:

$$i' = \frac{|Q|}{\Delta t} \Rightarrow 20 = \frac{1\,000}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 50\text{ s}}$$

83 Um gerador de 48 V e resistência interna igual a 0,7 Ω está carregando uma bateria de 12 V e 0,3 Ω de resistência interna. Em série com eles foi colocado um resistor de 5 Ω. Calcule a intensidade da corrente elétrica no circuito.

Resolução:

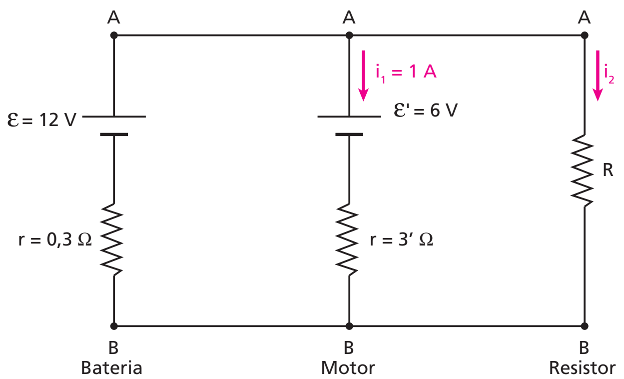
$\varepsilon = \varepsilon' + R_{eq}\, i$

$48 = 12 + (0{,}7 + 0{,}3 + 5)\, i \Rightarrow \boxed{i = 6\text{ A}}$

Resposta: 6 A

84 Uma bateria de 12 V de força eletromotriz e 0,3 Ω de resistência interna foi ligada a um motor de resistência interna igual a 3 Ω. Em paralelo com o motor foi instalado um resistor de resistência **R**. Sabendo que a intensidade de corrente no motor é igual a 1 A e que ele opera com força contraeletromotriz igual a 6 V, calcule **R**.

Resolução:



No motor: $U_{AB} = \varepsilon' + r' i_1 = 6 + 3 \cdot 1$

$U_{AB} = 9\text{ V}$

Na bateria: $U_{AB} = \varepsilon - r\, I \Rightarrow 9 = 12 - 0{,}3\, I$

$I = 10\text{ A}$

No resistor: $i_2 = 9\text{ A}$

$U_{AB} = R\, i_2 \Rightarrow 9 = R \cdot 9$

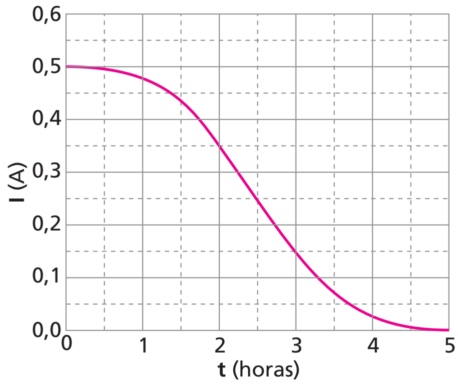
$\boxed{R = 1\ \Omega}$

Resposta: 1 Ω

85 (Unicamp-SP) Um satélite de telecomunicações em órbita em torno da Terra utiliza o Sol como fonte de energia elétrica. A luz solar incide sobre seus 10 m² de painéis fotovoltaicos com uma intensidade de 1 300 W/m² e é transformada em energia elétrica com eficiência de 12%.

a) Qual é a energia (em kWh) gerada em 5 horas de exposição ao Sol?

b) O gráfico abaixo representa a corrente utilizada para carregar as baterias do satélite em função do tempo de exposição dos módulos fotovoltaicos ao Sol. Qual é a carga das baterias em Ah (1 Ah = 3600 C) após 5 horas de exposição dos módulos ao Sol?



Resolução:

a) A potência total recebida nos 10 m² é igual a 13 000 W. Só 12% desse total é aproveitado para gerar energia elétrica.

Então:

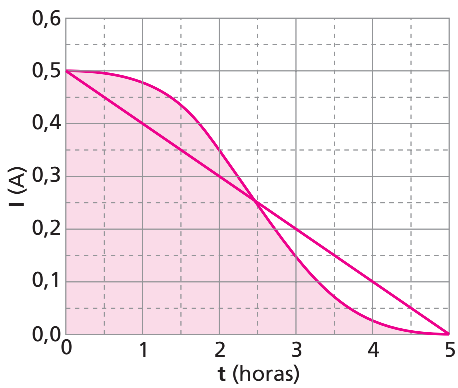
$Pot_{útil} = 0{,}12 \cdot 13\,000\text{ W} = 1\,560\text{ W} = 1{,}56\text{ kW}$

$\Delta t = 5\text{ h}$

Energia gerada = $Pot_{útil}\, \Delta t = 1{,}56\text{ kW} \cdot 5\text{h}$

Energia gerada = 7,8 kWh

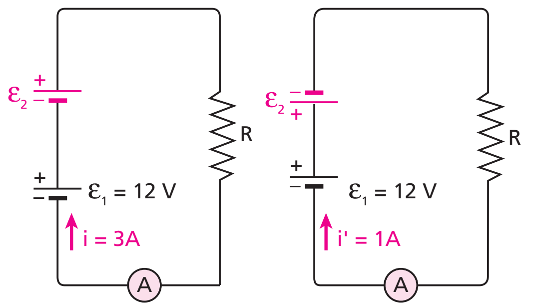
b) A carga é dada pela "área" entre o gráfico e o eixo **t**, que pode ser considerada igual à "área" do triângulo da figura:



$$Q = \frac{5\text{ h} \cdot 0{,}5\text{ A}}{2} \Rightarrow Q = 1{,}25\text{ Ah}$$

Respostas: a) 7,8 kWh; b) 1,25 Ah

86 E.R. Nos circuitos 1 e 2 representados a seguir, o amperímetro **A** e as baterias de forças eletromotrizes ε_1 e ε_2 têm resistências internas desprezíveis. Do circuito 1 para o 2, a única mudança foi a inversão da polaridade da bateria de fem ε_2.
Observe as intensidades e os sentidos das correntes nos dois casos e calcule ε_2.



Circuito 1 Circuito 2

Resolução:
No circuito 1, as baterias são dois geradores em série:

$$\Sigma\,\text{fem} = \Sigma\,\text{fcem} + R_{eq}\,i \Rightarrow 12 + \varepsilon_2 = R \cdot 3 \qquad \text{(I)}$$

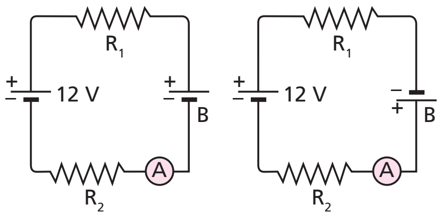
No circuito 2, a bateria de 12 V opera como geradora e a outra, como receptora:

$$\Sigma\,\text{fem} = \Sigma\,\text{fcem} + R_{eq}\,i' \Rightarrow 12 = \varepsilon_2 + R\,i' \Rightarrow 12 - \varepsilon_2 = R \cdot 1 \qquad \text{(II)}$$

Dividindo membro a membro a expressão (I) pela expressão (II), obtemos:

$$\frac{12 + \varepsilon_2}{12 - \varepsilon_2} = 3 \Rightarrow \boxed{\varepsilon_2 = 6\text{ V}}$$

87 (UFC-CE) Os circuitos I e II, da figura abaixo, foram montados para a determinação do valor da força eletromotriz, fem, da bateria **B**. Neles foram utilizados os mesmos componentes elétricos. Na montagem do circuito **I**, o amperímetro, **A**, indicou uma corrente $I_1 = 1$ A e, na montagem do circuito **II**, indicou uma corrente $I_2 = 3$ A. As resistências internas das duas baterias e do amperímetro são de valor desprezível. Determine a fem da bateria **B**.



Circuito I Circuito II

Resolução:
No circuito I:

- Se $\varepsilon_B < 12$ V: $12 = \varepsilon_B + (R_1 + R_2)\,1$ (I)
- Se $\varepsilon_B > 12$ V: $\varepsilon_B = 12 + (R_1 + R_2)\,1$ (I')

No circuito II: $\varepsilon_B + 12 = (R_1 + R_2)\,3$ (II)

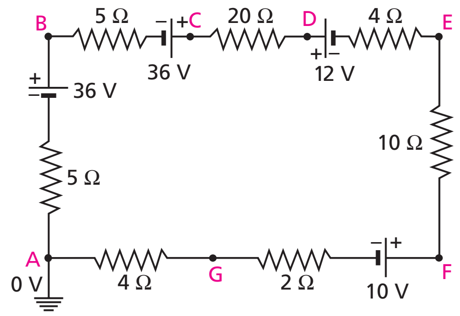
De (I) e (II), obtemos: $\varepsilon_B = 6$ V

De (I') e (II), obtemos: $\varepsilon_B = 24$ V

Respostas: 6 V ou 24 V

88 E.R. Com relação ao circuito dado a seguir, determine:

a) a intensidade e o sentido da corrente elétrica;
b) os potenciais nos pontos **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F** e **G**, supondo nulo o potencial da Terra (potencial de referência);
c) a diferença de potencial entre os pontos **C** e **G** ($U_{CG} = \nu_C - \nu_G$).



Resolução:

a) O sentido da corrente deve ser **horário**, pois só assim a soma das forças eletromotrizes supera a soma das forças contraeletromotrizes (se o sentido da corrente, por acaso, estiver errado, a intensidade da corrente resultará negativa, porém seu módulo será o mesmo).

$$\Sigma\,\text{fem} = \Sigma\,\text{fcem} + R_{eq}\,i$$

$$(36 + 36) = (12 + 10) + 50\,i \Rightarrow \boxed{i = 1\text{ A}}$$

b) O potencial, em **A**, é nulo: $\boxed{\nu_A = 0}$

Partimos, então, de **A**, no sentido da corrente, e chegamos em **B**. Encontramos uma queda de potencial na resistência de 5 Ω, igual a $5\,i = 5 \cdot 1 = 5$ V, e uma elevação de 36 V correspondente à força eletromotriz. Assim, o potencial, em **B**, é:

$$\nu_B = \nu_A \overset{\text{Queda}}{-\,5\text{ V}} \overset{\text{Elevação}}{+\,36\text{ V}} = 0 - 5\text{ V} + 36\text{ V}$$

$$\boxed{\nu_B = 31\text{ V}}$$

Seguindo de **B** até **C** (sempre no sentido da corrente), encontramos uma queda de $5\,i = 5 \cdot 1 = 5$ V e uma elevação de 36 V. Sendo $\nu_B = 31$ V, temos:

$$\nu_C = 31\text{ V} \overset{\text{Queda}}{-\,5\text{ V}} \overset{\text{Elevação}}{+\,36\text{ V}} \Rightarrow \boxed{\nu_C = 62\text{ V}}$$

De **C** a **D**, ocorre uma queda igual a $20\,i = 20$ V na resistência. Então, temos, em **D**:

$$\nu_D = 62 \overset{\text{Queda}}{-\,20}$$

$$\boxed{\nu_D = 42\text{ V}}$$

De **D** a **E**, ocorre uma queda de 12 V na força contraeletromotriz e uma queda de $4\,i = 4 \cdot 1 = 4$ V na resistência. Então:

$$\nu_E = 42 \overset{\text{Queda}}{-\,12} \overset{\text{Queda}}{-\,4} \Rightarrow \boxed{\nu_E = 26\text{ V}}$$

De **E** a **F** há uma queda de $10\,i = 10 \cdot 1 = 10$ V. Assim:

$$\nu_F = 26 \overset{\text{Queda}}{-\,10} \Rightarrow \boxed{\nu_F = 16\text{ V}}$$

De **F** a **G** ocorrem duas quedas: uma de 10 V, na força contraeletromotriz, e outra de $2\,i = 2 \cdot 1 = 2$ V, na resistência. Assim:

$$\nu_G = 16 - \overset{\text{Queda}}{10} - \overset{\text{Queda}}{2} \Rightarrow \boxed{\nu_G = 4\ \text{V}}$$

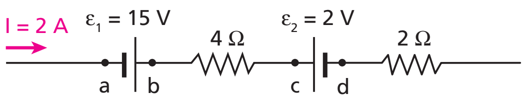
Observemos que de **G** a **A** ocorre mais uma queda, de $4\,i = 4 \cdot 1 = 4$ V, o que nos leva de volta ao potencial zero do qual partimos.

c) $U_{CG} = \nu_C - \nu_G = 62 - 4$

$$\boxed{U_{CG} = 58\ \text{V}}$$

Nota:
- Se aterrássemos outro ponto do circuito, que não o ponto **A**, os potenciais de todos os pontos seriam alterados. As diferenças de potencial, porém, ficariam inalteradas. U_{CG}, por exemplo, continuaria igual a 58 V. Portanto, para calcular **diferenças** de potencial em um circuito, você pode considerar o potencial zero em qualquer um de seus pontos.

89 (UFV-MG) A figura abaixo representa o ramo de um circuito elétrico percorrido por uma corrente **I**. A partir dos dados indicados na figura, calcule:
a) a diferença de potencial entre os pontos **d** e **a**;
b) a potência dissipada no resistor de 4 Ω.



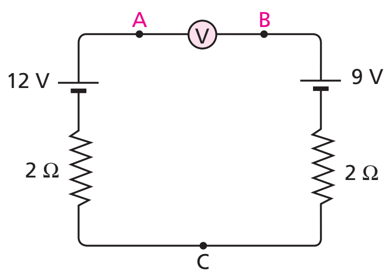
Resolução:
a) $\nu_d = \nu_a + \varepsilon_1 - 4\,I - \varepsilon_2$

$\nu_d = \nu_a + 15 - 4 \cdot 2 - 2 \Rightarrow \boxed{\nu_d - \nu_a = 5\ \text{V}}$

b) $Pot = 4\,I^2 = 4 \cdot 2^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 16\ \text{W}}$

Respostas: a) 5 V; b) 16 W

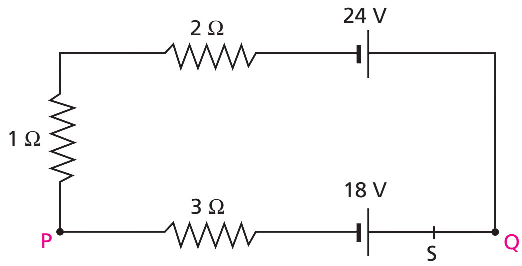
90 No circuito, determine a indicação U_{AB} do voltímetro, suposto ideal.



Resolução:
Lembrando que a intensidade da corrente elétrica é nula e considerando $\nu_C = 0$, temos que $\nu_B = 9$ V e $\nu_A = 12$ V, pois não há ddp nos elementos puramente resistivos ($r\,i = 0$).
Então, $U_{AB} = \nu_A - \nu_B = 3$V.

Resposta: 3 V

91 É dado o circuito a seguir:



Determine:
a) a diferença de potencial entre os pontos **Q** e **P**;
b) a diferença de potencial entre os pontos **Q** e **P**, se o circuito for cortado no ponto **S**.

Resolução:
a) $\Sigma\ \text{fem} = \Sigma\ \text{fcem} + R_{eq}\,i$

$24 = 18 + 6\,i \Rightarrow i = 1$ A

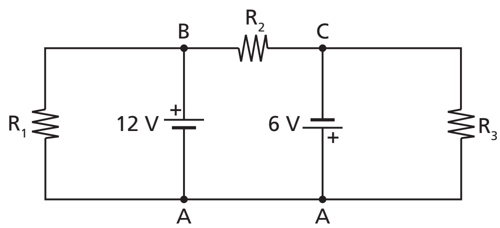
No receptor, temos:

$U_{QP} = \varepsilon' + r'\,i = 18 + 3 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{U_{QP} = 21\ \text{V}}$

b) Quando a corrente é nula, não ocorre queda de potencial nos resistores. Assim, a ddp entre **Q** e **P** passa a ser a fem do gerado, ou seja, 24 V.

Respostas: a) 21 V; b) 24 V

92 O circuito esquematizado a seguir contém duas baterias consideradas ideais e três resistores R_1, R_2 e R_3, de resistências iguais a 6 Ω, 3 Ω e 2 Ω, respectivamente.

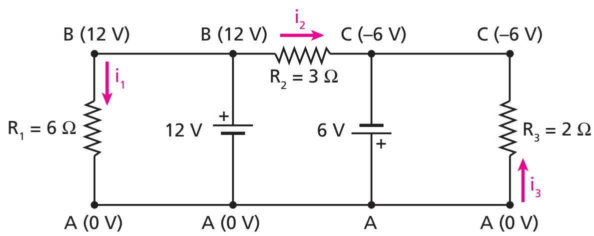


Calcule as intensidades e os sentidos das correntes elétricas em R_1, R_2 e R_3.

Resolução:
Vamos adotar um potencial de referência (0 V) em algum ponto do circuito. Esse ponto pode ser qualquer.
Adotando, por exemplo, $\nu_A = 0$, temos:

$\nu_B = \nu_A + 12\ \text{V} = 12\ \text{V}$ (na bateria de 12 V)

$\nu_C = \nu_A - 6\ \text{V} = -6\ \text{V}$ (na bateria de 6 V)

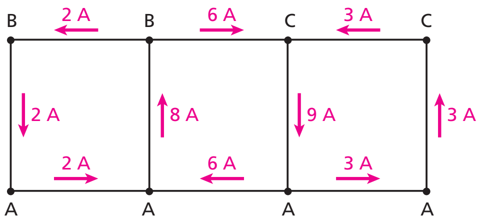


Usando $i = \frac{U}{R}$, calculamos as intensidades das correntes:

• em R_1: $i_1 = \frac{12 - 0}{6}$ ⇒ $\boxed{i_1 = 2\text{ A, de } \mathbf{B} \text{ para } \mathbf{A}}$

• em R_2: $i_2 = \frac{12 - (-6)}{3}$ ⇒ $\boxed{i_2 = 6\text{ A, de } \mathbf{B} \text{ para } \mathbf{C}}$

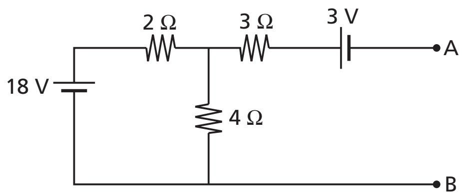
• em R_3: $i_3 = \frac{0 - (-6)}{2}$ ⇒ $\boxed{i_3 = 3\text{ A, de } \mathbf{A} \text{ para } \mathbf{C}}$



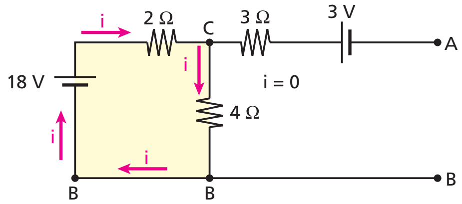
Respostas: Em R_1: 2 A, de **B** para **A**; em R_2: 6 A, de **B** para **C**; em R_3: 3 A, de **A** para **C**

93 (Mack-SP) No trecho de circuito elétrico mostrado abaixo, os geradores de tensão são ideais. A ddp entre os terminais **A** e **B** é:

a) 3 V b) 5 V c) 7 V d) 8 V e) 9 V



Resolução:



• $i = \frac{18}{2 + 4}$ ⇒ $i = 3\text{ A}$

• Percorrendo o circuito de **B** até **A**, passando, por exemplo, pelo gerador de 18 V, temos:

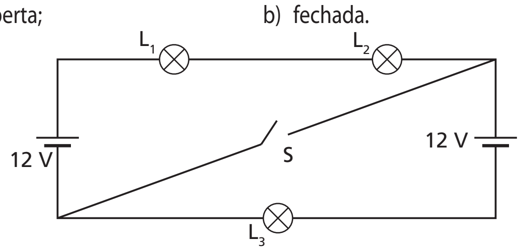
$\nu_B + 18 - 2\,i - 3 = \nu_A$

$\nu_B + 18 - 6 - 3 = \nu_A$ ⇒ $\boxed{\nu_A - \nu_B = 9\text{ V}}$

Resposta: e

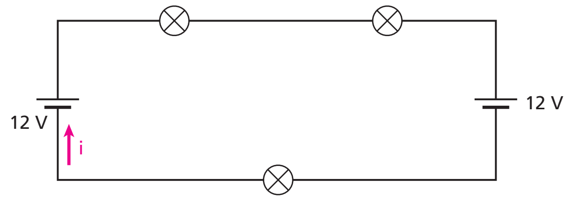
94 (EEM-SP) O circuito da figura tem dois geradores ideais e três lâmpadas incandescentes L_1, L_2 e L_3, de resistências 1,0 Ω, 2,0 Ω e 3,0 Ω, respectivamente. Determine qual lâmpada apresenta maior intensidade luminosa quando a chave **S** estiver:

a) aberta; b) fechada.



Resolução:

a)

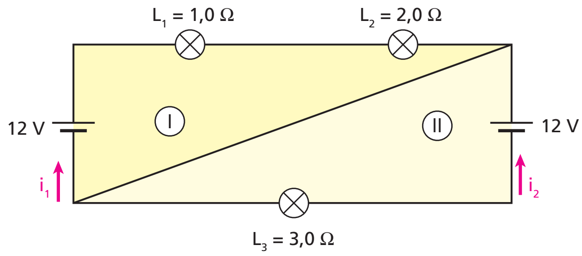


$\varepsilon = \varepsilon' + R_{eq}\,i$

$12 = 12 + R_{eq}\,i \Rightarrow i = 0$

Portanto, as três lâmpadas estão apagadas.

b)



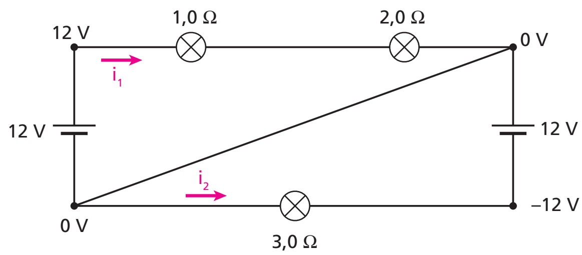
• No circuito **I**: $i_1 = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{12}{1{,}0 + 2{,}0}$ ⇒ $\boxed{i_1 = 4{,}0\text{ A}}$

• No circuito **II**: $i_2 = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{12}{3{,}0}$ ⇒ $\boxed{i_2 = 4{,}0\text{ A}}$

• Como Pot = R i^2 e **i** é igual em todas as lâmpadas:

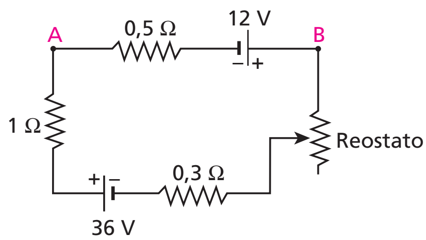
R maior Pot maior ⇒ $\boxed{L_3}$

Nota: Podemos também adotar um "zero volt" em algum ponto.



Respostas: a) As três lâmpadas estão apagadas; b) L_3

95 No circuito representado a seguir, calcule a resistência do reostato para que se anule a diferença de potencial entre os pontos **A** e **B**:



Resolução:

No circuito dado, há dois geradores.

Entre **A** e **B** temos:

$U = 12 - 0{,}5\,i$

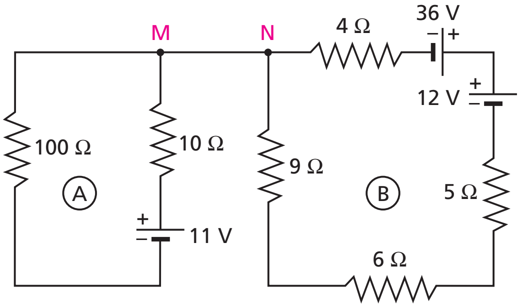
$0 = 12 - 0{,}5\,i$ ⇒ $i = 24\text{ A}$

Sendo **R** a resistência do reostato, temos, no circuito todo:

$36 + 12 = (1{,}8 + R)\,24$ ⇒ $R = 0{,}2\,\Omega$

Resposta: 0,2 Ω

96 O circuito **A** foi ligado ao circuito **B** pelo fio MN:



Determine a intensidade de corrente no circuito **A**, no circuito **B** e no fio MN.

Resolução:

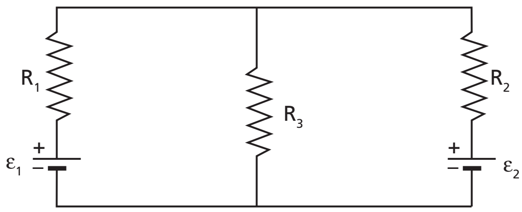
No circuito **A**: $i_A = \dfrac{11}{100 + 10} \Rightarrow i_A = 0{,}1\ \text{A}$

No circuito **B**: $i_B = \dfrac{36 - 12}{9 + 4 + 5 + 6} \Rightarrow i_B = 1\ \text{A}$

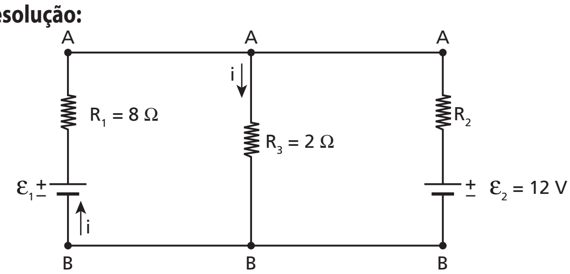
No fio **MN**: $i_{MN} = 0$

Respostas: $i_A = 0{,}1$ A; $i_B = 1$ A; $I_{MN} = 0$

97 (UFPE) No circuito abaixo $\varepsilon_2 = 12$ V, $R_1 = 8\ \Omega$, $R_2 = 4\ \Omega$ e $R_3 = 2\ \Omega$. De quantos volts deve ser a fonte de tensão ε_1, para que a corrente através da fonte de tensão ε_2 seja igual a zero?



Resolução:



Corrente nula na fonte de tensão ε_2:

$U_{AB} = \varepsilon_2 = 12$ V

Em R_3: $U_{AB} = R_3\, i \Rightarrow 12 = 2\, i \Rightarrow i = 6$ A

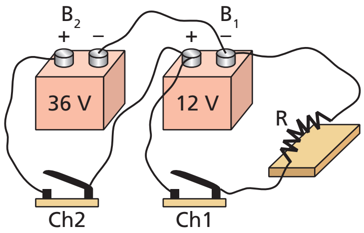
Na fonte de tensão ε_1: $U_{AB} = \varepsilon_1 - R_1\, i$

$12 = \varepsilon_1 - 8 \cdot 6$

$\varepsilon_1 = 60$ V

Resposta: 60 V

98 (Fuvest-SP) Um sistema de alimentação de energia de um resistor $R = 20\ \Omega$ é formado por duas baterias, B_1 e B_2, interligadas através de fios, com as chaves Ch1 e Ch2, como representado na figura. A bateria B_1 fornece energia ao resistor, enquanto a bateria B_2 tem a função de recarregar a bateria B_1. Inicialmente, com a chave Ch1 fechada (e Ch2 aberta), a bateria B_1 fornece corrente ao resistor durante 100 s. Em seguida, para repor toda a energia química que a bateria B_1 perdeu, a chave Ch2 fica fechada (e Ch1 aberta) durante um intervalo de tempo **T**. Com relação a essa operação, determine:



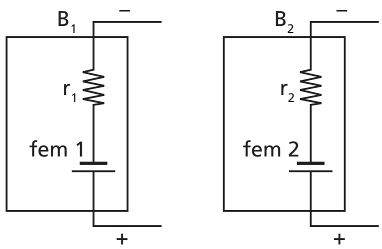
a) O valor da corrente I_1, em ampères, que percorre o resistor **R**, durante o tempo em que a chave Ch1 permanece fechada.

b) A carga **Q**, em **C**, fornecida pela bateria B_1, durante o tempo em que a chave Ch1 permanece fechada.

c) o intervalo de tempo **T**, em **s**, em que a chave Ch2 permanece fechada.

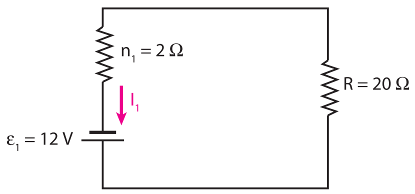
Note e adote:

As baterias podem ser representadas pelos modelos a seguir, com fem 1 = 12 V e $r_1 = 2\ \Omega$ e fem 2 = 36 V e $r_2 = 4\ \Omega$



Resolução:

a)



$\varepsilon_1 = R_{eq}\, I_1$

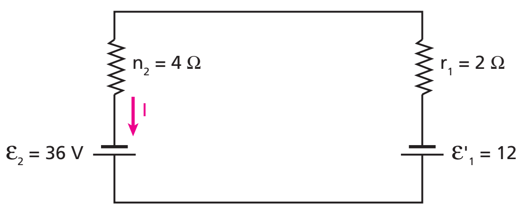
$12 = (2 + 20) \cdot I_1$

$\boxed{I_1 = \dfrac{6}{11}\ \text{A} \simeq 0{,}55\ \text{A}}$

b) $I_1 = \dfrac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \dfrac{6}{11} = \dfrac{Q}{100}$

$\boxed{Q \simeq 55\ \text{C}}$ (carga que passou pela bateria B_1, num determinado sentido)

c)



$\varepsilon_2 = \varepsilon_1' + R_{eq}\, I$

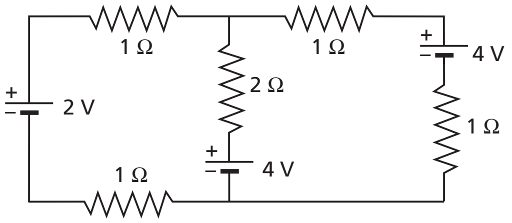
$36 = 12 + (4+2)\, I \Rightarrow I = 4$ A

Deve passar pela bateria B_1, em sentido oposto ao anterior, a mesma quantidade de carga **Q** calculada no item **b**:

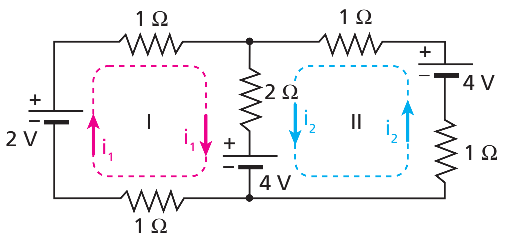
$I = \dfrac{Q}{T} \Rightarrow 4 = \dfrac{55}{T} \Rightarrow \boxed{T \simeq 14\ \text{s}}$

Respostas: a) 0,55 A; b) 55 C; c) 14 s

99 E.R. No circuito dado a seguir, determine as intensidades e os sentidos de todas as correntes elétricas.



Resolução:
Inicialmente, devemos atribuir sentidos arbitrários às correntes nos "caminhos":



Em seguida, para cada "caminho", aplicamos:

$\Sigma\, fem = \Sigma\, fcem + R_{eq}\, i_{do\ “caminho”} \pm R_{do\ trecho\ comum}\, i_{do\ “caminho”\ ao\ lado}$

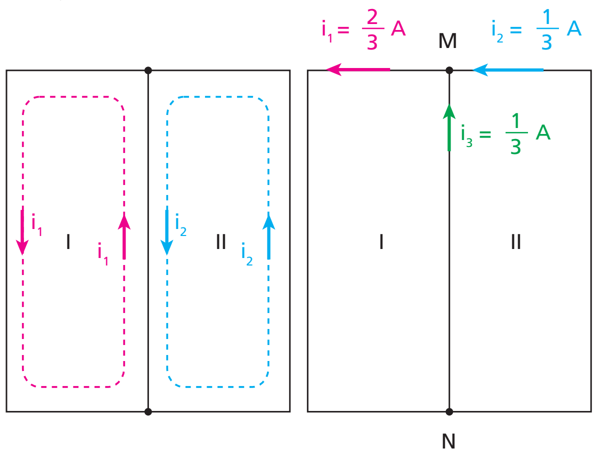
$$\left.\begin{array}{l} \text{I: } 2 = 4 + 4\,i_1 + 2\,i_2 \\ \text{II: } 4 = 4 + 4\,i_2 + 2\,i_1 \end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} 4\,i_1 + 2\,i_2 = -2 \\ 2\,i_1 + 4\,i_2 = 0 \end{array}\right.$$

Resolvendo esse sistema de equações, obtemos:

$$\boxed{i_1 = -\frac{2}{3}\text{A}} \quad \text{e} \quad \boxed{i_2 = \frac{1}{3}\text{A}}$$

Isso significa que a corrente i_1 vale $\frac{2}{3}$A, porém em sentido contrário ao atribuído, enquanto i_2 vale $\frac{1}{3}$A no sentido atribuído.

Temos, então:

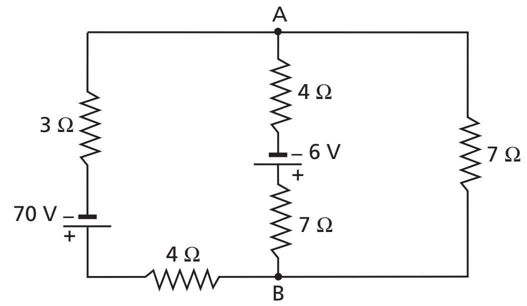


Sentidos corretos.
No trecho comum, a intensidade da corrente é a diferença entre i_1 e i_2.
No trecho comum, temos:

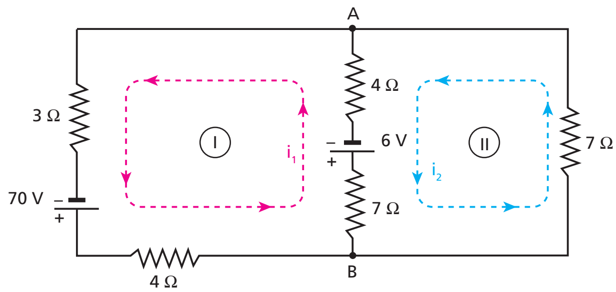
$$i_3 = i_1 - i_2 = \frac{1}{3}\text{A para cima.}$$

Observe que, no nó **M**, a soma das correntes que entram é igual à corrente que sai.

100 Calcule as intensidades das correntes elétricas nos ramos do circuito a seguir:



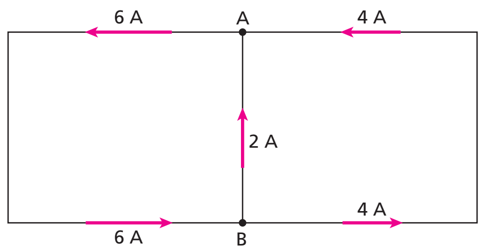
Resolução:



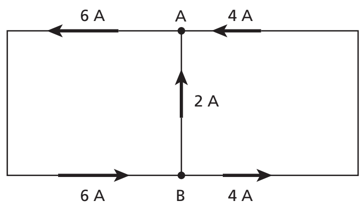
$\Sigma\, fem = \Sigma\, fcem + R_{eq} \cdot i_{do\ “caminho”} \pm R_{do\ trecho\ comum} \cdot i_{do\ “caminho”\ ao\ lado}$

$$\left.\begin{array}{l} \text{I: } 70 = 6 + 18\,i_1 - 11\,i_2 \\ \text{II: } 6 = 0 + 18\,i_2 + 11\,i_1 \end{array}\right\} \Rightarrow i_1 = 6\text{ A e } i_2 = 4\text{ A}$$

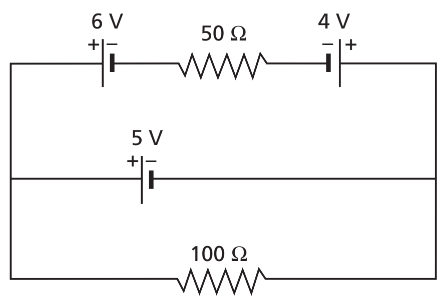
Assim:



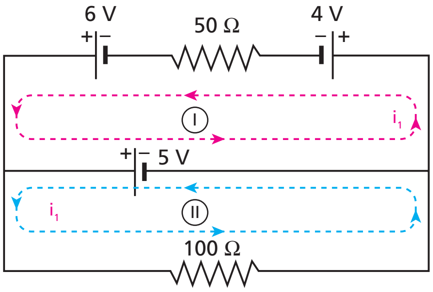
Resposta:



101 Calcule as intensidades das correntes elétricas nos ramos do circuito a seguir:

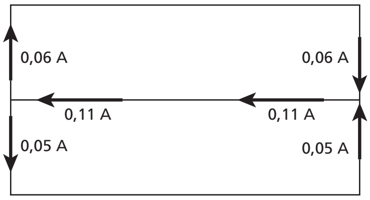


Resolução:

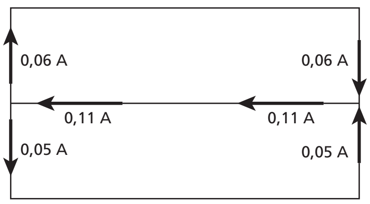


$$\left.\begin{array}{l}\textbf{I: } 6 = 9 + 50\,i_1 \\ \textbf{II: } 0 = 5 + 100\,i_2\end{array}\right\} \Rightarrow i_1 = -0{,}06 \text{ A e } i_2 = -0{,}05 \text{ A}$$

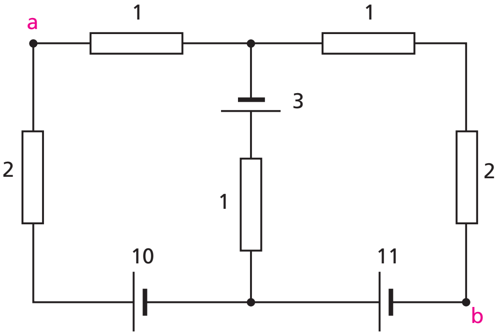
Assim:



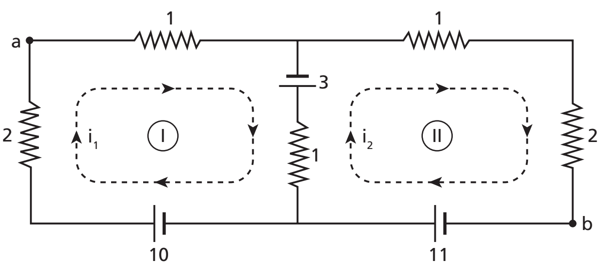
Respostas:



102 (UFC-CE) No circuito visto na figura, as baterias são ideais, suas fem são dadas em volts e as resistências em ohms. Determine, em volts, a diferença de potencial V_{ab}, isto é, $V_a - V_b$.

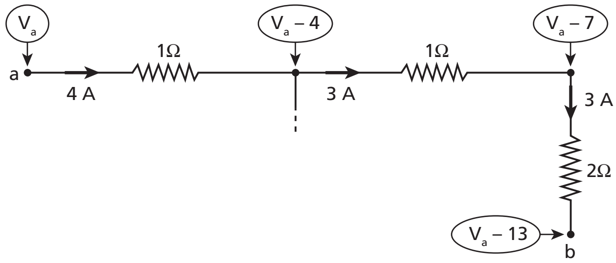


Resolução:



$$\Sigma \text{ fem} = \Sigma \text{ fcem} + R_{eq}\; i_{\text{no caminho}} \pm R_{\text{do trecho comum}}\; i_{\text{no caminho ao lado}}$$

$$\left.\begin{array}{l}\textbf{I: } 13 = 4\,i_1 - 1\,i_2 \\ \textbf{II: } 11 = 3 + 4\,i_2 - 1\,i_1\end{array}\right\} i_1 = 4 \text{ A} \;\text{ e }\; i_2 = 3 \text{ A}$$

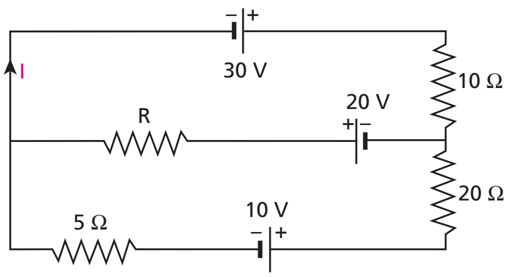


$V_b = V_a - 13 \;\Rightarrow\; V_a - V_b = 13 \text{ V}$

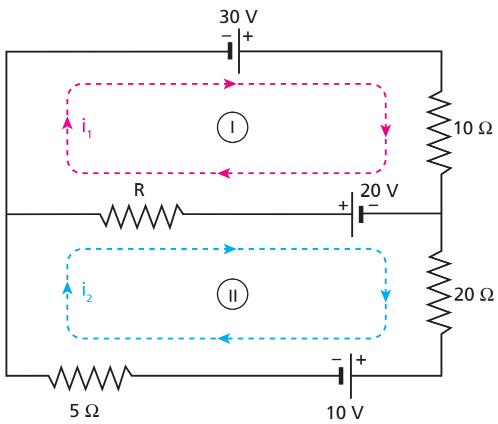
Resposta: 13 V

103 (FEI-SP) No circuito esquematizado na figura, sabemos que I = 2 A. O valor de **R** e a potência dissipada na resistência de 20 Ω valem, respectivamente:

a) 15 Ω e 240 W.
b) 15 Ω e 20 W.
c) 10 Ω e 240 W.
d) 10 Ω e 20 W.
e) 15 Ω e zero.



Resolução:



$\boxed{i_1 = I = 2 \text{ A}}$

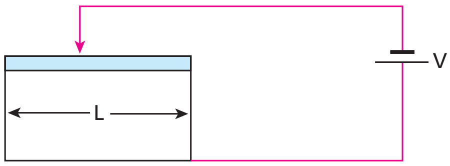
$$\left.\begin{array}{l}\textbf{I: } 30 + 20 = (10 + R)\,i_1 - Ri_2 \Rightarrow 50 = (10 + R)\cdot 2 - Ri_2 \\ \textbf{II: } 0 = 30 + (R + 25)\,i_2 - Ri_1 \Rightarrow 0 = 30 + (R + 25)\,i_2 - 2R\end{array}\right\} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \boxed{R = 15\,\Omega}$ e $\boxed{i_2 = 0}$

$\boxed{Pot_{20} = 0}$

Resposta: e

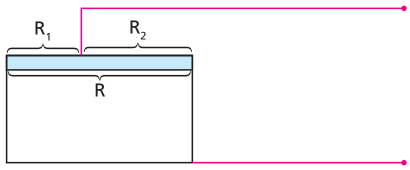
104 (Fuvest-SP) Considere o circuito a seguir, alimentado por uma bateria que fornece tensão **V**. Ele contém um elemento resistivo sob a forma de um fio metálico uniforme de comprimento **L**. O cursor pode variar de posição, deslizando sobre o fio. Determine a posição do cursor, para a qual a potência dissipada seja mínima. Justifique.



Resolução:

$$\text{Pot} = \frac{V^2}{R_{eq}}$$

Então, a potência dissipada será mínima quando R_{eq} for máxima:



Observando que R_1 e R_2 estão em paralelo, temos:

$$R_{eq} = \frac{R_1\, R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1\,(R - R_1)}{R} = \frac{R_1\, R - R_1^2}{R}$$

O valor de R_{eq} será máximo quando a expressão $R_1\, R - R_1^2$ for máxima, o que ocorre para:

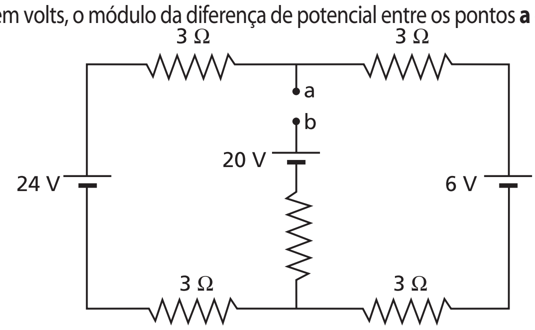
$$R_1 = \frac{-b}{2a} = \frac{-R}{2 \cdot (-1)} = \frac{R}{2} \text{ (abscissa do vértice da parábola)}$$

Conclusão:

O cursor deve posicionar-se no ponto médio do fio.

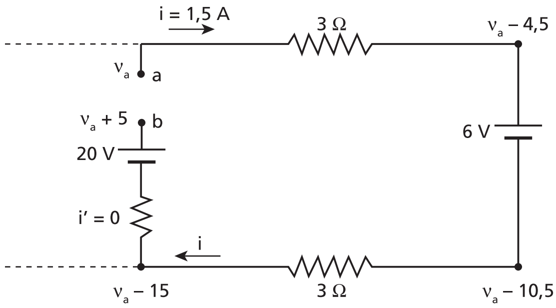
Resposta: Ponto médio do fio de comprimento **L**.

105 (UFC-CE) No circuito visto na figura, as baterias são ideais. Determine, em volts, o módulo da diferença de potencial entre os pontos **a** e **b**.



Resolução:

$$24 = 6 + (3 + 3 + 3 + 3)\, i \;\Rightarrow\; i = 1{,}5 \text{ A}$$



$$\nu_{ab} = \nu_a - \nu_b = \nu_a - (\nu_a + 5) \;\Rightarrow\; \boxed{|\nu_{ab}| = 5 \text{ V}}$$

Resposta: 5 V

106 (Mapofei-SP) A figura 1 representa o circuito equivalente ao dispositivo esquematizado na figura 2, formado por um gerador, dois resistores de 1 MΩ cada e por um invólucro de vidro **V**, onde é feito vácuo e são inseridos o cátodo **C** e o ânodo **A**. O cátodo e o ânodo são placas metálicas paralelas separadas por $3 \cdot 10^{-3}$ m.

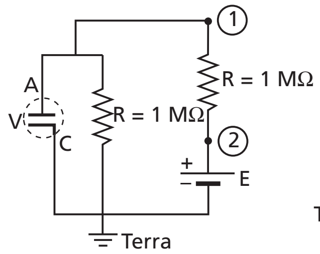


Figura 1

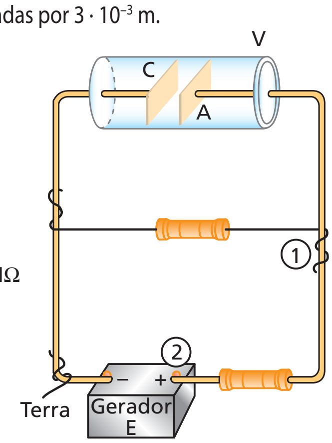


Figura 2

O cátodo **C** emite elétrons, com velocidade inicial desprezível, que são absorvidos no ânodo **A**. O gerador **E** alimenta o sistema e, nos pontos 1 e 2, observam-se, respectivamente, os potenciais $V_1 = 300$ V e $V_2 = 800$ V em relação à Terra. Determine:

a) a intensidade de corrente entre o cátodo **C** e o ânodo **A**;
b) a velocidade com que os elétrons atingem o ânodo **A**;
c) a intensidade da força que atuou em um elétron, na trajetória entre o cátodo e o ânodo, admitindo que na região o campo elétrico seja uniforme.

Adote, nos cálculos: massa do elétron = 10^{-30} kg
e carga do elétron = 10^{-19} C.

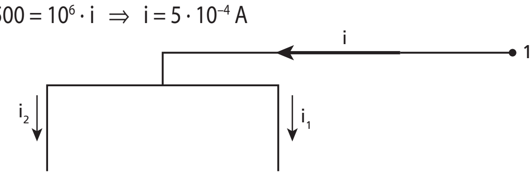
Resolução:

a) A ddp entre os pontos 2 e 1 é **U**, dada por:

$U = V_2 - V_1 = 800 - 300 \;\Rightarrow\; U = 500$ V

Como $U = R\, i$, temos:

$500 = 10^6 \cdot i \;\Rightarrow\; i = 5 \cdot 10^{-4}$ A



No outro resistor de 1 MΩ, temos uma tensão de 300 V e uma corrente de intensidade i_1, dada por:

$U = R\, i_1 \;\Rightarrow\; 300 = 10^6 \cdot i_1 \;\Rightarrow\; i_1 = 3 \cdot 10^{-4}$ A

Como $i = i_1 + i_2$, temos:

$5 \cdot 10^{-4} = 3 \cdot 10^{-4} + i_2 \;\Rightarrow\; \boxed{i_2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ A}}$

b) Pelo Teorema da Energia Cinética, temos:

$$\tau_{F_{el}} = \frac{m\, v^2}{2} - \frac{m\, v_0^2}{2} \;\Rightarrow\; \text{e } U = \frac{m\, v^2}{2}$$

$$10^{-19} \cdot 300 = \frac{10^{-30} \cdot v^2}{2} \;\Rightarrow\; v^2 = 60 \cdot 10^{12}$$

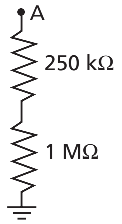
$$\boxed{v = 7{,}8 \cdot 10^6 \text{ m/s}}$$

c) $F = e\,E = e\,\dfrac{U}{d} = 10^{-19} \cdot \dfrac{300}{3 \cdot 10^{-3}}$

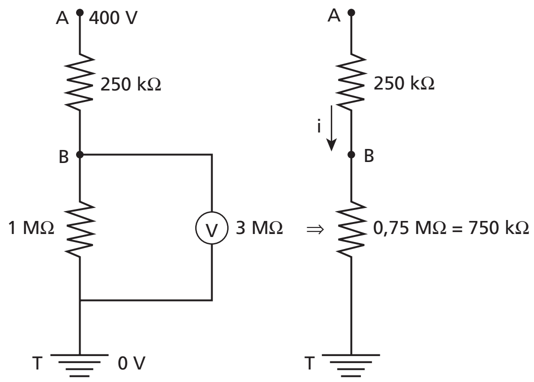
$\boxed{F = 10^{-14}\,N}$

Respostas: a) $2 \cdot 10^{-4}$ A; b) $7{,}8 \cdot 10^{6}$ m/s; c) 10^{-14} N

107 (Mack-SP) Considere a figura. O potencial elétrico do ponto **A** é mantido 400 V acima do potencial elétrico da Terra. Qual a tensão elétrica no resistor de 1 MΩ, medida por um voltímetro de resistência interna de 3 MΩ?



Resolução:



$U_{AT} = R_{AT}\, i \;\Rightarrow\; 400\,V = 1\,000\,k\Omega \;\; i \;\Rightarrow\; i = 0{,}4\,mA$

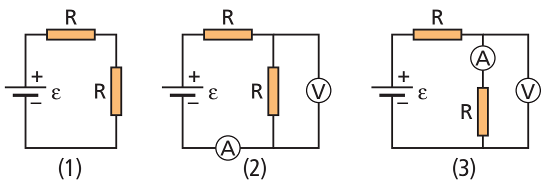
$U_{BT} = R_{BT}\, i \;\Rightarrow U_{BT} = 750\,k\Omega \;\; 0{,}4\,mA$

$U_{BT} = 300\,V$

Resposta: 300 V

108 (ITA-SP) Numa aula de laboratório, o professor enfatiza a necessidade de levar em conta a resistência interna de amperímetros e voltímetros na determinação da resistência **R** de um resistor. A fim de medir a voltagem e a corrente que passa por um dos resistores, são montados os 3 circuitos da figura, utilizando resistores iguais, de mesma resistência **R**. Sabe-se de antemão que a resistência interna do amperímetro é 0,01 R, ao passo que a resistência interna do voltímetro é 100 R. Assinale a comparação correta entre os valores de **R**, R_2 (medida de **R** no circuito 2) e R_3 (medida de **R** no circuito 3).

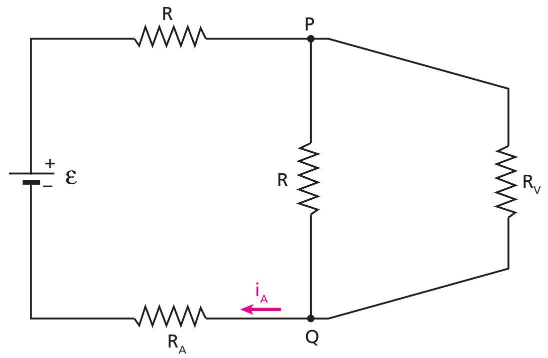
a) $R < R_2 < R_3$
b) $R > R_2 > R_3$
c) $R_2 < R < R_3$
d) $R_2 > R > R_3$
e) $R > R_3 > R_2$



Resolução:

$R_A = 0{,}01\,R \quad$ e $\quad R_V = 100\,R$

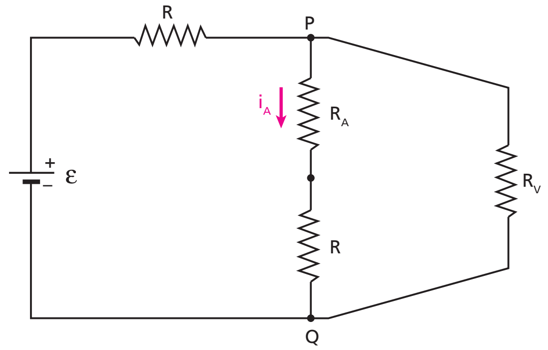
No circuito (2):



$$R_{PQ} = \frac{R\,R_V}{R + R_V} = \frac{R \cdot 100\,R}{101\,R} = 0{,}99\,R$$

$$R_2 = \frac{U_V}{i_A} = \frac{U_{PQ}}{i_A} = \frac{R_{PQ}\, i_A}{i_A} = R_{PQ} \;\Rightarrow\; R_2 = 0{,}99\,R$$

No circuito (3):



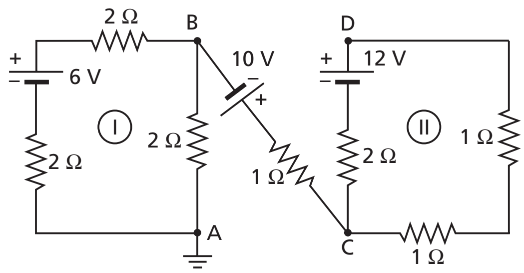
$$i_A = \frac{U_{PQ}}{R_A + R} = \frac{U_V}{R_A + R}$$

$$R_3 = \frac{U_V}{i_A} = \frac{U_V}{\dfrac{U_V}{R_A + R}} = R_A + R \;\Rightarrow\; R_3 = 1{,}01\,R$$

Portanto: $\boxed{R_2 < R < R_3}$

Resposta: c

109 No circuito esquematizado, determine o potencial no ponto **D**:



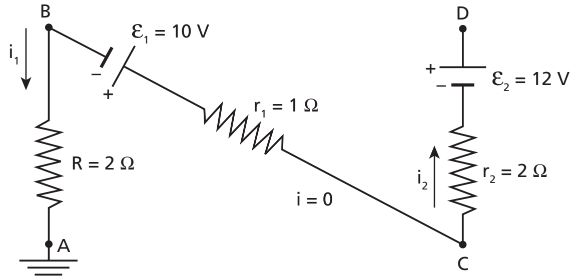
Resolução:

No circuito I, temos:

$6 = (2 + 2 + 2)\; i_1 \;\Rightarrow\; i_1 = 1\,A$ (sentido horário)

No circuito II, temos:

$12 = (2 + 1 + 1)\ i_2 \Rightarrow i_2 = 3\text{ A}$ (sentido horário)



$\nu_A = 0$

$\nu_B - \nu_A = R\,i_1 \Rightarrow \nu_B - 0 = 2 \cdot 1 \Rightarrow \nu_B = 2\text{ V}$

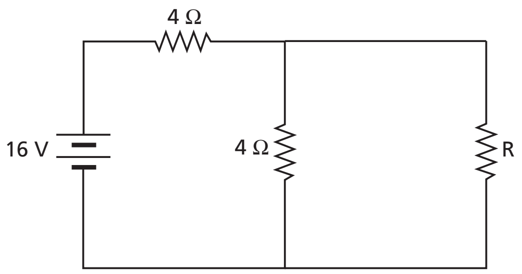
$\nu_C - \nu_B = \varepsilon_1 \Rightarrow \nu_C - 2 = 10 \Rightarrow \nu_C = 12\text{ V}$

$\nu_D - \nu_C = \varepsilon_2 - r_2 i_2 \Rightarrow \nu_D - 12 = 12 - 2 \cdot 3$

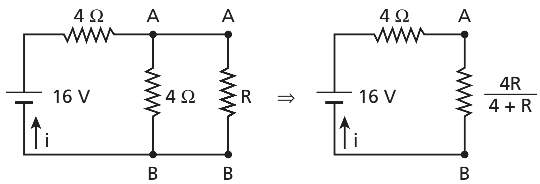
$\nu_D = 18\text{ V}$

Resposta: 18 V

110 (IME-RJ) No circuito da figura, determine a resistência do resistor **R**, para que a potência nele consumida seja máxima.



Resolução:



(I) (II)

Em **II**:

$$i = \frac{16}{4 + \frac{4R}{4+R}}$$

$$U_{AB} = \frac{4R}{4+R} \cdot \frac{16}{4 + \frac{4R}{4+R}} \Rightarrow U_{AB} = \frac{8R}{R+2}$$

Em **I**, calculemos a potência dissipada em **R**:

$$Pot = \frac{U_{AB}^2}{R} = \frac{\frac{64R^2}{R^2 + 4R + 4}}{R} = \frac{64R}{R^2 + 4R + 4}$$

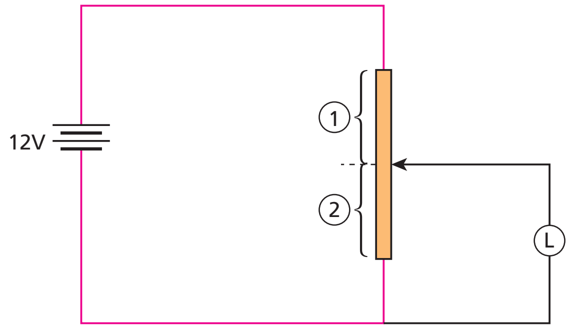
$$Pot = \frac{64}{R + 4 + 4R^{-1}}$$

A potência será máxima quando a função $(R + 4 + 4R^{-1})$ for mínima. Então, a derivada dessa função em relação a **R** deverá ser nula:

$$1 + 0 + 4(-1)R^{-2} = 0 \Rightarrow \frac{4}{R^2} = 1 \Rightarrow R = 2\ \Omega$$

Resposta: 2 Ω

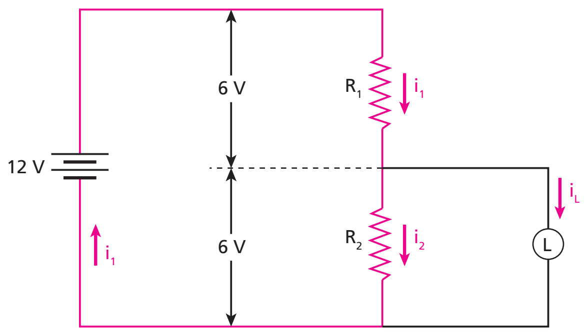
111 O circuito a seguir contém uma bateria de 12 V e resistência interna desprezível, um reostato de resistência total igual a 15 Ω e uma lâmpada **L**, a qual deve operar conforme suas especificações, que são: 3,0 W–6,0 V.



Calcule as intensidades i_1 e i_2 das correntes elétricas nos trechos **1** e **2** do reostato. A máxima intensidade de corrente em qualquer ponto do reostato não pode ultrapassar 2,0 A.

Resolução:

- $Pot_L = U_L\, i_L \Rightarrow 3{,}0 = 6{,}0\, i_L \Rightarrow i_L = 0{,}50\text{ A}$
-

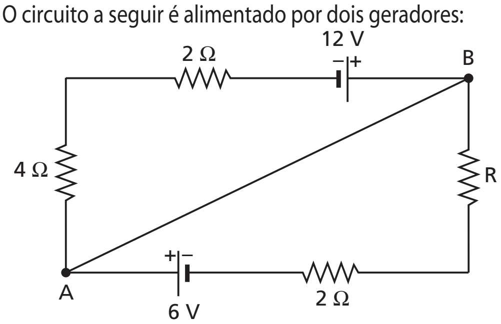


- $R_1 + R_2 = 15\ \Omega$
- $R_1 i_1 = 6{,}0 \Rightarrow i_1 = \dfrac{6{,}0}{R_1}$
- $R_2 i_2 = 6{,}0 \Rightarrow i_2 = \dfrac{6{,}0}{R_2} = \dfrac{6{,}0}{15 - R_1}$
- $i_1 = i_2 + i_L \Rightarrow i_1 = \dfrac{6}{R_1} = \dfrac{6}{15 - R_1} + 0{,}50 \Rightarrow R_1 = 5{,}35\ \Omega$

  $R_2 = 9{,}65\ \Omega$
- $i_1 = \dfrac{6{,}0}{R_1} = \dfrac{6{,}0}{5{,}35} \Rightarrow \boxed{i_1 = 1{,}12\text{ A}}$
- $i_2 = \dfrac{6{,}0}{R_2} = \dfrac{6{,}0}{9{,}65} \Rightarrow \boxed{i_2 = 0{,}62\text{ A}}$

Respostas: 1,12 A e 0,62 A, respectivamente

112 O circuito a seguir é alimentado por dois geradores:



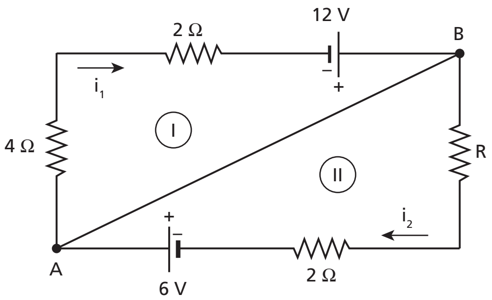
Determine:

a) a intensidade de corrente no fio AB, se **R** for igual a 10 Ω;

b) o valor de **R**, para que a intensidade de corrente no fio AB seja nula.

Resolução:

a)

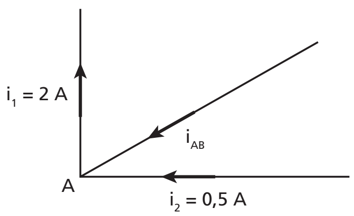


Em **I**, temos: $i_1 = \frac{12}{6} \Rightarrow i_1 = 2$ A

Em **II**, temos: $i_2 = \frac{6}{12} \Rightarrow i_2 = 0,5$ A

$i_{AB} + i_2 = i_1$

$i_{AB} + 0,5 = 2 \Rightarrow i_{AB} = 1,5$ A



b) Como $i_1 = 2$ A, devemos ter $i_2 = 2$ A, para que i_{AB} seja nula:

Em **II**: $6 = (R + 2)\ 2 \Rightarrow R = 1$ Ω

Respostas: a) 1,5 A; b) 1 Ω

113 (FEI-SP) Uma bomba de rendimento igual a 50% é movida por um motor de corrente contínua de rendimento igual a 80% e tensão de alimentação U = 25 V. Sabe-se que a bomba despeja, em um reservatório situado a 10 m de altura em relação à bomba, 30 litros de água por minuto. Sendo a densidade da água d = 1,0 g/cm³ e a aceleração da gravidade g = 10 m/s², determine:

a) a potência que o motor fornece à bomba;

b) a corrente no motor.

Resolução:

a) Potência útil da bomba:

$$Pot_u = \frac{Energia}{\Delta t} = \frac{m\,g\,h}{\Delta t} = \frac{30 \cdot 10 \cdot 10}{60}$$

$Pot_u = 50$ W

Potência recebida pela bomba (total):

$$\eta = \frac{Pot_u}{Pot_t} \Rightarrow 0,5 = \frac{50}{Pot_t} \Rightarrow Pot_t = 100 \text{ W}$$

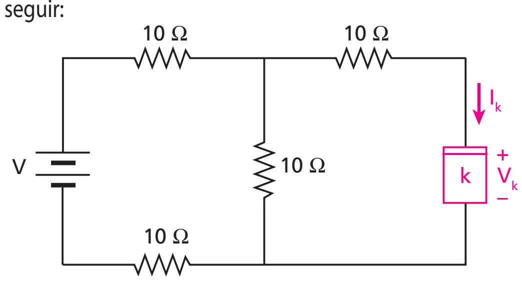
b) No motor, temos:

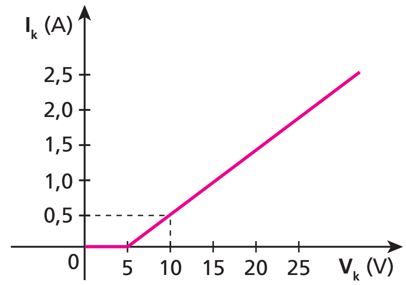
$$\eta' = \frac{Pot'_u}{Pot'_t} \Rightarrow 0,8 = \frac{100}{Pot'_t} \Rightarrow Pot'_t = 125 \text{ W}$$

$Pot'_t = U\,i \Rightarrow 125 = 25\,i \Rightarrow i = 5$ A

Respostas: a) 100 W; b) 5 A

114 (IME-RJ) O elemento passivo **k**, cuja potência máxima de utilização é de 30 watts, tem a característica tensão-corrente dada pelo gráfico a seguir:





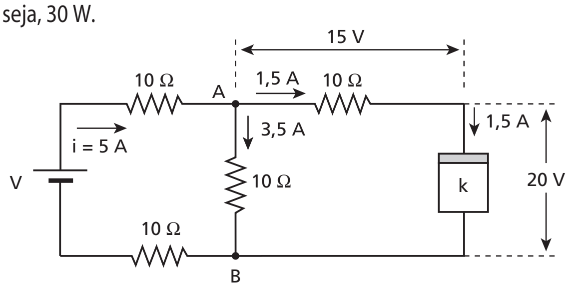
Determine o maior valor positivo que se pode permitir para a tensão **V** da bateria.

Resolução:

A potência do elemento **k** é dada por:

$Pot_k = V_k I_k$

Na curva característica, observamos que $I_k = 1,5$ A quando $V_k = 20$ V. Nessa situação, a potência do elemento tem o valor máximo permitido, ou seja, 30 W.



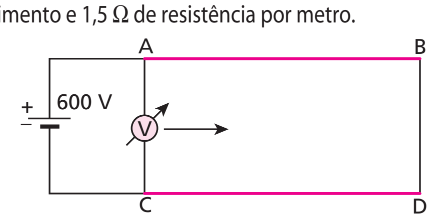
$U_{AB} = 10\,i' \Rightarrow 15 + 20 = 10\,i' \Rightarrow i' = 3,5$ A

$U_{AB} = V - (10 + 10)\,i$

$35 = V - 20 \cdot 5 \Rightarrow V = 135$ V

Resposta: 135 V

115 (Fuvest-SP) Uma fonte de tensão ideal de 600 volts alimenta dois trilhos AB e CD ligados entre si por um condutor BD de resistência desprezível. Um voltímetro ideal, inicialmente conectado aos pontos **A** e **C**, movimenta-se a 2 m/s ao longo dos trilhos. Cada trilho tem 100 m de comprimento e 1,5 Ω de resistência por metro.



a) Qual a corrente que circula através do circuito?

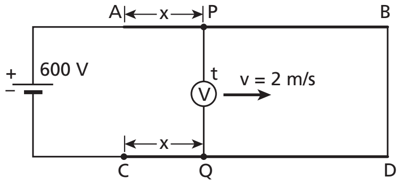
b) Construa o gráfico da voltagem acusada pelo voltímetro durante o seu movimento, em função do tempo.

Resolução:

a) $R_{AB} = 150\ \Omega$ e $R_{CD} = 150\ \Omega$

$\varepsilon = R_{eq}\, i \Rightarrow 600 = 300\, i \Rightarrow i = 2\ A$

b) A figura mostra o voltímetro num instante qualquer **t**, sendo t = 0 o instante em que o voltímetro encontrava-se ligado aos pontos **A** e **C**.



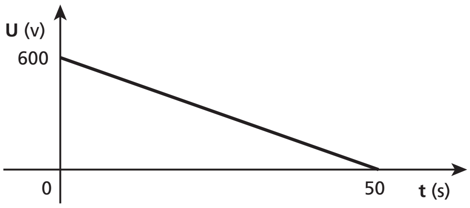
Temos: $x = vt = 2t$

A indicação do voltímetro é **U**, dada por:

$U = \varepsilon - (R_{AP} + R_{CQ})\, i = \varepsilon - (x \cdot 1{,}5 + x \cdot 1{,}5)\, i$

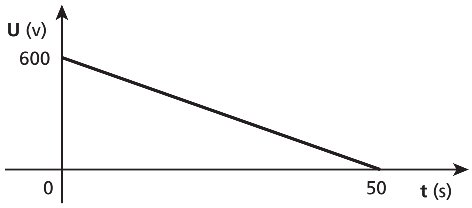
$U = 600 - 3x \cdot 2 = 600 - 6x = 600 - 6 \cdot 2t$

$U = 600 - 12t$ (SI)

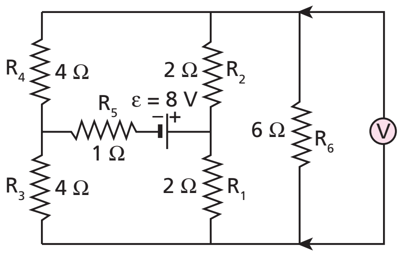


Respostas: a) 2 A

b)



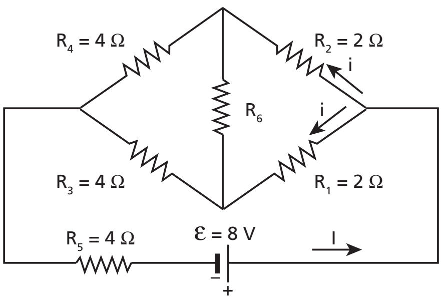
116 Monta-se o circuito esquematizado na figura:



a) Qual a leitura indicada pelo voltímetro **V**, suposto ideal?
b) Qual a potência dissipada em cada um dos resistores?
c) Qual o valor máximo que poderá ter a força eletromotriz ε' de um gerador que substitua o gerador dado, para que a potência dissipada em qualquer resistor não exceda 8 watts?

Resolução:

O circuito dado pode ser redesenhado assim:



a) Como $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$, temos uma ponte de Wheatstone em equilíbrio. Consequentemente é nula a ddp entre os terminais de R_6, o mesmo ocorrendo com a corrente nesse resistor.
O voltímetro indica zero.

b) $\varepsilon = R_{eq}\, I \Rightarrow 8 = 4I \Rightarrow I = 2A$
$i = 1A$

Em R_1: $Pot_1 = R_1\, i^2 = 2 \cdot 1^2 \Rightarrow Pot_1 = 2\ W$

Em R_2: $Pot_2 = R_2\, i^2 = 2 \cdot 1^2 \Rightarrow Pot_2 = 2\ W$

Em R_3: $Pot_3 = R_3\, i^2 = 4 \cdot 1^2 \Rightarrow Pot_3 = 4\ W$

Em R_4: $Pot_4 = R_4\, i^2 = 4 \cdot 1^2 \Rightarrow Pot_4 = 4\ W$

Em R_5: $Pot_5 = R_5\, I^2 = 1 \cdot 2^2 \Rightarrow Pot_5 = 4\ W$

Em R_6: $Pot_6 = 0$

c) Observemos que as maiores potências dissipadas ocorrem em R_3, R_4 e R_5, sendo iguais a $4\, i^2$ em todos eles:

$4\, i^2 = 8 \Rightarrow i = \sqrt{2}\ A$ e $I = 2\sqrt{2}\ A$

$\varepsilon' = R_{eq}\, I = 4 \cdot 2\sqrt{2} \Rightarrow \varepsilon' = 8\sqrt{2}\ V$

Respostas: a) Zero; b) 2 W, 2 W, 4 W, 4 W, 4 W e 0 W em R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 e R_6, respectivamente; c) $8\sqrt{2}$ V

117 (Fuvest-SP) No circuito mostrado na Fig. 1, os três resistores têm valores $R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$ e $R_3 = 5\ \Omega$. A bateria **B** tem tensão constante de 12 V. A corrente i_1 é considerada positiva no sentido indicado. Entre os instantes t = 0 s e t = 100 s, o gerador **G** fornece uma tensão variável V = 0,5 t (**V** em volt e **t** em segundo).

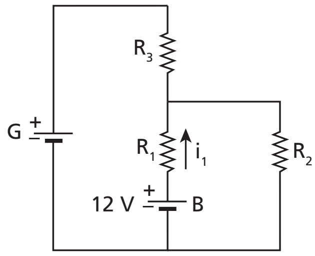
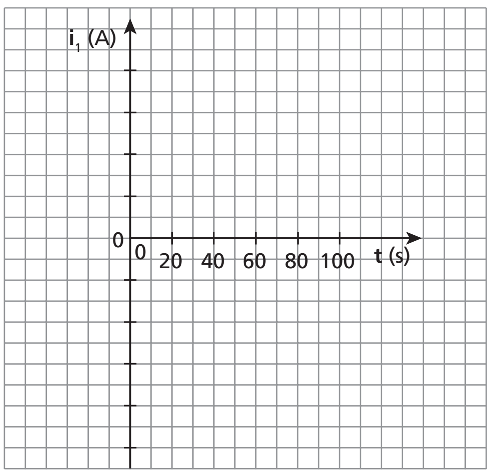


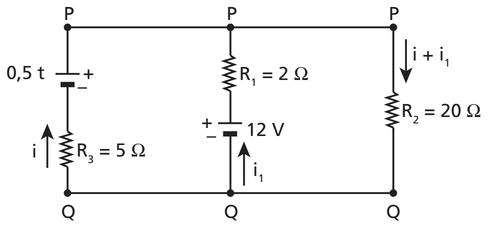
Fig. 1

a) Determine o valor da corrente i_1 para t = 0 s.
b) Determine o instante t_0 em que a corrente i_1 é nula.
c) Copie a figura a seguir e trace a curva que representa a corrente i_1 em função do tempo **t**, no intervalo de 0 a 100 s, indicando claramente a escala da corrente, em ampère (A).
d) Determine o valor da potência **P** recebida ou fornecida pela bateria **B** no instante t = 90 s.



Resolução 1:

Supondo **B** e **G** operando como geradores e redesenhando o circuito, temos:



Entre os pontos **P** e **Q**, podemos escrever:

$$\left.\begin{array}{l} 0{,}5t - 5i = 12 - 2\,i_1 \\ 12 - 2\,i_1 = 20\,(i + i_1) \end{array}\right\} \Rightarrow\ i_1 = 2 - \frac{t}{15}\ \text{(SI)}$$

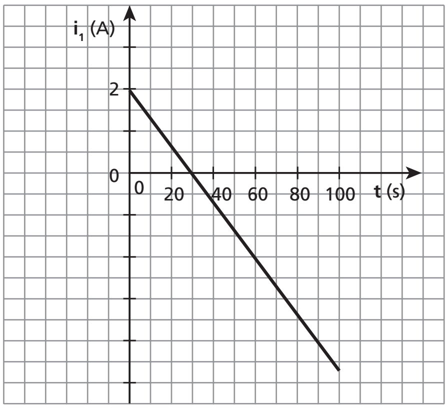
a) Fazendo t = 0 na expressão de i_1, obtemos:

$i_1 = 2$ A

b) Impondo $i_1 = 0$:

$$2 - \frac{t_0}{15} = 0 \ \Rightarrow\ t_0 = 30\ \text{s}$$

c)



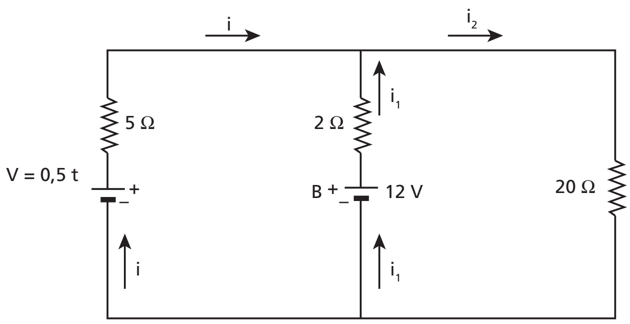
d) Para t = 90 s:

$$i_1 = 2 - \frac{90}{15} \ \Rightarrow\ i_1 = -4\ \text{A}$$

Sendo $i_1 < 0$, a bateria está operando como receptor elétrico, recebendo a potência:

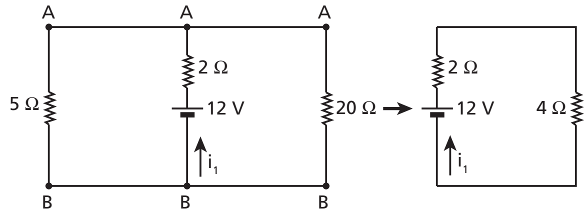
$P = 12\,|i_1| = 12 \cdot 4 \ \Rightarrow\ \text{Pot} = 48$ W

Resolução 2:



a) **Para t = 0:** V = 0,5 t = 0,5 · 0 = 0

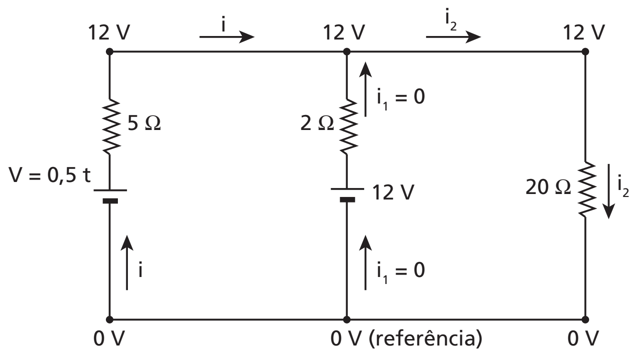
Mesmo não gerando, entretanto, um gerador é **um condutor**. Além disso, em boas condições, pode ser considerado **ideal**:



5 Ω e 20 Ω em paralelo: 4 Ω

$\varepsilon = R_{eq}\ i_1 \ \Rightarrow\ 12 = (4 + 2)\,i_1 \ \Rightarrow\ i_1 = 2$ A

b) **$i_1 = 0$:**



No resistor de 20 Ω: $U = R\,i_2$

$12 = 20\,i_2 \ \Rightarrow\ i_2 = 0{,}6$ A

$\therefore\ i = 0{,}6$ A

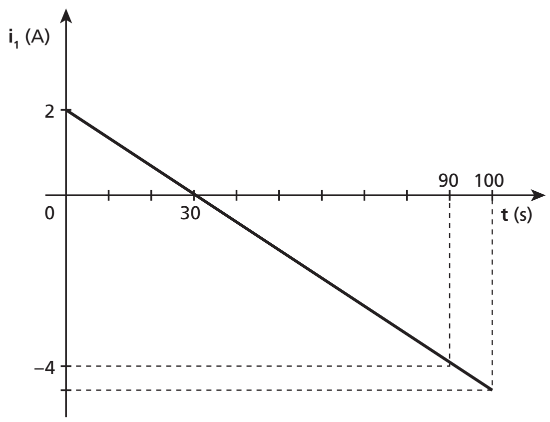
No gerador V = 0,5 t:

$U = \varepsilon - r\,i$

$12 = 0{,}5\,t_0 - 5 \cdot 0{,}6 \ \Rightarrow\ 0{,}5\,t_0 = 15$

$t_0 = 30$ s

c) Como a única fem variável (0,5 t) é função de primeiro grau em **t**, o gráfico pedido é, com certeza, um segmento de reta:



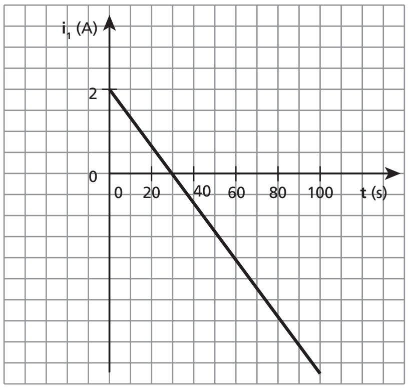
d) **Em t = 90 s:** $i_1 = -4\ \text{A}\ \left(B \quad \downarrow i_1 < 0\right)$

Então, **B** passou a ser um receptor elétrico.

$P = \varepsilon'\,|i_1| = 12 \cdot 4 \ \Rightarrow\ P = 48$ W

(recebida)

Respostas: a) 2 A
b) 30 s
c)



d) 48 W, recebida pela bateria

$\nu_A - \nu_C = 20 - 2i \Rightarrow 20 - 2i > 8 \Rightarrow \mathbf{i < 6\ A}$

$\varepsilon = R_{eq}\, i \Rightarrow 20 = (2 + 1 + R)\, i$

$i = \dfrac{20}{3 + R} < 6 \Rightarrow R > \dfrac{1}{3}\,\Omega$

Portanto:

- para $R > \dfrac{1}{3}\,\Omega$, o diodo não conduz;
- para $R \leqslant \dfrac{1}{3}\,\Omega$, o diodo conduz.

a) $R = 2\ \Omega$: o diodo não conduz.
$20 = (2 + 1 + 2)\, i \Rightarrow i = 4\ A$

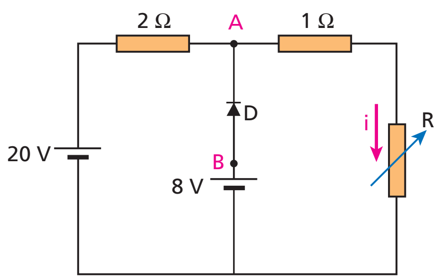
b) $R = 0$: o diodo conduz.
$U_{AC} = (R + 1)\, i_0 \Rightarrow 8 = (0 + 1)\, i_0 \Rightarrow i_0 = 8\ A$

c) $R = \dfrac{1}{3}\,\Omega$

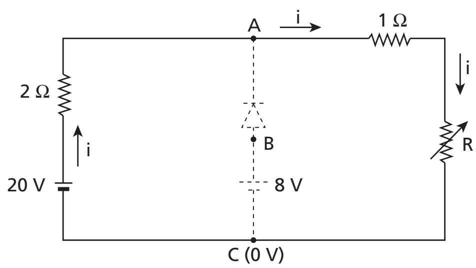
Respostas: a) 4 A; b) 8 A; c) $\dfrac{1}{3}\,\Omega$

118 (Fuvest-SP) No circuito da figura a seguir, o componente **D**, ligado entre os pontos **A** e **B**, é um diodo. Esse dispositivo se comporta, idealmente, como uma chave controlada pela diferença de potencial entre seus terminais. Sejam V_A e V_B as potenciais dos pontos **A** e **B**, respectivamente.
Se $V_B < V_A$, o diodo se comporta como uma chave aberta, não deixando fluir nenhuma corrente através dele, e se $V_B \geqslant V_A$, o diodo se comporta como uma chave fechada, de resistência tão pequena que pode ser desprezada, ligando o ponto **B** ao ponto **A**. O resistor **R** tem uma resistência variável de 0 a 2 Ω. Nesse circuito, determine o valor da:

a) corrente **i** através do resistor **R**, quando a sua resistência é 2 Ω.
b) corrente i_0 através do resistor **R**, quando a sua resistência é zero.
c) resistência **R** para a qual o diodo passa do estado de condução para o de não-condução e vice-versa.



Resolução:
Suponhamos que o diodo **não** esteja conduzindo:

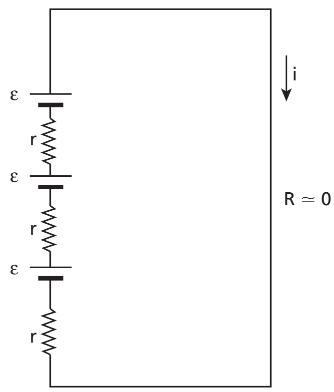


Considerando nulo o potencial elétrico no ponto **C**, temos:
$\nu_C = 0 \Rightarrow \nu_B = 8\ V \Rightarrow \nu_A > 8\ V$ (pois $\nu_B < \nu_A$)

119 Deseja-se gerar a máxima corrente elétrica possível em um curto e grosso fio de cobre, dispondo-se de três pilhas iguais, cada uma com 1,5 V de força eletromotriz e 0,1 Ω de resistência interna. Como essas três pilhas devem ser associadas?

Resolução:
A informação "curto e grosso fio de cobre" sugere que a resistência elétrica do fio é extremamente pequena ($R \simeq 0$). O exercício resolvido **42** do Tópico 1 de **Eletrodinâmica** confirma isso.
Vamos analisar as quatro possibilidades:

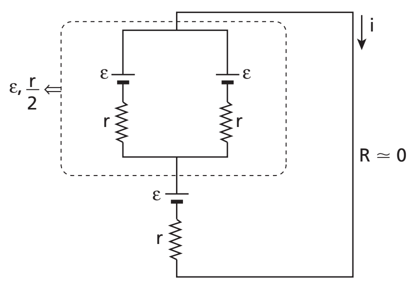
1ª)



$i = \dfrac{3\varepsilon}{3r} = \dfrac{\varepsilon}{r}$

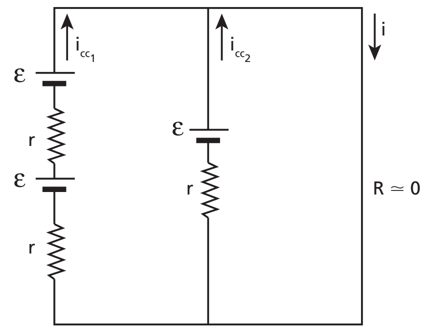
Note que, se fosse usada uma única pilha, a corrente teria essa mesma intensidade.

2ª)



$i = \dfrac{2\varepsilon}{r + \dfrac{r}{2}} = \dfrac{4\varepsilon}{3r}$

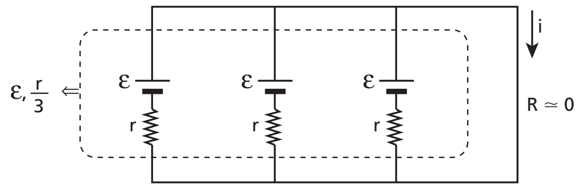
3ª)



$$i = i_{cc_1} + i_{cc_2} = \frac{2\varepsilon}{2r} + \frac{\varepsilon}{r}$$

$$i = \frac{2\varepsilon}{r}$$

4ª)



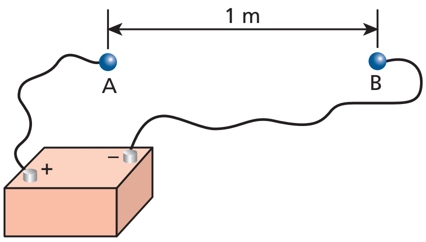
$$i = \frac{\varepsilon}{\frac{r}{3}} = \frac{3\varepsilon}{r}\ (i_{máx})$$

Observação:

- Para a obtenção de corrente máxima num resistor de resistência **R**, a associação de geradores em série é a adequada quando **R** é maior que a resistência interna **r** de cada gerador. Quando, porém, **R** é menor que **r**, a associação adequada passa a ser em paralelo.

Resposta: Todas em paralelo.

120 Por meio de fios condutores, duas pequenas esferas metálicas, **A** e **B**, de raios iguais a 1 cm, foram ligadas aos polos de uma bateria de força eletromotriz igual a 5 400 V, como mostra a figura:



Calcule a força de atração eletrostática entre as esferas, considerando a constante eletrostática do meio igual a $9 \cdot 10^9$ unidades SI.

Resolução:

$$\nu_A - \nu_B = \varepsilon$$

$$\frac{KQ}{R_A} - \frac{K(-Q)}{R_B} = \varepsilon$$

$$\frac{9 \cdot 10^9\,Q}{10^{-2}} = \frac{9 \cdot 10^9\,Q}{10^{-2}} = 5400$$

$$18 \cdot 10^9\,Q = 54 \Rightarrow Q = \frac{54}{18 \cdot 10^9}$$

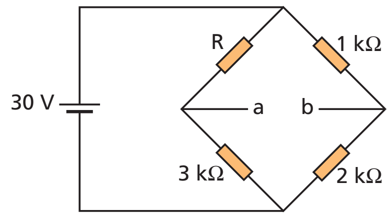
$$Q = 3 \cdot 10^{-9}\,C$$

$$F = \frac{K\,|Q_A| \cdot |Q_B|}{d^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^{-9}}{1}$$

$$F = 8{,}1 \cdot 10^{-8}\,N$$

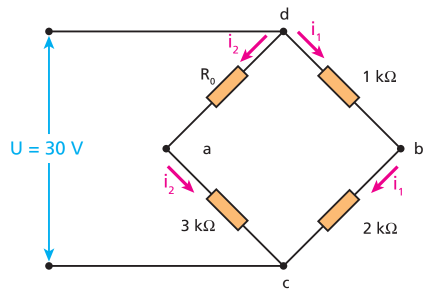
Resposta: $8{,}1 \cdot 10^{-8}$ N

121 (Olimpíada Paulista de Física) A ponte de resistores da figura abaixo apresenta, na temperatura ambiente, uma tensão $V_a - V_b = 2{,}5$ V entre os terminais **a** e **b**. Considerando que a resistência **R** está imersa em um meio que se aquece a uma taxa de 10 graus Celsius por minuto, determine o tempo que leva para que a tensão entre os terminais **a** e **b** da ponte se anule. Considere para a variação da resistência com a temperatura um coeficiente de resistividade de $4{,}1 \cdot 10^{-3}\,K^{-1}$.



Resolução:

- Simbolizando por R_0 o valor de **R** na temperatura ambiente, temos:



- **Cálculo de i_1:**

$U = R_{dbc}\,i_1 \quad 30\,V = 3\,k\Omega \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 10\,mA$

- **Cálculo de R_0:**

$$\left.\begin{aligned} V_a - V_c &= 3\,i_2 \\ V_b - V_c &= 2\,i_1 \end{aligned}\right\} \overset{(-)}{\Rightarrow} V_a - V_b = 3\,i_2 - 2\,i_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2{,}5 = 3\,i_2 - 20 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_2 = 7{,}5\,mA$$

$$U = R_{dac}\,i_2 \Rightarrow 30 = (R_0 + 3) \cdot 7{,}5 \Rightarrow \boxed{R_0 = 1\,k\Omega}$$

- A tensão entre **a** e **b** será nula quando a ponte estiver equilibrada:

$$R \cdot 2 = 3 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{R = 1{,}5\,k\Omega}$$

- Considerando que a temperatura inicial do resistor e do meio em que foi imerso seja a ambiente, temos:

$$\Delta R = \alpha\,R_0\,\Delta\theta \Rightarrow (1{,}5 - 1) = (4{,}1 \cdot 10)^{-3} \cdot 1 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 122\,°C$$

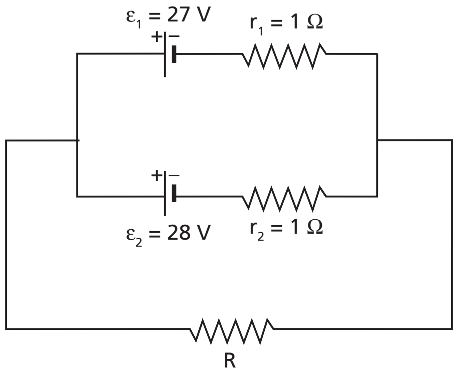
$$10\,°C \Rightarrow 1\,min$$

$$122\,°C \Rightarrow \Delta t \Rightarrow \boxed{\Delta t = 12{,}2\text{ minutos}}$$

Resposta: 12,2 minutos

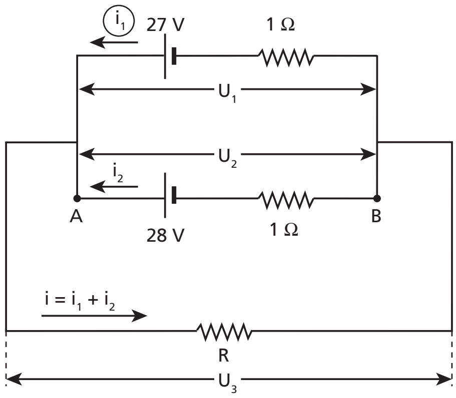
122 No circuito a seguir, determine para que valores da resistência **R** a bateria de características (ε_1, r_1):

a) opera como gerador;
b) opera como receptor;
c) não opera.



Resolução:

a) Não há dúvida de que a bateria (ε_2, r_2), por ter maior fem, opera como gerador. Vamos **supor** que a bateria (ε_1, r_1) também opere como gerador. Observe, então, os sentidos das correntes:



$U_1 = U_2 \Rightarrow 27 - 1i_1 = 28 - 1i_2$

$i_2 = i_1 + 1$ (I)

$U_1 = U_3 \Rightarrow 27 - 1i_1 = R\,(i_1 + i_2)$

$27 - i_1 = R\,i_1 + R\,i_2$ (II)

Substituindo (I) em (II), temos:

$27 - i_1 = R\,i_1 + R\,(i_1 + 1)$

$$i_1 = \frac{27 - R}{2R + 1}$$

Para que o sentido de i_1, **seja o considerado no circuito**, devemos ter: $i_1 > 0$.

Então:

$$\frac{27 - R}{2R + 1} > 0 \Rightarrow R < 27\,\Omega$$

b) Para que a bateria (ε_1, r_1) opere como receptor, o valor de i_1 na expressão anterior deve ser negativo. Para isso acontecer, os valores de **R** devem ser dados por:

$R > 27\,\Omega$

c) Para a bateria (ε_1, r_1) não operar, devemos ter $i_1 = 0$, o que nos leva a:

$R = 27\,\Omega$

Note que, nessa situação:

$\varepsilon_2 = R_{eq}\,i_2$

$\varepsilon_2 = (R + r_2)\,i_2$

$28 = (27 + 1)\,i_2 \Rightarrow i_2 = 1\text{A}$

e

$U_2 = \varepsilon_2 - r_2\,i_2 = 28 - 1 \cdot 1 \Rightarrow U_2 = 27\text{ V}$

A partir desse estado, se **R** aumentar, ou seja, tornar-se maior que 27 Ω, a corrente i_2 certamente diminuirá e, com isso, U_2 ficará maior que 27 V.

Então, o potencial do ponto **A** estará um pouco mais de 27 V acima do de **B**.

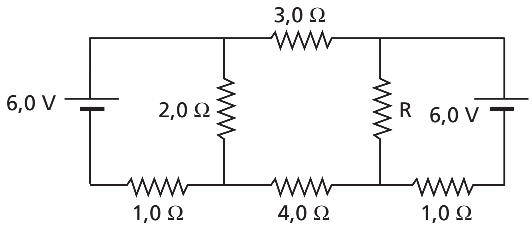
É aí que (ε_2, r_2) impõe uma corrente em (ε_1, r_1), tornando-a um receptor.

Respostas: a) R < 27 Ω; b) R > 27 Ω; c) R = 27 Ω

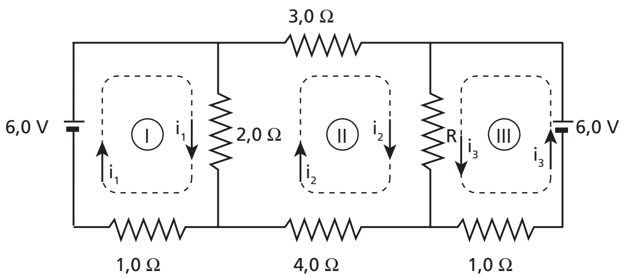
123 No circuito abaixo, calcule a intensidade da corrente no resistor de 4,0 Ω para os seguintes valores de **R**:

a) 2,0 Ω

b) 3,0 Ω



Resolução:



Em I: $6 = 0 + 3\,i_1 - 2\,i_2 \Rightarrow i_1 = \dfrac{6 + 2\,i_2}{3}$ (I)

Em II: $0 = 0 + (9 + R)\,i_2 - 2\,i_1 + R\,i_3$ (II)

Em III: $6 = 0 + (R + 1)\,i_3 + R\,i_2$

$$i_3 = \frac{6 - R\,i_2}{R + 1} \quad \text{(III)}$$

Substituindo (I) e (III) em (II), obtemos:

$$(9 + R)\,i_2 - 2\left(\frac{6 + 2\,i_2}{3}\right) + R\left(\frac{6 - R\,i_2}{R + 1}\right) = 0$$

a) Para R = 2,0 Ω: $i_2 = 0$

b) Para R = 3,0 Ω: $i_2 = 0{,}06$ A

Nota:

- Também podemos responder ao item **a** baseados na simetria do circuito.

Respostas: a) Zero; b) 0,06 A