Moderna PLUS

RAMALHO
NICOLAU
TOLEDO

FÍSICA 3

OS FUNDAMENTOS DA FÍSICA

RESOLUÇÕES

P.1 A barra de vidro e o pano de lã adquirem, por atrito, cargas de sinais contrários. Por contato, uma bolinha de cortiça eletriza-se com carga de mesmo sinal que o vidro e a outra, com carga de mesmo sinal que a lã. Assim, entre as bolinhas há atração.

P.2 Cargas iniciais: $Q_A = Q_B = Q$; $Q_C = 0$

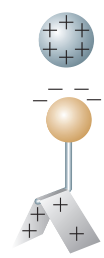
- Contato entre *A* e *C*:

$$Q'_A = Q'_C = \frac{Q + 0}{2} \Rightarrow Q'_A = Q'_C = \frac{Q}{2}$$

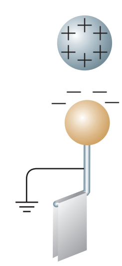
- Contato entre *C* (após o contato com *A*) e *B*:

$$Q_{\text{final}} = \frac{Q_B + Q'_C}{2} \Rightarrow Q_{\text{final}} = \frac{Q + \frac{Q}{2}}{2} \Rightarrow Q_{\text{final}} = \frac{\frac{3Q}{2}}{2} \Rightarrow \boxed{Q_{\text{final}} = \frac{3Q}{4}}$$

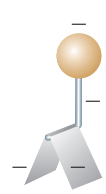
P.3 a) O eletroscópio sofre indução eletrostática. Na esfera, desenvolvem-se cargas negativas (de sinal oposto à carga do corpo aproximado). Nas folhas desenvolvem-se cargas positivas e, por isso, elas se afastam.



b) Ao ligar à Terra, escoam-se as cargas positivas das folhas (na verdade, "sobem" elétrons da Terra) e, por isso, elas se aproximam.



c) Desligando-se a conexão com a Terra e afastando o corpo eletrizado, o eletroscópio fica carregado negativamente e as cargas se distribuem em toda sua extensão.



P.4 Dados: $Q_1 = Q_2 = 1\ \mu C = 10^{-6}\ C$; $F = 0{,}1\ N$; $k_0 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{N \cdot m^2}{C^2}$

De $F = k_0 \cdot \dfrac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$, vem:

$$0{,}1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6} \cdot 10^{-6}}{d^2} \Rightarrow d^2 = 9 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{d = 3 \cdot 10^{-1}\ m = 0{,}3\ m}$$

P.5 Sendo $Q_2 = 3Q_1$; $F = 2{,}7\ N$; $d = 10\ cm = 10^{-1}\ m$ e $k_0 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{N \cdot m^2}{C^2}$, temos:

$$F = k_0 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} \Rightarrow 2{,}7 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q_1 \cdot 3Q_1}{(10^{-1})^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2{,}7 = 27 \cdot 10^{11}\ Q_1^2 \Rightarrow Q_1^2 = 10^{-12} \Rightarrow \boxed{Q_1 = 10^{-6}\ C = 1\ \mu C}$$

P.6 Dados: $Q = -56\ mC = -56 \cdot 10^{-3}\ C$; $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$

Como $|Q| = ne$, temos: $56 \cdot 10^{-3} = n \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \boxed{n = 3{,}5 \cdot 10^{17}\ \text{elétrons}}$

P.7 Dados: $m_1 = m_2 = 2\ kg$; $Q_1 = Q_2 = 25\ \mu C = 25 \cdot 10^{-6}\ C$; $d = 2\ m$;

$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \dfrac{N \cdot m^2}{kg^2}$; $k_0 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{N \cdot m^2}{C^2}$

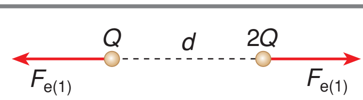
a) $F_G = G \cdot \dfrac{m_1 m_2}{d^2} \Rightarrow F_G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \dfrac{2 \cdot 2}{(2)^4} \Rightarrow \boxed{F_G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N}$

b) $F_e = k_0 \cdot \dfrac{Q_1 Q_2}{d^2} \Rightarrow F_e = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{25 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{(2)^2} \Rightarrow \boxed{F_e \simeq 1{,}4\ N}$

c) $\dfrac{F_e}{F_G} = \dfrac{1{,}4}{6{,}67 \cdot 10^{-11}} \Rightarrow \boxed{\dfrac{F_e}{F_G} \simeq 2{,}1 \cdot 10^{10}}$

A relação calculada mostra que a força elétrica entre os corpos tem intensidade aproximadamente 20 bilhões de vezes maior que a intensidade da força gravitacional entre eles.

P.8



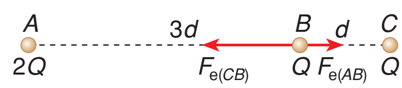
$$F_{e(1)} = k_0 \cdot \frac{|Q| \cdot |2Q|}{d^2} \Rightarrow F_{e(1)} = k_0 \cdot \frac{2Q^2}{d^2} \quad ①$$

Após o contato, as esferas passam a ter carga $\dfrac{Q + 2Q}{2} = \dfrac{3Q}{2}$.

$$F_{e(2)} = k_0 \cdot \frac{\left|\frac{3Q}{2}\right| \cdot \left|\frac{3Q}{2}\right|}{(2d)^2} \Rightarrow F_{e(2)} = k_0 \cdot \frac{9Q^2}{16d^2} \quad ②$$

Dividindo ① por ②, temos: $\dfrac{F_{e(1)}}{F_{e(2)}} = \dfrac{k_0 \cdot \dfrac{2Q^2}{d^2}}{k_0 \cdot \dfrac{9Q^2}{16d^2}} \Rightarrow \boxed{\dfrac{F_{e(1)}}{F_{e(2)}} = \dfrac{32}{9}}$

P.9 Dado: $F_{e(AB)} = 2{,}0 \cdot 10^{-6}$ N



$$F_{e(AB)} = k_0 \cdot \frac{|2Q| \cdot |Q|}{9d^2} \Rightarrow F_{e(AB)} = k_0 \cdot \frac{2Q^2}{9d^2} \quad ①$$

$$F_{e(CB)} = k_0 \cdot \frac{|Q| \cdot |Q|}{d^2} \Rightarrow F_{e(CB)} = k_0 \cdot \frac{Q^2}{d^2} \quad ②$$

Dividindo ① por ②, temos:

$$F_{e(AB)} = \frac{2}{9} \cdot F_{e(CB)} \Rightarrow 2{,}0 \cdot 10^{-6} = \frac{2}{9} \cdot F_{e(CB)} \Rightarrow F_{e(CB)} = 9{,}0 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

A força resultante sobre B tem intensidade:

$$F_R = F_{e(CB)} - F_{e(AB)} \Rightarrow F_R = 9{,}0 \cdot 10^{-6} - 2{,}0 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \boxed{F_R = 7{,}0 \cdot 10^{-6} \text{ N}}$$

P.10 a) O **módulo** da força atração elétrica é dado pela lei de Coulomb:

$$F_e = k \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

Sendo $|Q_1| = |Q_2| = e$ e $d = r_n$, vem:

$$\boxed{F_e = k \cdot \frac{e^2}{r_n^{\ 2}}}$$

Direção: radial
Sentido: do elétron para o próton

b) A força de interação elétrica sobre o elétron atua como resultante centrípeta:

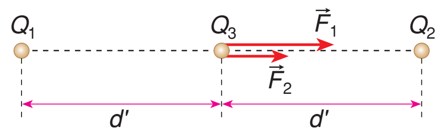
$$F_e = F_{cp} \Rightarrow k \cdot \frac{e^2}{r_n^2} = m_e \cdot \frac{v^2}{r_n} \Rightarrow \boxed{v = e \cdot \sqrt{\frac{k}{m_e \cdot r_n}}}$$

P.11 Dados: $Q_1 = 8 \cdot 10^{-8}$ C; $Q_2 = -2 \cdot 10^{-8}$ C; $d = 6$ cm $= 6 \cdot 10^{-2}$ m;

$k_0 = 9 \cdot 10^9 \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$

a) $F = k_0 \cdot \dfrac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} \Rightarrow F = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{8 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-8}}{(6 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow \boxed{F = 4 \cdot 10^{-3}\ \text{N}}$

b) Dados: $Q_3 = 10^{-8}$ C; $d' = 3$ cm $= 3 \cdot 10^{-2}$ m



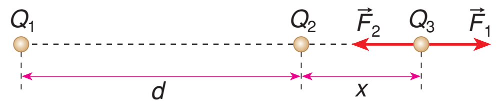
$F_1 = k_0 \cdot \dfrac{|Q_1| \cdot |Q_3|}{(d')^2} \Rightarrow F_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{8 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-8}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow F_1 = 8 \cdot 10^{-3}$ N

$F_2 = k_0 \cdot \dfrac{|Q_2| \cdot |Q_3|}{(d')^2} \Rightarrow F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-8}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow F_2 = 2 \cdot 10^{-3}$ N

A força resultante em Q_3 tem intensidade:

$F_R = F_1 + F_2 \Rightarrow F_R = 8 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{F_R = 10^{-2}\ \text{N}}$

c) Para ficar em equilíbrio sob a ação das forças elétricas, Q_3 deve situar-se numa posição tal que as forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ tenham sentidos opostos e intensidades iguais. Para isso acontecer, Q_3 deve ficar fora do segmento de reta que une as cargas e à direita de Q_2, como indica a figura:



$F_1 = k_0 \cdot \dfrac{|Q_1| \cdot |Q_3|}{(d+x)^2}$ e $F_2 = k_0 \cdot \dfrac{|Q_2| \cdot |Q_3|}{x^2}$

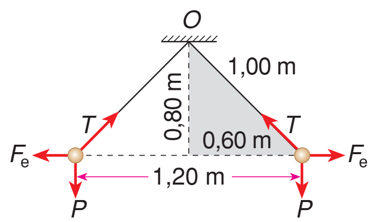
$F_1 = F_2 \Rightarrow k_0 \cdot \dfrac{|Q_1| \cdot |Q_3|}{(d+x)^2} = k_0 \cdot \dfrac{|Q_2| \cdot |Q_3|}{x^2} \Rightarrow$

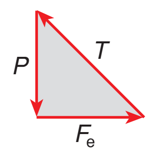
$\Rightarrow \dfrac{8 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-8}}{(d+x)^2} = \dfrac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-8}}{x^2} \Rightarrow \dfrac{4}{(d+x)^2} = \dfrac{1}{x^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{2}{d+x} = \dfrac{1}{x} \Rightarrow 2x = d + x \Rightarrow x = d \Rightarrow x = 6 \cdot 10^{-2}\ \text{m} \Rightarrow x = 6$ cm

A carga Q_3 deve ficar à direita de Q_2, a 6 cm dela.

P.12 a) Após o contato, as esferas adquirem cargas iguais a $\frac{Q}{2}$. Na figura, desenhamos as forças em cada esfera. A linha poligonal das forças sobre cada esfera deve ser fechada.





A semelhança entre os triângulos assinalados fornece:

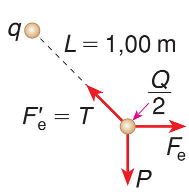
$$\frac{F_e}{0,60} = \frac{P}{0,80} = \frac{T}{1,00} \Rightarrow F_e = \frac{3}{4} \cdot P \text{ e } T = \frac{P}{0,80}$$

$$k_0 \cdot \frac{\left|\frac{Q}{2}\right| \cdot \left|\frac{Q}{2}\right|}{d^2} = \frac{3}{4} \cdot mg$$

$$9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q^2}{4 \cdot (1,20)^2} = \frac{3}{4} \cdot 0,30 \cdot 10^{-3} \cdot 10$$

$$\boxed{Q = 1,20 \cdot 10^{-6}\ \text{C}}$$

b) A carga q a ser colocada em O deve exercer em cada esfera a mesma força T que o fio exercia. Observe que q deve ter sinal negativo.

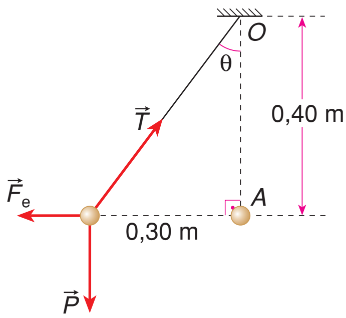


$$F'_e = T \Rightarrow K_0 \cdot \frac{\left|\frac{Q}{2}\right| \cdot |q|}{L^2} = \frac{P}{0,80} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,60 \cdot 10^{-6} \cdot |q|}{(1,00)^2} = \frac{0,30 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0,80} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |q| = 6,94 \cdot 10^{-7}\ \text{C} \Rightarrow \boxed{q = -6,94 \cdot 10^{-7}\ \text{C}}$$

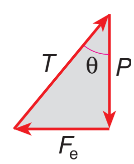
P.13 Dados: $m = 0{,}12$ kg; $g = 10$ m/s^2; $k_0 = 9 \cdot 10^9 \ \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$



Da figura: $\text{tg}\ \theta = \dfrac{0{,}30}{0{,}40} = 0{,}75$

A esfera do pêndulo está em equilíbrio sob a ação de três forças: a tração $\vec{T}$ no fio, o peso da esfera do pêndulo $\vec{P}$ e da força elétrica $\vec{F}_e$.

Assim, a linha poligonal das forças deve ser fechada. Do triângulo destacado, vem:



$\text{tg}\ \theta = \dfrac{F_e}{P}$

$F_e = P \cdot \text{tg}\ \theta$

$F_e = mg \cdot \text{tg}\ \theta$

$F_e = 0{,}12 \cdot 10 \cdot 0{,}75$

$F_e = 0{,}90$ N

Aplicando a lei de Coulomb:

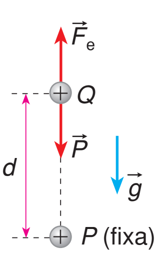
$$F_e = k_0 \cdot \frac{Q \cdot Q}{(0{,}30)^2} \Rightarrow 0{,}90 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q^2}{0{,}09} \Rightarrow Q^2 = 9 \cdot 10^{-12} \Rightarrow \boxed{Q = \pm 3 \cdot 10^{-6}\ \text{C}}$$

Como o enunciado do exercício não informa o sinal da carga dos corpos que se repelem, valem as duas respostas:

$$\boxed{Q = +3 \cdot 10^{-6}\ \text{C}} \text{ ou } \boxed{Q = -3 \cdot 10^{-6}\ \text{C}}$$

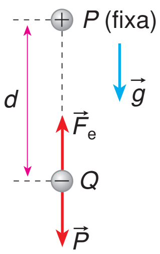
P.14 Os experimentos permitem concluir que as esferas *A* e *B* estão eletrizadas com cargas de sinais contrários (pois se atraem no experimento 3) e que a esfera *C* está neutra, sendo atraída por indução pela esfera *A* (experimento 1) e pela esfera *B* (experimento 2). Portanto, das três hipóteses formuladas, a correta é a **hipótese C**.

P.15 a) 1ª posição: *Q* acima de *P*



Q deve ter **carga positiva**.
A força elétrica $\vec{F}_e$ (repulsiva) equilibra o peso $\vec{P}$ da esfera *Q*.

2ª posição: Q abaixo de P

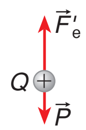


Q deve ter **carga negativa**.
A força elétrica $\vec{F}_e$ (atrativa) equilibra o peso $\vec{P}$ da esfera Q.

b) Nas duas situações de equilíbrio, temos: $F_e = P \Rightarrow F_e = mg$

Para a nova distância $\left(\dfrac{d}{2}\right)$ a força elétrica quadruplica:

$$F'_e = 4F_e \Rightarrow F'_e = 4mg$$



A força resultante sobre a esfera Q vale:

$$F_R = F'_e - P \Rightarrow F_R = 4mg - mg \Rightarrow F_R = 3mg$$

Aplicando o princípio fundamental da Dinâmica, temos:

$$F_R = ma \Rightarrow 3mg = ma \Rightarrow \boxed{a = 3g}$$

P.16 a) A intensidade da força eletrostática F_e pode ser determinada pela lei de Coulomb:

$$F_e = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2} \Rightarrow F_e = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{(0{,}5)^2} \Rightarrow \boxed{F_e = 9{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{N}}$$

b) Para a nova distância (d'), calculemos a intensidade da nova força de interação eletrostática F'_e.

$$F'_e = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{(d')^2} \Rightarrow F'_e = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow F'_e = 9{,}0 \cdot 10^{-1}\ \text{N}$$

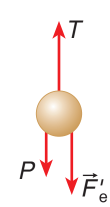
Para determinarmos a tração máxima (T) suportada pelo fio, analisemos o equilíbrio da esfera imediatamente antes do rompimento.

$T = P + F'_e$

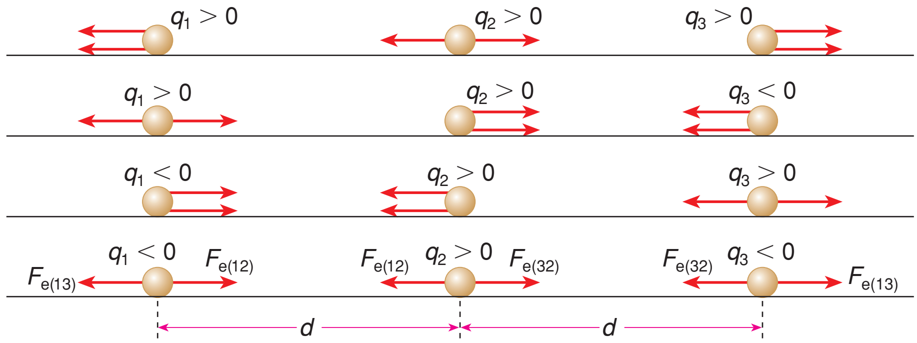
$T = mg + F'_e$

$T = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 + 9 \cdot 10^{-1}$

$\boxed{T = 1{,}4\ \text{N}}$



P.17 a) Na figura, estão analisadas as várias possibilidades. Observe que, no caso $q_2 > 0$, $q_1 < 0$ e $q_3 < 0$, há equilíbrio:



Portanto, as cargas q_1 e q_3 devem ser **negativas**.

b) No equilíbrio, temos:

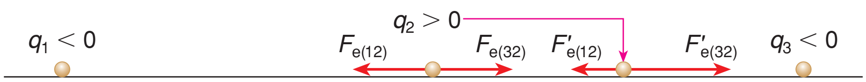
$$F_{e(12)} = F_{e(32)} \Rightarrow k_0 \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2} = k_0 \cdot \frac{|q_3| \cdot |q_2|}{d^2} \Rightarrow |q_1| = |q_3|$$

$$F_{e(13)} = F_{e(12)} \Rightarrow k_0 \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{(2d)^2} = k_0 \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2} \Rightarrow |q_3| = 4 \cdot |q_2| \Rightarrow$$

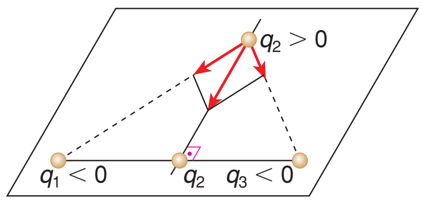
$$\Rightarrow |q_3| = 4 \cdot 2{,}70 \cdot 10^{-4}\ \text{C} \Rightarrow \begin{cases} |q_3| = 1{,}08 \cdot 10^{-3}\ \text{C} \\ \text{e} \\ |q_1| = 1{,}08 \cdot 10^{-3}\ \text{C} \end{cases}$$

Levando em conta os sinais, temos: $\boxed{q_1 = q_3 = -1{,}08 \cdot 10^{-3}\ \text{C}}$

c)

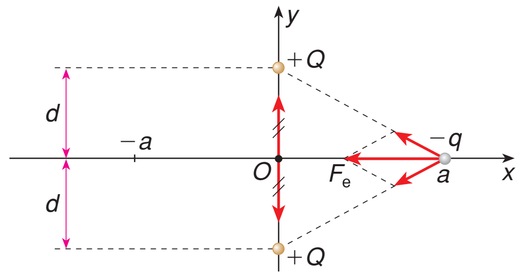


Ao longo do segmento que une as cargas q_1 e q_3, o equilíbrio é **instável**.



Ao longo da mediatriz do segmento que une as cargas q_1 e q_3, o equilíbrio é **estável**.

P.18



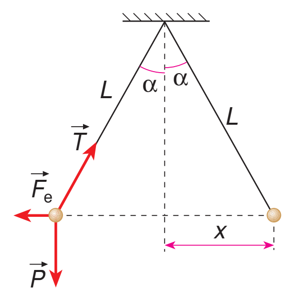
a) A resultante $\vec{F}_e$ das forças elétricas que agem sobre $-q$ faz com que essa carga realize um movimento oscilatório no eixo x, em torno da origem O. Sob a ação dessa força, o módulo da velocidade aumenta a partir da posição a, até atingir valor máximo no instante em que a carga atinge a **origem *O***, pois nesse ponto a força $\vec{F}_e$ se anula.

b) A velocidade de $-q$ anula-se **nas posições *a*** e $-$***a***, extremos da trajetória, onde a resultante elétrica $\vec{F}_e$ apresenta intensidade máxima.

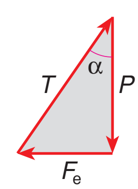
P.19

a) As esferas se aproximam com o decorrer do tempo porque a carga elétrica se escoa gradativamente para o meio, diminuindo a intensidade da força elétrica da repulsão entre elas. Entretanto, os ângulos serão sempre iguais, pois as forças atuantes têm sempre intensidades iguais (ação e reação).

b) Dados: sen α = 0,60; cos α = 0,80; tg α = 0,75;
$L = 0{,}090$ m; $m = 0{,}0048$ kg;
$g = 10\ \text{m/s}^2$; $k_0 = 9{,}0 \cdot 10^9\ \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$



As esferas do pêndulo estão em equilíbrio sob a ação de três forças: a tração $\vec{T}$ no fio, o peso da esfera $\vec{P}$ e a força elétrica $\vec{F}_e$.
Assim, a linha poligonal das forças deve ser fechada.



$$\text{tg}\ \alpha = \frac{F_e}{P} \Rightarrow F_e = P \cdot \text{tg}\ \alpha \Rightarrow F_e = mg \cdot \text{tg}\ \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_e = 0{,}0048 \cdot 10 \cdot 0{,}75 \Rightarrow F_e = 3{,}6 \cdot 10^{-2}\ \text{N}$$

A distância entre as cargas é:

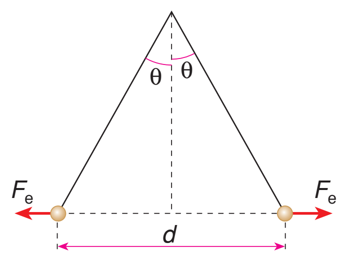
$$d = 2x \Rightarrow d = 2L \cdot \text{sen}\ \alpha \Rightarrow d = 2 \cdot 0{,}090 \cdot 0{,}60 \Rightarrow d = 1{,}08 \cdot 10^{-1}\ \text{m}$$

Aplicando a lei de Coulomb e sendo $Q_1 = Q_2 = Q$, temos:

$$F_e = k_0 \cdot \frac{|Q|^2}{d^2} \Rightarrow 3{,}6 \cdot 10^{-2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|Q|^2}{(1{,}08)^2 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |Q|^2 = \frac{(1{,}08)^2 \cdot 10^{-2} \cdot 3{,}6 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^9} \Rightarrow \boxed{Q = \pm 2{,}16 \cdot 10^{-7}\ \text{C}}$$

P.20 Na figura representamos apenas a força elétrica entre as cargas.



Dados: $q = 2\ \mu C$; $d = 20\ cm = 2 \cdot 10^{-1}\ m$; $k_0 = 9{,}0 \cdot 10^9\ \dfrac{N \cdot m^2}{C^2}$

A intensidade da força elétrica vale:

$$F_e = k_0 \cdot \frac{q^2}{d^2} = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{(2 \cdot 10^{-6})^2}{(2 \cdot 10^{-1})^2} \Rightarrow F_e = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-12}}{4 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_e = 9{,}0 \cdot 10^{-1}\ N \Rightarrow F_e = 0{,}90\ N$$

Quando as cargas passam para $q' = 2q = 2 \cdot 2\ \mu C = 4\ \mu C$, a nova força elétrica passa a ter intensidade:

$$F_e' = k_0 \cdot \frac{(q')^2}{d^2} \Rightarrow F_e' = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{(4 \cdot 10^{-6})^2}{(2 \cdot 10^{-1})^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_e' = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{16 \cdot 10^{-12}}{4 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow F_e' = 36{,}0 \cdot 10^{-1}\ N \Rightarrow F_e' = 3{,}60\ N$$

A força na mola terá intensidade igual à diferença das intensidades das forças elétricas nas duas situações:

$F_{mola} = F_e' - F_e \Rightarrow F_{mola} = 3{,}60 - 0{,}90 \Rightarrow F_{mola} = 2{,}70\ N$

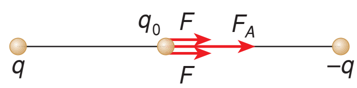
Aplicando a lei de Hooke e considerando que a mola se deforma de $x = 1{,}0\ cm = 1{,}0 \cdot 10^{-2}\ m$, teremos:

$$F_{mola} = kx \Rightarrow k = \frac{F_{mola}}{x} \Rightarrow k = \frac{2{,}70}{1{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{k = 270\ N/m}$$

Observação:

Os dados $m = 90\ g$ (massa das esferas) e $g = 10\ m/s^2$ não são necessários para a solução do exercício.

P.21 **Figura a**

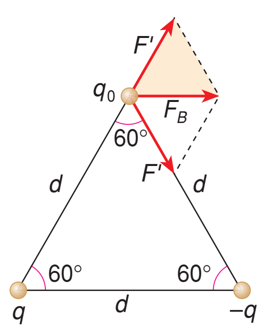


As forças eletrostáticas com que q e $-q$ agem em q_0 têm a mesma intensidade F dada por: $F = k_0 \cdot \dfrac{q \cdot q_0}{\left(\dfrac{d}{2}\right)^2}$

A intensidade da força eletrostática resultante sobre q_0 vale:

$$F_A = 2F \Rightarrow F_A = 2 \cdot k_0 \cdot \frac{q \cdot q_0}{\dfrac{d^2}{4}} \Rightarrow F_A = 8k_0 \cdot \frac{q \cdot q_0}{d^2} \quad ①$$

Figura b

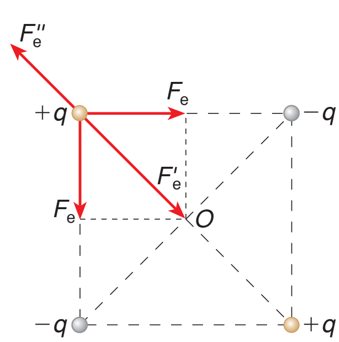


O triângulo sombreado é equilátero. Logo:

$$F_B = F' \Rightarrow F_B = k_0 \cdot \frac{q \cdot q_0}{d^2} \quad ②$$

De ① e ②, resulta: $\dfrac{F_A}{F_B} = 8$

P.22 a) Em cada carga, agem as forças $\vec{F}_e$ de atração das cargas adjacentes (cuja resultante é $\vec{F}'_e$) e a força de repulsão $\vec{F}''_e$ da carga de mesmo sinal situada na diagonal.



A resultante centrípeta $\vec{F}_R$ terá módulo dado por: $F_R = F'_e - F''_e$. A direção será a da diagonal do quadrado e o sentido será para o centro O da trajetória descrita.

Cálculo do módulo de $\vec{F}'_e$:

Como $F_e = k_0 \cdot \dfrac{q^2}{a^2}$, temos:

$$(F'_e)^2 = 2F_e^2 \Rightarrow (F'_e)^2 = 2 \cdot \left(k_0 \cdot \frac{q^2}{a^2}\right)^2 \Rightarrow F'_e = \sqrt{2} \cdot k_0 \cdot \frac{q^2}{a^2}$$

Cálculo do módulo de $\vec{F}''_e$:

$F''_e = k_0 \cdot \dfrac{q^2}{(2R)^2}$ (em que R é o raio da trajetória)

Como $R = \dfrac{\sqrt{2}}{2} \cdot a$, vem:

$$F''_e = k_0 \cdot \frac{q^2}{4 \cdot \frac{2}{4} \cdot a^2} \Rightarrow F''_e = k_0 \cdot \frac{q^2}{2a^2} = \frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{q^2}{a^2}$$

Portanto: $F_R = \sqrt{2} \cdot k_0 \cdot \dfrac{q^2}{a^2} - \dfrac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \dfrac{q^2}{a^2} \Rightarrow \boxed{F_R \simeq 0{,}9k_0 \cdot \dfrac{q^2}{a^2}}$

b) $F_R = m\dfrac{v^2}{R} \Rightarrow 0{,}9k_0 \cdot \dfrac{q^2}{a^2} = m \cdot \dfrac{v^2}{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a} \Rightarrow v^2 = 0{,}9 \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2} \cdot \dfrac{k_0 q^2}{ma} \Rightarrow$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{0{,}9 \cdot \sqrt{2}}{2} \cdot \frac{k_0 q^2}{ma}} \Rightarrow \boxed{v \simeq 0{,}8q \cdot \sqrt{\frac{k_0}{ma}}}$$

P.23 Dados: $q = 10^{-9}$ C; $F_e = 10^{-2}$ N (vertical, descendente);

a) Intensidade:

$$E = \frac{F_e}{|q|} \Rightarrow E = \frac{10^{-2}}{10^{-9}} \Rightarrow \boxed{E = 10^7 \text{ N/C}}$$

Direção: **vertical** (a mesma de $\vec{F}_e$)

Sentido: **descendente** (o mesmo de $\vec{F}_e$, pois $q > 0$)

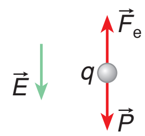
b) Sendo $q' = 3\ \mu C = 3 \cdot 10^{-6}$ C, temos:

$$F'_e = |q'|E \Rightarrow F'_e = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 10^7 \Rightarrow \boxed{F'_e = 30 \text{ N}}$$

Direção: **vertical** (a mesma de $\vec{E}$)

Sentido: **descendente** (o mesmo de $\vec{E}$, pois $q' > 0$)

P.24 a) Dados: $E = 5 \cdot 10^3$ N/C (vertical, descendente); $P = 2 \cdot 10^{-3}$ N



Intensidade:

$$F_e = P \Rightarrow \boxed{F_e = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N}}$$

Direção: **vertical**

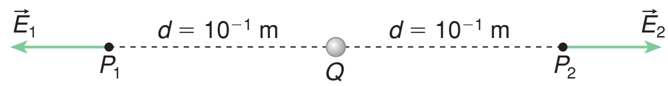
Sentido: **ascendente** (oposto ao do peso, pois a pequena esfera fica em equilíbrio)

b) $F_e = |q| \cdot E \Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} = |q| \cdot 5 \cdot 10^3 \Rightarrow |q| = 0{,}4 \cdot 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow |q| = 4 \cdot 10^{-7}$ C

A carga tem sinal negativo ($\vec{F}_e$ e $\vec{E}$ têm sentidos opostos). Portanto:

$$\boxed{q = -4 \cdot 10^{-7} \text{ C}}$$

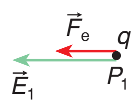
P.25 Dados: $Q = 10^{-5}$ C; $k_0 = 9 \cdot 10^9 \; \frac{N \cdot m^2}{C^2}$



Em P_1: $E_1 = k_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2} \Rightarrow E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-5}}{10^{-2}} \Rightarrow \boxed{E_1 = 9 \cdot 10^6 \text{ N/C}}$ (horizontal; para a esquerda)

Em P_2: $E_2 = k_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2} \Rightarrow E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-5}}{10^{-2}} \Rightarrow \boxed{E_2 = 9 \cdot 10^6 \text{ N/C}}$ (horizontal; para a direita)

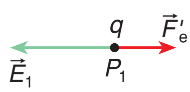
Carga $q = 1 \; \mu C = 10^{-6}$ C colocada em P_1:



$F_e = |q| \cdot E_1 \Rightarrow F_e = 10^{-6} \cdot 9 \cdot 10^6 \Rightarrow \boxed{F_e = 9 \text{ N}}$

$\vec{F}_e$ tem o sentido e a direção de $\vec{E}_1$.

Carga $q = -1 \mu C = -10^{-6}$ C colocada em P_1:



$F'_e = |q| \cdot E_1 \Rightarrow F'_e = 10^{-6} \cdot 9 \cdot 10^6 \Rightarrow \boxed{F'_e = 9 \text{ N}}$

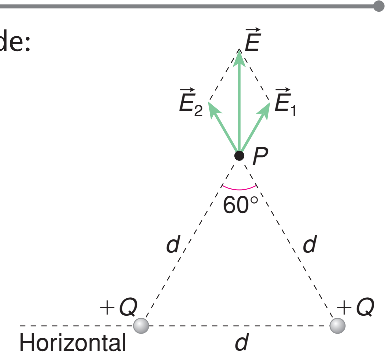
$\vec{F}'_e$ tem a direção de $\vec{E}_1$ e sentido contrário.

P.26 a) Os vetores campo $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$ têm a mesma intensidade:

$E_1 = E_2 = k_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6}}{(0{,}3)^2}$

$E_1 = E_2 = 10^5$ N/C

O vetor campo elétrico resultante $\vec{E}$ tem direção vertical, sentido ascendente e intensidade que pode ser calculada pela lei dos cossenos:



$E^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos 60°$

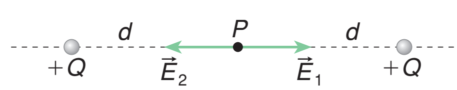
$E^2 = (10^5)^2 + (10^5)^2 + 2 \cdot 10^5 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{2}$

$E^2 = 3 \cdot (10^5)^2$

$\boxed{E = 10^5 \cdot \sqrt{3} \text{ N/C}}$

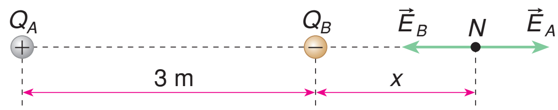
b) O vetor campo resultante em P é nulo:

$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{0} \Rightarrow \boxed{\vec{E} = \vec{0}}$



P.27 Dados: $Q_A = 8\ \mu C$; $Q_B = -2\mu C$

No ponto N, onde o campo elétrico resultante é nulo, os vetores do campo criado pela carga Q_A ($\vec{E}_A$) e do campo criado pela carga Q_B ($\vec{E}_B$) devem ter sentidos opostos e mesma intensidade. Isso só é possível à direita de B:



$$E_A = k_0 \cdot \frac{|Q_A|}{d_A^2} \Rightarrow E_A = k_0 \cdot \frac{8}{(3 + x)^2}$$

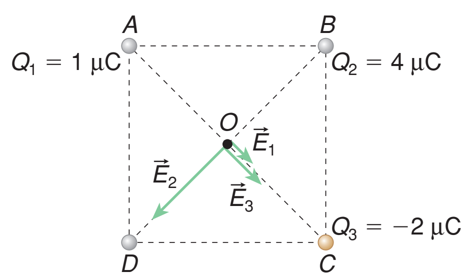
$$E_B = k_0 \cdot \frac{|Q_B|}{d_B^2} \Rightarrow E_B = k_0 \cdot \frac{2}{x^2}$$

$$E_A = E_B \Rightarrow k_0 \cdot \frac{8}{(3 + x)^2} = k_0 \cdot \frac{2}{x^2} \Rightarrow \frac{4}{(3 + x)^2} = \frac{1}{x^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4x^2 = (3 + x)^2 \Rightarrow 2x = 3 + x \Rightarrow \boxed{x = 3\text{ m}}$$

O ponto N, onde o campo elétrico resultante é nulo, deve estar a 3 metros à direita de B.

P.28



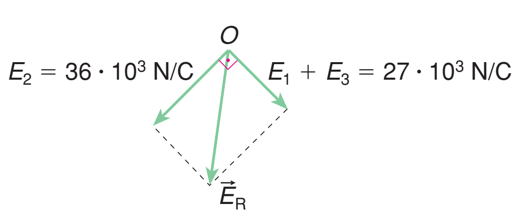
$$d = \frac{L\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}{2} \Rightarrow d = 1\text{ m}$$

$$E_1 = k_0 \cdot \frac{|Q_1|}{d^2} \Rightarrow E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6}}{1^2} \Rightarrow E_1 = 9 \cdot 10^3\ \text{N/C}$$

$$E_2 = k_0 \cdot \frac{|Q_2|}{d^2} \Rightarrow E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{1^2} \Rightarrow E_2 = 36 \cdot 10^3\ \text{N/C}$$

$$E_3 = k_0 \cdot \frac{|Q_3|}{d^2} \Rightarrow E_3 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6}}{1^2} \Rightarrow E_3 = 18 \cdot 10^3\ \text{N/C}$$

No ponto O, temos:



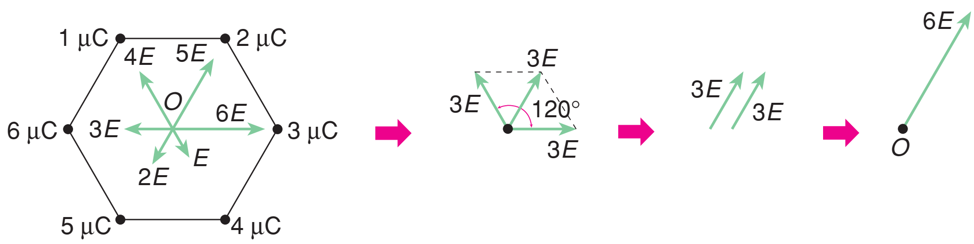
O teorema de Pitágoras permite achar a intensidade do vetor campo elétrico resultante em O:

$$E_R^2 = E_1^2 + E_2^2 \Rightarrow E_R^2 = (36 \cdot 10^3)^2 + (27 \cdot 10^3)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_R = 45 \cdot 10^3 \text{ N/C} \Rightarrow \boxed{E_R = 4{,}5 \cdot 10^4 \text{ N/C}}$$

Uma carga elétrica colocada no ponto D origina em O um vetor campo elétrico que tem a direção da reta $\overleftrightarrow{DO}$; portanto, nunca poderá anular o vetor campo $\vec{E}_R$ produzido por Q_1, Q_2 e Q_3 em O.

P.29 Chamando de E a intensidade do campo que a carga 1 μC origina no centro O do hexágono, temos:



O vetor campo elétrico resultante tem intensidade:

$$E_R = 6E = 6 \cdot k_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2} \Rightarrow E_R = 6 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6}}{(0{,}3)^2} \Rightarrow \boxed{E_R = 6 \cdot 10^5 \text{ N/C}}$$

P.30 a) O campo elétrico é mais intenso nas proximidades da carga q_1, onde há uma maior concentração de linhas de força.

b) A carga q_1 é positiva ($q_1 > 0$), pois as linhas de força estão partindo dela. A carga q_2 é negativa ($q_2 < 0$), pois as linhas de força estão chegando a ela.

Portanto, o produto $q_1 \cdot q_2$ é negativo: $\boxed{q_1 \cdot q_2 < 0}$

P.31 A mínima velocidade com que a partícula deve ser lançada de A corresponde a atingir B com velocidade nula. A equação de Torricelli fornece:

$$v_B^2 = v_A^2 + 2\alpha \cdot \Delta s \Rightarrow 0 = v_{\text{mín.}}^2 + 2\alpha \cdot \Delta s$$

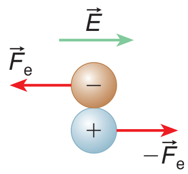
Para o cálculo da aceleração, apliquemos a equação fundamental da Dinâmica:

$$F = ma \Rightarrow qE = ma \Rightarrow a = \frac{qE}{m} \Rightarrow a = \frac{0{,}1 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5}{10^{-7}} \Rightarrow a = 10^5 \text{ m/s}^2$$

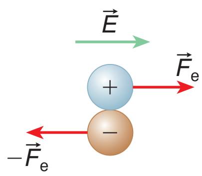
Na equação de Torricelli, sendo $\alpha = -a = -10^5$ m/s² e $\Delta s = 0{,}2$ m, temos:

$$0 = v_{\text{mín.}}^2 - 2 \cdot 10^5 \cdot 0{,}2 \Rightarrow \boxed{v_{\text{mín.}} = 200 \text{ m/s}}$$

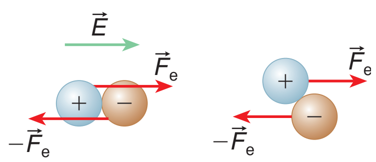
P.32 Analisemos as várias situações apresentadas:

a) 

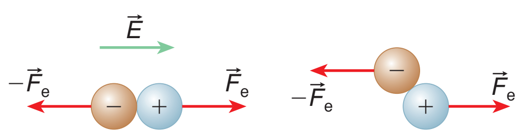
A molécula não está em equilíbrio. Ela está sob a ação do binário constituído por $-\vec{F}_e$ e $\vec{F}_e$.

b) 

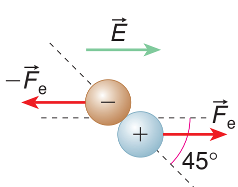
A molécula não está em equilíbrio. Ela está sob a ação do binário constituído por $\vec{F}_e$ e $-\vec{F}_e$.

c) 

O equilíbrio é **instável**, pois girando-se a molécula surge um binário (constituído por $\vec{F}_e$ e $-\vec{F}_e$) que a afasta da posição de equilíbrio.

d) 

O equilíbrio é **estável**, pois girando-se a molécula surge um binário (constituído por $\vec{F}_e$ e $-\vec{F}_e$) que a reconduz à posição de equilíbrio.

e) 

A molécula não está em equilíbrio. Ela está sob a ação do binário constituído por $\vec{F}_e$ e $-\vec{F}_e$.

Portanto, a molécula estará em **equilíbrio estável** na posição representada na alternativa **d**. Nessa situação, a molécula se orienta na direção das linhas de força do campo $\vec{E}$ com o polo positivo no sentido de $\vec{E}$.

P.33 Dados: $q = 3 \cdot 10^{-8}$ C; $d = 3$ m; $F_e = 1{,}5 \cdot 10^{-2}$ N; $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

a) $E = \dfrac{F_e}{|q|} \Rightarrow E = \dfrac{1{,}5 \cdot 10^{-2}}{3 \cdot 10^{-8}} \Rightarrow \boxed{E = 5 \cdot 10^5 \text{ N/C}}$

b) $E = k_0 \cdot \dfrac{|Q|}{d^2} \Rightarrow 5 \cdot 10^5 = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{|Q|}{9} \Rightarrow \boxed{|Q| = 5 \cdot 10^{-4} \text{ C}}$

A carga que gera o campo pode ser positiva ($Q = +\,5 \cdot 10^{-4}$ C) ou negativa ($Q = -5 \cdot 10^{-4}$ C).

P.34 a) Do gráfico: $E = 18 \cdot 10^3$ N/C para $d = 1$ m

Logo:

$$E = k_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2} \Rightarrow 18 \cdot 10^3 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|Q|}{1} \Rightarrow |Q| = 2 \cdot 10^{-6}\text{ C} \Rightarrow \boxed{Q = +2 \cdot 10^{-6}\text{ C}}$$

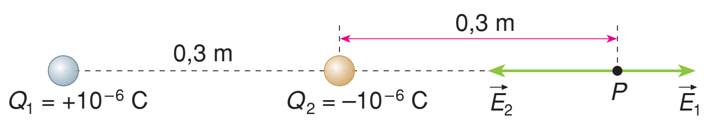
b) Para $q = -10^{-5}$ C e $d = 2$ m, temos:

$$F_e = k_0 \cdot \frac{|q| \cdot |Q|}{d^2} \Rightarrow F_e = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{4} \Rightarrow \boxed{F_e = 4{,}5 \cdot 10^{-2}\text{ N}}$$

c) Para $q = 10^{-5}$ C e $d = 1$ m, temos:

$$F_e = k_0 \cdot \frac{|q| \cdot |Q|}{d^2} \Rightarrow F_e = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{1} \Rightarrow \boxed{F_e = 1{,}8 \cdot 10^{-1}\text{ N}}$$

P.35 a)



$$E_1 = k_0 \cdot \frac{|Q_1|}{d_1^2} \Rightarrow E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6}}{(0{,}6)^2} \Rightarrow E_1 = 0{,}25 \cdot 10^5\text{ N/C}$$

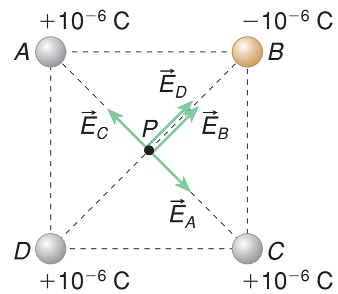
$$E_2 = k_0 \cdot \frac{|Q_2|}{d_2^2} \Rightarrow E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6}}{(0{,}3)^2} \Rightarrow E_2 = 10^5\text{ N/C}$$

O vetor campo elétrico resultante $\vec{E}_R$ tem direção horizontal, sentido para a esquerda e intensidade:

$E_R = E_2 - E_1 \Rightarrow E_R = 10^5 - 0{,}25 \cdot 10^5 \Rightarrow$

$\Rightarrow E_R = 0{,}75 \cdot 10^5\text{ N/C} \Rightarrow \boxed{E_R = 7{,}5 \cdot 10^4\text{ N/C}}$

b) Na figura, estão representados os vetores campo componentes.



$$E_A = E_B = E_C = E_D = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6}}{(0{,}3)^2}$$

$E_A = E_B = E_C = E_D = 10^5$ N/C

O vetor campo elétrico resultante tem a direção da reta $\overleftrightarrow{BD}$, o sentido de D para B e intensidade:

$E_R = E_B + E_D \Rightarrow E_R = 10^5 + 10^5 \Rightarrow \boxed{E_R = 2 \cdot 10^5\text{ N/C}}$

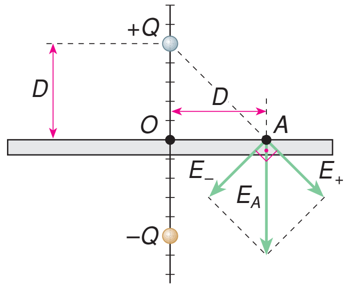
P.36 a) Pela configuração das linhas de força em torno de $+Q$, concluímos que a intensidade da força que age em $+Q$, devida às cargas induzidas na placa (figura I do enunciado) é a mesma com que $-Q$ age em $+Q$:

$$F = k \cdot \frac{Q \cdot Q}{(2D)^2} \Rightarrow F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1{,}5 \cdot 10^{-9})^2}{(2 \cdot 0{,}05)^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F = 2{,}025 \cdot 10^{-6}\ \text{N} \Rightarrow \boxed{F \simeq 2{,}0 \cdot 10^{-6}\ \text{N}}$$

b) De $F = Q \cdot E_0$, vem: $2{,}0 \cdot 10^{-6} = 1{,}5 \cdot 10^{-9} \cdot E_0 \Rightarrow E_0 \simeq 1{,}3 \cdot 10^3$ V/m

c)



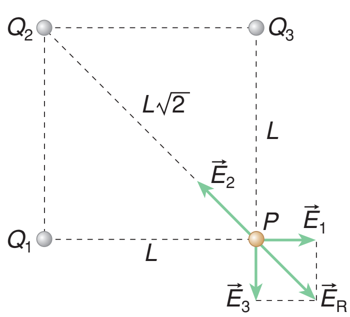
d) $E_+ = E_- = k \cdot \dfrac{Q}{d^2}$ ou de $d^2 = 2D^2$

$$E_+ = E_- = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1{,}5 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot (0{,}05)^2}$$

$$E_+ = E_- = 2{,}7 \cdot 10^3\ \text{V/m}$$

$$E_A^2 = E_+^2 + E_-^2 \Rightarrow E_A^2 = (2{,}7 \cdot 10^3)^2 + (2{,}7 \cdot 10^3)^2 \Rightarrow \boxed{E_A \simeq 3{,}8 \cdot 10^3\ \text{V/m}}$$

P.37 O campo resultante $\vec{E}_R$ dos campos gerados por Q_1 e Q_3 deve ter intensidade igual ao campo gerado por Q_2, conforme mostra a figura ($\vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{0}$).



$$E_1 = E_3 = k_0 \cdot \frac{Q_1}{L^2}$$

$$E_R^2 = E_1^2 + E_3^2 = 2E_1^2$$

$$E_R = \sqrt{2} \cdot E_1$$

$$E_R = \sqrt{2} \cdot k_0 \cdot \frac{Q_1}{L^2}$$

$$E_2 = k_0 \cdot \frac{|Q_2|}{\left(L\sqrt{2}\right)^2} \Rightarrow E_2 = k_0 \cdot \frac{|Q_2|}{2L^2}$$

Mas $E_2 = E_R$. Logo:

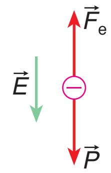
$$k_0 \cdot \frac{|Q_2|}{2L^2} = \sqrt{2} \cdot k_0 \cdot \frac{Q_1}{L^2} \Rightarrow |Q_2| = 2\sqrt{2} \cdot Q_1$$

Como a carga Q_2 deve ser negativa, para que o vetor $\vec{E}_2$ se oponha a $\vec{E}_R$, vem:

$$Q_2 = -2\sqrt{2} \cdot Q_1$$

Substituindo $Q_1 = 4\ \mu\text{C}$, teremos: $\boxed{Q_2 = -8\sqrt{2}\ \mu\text{C}}$

P.38 Dados: $P = 10^{-4}$ N; $E = 10^5$ N/C

a) 

Como a força elétrica $\vec{F}_e$ deve equilibrar o peso $\vec{P}$ da esfera, ela deve estar orientada verticalmente para cima.

Sendo a carga da esfera negativa, o sentido do vetor campo elétrico $\vec{E}$ deve ser contrário ao da força elétrica $\vec{F}_e$. Portanto, as linhas de força do campo elétrico devem ter **direção vertical** e **sentido de cima para baixo**.

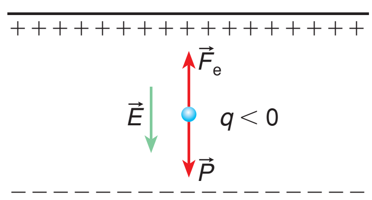
b) Havendo equilíbrio: $F_e = P = 10^{-4}$ N.

Como $F_e = |q| \cdot E$, vem:

$10^{-4} = |q| \cdot 10^5 \Rightarrow |q| = 10^{-9}$ C

A carga é negativa. Então: $\boxed{q = -10^{-9}\ \text{C}}$

c) O equilíbrio da carga é **indiferente**, pois o campo elétrico é uniforme. Em qualquer ponto em que a carga for colocada, a força elétrica (constante) estará equilibrando o peso.

P.39 a) 

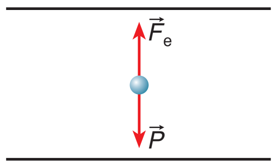
b) Para que a gotícula permaneça em repouso, é necessário que sua carga seja tal que a força elétrica que sobre ela age tenha intensidade igual ao seu peso: $F_e = P$

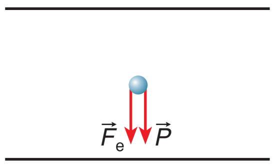
Como $F_e = |-q| \cdot E$ e $P = mg$, vem:

$$|-q| \cdot E = mg \Rightarrow \boxed{|-q| = \frac{mg}{E}}$$

Sendo negativa: $\boxed{-q = -\frac{mg}{E}}$ ou $\boxed{q = \frac{mg}{E}}$

P.40 Dado: $g = 10\ m/s^2$





Situação inicial:

$F_e = P$

Após a inversão dos sinais das placas:

$F_R = P + F_e = 2P = 2mg$

Aplicando o princípio fundamental da Dinâmica:

$F_R = ma \Rightarrow 2mg = ma \Rightarrow a = 2g \Rightarrow \boxed{a = 20\ m/s^2}$

P.41 a) $F_e = |q| \cdot E = ma \Rightarrow a = \dfrac{|q| \cdot E}{m} \Rightarrow a = 1{,}76 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}0 \cdot 10^5 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{a = 1{,}76 \cdot 10^{16}\ m/s^2}$

b) $v^2 = v_0^2 + 2a \cdot \Delta s \Rightarrow v^2 = 0 + 2 \cdot 1{,}76 \cdot 10^{16} \cdot 8{,}8 \cdot 10^{-3} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{v = 1{,}76 \cdot 10^7\ m/s}$

P.42 Força elétrica:

$F_e = |q| \cdot E \Rightarrow F_e = 10^{-6} \cdot 7 \cdot 10^4 \Rightarrow F_e = 7 \cdot 10^{-2}\ N$

Força peso:

$P = mg \Rightarrow P = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \Rightarrow P = 10 \cdot 10^{-2}\ N$

Força resultante:

$F_R = P - F_e \Rightarrow F_R = 10 \cdot 10^{-2} - 7 \cdot 10^{-2} \Rightarrow F_R = 3 \cdot 10^{-2}\ N$

Equação fundamental da Dinâmica:

$F_R = ma \Rightarrow a = \dfrac{F_R}{m} \Rightarrow a = \dfrac{3 \cdot 10^{-2}}{10 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow a = 3\ m/s^2$

Tempo de subida:

Sendo $v = v_0 + \alpha \cdot t$; $v_0 = 6\ m/s$; $\alpha = -3\ m/s^2$ (subida: MRUV retardado), temos:

$v = 0 \Rightarrow 0 = 6 - 3t_s \Rightarrow 3t_s = 6 \Rightarrow t_s = 2\ s$

Tempo total (até retornar ao ponto de lançamento): $t_t = 2t_s \Rightarrow \boxed{t_t = 4\ s}$

P.43 a) $F_e = Mg + F_{\text{elétrica}} \Rightarrow F_e = Mg + Q \cdot E \Rightarrow$

$\Rightarrow F_e = 0{,}1 \cdot 10 + 3 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 10^5 \Rightarrow \boxed{F_e = 4\text{ N}}$

b) $R = \dfrac{T_Q}{T_0} \Rightarrow R = \dfrac{2\pi \cdot \sqrt{\dfrac{M \cdot \ell}{F_e}}}{2\pi \cdot \sqrt{\dfrac{M \cdot \ell}{Mg}}} \Rightarrow R = \sqrt{\dfrac{Mg}{F_e}} \Rightarrow R = \sqrt{\dfrac{1}{4}} \Rightarrow \boxed{R = \dfrac{1}{2}}$

c) Sob ação do campo elétrico o período do pêndulo se reduz à metade, isto é, o pêndulo oscila mais rapidamente e o relógio adianta ($T_0 = 2$ s e $T_Q = 1$ s). Na situação inicial o pêndulo completa 1.800 oscilações. Sob ação do campo elétrico o pêndulo completará 3.600 oscilações, indicando o dobro do tempo. Portanto, quando de fato forem 3 horas da tarde, o relógio estará indicando **6 horas da tarde**.

P.44 Dados: $q = 5 \cdot 10^{-6}$ C; $\mathcal{T}_{AB} = -10^4$ J

Da expressão do trabalho da força elétrica:

$\mathcal{T}_{AB} = q \cdot (V_A - V_B) \Rightarrow -10^4 = 5 \cdot 10^{-6} \cdot (V_A - V_B) \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_A - V_B = \frac{-10^4}{5 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \boxed{V_A - V_B = -20 \text{ V}}$$

Esse resultado indica que $V_A < V_B$.

P.45 Se os potenciais de A e B valem, respectivamente, 150 V e 100 V, em relação a um certo ponto de referência, a ddp entre A e B é igual a 50 V e não depende do ponto de referência. Adotando B como referencial ($V_B = 0$), temos:

$$V_A - V_B = 50 \text{ V} \Rightarrow V_A - 0 = 50 \text{ V} \Rightarrow \boxed{V_A = 50 \text{ V}}$$

P.46 Dados: $Q = 3\ \mu\text{C} = 3 \cdot 10^{-6}$ C; $d_A = 0{,}3$ m $= 3 \cdot 10^{-1}$ m; $d_B = 0{,}9$ m $= 9 \cdot 10^{-1}$ m; $k_0 = 9 \cdot 10^9\ \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$

a) $V_A = k_0 \cdot \dfrac{Q}{d_A} = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{3 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow \boxed{V_A = 9 \cdot 10^4 \text{ V}}$

$V_B = k_0 \cdot \dfrac{Q}{d_B} = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{3 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow \boxed{V_B = 3 \cdot 10^4 \text{ V}}$

b) Sendo $q = 5\ \mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-6}$ C de A para B, temos:

$V_A - V_B = 9 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^4 \Rightarrow V_A - V_B = 6 \cdot 10^4$ V

$\mathcal{T} = q \cdot (V_A - V_B) \Rightarrow \mathcal{T} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot (6 \cdot 10^4) \Rightarrow \boxed{\mathcal{T} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ J}}$

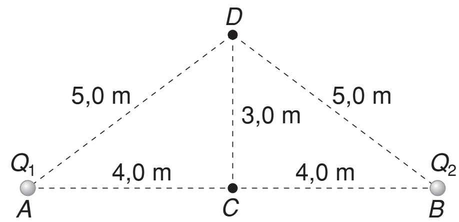
c) Sendo $q = 5\ \mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-6}$ C de B para A, temos:

$V_B - V_A = 3 \cdot 10^4 - 9 \cdot 10^4 \Rightarrow V_B - V_A = -6 \cdot 10^4$ V

$\mathcal{T} = q \cdot (V_B - V_A) \Rightarrow \mathcal{T} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot (-6 \cdot 10^4) \Rightarrow \boxed{\mathcal{T} = -3 \cdot 10^{-1} \text{ J}}$

P.47 Dados: $Q_1 = 2{,}0\ \mu C = 2{,}0 \cdot 10^{-6}\ C$; $Q_2 = 4{,}0\ \mu C = 4{,}0 \cdot 10^{-6}\ C$; $d = 8{,}0\ m$;

$k_0 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{N \cdot m^2}{C^2}$



a) No ponto C:

$$V_1 = k_0 \cdot \frac{Q_1}{d_1} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}}{4{,}0} \Rightarrow V_1 = 4{,}5 \cdot 10^3\ V$$

$$V_2 = k_0 \cdot \frac{Q_2}{d_2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4{,}0 \cdot 10^{-6}}{4{,}0} \Rightarrow V_2 = 9{,}0 \cdot 10^3\ V$$

$$V_C = V_1 + V_2 = 4{,}5 \cdot 10^3 + 9{,}0 \cdot 10^3 \Rightarrow V_C = 13{,}5 \cdot 10^3\ V \Rightarrow \boxed{V_C = 1{,}35 \cdot 10^4\ V}$$

No ponto D:

$$V_1 = k_0 \cdot \frac{Q_1}{d_1} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}}{5{,}0} \Rightarrow V_1 = 3{,}6 \cdot 10^3\ V$$

$$V_2 = k_0 \cdot \frac{Q_2}{d_2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4{,}0 \cdot 10^{-6}}{5{,}0} \Rightarrow V_2 = 7{,}2 \cdot 10^3\ V$$

$$V_D = V_1 + V_2 = 3{,}6 \cdot 10^3 + 7{,}2 \cdot 10^3 \Rightarrow V_D = 10{,}8 \cdot 10^3\ V \Rightarrow \boxed{V_D = 1{,}08 \cdot 10^4\ V}$$

b) Sendo $q = 2{,}0 \cdot 10^{-7}\ C$, temos:

$$V_C - V_D = 1{,}35 \cdot 10^4 - 1{,}08 \cdot 10^4 \Rightarrow V_C - V_D = 0{,}27 \cdot 10^4\ V$$

$$\mathcal{T}_{CD} = q \cdot (V_C - V_D) \Rightarrow \mathcal{T}_{CD} = 2{,}0 \cdot 10^{-7} \cdot 0{,}27 \cdot 10^4 \Rightarrow$$

$$\mathcal{T}_{CD} = 0{,}54 \cdot 10^{-3}\ J \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{CD} = 5{,}4 \cdot 10^{-4}\ J}$$

P.48 a) $V_0 = k_0 \cdot \frac{Q_1}{d} + k_0 \cdot \frac{Q_2}{d} + k_0 \cdot \frac{Q_3}{d} \Rightarrow V_0 = k_0 \cdot \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{d} \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_0 = k_0 \cdot \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{\frac{L\sqrt{2}}{2}} \Rightarrow V_0 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-3 - 2 + 1) \cdot 10^{-6}}{\frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}{2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{V_0 = -3{,}6 \cdot 10^4 \text{ V}}$$

b) Seja Q_4 a carga elétrica fixada no quarto vértice. Devemos ter:

$$V_0 = k_0 \cdot \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{d} = 0 \Rightarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_4 = -(Q_1 + Q_2 + Q_3) \Rightarrow Q_4 = -(-3 - 2 + 1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_4 = 4\ \mu\text{C} \Rightarrow \boxed{Q_4 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}}$$

P.49 Sendo $V_P = -1.000$ V; $q = 3 \cdot 10^{-6}$ C, temos:

$$E_P = qV_P \Rightarrow E_P = 3 \cdot 10^{-6} \cdot (-10^3) \Rightarrow \boxed{E_P = -3 \cdot 10^{-3} \text{ J}}$$

P.50 Dados: $Q_1 = -2\ \mu\text{C} = -2 \cdot 10^{-6}$ C; $Q_2 = 5\ \mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-6}$ C

a) Sendo $d_1 = 0{,}20 \text{ m} = 2 \cdot 10^{-1}$ m; $d_2 = 0{,}50 \text{ m} = 5 \cdot 10^{-1}$ m, temos:

$$V_1 = k_0 \cdot \frac{Q_1}{d_1} \Rightarrow V_1 = k_0 \cdot \frac{(-2 \cdot 10^{-6})}{2 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow V_1 = -k_0 \cdot 10^{-5}$$

$$V_2 = k_0 \cdot \frac{Q_2}{d_2} \Rightarrow V_2 = k_0 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow V_2 = k_0 \cdot 10^{-5}$$

$$V_P = V_1 + V_2 \Rightarrow V_P = -k_0 \cdot 10^{-5} + k_0 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \boxed{V_P = 0}$$

b) Sendo $q = 6 \cdot 10^{-8}$ C, temos:

$$E_P = qV_P \Rightarrow \boxed{E_P = 0}$$

P.51 Dado: $E = 10^5$ V/m

a) $V_A - V_D = 100 - 90 \Rightarrow V_A - V_D = 10$ V

$$Ed = V_A - V_D \Rightarrow d = \frac{V_A - V_D}{E} \Rightarrow d = \frac{10}{10^5} \Rightarrow \boxed{d = 10^{-4}\ \text{m}}$$

b) $V_A - V_F = 100 - 80 \Rightarrow \boxed{V_A - V_F = 20\ \text{V}}$

c) Sendo $q = 1\ \mu C = 10^{-6}$ C, temos:

$$\mathcal{T}_{AC} = q \cdot (V_A - V_C) \Rightarrow \mathcal{T}_{AC} = 10^{-6} \cdot (100 - 90) \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{AC} = 10^{-5}\ \text{J}}$$

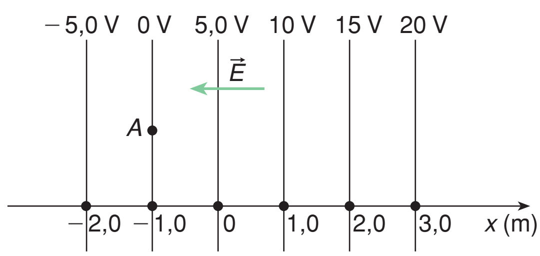
O trabalho $\mathcal{T}_{AC}$ não depende da trajetória da carga entre os pontos A e C.

d) Sendo $q = 1\ \mu C = 10^{-6}$ C, temos:

$$E_{p(B)} = qV_B \Rightarrow E_{p(B)} = 10^{-6} \cdot 100 \Rightarrow \boxed{E_{p(B)} = 10^{-4}\ \text{J}}$$

P.52 Dados: $m = 4{,}0 \cdot 10^{-7}$ kg; $q = 2{,}0 \cdot 10^{-6}$ C

a) O vetor campo elétrico tem direção perpendicular aos planos equipotenciais e sentido dos potenciais decrescentes. Portanto, $\vec{E}$ tem a direção do eixo x e sentido oposto ao do eixo.



Entre dois planos equipotenciais consecutivos, na figura, temos $d = 1{,}0$ m e $U = 5{,}0$ V. Assim:

$$Ed = U \Rightarrow E = \frac{U}{d} \Rightarrow E = \frac{5{,}0}{1{,}0} \Rightarrow \boxed{E = 5{,}0\ \text{V/m}}$$

b) Em A: $x = -1{,}0$ m e $v_0 = 0$

$F_e = |q| \cdot E = 2{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 5{,}0 \Rightarrow F_e = 1{,}0 \cdot 10^{-5}$ N

Pelo princípio fundamental da Dinâmica:

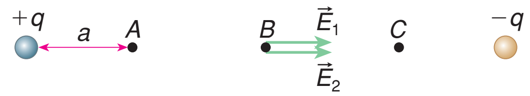
$F_e = ma \Rightarrow 1{,}0 \cdot 10^{-5} = 4{,}0 \cdot 10^{-7} \cdot a \Rightarrow a = 25\ \text{m/s}^2$

Para um deslocamento $\Delta s = 2{,}0$ m:

$$v^2 = v_0^2 + 2a \cdot \Delta s \Rightarrow v^2 = 2 \cdot 25 \cdot 2{,}0 \Rightarrow v^2 = 100 \Rightarrow \boxed{v = 10\ \text{m/s}}$$

P.53

a)



$$V_B = V_1 + V_2 \Rightarrow V_B = k_0 \cdot \frac{q}{2a} + k_0 \cdot \frac{(-q)}{2a} \Rightarrow \boxed{V_B = 0}$$

$$E_1 = E_2 = k_0 \cdot \frac{q}{(2a)^2} = k_0 \cdot \frac{q}{4a^2}$$

$$E_B = E_1 + E_2 \Rightarrow E_B = k_0 \cdot \frac{q}{4a^2} + k_0 \cdot \frac{q}{4a^2} \Rightarrow \boxed{E_B = \frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{q}{a^2}}$$

b) $$V_A = k_0 \cdot \frac{q}{a} + k_0 \cdot \frac{(-q)}{3a} \Rightarrow V_A = \frac{2}{3} \cdot k_0 \cdot \frac{q}{a}$$

$$V_B = k_0 \cdot \frac{q}{2a} + k_0 \cdot \frac{(-q)}{2a} \Rightarrow V_B = 0$$

$$V_B - V_A = 0 - \frac{2}{3} \cdot k_0 \cdot \frac{q}{a} \Rightarrow \boxed{V_B - V_A = -\frac{2}{3} \cdot k_0 \cdot \frac{q}{a}}$$

$$V_C = k_0 \cdot \frac{q}{3a} + k_0 \cdot \frac{(-q)}{a} \Rightarrow V_C = -\frac{2}{3} \cdot k_0 \cdot \frac{q}{a}$$

$$V_C - V_B = -\frac{2}{3} \cdot k_0 \cdot \frac{q}{a} - 0 \Rightarrow \boxed{V_C - V_B = -\frac{2}{3} \cdot k_0 \cdot \frac{q}{a}}$$

P.54

a) O potencial produzido em A pelas cargas $-Q$ é dado por:

$$V_A = 2 \cdot k_0 \cdot \frac{-Q}{a} \Rightarrow V_A = -2 \cdot k_0 \cdot \frac{Q}{a}$$

A carga $+Q$, para anular o potencial em A, deve determinar nesse ponto um potencial:

$$V'_A = +2 \cdot k_0 \cdot \frac{Q}{a} \quad (1)$$

Mas: $V'_A = k_0 \cdot \dfrac{Q}{x}$ (2)

Igualando (1) e (2): $2 \cdot k_0 \cdot \dfrac{Q}{a} = k_0 \cdot \dfrac{Q}{x} \Rightarrow \boxed{x = \dfrac{a}{2}}$

b) Não, pois no plano da figura a carga $+Q$ anula o potencial em A quando colocada em qualquer ponto da circunferência de centro A e raio $\dfrac{a}{2}$.

P.55 Dados: $V_A = 5{,}0$ V; $q = 1{,}0$ nC $= 1{,}0 \cdot 10^{-9}$ C

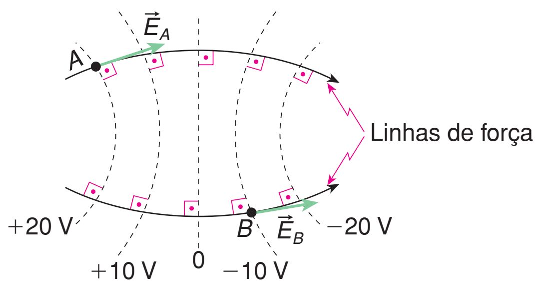
a) O trabalho realizado pela força elétrica para deslocar a carga $q = 1{,}0$ nC do infinito ($V_\infty = 0$) até A ($V_A = 5{,}0$ V) é dado por:

$$\mathcal{T}_{\infty A} = q \cdot (V_\infty - V_A) = 1{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot (0 - 5{,}0) \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{\infty A} = -5{,}0 \cdot 10^{-9}\ \text{J}}$$

b) O potencial em O é nulo, pois se encontra a iguais distâncias de cargas de mesmo módulo e sinais opostos ($V_O = 0$)

$$\mathcal{T}_{AO} = q \cdot (V_A - V_O) = 1{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot (5{,}0 - 0) \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{AO} = 5{,}0 \cdot 10^{-9}\ \text{J}}$$

P.56 a)



b) Dados: $q = 2 \cdot 10^{-6}$ C; $V_A = +20$ V; $V_B = -10$ V

$V_A - V_B = 20 - (-10) \Rightarrow V_A - V_B = 30$ V

$$\mathcal{T}_{AB} = q \cdot (V_A - V_B) \Rightarrow \mathcal{T}_{AB} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{AB} = 6 \cdot 10^{-5}\ \text{J}}$$

P.57 Dados: $q = 3 \cdot 10^{-9}$ C; $V_A = 900$ V; $V_B = 2.100$ V

a) A carga **ganhou** energia potencial, pois se deslocou de um ponto de menor potencial (V_A) para outro de maior potencial (V_B).

$E_{p(A)} = qV_A = 3 \cdot 10^{-9} \cdot 900 \Rightarrow E_{p(A)} = 2{,}7 \cdot 10^{-6}$ J

$E_{p(B)} = qV_B = 3 \cdot 10^{-9} \cdot 2.100 \Rightarrow E_{p(B)} = 6{,}3 \cdot 10^{-6}$ J

$$\Delta E_p = E_{p(B)} - E_{p(A)} \Rightarrow \Delta E_p = 6{,}3 \cdot 10^{-6} - 2{,}7 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \boxed{\Delta E_p = 3{,}6 \cdot 10^{-6}\ \text{J}}$$

b) $V_A - V_B = 900 - 2.100 \Rightarrow V_A - V_B = -1.200$ V

$$\mathcal{T}_{AB} = q \cdot (V_A - V_B) = 3 \cdot 10^{-9} \cdot (-1.200) \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{AB} = -3{,}6 \cdot 10^{-6}\ \text{J}}$$

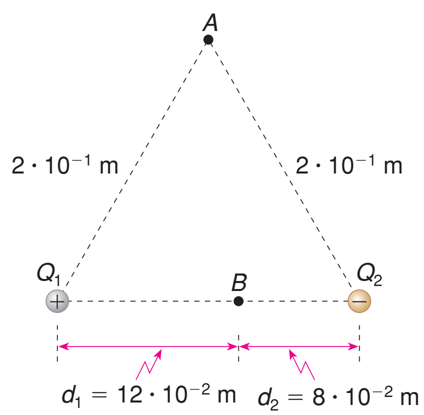
c) A força elétrica realiza um trabalho resistente, que corresponde ao aumento da energia potencial elétrica.

P.58 Se a carga elétrica ganhou 20 μJ de energia potencial elétrica ao ser deslocada de A para B, significa que o trabalho da força elétrica nesse deslocamento é resistente e vale:

$\mathcal{T}_{AB} = -20\ \mu J \Rightarrow \mathcal{T}_{AB} = -20 \cdot 10^{-6}\ J \Rightarrow q \cdot (V_A - V_B) = -20 \cdot 10^{-6} \Rightarrow$

$\Rightarrow 10^{-6} \cdot (40 - V_B) = -20 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \boxed{V_B = 60\ V}$

P.59 Dados: $Q_1 = 6 \cdot 10^{-9}$ C; $Q_2 = -6 \cdot 10^{-9}$ C; $q = 2 \cdot 10^{-9}$ C; $k_0 = 9 \cdot 10^9 \dfrac{N \cdot m^2}{C^2}$



Cálculo do potencial em B:

$V_1 = k_0 \cdot \dfrac{Q_1}{d_1} \Rightarrow V_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{6 \cdot 10^{-9}}{12 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_1 = 4{,}5 \cdot 10^2$ V

$V_2 = k_0 \cdot \dfrac{Q_2}{d_2} \Rightarrow V_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{(-6 \cdot 10^{-9})}{8 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2 = -6{,}75 \cdot 10^2$ V

$V_B = V_1 + V_2 = 4{,}5 \cdot 10^2 - 6{,}75 \cdot 10^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow V_B = -2{,}25 \cdot 10^2$ V

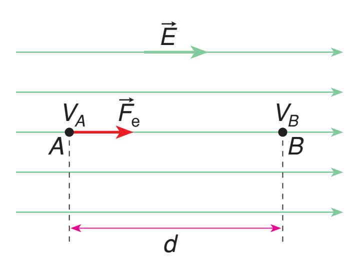
O potencial em A é nulo, pois é dado pela soma dos potenciais produzidos pelas cargas Q_1 e Q_2, que são iguais em módulo e de sinais opostos e estão à mesma distância de A: $V_A = 0$

Para as energias potenciais de q, teremos:

$E_{p(A)} = qV_A \Rightarrow \boxed{E_{p(A)} = 0}$

$E_{p(B)} = qV_B \Rightarrow E_{p(B)} = 2 \cdot 10^{-9} \cdot (-2{,}25 \cdot 10^2) \Rightarrow \boxed{E_{p(B)} = -4{,}5 \cdot 10^{-7}\ J}$

P.60 Dados: $q = 10^{-6}$ C; $E = 10^5$ N/C; $v_0 = 0$



a) Como a carga é positiva, a força elétrica $\vec{F}_e$ tem a mesma direção e o mesmo sentido do vetor campo elétrico $\vec{E}$. Sua intensidade é dada por:

$F_e = qE = 10^{-6} \cdot 10^5$

$\boxed{F_e = 10^{-1}\ N}$ ou $\boxed{F_e = 0{,}1\ N}$

b) $d = 0{,}1$ m; $E_{p(B)} = 10^{-3}$ J

$E_{p(B)} = qV_B \Rightarrow 10^{-3} = 10^{-6} \cdot V_B \Rightarrow \boxed{V_B = 10^3\ V}$

c) $U = Ed \Rightarrow V_A - V_B = Ed \Rightarrow V_A - V_B = 10^5 \cdot 0{,}1 \Rightarrow \boxed{V_A - V_B = 10^4\ \text{V}}$

d) $V_A - V_B = 10^4 \Rightarrow V_A - 10^3 = 10^4 \Rightarrow V_A = 0{,}1 \cdot 10^4 + 10^4 \Rightarrow V_A = 1{,}1 \cdot 10^4\ \text{V}$

A energia potencial da carga q em A vale:

$E_{p(A)} = q \cdot V_A = 10^{-6} \cdot 1{,}1 \cdot 10^4 \Rightarrow \boxed{E_{p(A)} = 1{,}1 \cdot 10^{-2}\ \text{J}}$

P.61 Dado: $E = 5 \cdot 10^2$ V/m

a) Da figura:

$V_A - V_B = 100 - 50 \Rightarrow V_A - V_B = 50$ V

$Ed = V_A - V_B \Rightarrow 5 \cdot 10^2 \cdot d = 50 \Rightarrow \boxed{d = 0{,}1\ \text{m} = 10\ \text{cm}}$

b) Sendo $q = 2 \cdot 10^{-6}$ C, temos:

$\mathcal{T}_{AB} = q \cdot (V_A - V_B) \Rightarrow \mathcal{T}_{AB} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{AB} = 10^{-4}\ \text{J}}$

P.62 a) $F_e = |q| \cdot E \Rightarrow F_e = 3 \cdot 10^{-15} \cdot 2 \cdot 10^3 \Rightarrow \boxed{F_e = 6 \cdot 10^{-12}\ \text{N}}$

b) $E_{p(B)} - E_{p(A)} = qV_B - qV_A = q \cdot (V_B - V_A) = qEd$

$E_{p(B)} - E_{p(A)} = 3 \cdot 10^{-15} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-2}$

$\boxed{E_{p(B)} - E_{p(A)} = 2{,}4 \cdot 10^{-13}\ \text{J}}$

P.63 a) Sendo uniforme o campo entre a placa e a grade, vem:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{15 \cdot 10^3}{12{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{E = 1{,}25 \cdot 10^5\ \text{V/m}}$$

b) O trabalho da força elétrica no deslocamento de cada elétron é:

$\mathcal{T} = e \cdot U = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 15 \cdot 10^3 \Rightarrow \mathcal{T} = 2{,}4 \cdot 10^{-15}$ J

Pelo teorema da energia cinética $\mathcal{T} = E_c - E_{c(0)}$, e sendo $E_{c(0)} = 0$ (a velocidade inicial dos elétrons é nula), vem:

$E_c = \mathcal{T} \Rightarrow \boxed{E_c = 2{,}4 \cdot 10^{-15}\ \text{J}}$

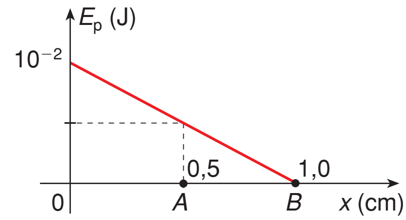
P.64 a) $E_{c(O)} + E_{p(O)} = E_{c(A)} + E_{p(A)} \Rightarrow$

$\Rightarrow 0 + 10^{-2} = E_{c(A)} + \dfrac{10^{-2}}{2} \Rightarrow$

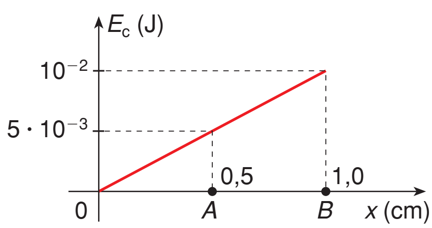
$\Rightarrow \boxed{E_{c(A)} = 5 \cdot 10^{-3}\ \text{J}}$

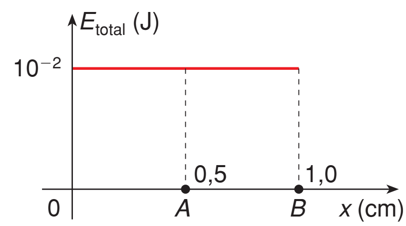
$E_{c(O)} + E_{p(O)} = E_{c(B)} + E_{p(B)} \Rightarrow$

$\Rightarrow 10^{-2} = E_{c(B)} + 0 \Rightarrow \boxed{E_{c(B)} = 10^{-2}\ \text{J}}$



b)



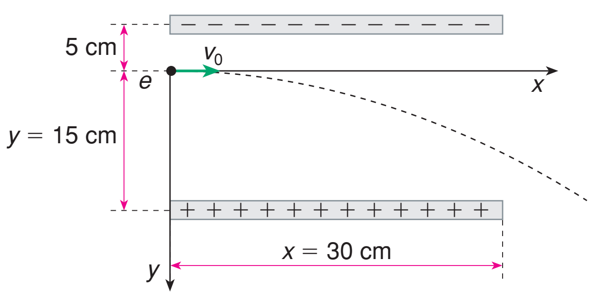


P.65 Dados: $U = 40$ V; $d = 20$ cm $= 2 \cdot 10^{-1}$ m; $v_0 = 4 \cdot 10^6$ m/s; $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

a) $Ed = U \Rightarrow E = \dfrac{U}{d} \Rightarrow E = \dfrac{40}{2 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow E = 2 \cdot 10^2$ V/m

$F_e = |q| \cdot E = eE \Rightarrow F_e = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^2 \Rightarrow \boxed{F_e = 3{,}2 \cdot 10^{-17}\ \text{N}}$

b)



Temos:

$y = 15$ cm $= 15 \cdot 10^{-2}$ m

$m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg

Aceleração vertical: $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{3{,}2 \cdot 10^{-17}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}} \Rightarrow a \simeq 3{,}5 \cdot 10^{13}$ m/s^2

- Movimento vertical (uniformemente variado):

$$y = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2y}{a} \Rightarrow t^2 = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10^{-2}}{3{,}5 \cdot 10^{13}}$$

$t^2 \simeq 85{,}7 \cdot 10^{-16} \Rightarrow t \simeq 9{,}3 \cdot 10^{-8}$ s

- Movimento horizontal (uniforme):

$x' = v_0 \cdot t \Rightarrow x' = 4 \cdot 10^6 \cdot 9{,}3 \cdot 10^{-8} \Rightarrow x' = 37{,}2 \cdot 10^{-2}$ m $\Rightarrow \boxed{x' = 37{,}2\ \text{cm}}$

Sendo $x' > x = 30$ cm, o elétron **consegue escapar**.

P.66 a) As gotículas maiores têm diâmetro $D = 1\ \mu m = 10^{-6}$ m e raio $R = 0,5 \cdot 10^{-6}$ m.

Seu volume é dado por $V = \dfrac{4}{3}\pi R^3$. Assim:

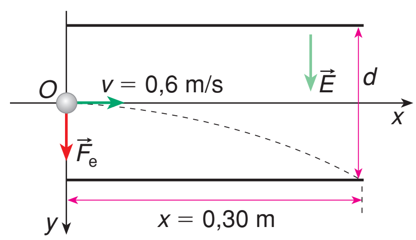
$$V = \frac{4}{3}\pi \cdot (0,5 \cdot 10^{-6})^3 \Rightarrow V = \frac{4}{3} \cdot 3 \cdot 0,125 \cdot 10^{-18} \Rightarrow V = 0,5 \cdot 10^{-18}\ m^3$$

Como a densidade do óleo é de $\rho_{óleo} = 9,0 \cdot 10^2$ kg/m^3, temos:

$$m = \rho_{óleo} \cdot V \Rightarrow m = 9,0 \cdot 10^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-18} \Rightarrow \boxed{m = 4,5 \cdot 10^{-16}\ kg}$$

b) O movimento na direção horizontal é uniforme. Considerando que a gotícula atravesse o coletor sem se encontrar com a placa negativa, temos:

$$x = vt \Rightarrow t = \frac{x}{v} = \frac{0,30}{0,6} \Rightarrow \boxed{t = 0,5\ s}$$



c) O campo elétrico entre as placas do coletor tem intensidade dada por: $E = \dfrac{U}{d}$

Sendo $U = 50$ V e $d = 1$ cm $= 10^{-2}$ m, temos:

$$E = \frac{50}{10^{-2}} \Rightarrow E = 50 \cdot 10^2\ V/m$$

Tendo a gotícula carga $q = 8 \cdot 10^{-19}$ C, a força que atua sobre ela tem intensidade:

$$F_e = |q| \cdot E \Rightarrow F_e = 8 \cdot 10^{-19} \cdot 50 \cdot 10^2 \Rightarrow F_e = 4 \cdot 10^{-15}\ N$$

Sendo a massa da gotícula $m = 4,5 \cdot 10^{-16}$ kg, sua aceleração vale:

$$a = \frac{F_e}{m} = \frac{4 \cdot 10^{-15}}{4,5 \cdot 10^{-16}} \Rightarrow a \simeq 8,9\ m/s^2$$

Como a gotícula considerada na figura está a meia distância entre as placas, ela percorre na direção vertical $y = \dfrac{d}{2} = 0,5 \cdot 10^{-2}$ m.

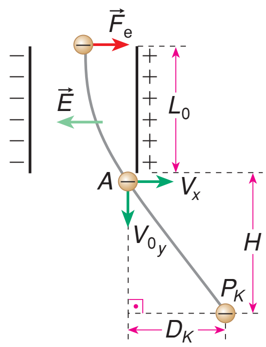
O tempo t' gasto nesse percurso é:

$$y = \frac{a \cdot (t')^2}{2} \Rightarrow (t')^2 = \frac{2y}{a} \Rightarrow (t')^2 = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}}{8,9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (t')^2 = 0,11 \cdot 10^{-2} \Rightarrow t' \simeq 0,03\ s$$

Como esse tempo é menor que o tempo necessário para atravessar o coletor ($t' < t$), a gotícula atinge a placa negativa do coletor numa posição x' menor que 30 cm, ficando retida.

P.67 a)



Entre as placas, as gotículas de massa M, eletrizadas com carga $-Q$, ficam sujeitas ao campo elétrico E, agindo sobre elas a força elétrica F cuja intensidade é dada por: $F = QE$

A aceleração A_x de cada gotícula na direção horizontal vale:

$$A_x = \frac{F_e}{M} \Rightarrow \boxed{A_x = \frac{QE}{M}}$$

b) Na direção vertical cada gotícula percorre a distância L_0 com velocidade constante V_{0_y}, gastando o tempo t:

$$L_0 = V_{0_y} \cdot t \Rightarrow t = \frac{L_0}{V_{0_y}}$$

Nesse tempo, a velocidade horizontal da gotícula varia de zero para um valor V_x, sob a ação da aceleração A_x. Teremos:

$$V_x = A_x \cdot t \Rightarrow \boxed{V_x = \frac{QE}{M} \cdot \frac{L_0}{V_{0_y}}}$$

c) Uma vez fora das placas, cada gotícula percorre a distância vertical H com velocidade constante V_{0_y}, gastando o tempo t':

$$H = V_{0_y} \cdot t' \Rightarrow t' = \frac{H}{V_{0_y}}$$

Nesse tempo, a gotícula percorre a distância horizontal D_K com a velocidade V_x, que se mantém constante, pois não há mais ação mais do campo elétrico.

Então: $D_K = V_x \cdot t'$

Substituindo V_x e t', vem:

$$D_K = \frac{QE}{M} \cdot \frac{L_0}{V_{0_y}} \cdot \frac{H}{V_{0_y}} \Rightarrow \boxed{D_K = \frac{Q \cdot E \cdot L_0 \cdot H}{M \cdot V_{0_y}^2}}$$

P.68 São dados: $m = 1{,}0 \cdot 10^{-10}$ kg; $q = -2{,}0 \cdot 10^{-13}$ C; $v_x = 6{,}0$ m/s; $L = 8{,}0 \cdot 10^{-3}$ m; $E = 1{,}5 \cdot 10^{6}$ N/C; $g = 10$ m/s^2

a) Peso: $F_P = mg \Rightarrow F_P = 1{,}0 \cdot 10^{-10} \cdot 10 \Rightarrow F_P = 1{,}0 \cdot 10^{-9}$ N

Força elétrica: $F_e = |q| \cdot E \Rightarrow F_e = 2{,}0 \cdot 10^{-13} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{6} \Rightarrow F_e = 3{,}0 \cdot 10^{-7}$ N

Logo: $\dfrac{F_e}{F_P} = \dfrac{3{,}0 \cdot 10^{-7}}{1{,}0 \cdot 10^{-9}} \Rightarrow \boxed{\dfrac{F_e}{F_P} = 300}$

b) Como a força elétrica é 300 vezes maior que a força peso, a ação gravitacional pode ser desprezada.

Então a aceleração da gota na direção vertical vale:

$$a = \frac{F_e}{m} \Rightarrow a = \frac{3{,}0 \cdot 10^{-7}}{1{,}0 \cdot 10^{-10}} \Rightarrow a = 3{,}0 \cdot 10^{3}\ \text{m/s}^2$$

O tempo para a gota percorrer a distância horizontal $L = 8{,}0 \cdot 10^{-3}$ m, com velocidade constante $v_x = 6{,}0$ m/s, é dado por:

$$L = v_x \cdot t \Rightarrow t = \frac{L}{v_x} = \frac{8{,}0 \cdot 10^{-3}}{6{,}0} \Rightarrow t = \frac{4{,}0}{3{,}0} \cdot 10^{-3}\ \text{s}$$

Nesse tempo, a velocidade na direção vertical varia do valor inicial $v_{0_y} = 0$ para o valor v_y:

$$v_y = v_{0_y} + at \Rightarrow v_y = 3{,}0 \cdot 10^{3} \cdot \frac{4{,}0}{3{,}0} \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{v_y = 4{,}0\ \text{m/s}}$$

P.69 a) A ddp U ao longo do diâmetro da célula é dada pela soma $U = \Delta V_m + \Delta V_m$. Como $\Delta V_m = 1$ V, vem:

$U = 1 + 1 \Rightarrow U = 2$ V

Sendo a medida do diâmetro da célula $d = 1\ \mu\text{m} = 1 \cdot 10^{-6}$ m, temos:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{2}{1 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \boxed{E = 2 \cdot 10^{6}\ \text{V/m}}$$

b) O ganho de energia do elétron é dado pelo trabalho realizado pela força elétrica: $\tau = q \cdot U$

Sendo $q = e$ e $U = 2$ V, vem: $\boxed{\tau = 2\ \text{eV}}$

P.70 Dados: $Q = 2 \cdot 10^{-6}$ C; $k_0 = 9 \cdot 10^9 \ \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$

$d_A = 0{,}1$ m; $d_B = 0{,}2$ m

a) $V_A = k_0 \cdot \dfrac{Q}{d_A} \Rightarrow V_A = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{2 \cdot 10^{-6}}{0{,}1} \Rightarrow \boxed{V_A = 1{,}8 \cdot 10^5 \text{ V}}$

$V_B = k_0 \cdot \dfrac{Q}{d_B} \Rightarrow V_B = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{2 \cdot 10^{-6}}{0{,}2} \Rightarrow \boxed{V_B = 9 \cdot 10^4 \text{ V}}$

b) Sendo:

$q = 10^{-4}$ C

$U = V_A - V_B = 18 \cdot 10^4 - 9 \cdot 10^4 \Rightarrow U = 9 \cdot 10^4$ V

temos:

$\mathcal{T}_{AB} = qU \Rightarrow \mathcal{T}_{AB} = 10^{-4} \cdot 9 \cdot 10^4 \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{AB} = 9 \text{ J}}$

c) De A ao infinito:

$U' = V_A - V_\infty = V_A \Rightarrow U' = 18 \cdot 10^4$ V

$\mathcal{T}_{A\infty} = qU' \Rightarrow \mathcal{T}_{A\infty} = 10^{-4} \cdot 18 \cdot 10^4 \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{A\infty} = 18 \text{ J}}$

d) $q = 10^{-4}$ C; $m = 2 \cdot 10^{-2}$ kg

Pelo teorema de energia cinética: $\mathcal{T}_{AB} = E_{c(B)} - E_{c(A)}$

Como $E_{c(A)} = 0$, vem $E_{c(B)} = \mathcal{T}_{AB}$. Assim:

$$E_{c(B)} = 9 \text{ J} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = 9 \Rightarrow v_0^2 = \frac{2 \cdot 9}{m} \Rightarrow v_0^2 = \frac{2 \cdot 9}{2 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow v_0^2 = 9 \cdot 10^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{v_0 = 30 \text{ m/s}}$$

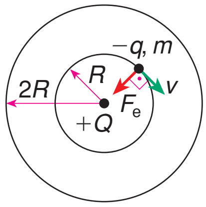
e) Abandonada do repouso ($v_0 = 0$) em A, a maior velocidade é atingida pela partícula no infinito. Assim:

$\mathcal{T}_{A\infty} = E_{c(\infty)} - E_{c(A)}$ em que $E_{c(A)} = 0$ e $E_{c(\infty)} = \dfrac{mv^2}{2}$

Logo:

$$\mathcal{T}_{A\infty} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2\mathcal{T}_{A\infty}}{m} = \frac{2 \cdot 18}{2 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow v^2 = 18 \cdot 10^2 \Rightarrow \boxed{v = 30\sqrt{2} \text{ m/s}}$$

P.71



a) $F_e = k_0 \cdot \frac{Qq}{R^2} = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{\frac{k_0 Qq}{mR}}}$

b) $E_P = -qV$, em que V é o potencial elétrico do campo da carga $+Q$ nos pontos situados à distância R de $+Q$:

$$V = k_0 \cdot \frac{Q}{R} \Rightarrow E_p = -q \cdot k_0 \cdot \frac{Q}{R} \Rightarrow \boxed{E_p = -k_0 \cdot \frac{Qq}{R}}$$

c) $E_c = \frac{mv^2}{2}$; substituindo v^2, resulta: $\boxed{E_c = \frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{Qq}{R}}$

d) $E_{total} = E_p + E_c \Rightarrow \boxed{E_{total} = -\frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{Qq}{R}}$

e) $\boxed{E_{total} = -E_c}$

f) A energia E a ser fornecida é dada pela diferença entre a energia total na órbita de raio $2R$ e a energia total na órbita de raio R:

$$E = E_{total(2)} - E_{total(1)} \Rightarrow E = -\frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{Qq}{2R} - \left(-\frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{Qq}{R}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{E = \frac{1}{4} \cdot k_0 \cdot \frac{Qq}{R}}$$

P.72 ① $V_0 = k_0 \cdot \frac{Q}{R}$; ② $E = k_0 \cdot \frac{Q}{d^2}$ $(Q > 0)$

Dividindo ① por ②, temos:

$$\frac{V_0}{E} = \frac{d^2}{R} \Rightarrow \frac{V_0}{8 \cdot 10^{-2}} = \frac{8^2}{2} \Rightarrow \boxed{V_0 = 2{,}56 \text{ V}}$$

No ponto O, o campo elétrico é nulo, pois é um ponto interno: $\boxed{E_0 = 0}$

P.73 Dados: $R = 2$ m; $E = 2{,}5 \cdot 10^{-2}$ V/m; $d = 6$ m; $k_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ e

$|Q| = Q$, pois $Q > 0$

a) $E_{ext.} = k_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2} \Rightarrow 2{,}5 \cdot 10^{-2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{36} \Rightarrow \boxed{Q = 10^{-10} \text{ C}}$

b) $V_{ext.} = k_0 \cdot \frac{Q}{d} \Rightarrow V_{ext.} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-10}}{6} \Rightarrow \boxed{V_{ext.} = 1{,}5 \cdot 10^{-1} \text{ V}}$

c) $V = k_0 \cdot \frac{Q}{R} \Rightarrow V = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-10}}{2} \Rightarrow \boxed{V = 4{,}5 \cdot 10^{-1} \text{ V}}$

d) $E_{sup.} = \frac{1}{2} k_0 \cdot \frac{|Q|}{R^2} \Rightarrow E_{sup.} = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-10}}{4} \Rightarrow \boxed{E_{sup.} = 1{,}125 \cdot 10^{-1} \text{ V/m}}$

e) $E_{próx.} = 2 \cdot E_{sup.} \Rightarrow E_{próx.} = 2 \cdot 1{,}125 \cdot 10^{-1} \text{ V/m} \Rightarrow \boxed{E_{próx.} = 2{,}25 \cdot 10^{-1} \text{ V/m}}$

P.74 Dados: $R = 40$ cm $= 4 \cdot 10^{-1}$ m; $Q = 8$ μC $= 8 \cdot 10^{-6}$ C; $k_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$

a) No interior de um condutor eletrizado o campo elétrico é nulo: $\boxed{E_{int.} = 0}$

b) $E_{próx.} = k_0 \cdot \frac{|Q|}{R^2} \Rightarrow E_{próx.} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{16 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{E_{próx.} = 4{,}5 \cdot 10^5 \text{ V/m}}$

c) $E_{sup.} = \dfrac{E_{próx.}}{2} \Rightarrow E_{sup.} = \dfrac{4{,}5 \cdot 10^5}{2} \Rightarrow \boxed{E_{sup.} = 2{,}25 \cdot 10^5 \text{ V/m}}$

d) Sendo $d = 5$ m, temos:

$$E_{ext.} = k_0 \cdot \frac{Q}{d^2} \Rightarrow E_{ext.} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{25} \Rightarrow \boxed{E_{ext.} = 2{,}88 \cdot 10^3 \text{ V/m}}$$

P.75 a) $V = k_0 \cdot \dfrac{Q}{R} \Rightarrow V = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{8 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow \boxed{V = 1{,}8 \cdot 10^5 \text{ V}}$

b) Sendo $d = 5$ m, temos:

$$V_{ext.} = k_0 \cdot \frac{Q}{d} \Rightarrow V_{ext.} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{5} \Rightarrow \boxed{V_{ext.} = 1{,}44 \cdot 10^4 \text{ V}}$$

P.76 Dados: $R = 50 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-1}$ m; $Q = 25\ \mu\text{C} = 25 \cdot 10^{-6}$ C; $k_0 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$

a) $V = k_0 \cdot \dfrac{Q}{R} \Rightarrow V = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{25 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow \boxed{V = 4{,}5 \cdot 10^5 \text{ V}}$

b) Sendo:

$A = 4\pi R^2 \simeq 4 \cdot 3{,}14 \cdot 25 \cdot 10^{-2} \Rightarrow A \simeq 3{,}14 \text{ m}^2$

temos:

$$\sigma = \frac{Q}{A} \Rightarrow \sigma \simeq \frac{25 \cdot 10^{-6}}{3{,}14} \Rightarrow \boxed{\sigma \simeq 7{,}96 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2}$$

P.77 a) Se a balança mede 2,13225 g para a massa da esfera, isso significa que ela pode acusar variação de massa de $\Delta m = 0{,}00001 \text{ g} = 10^{-5} \text{ g} = 10^{-8}$ kg. Então, sendo $m_e = 1{,}0 \cdot 10^{-31}$ kg a massa de um elétron, o número de elétrons n que a esfera deve receber para acusar essa variação de massa deve ser:

$$n = \frac{\Delta m}{m_e} \Rightarrow n = \frac{10^{-8}}{1{,}0 \cdot 10^{-31}} \Rightarrow \boxed{n = 10^{23} \text{ elétrons}}$$

b) O potencial da superfície da esfera e de todos os seus pontos interiores é dado por: $V = k_0 \cdot \dfrac{Q}{R}$

Sendo $V = 0{,}90$ V; $R = 1{,}6 \text{ cm} = 1{,}6 \cdot 10^{-2}$ m e $k_0 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$, temos:

$$0{,}90 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{1{,}6 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow Q = 1{,}6 \cdot 10^{-12} \text{ C}$$

Mas $Q = ne$, em que n é o número de elétrons retirados e $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C é a carga elementar. Assim:

$$n = \frac{Q}{e} \Rightarrow n = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-12}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \boxed{n = 10^7 \text{ elétrons}}$$

P.78 Dados: $R = 6{,}3 \cdot 10^6$ m e $k_0 = 9 \cdot 10^9 \ \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

$$C = \frac{R}{k_0} \Rightarrow C = \frac{6{,}3 \cdot 10^6}{9 \cdot 10^9} \Rightarrow C = 7 \cdot 10^{-4} \text{ F} \Rightarrow \boxed{C = 700 \ \mu\text{F}}$$

P.79 Sendo $C = 10^{-7}$ F; $V = 10^4$ V; $k_0 = 9 \cdot 10^9 \ \frac{N \cdot m^2}{C^2}$, temos:

$$Q = CV \Rightarrow Q = 10^{-7} \cdot 10^4 \Rightarrow \boxed{Q = 10^{-3} \text{ C}}$$

$$C = \frac{R}{k_0} \Rightarrow R = Ck_0 \Rightarrow R = 10^{-7} \cdot 9 \cdot 10^9 \Rightarrow \boxed{R = 9 \cdot 10^2 \text{ m}}$$

P.80 Dados: $Q_1 = 2{,}0$ μC; $Q_2 = 6{,}0$ μC; $Q_3 = 10$ μC;
$V_1 = 3{,}0 \cdot 10^3$ V; $V_2 = 6{,}0 \cdot 10^3$ V e $V_3 = 6{,}0 \cdot 10^3$ V

a) Cálculo das capacitâncias:

$$C_1 = \frac{Q_1}{V_1} \Rightarrow C_1 = \frac{2{,}0}{3{,}0 \cdot 10^3} \Rightarrow C_1 = \frac{2}{3} \cdot 10^{-3} \ \mu\text{F}$$

$$C_2 = \frac{Q_2}{V_2} \Rightarrow C_2 = \frac{6{,}0}{6{,}0 \cdot 10^3} \Rightarrow C_2 = 1{,}0 \cdot 10^{-3} \ \mu\text{F}$$

$$C_3 = \frac{Q_3}{V_3} \Rightarrow C_3 = \frac{10}{6{,}0 \cdot 10^3} \Rightarrow C_3 = \frac{5}{3} \cdot 10^{-3} \ \mu\text{F}$$

Potencial comum:

$$V = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{C_1 + C_2 + C_3} \Rightarrow V = \frac{2{,}0 + 6{,}0 + 10}{\left(\frac{2}{3} + 1{,}0 + \frac{5}{3}\right) \cdot 10^{-3}} = \frac{18 \cdot 10^3}{\frac{2 + 3 + 5}{3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{V = 5{,}4 \cdot 10^3 \text{ V}}$$

b) Novas cargas:

$$Q_1 = C_1 \cdot V \Rightarrow Q_1 = \frac{2}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 5{,}4 \cdot 10^3 \Rightarrow \boxed{Q_1 = 3{,}6 \ \mu\text{C}}$$

$$Q_2 = C_2 \cdot V \Rightarrow Q_2 = 1{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 5{,}4 \cdot 10^3 \Rightarrow \boxed{Q_2 = 5{,}4 \ \mu\text{C}}$$

$$Q_3 = C_3 \cdot V \Rightarrow Q_3 = \frac{5}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 5{,}4 \cdot 10^3 \Rightarrow \boxed{Q_3 = 9{,}0 \ \mu\text{C}}$$

P.81 As novas cargas são dadas por $Q'_1 = C_1 \cdot V$, $Q'_2 = C_2 \cdot V$ e $Q'_3 = C_3 \cdot V$.

Sendo $C_1 = C_2 = C_3 = C$, resulta: $\boxed{Q'_1 = Q'_2 = Q'_3 = Q}$

Assim:

$$Q = CV \Rightarrow Q = C \cdot \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3C} \Rightarrow \boxed{Q = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3}}$$

P.82 $$V = \frac{C_1V_1 + C_2V_2 + C_3V_3}{C_1 + C_2 + C_3} \Rightarrow \frac{CV_1 + CV_2 + CV_3}{3C} \Rightarrow \boxed{V = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}}$$

P.83 a) Sendo $R = 0,1$ m; $Q = 1,0\ \mu C = 1,0 \cdot 10^{-6}$ C; $OC = 0,3$ m e

$k_0 = 9 \cdot 10^9\ \frac{N \cdot m^2}{C^2}$, temos:

$$V_O = V_A = V_B = k_0 \cdot \frac{Q}{R} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{0,1} \Rightarrow \boxed{V_O = V_A = V_B = 9 \cdot 10^4\ V}$$

$$V_C = k_0 \cdot \frac{Q}{d_{OC}} \Rightarrow V_C = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{0,3} \Rightarrow \boxed{V_C = 3 \cdot 10^4\ V}$$

b) No interior do condutor o campo elétrico é nulo: $\boxed{E_O = E_A = 0}$

No ponto B da superfície, temos:

$$E_B = \frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{|Q|}{R^2} \Rightarrow E_B = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{10^{-2}} \Rightarrow \boxed{E_B = 4,5 \cdot 10^5\ V/m}$$

Para o ponto C externo, temos:

$$E_C = k_0 \cdot \frac{|Q|}{d_{OC}^2} \Rightarrow E_C = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{E_C = 1,0 \cdot 10^5\ V/m}$$

P.84 Sendo $V_0 = 60$ V; $R = 3,0$ m; $k_0 = 9 \cdot 10^9\ \frac{N \cdot m^2}{C^2}$, temos:

$$V_0 = k_0 \cdot \frac{Q}{R} \Rightarrow Q = \frac{V_0R}{k_0} \Rightarrow Q = \frac{60 \cdot 3,0}{9 \cdot 10^9} \Rightarrow Q = 20 \cdot 10^{-9}\ C$$

$$Q = q \cdot 10^{-9} \Rightarrow 20 \cdot 10^{-9} = q \cdot 10^{-9} \Rightarrow \boxed{q = 20}$$

P.85 Sendo $R = 1{,}0$ m; $Q = 0{,}8 \cdot 10^{-7}$ C; $d = 12$ m e $k_0 = 9 \cdot 10^9 \, \dfrac{N \cdot m^2}{C^2}$, temos:

$$V_{ext.} = k_0 \cdot \frac{Q}{d} \Rightarrow V_{ext.} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0{,}8 \cdot 10^{-7}}{12} \Rightarrow \boxed{V_{ext.} = 60 \text{ V}}$$

P.86 a) Num ponto externo e bem próximo da superfície da esfera o campo elétrico tem intensidade máxima dada por: $E_{próx.} = k_0 \cdot \dfrac{|Q|}{R^2}$ ①

O potencial da esfera será: $V = k_0 \cdot \dfrac{Q}{R}$ ②

Comparando ① e ② e lembrando que $Q > 0$, pois $V > 0$, vem:

$$E_{próx.} = \frac{V}{R} \Rightarrow R = \frac{V}{E_{próx.}} \Rightarrow R = \frac{10^6}{3 \cdot 10^6} \Rightarrow \boxed{R = \frac{1}{3} \text{ m}}$$

b) $V = k_0 \cdot \dfrac{Q}{R} \Rightarrow Q = \dfrac{VR}{k_0} \Rightarrow Q = \dfrac{10^6 \cdot \frac{1}{3}}{9 \cdot 10^9} \Rightarrow Q = \dfrac{10^6 \cdot 10^{-9}}{27} \Rightarrow \boxed{Q \simeq 37 \ \mu C}$

P.87 Conforme foi visto no exercício **R.37**, a esfera de raio $R_1 = 30$ cm, inicialmente com carga $Q_1 = 20 \ \mu C$, após ser ligada à esfera de raio $R_2 = 10$ cm, inicialmente descarregada, adquire a carga Q_1' dada por:

$$Q_1' = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot Q_1 \Rightarrow Q_1' = \frac{30}{30 + 10} \cdot 20 \Rightarrow \boxed{Q_1' = 15 \ \mu C}$$

P.88

$$\sigma_A = \frac{Q_A}{4\pi R_A^2} \Rightarrow \sigma_A = \frac{Q_A}{4\pi R^2}$$

$$\sigma_B = \frac{Q_B}{4\pi R_B^2} = \frac{Q_B}{4\pi (2R)^2} \Rightarrow \sigma_B = \frac{Q_B}{4\pi \cdot 4R^2}$$

Como $\sigma_A = 2\sigma_B$, temos: $\dfrac{Q_A}{4\pi R^2} = 2 \cdot \dfrac{Q_B}{4\pi \cdot 4R^2} \Rightarrow Q_B = 2Q_A$ ①

Mas: $V_A = k_0 \cdot \dfrac{Q_A}{R}$ ② e $V_B = k_0 \cdot \dfrac{Q_B}{2R}$ ③

Substituindo ① em ③, vem:

$$V_B = k_0 \cdot \frac{2Q_A}{2R} \Rightarrow V_B = k_0 \cdot \frac{Q_A}{R} \quad ④$$

Comparando ② e ④, vem: $V_A = V_B$

Portanto não ocorre passagem de carga elétrica de A para B, pois o potencial elétrico de A e o de B são iguais.

P.89 Dados: $R_A = R_B = R_C = R$; $Q_A = -q$; $Q_B = +2q$ e $Q_C = 0$

a) $V_A = k_0 \cdot \dfrac{Q_A}{R_A} \Rightarrow V_A = k_0 \cdot \dfrac{(-q)}{R} \Rightarrow V_A = -\dfrac{k_0 q}{R}$

$V_B = k_0 \cdot \dfrac{Q_B}{R_B} \Rightarrow V_B = k_0 \cdot \dfrac{2q}{R} \Rightarrow V_B = 2 \cdot \dfrac{k_0 q}{R}$

$V_A - V_B = -\dfrac{k_0 \cdot q}{R} - 2 \cdot \dfrac{k_0 \cdot q}{R} \Rightarrow \boxed{V_A - V_B = -3 \cdot \dfrac{k_0 \cdot q}{R}}$

b) Como as esferas têm o mesmo raio, em cada contato a carga final é a média aritmética das cargas iniciais:

1º contato (C com A):

$Q'_C = \dfrac{Q_A + Q_C}{2} \Rightarrow Q'_C = \dfrac{-q + 0}{2} \Rightarrow Q'_C = -\dfrac{q}{2}$

2º contato (C com B):

$Q''_C = \dfrac{Q_B + Q'_C}{2} \Rightarrow Q''_C = \dfrac{2q - \dfrac{q}{2}}{2} \Rightarrow Q''_C = \dfrac{\dfrac{3q}{2}}{2} \Rightarrow \boxed{Q''_C = \dfrac{3q}{4}}$

P.90 Dados: $R = 10$ cm $= 1{,}0 \cdot 10^{-1}$ m; $Q = -8{,}0 \cdot 10^{-2}$ C e $q_e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

a) $Q = nq_e \Rightarrow -8{,}0 \cdot 10^{-2} = n \cdot (-1{,}6 \cdot 10^{-19}) \Rightarrow \boxed{n = 5{,}0 \cdot 10^{17} \text{ elétrons}}$

Esse número de elétrons é o que a esfera possui em excesso para ter a carga $Q = -8{,}0 \cdot 10^{-2}$ C e, portanto, é o quanto deve perder para tornar-se neutra.

b) $E_{sup.} = \dfrac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \dfrac{|Q|}{R^2} \Rightarrow E_{sup.} = \dfrac{1}{2} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{8{,}0 \cdot 10^{-2}}{1{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{E_{sup.} = 3{,}6 \cdot 10^{10} \text{ V/m}}$

c) $V = k_0 \cdot \dfrac{Q}{R} \Rightarrow V = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{(-8{,}0 \cdot 10^{-2})}{1{,}0 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow V = -7{,}2 \cdot 10^9$ V

Sendo $q_0 = 1{,}0\ \mu$C $= 1{,}0 \cdot 10^{-6}$ C e $V_\infty = 0$, temos:

$\mathcal{T} = q_0 \cdot (0 - V) \Rightarrow \mathcal{T} = 1{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 7{,}2 \cdot 10^9 \Rightarrow \boxed{\mathcal{T} = 7{,}2 \cdot 10^3 \text{ J}}$

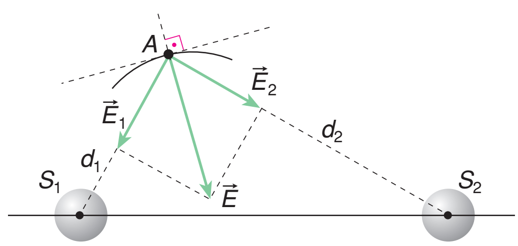
P.91 a) O potencial diminui no sentido das linhas de força. Portanto, as linhas de força estão orientadas para as esferas S_1 e S_2. Então, ambas as esferas têm carga negativa.

Como a ddp entre cada duas superfícies equipotenciais sucessivas é 1 V, concluímos que o potencial da esfera S_1 é $V_1 = -9$ V e o da esfera S_2 é $V_2 = -12$ V.

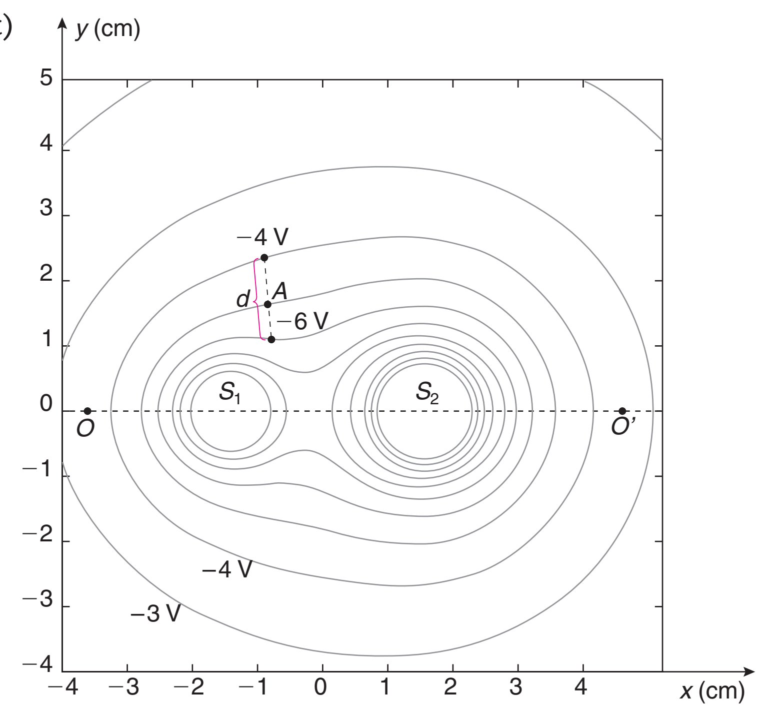
Considerando que o potencial de uma esfera é dado por $V = k_0 \cdot \frac{Q}{R}$, temos $Q_1 > Q_2$. Como as cargas são negativas, para os módulos das cargas teremos:

$$\boxed{|Q_1| < |Q_2|}$$

b) O campo elétrico $\vec{E}$ resultante em A é dado pela soma vetorial dos campos $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$ que as esferas S_1 e S_2 produzem nesse ponto: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. Esse campo resultante $\vec{E}$ tem direção perpendicular à superfície equipotencial no ponto A e o sentido indicado na figura.



c)



Entre as linhas equipotenciais adjacentes ao ponto A a diferença de potencial U é igual a:

$U = -4 - (-6) \Rightarrow U = 2$ V

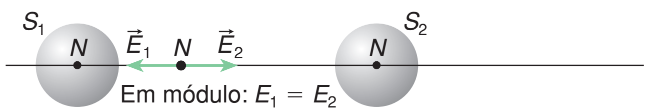
A distância entre essas linhas é estimada em $d = 1$ cm. Considerando na região em torno de A o campo elétrico como sendo uniforme, temos:

$Ed = U$

$E \cdot 10^{-2} = 2$

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

d) O campo elétrico resultante será nulo num ponto situado entre as esferas na reta que liga seus centros, mais próximo da esfera com carga de menor módulo (S_1). Esquematicamente:



O campo elétrico será nulo também nos pontos internos de S_1 e S_2.

P.92 $i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} = \dfrac{ne}{\Delta t} \Rightarrow i = \dfrac{1{,}0 \cdot 10^{20} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{10} \Rightarrow \boxed{i = 1{,}6\ \text{A}}$

O sentido da corrente convencional é contrário ao sentido do movimento dos elétrons, sendo, portanto, da esquerda para a direita.

P.93 Sendo $i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} = \dfrac{ne}{\Delta t}$, temos:

$$n = \frac{i \cdot \Delta t}{e} \Rightarrow n = \frac{20 \cdot 1{,}0}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \boxed{n = 1{,}25 \cdot 10^{20}\ \text{elétrons}}$$

P.94 A partir das expressões deduzidas no exercício **R.40**, item **b**, temos:

$$i = N \cdot A \cdot v \cdot e \Rightarrow v = \frac{i}{N \cdot A \cdot e} \Rightarrow v = \frac{2{,}0}{8{,}4 \cdot 10^{22} \cdot 8{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v \simeq 0{,}019\ \text{cm/s} \Rightarrow \boxed{v \simeq 0{,}19\ \text{mm/s}}$$

P.95 a) De $i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t}$, vem:

$$\Delta q = i \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta q = 10 \cdot 4 \cdot 60 \Rightarrow \boxed{\Delta q = 2{,}4 \cdot 10^{3}\ \text{C}}$$

b) Como $\Delta q = ne$, temos:

$$n = \frac{\Delta q}{e} \Rightarrow n = \frac{2{,}4 \cdot 10^{3}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \boxed{n = 1{,}5 \cdot 10^{22}\ \text{elétrons}}$$

P.96 No intervalo de 1 s a 3 s, a carga elétrica é numericamente igual à área do triângulo. Logo, temos:

$$A = \frac{2 \cdot 2}{2} \Rightarrow A = 2 \Rightarrow \boxed{\Delta q = 2\ \text{C}}$$

P.97 A potência elétrica é dada por:

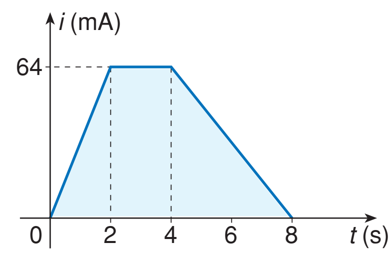
$Pot = U \cdot i \Rightarrow Pot = 220 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{Pot = 2{,}2 \cdot 10^3 \text{ W}}$

P.98 a) $Pot = U \cdot i \Rightarrow 600 = 120 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 5 \text{ A}}$

b) $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = \dfrac{600}{1.000} \cdot 5 \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 3 \text{ kWh}}$

P.99 De $i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t}$, vem: $\Delta t = \dfrac{\Delta q}{i} \Rightarrow \Delta t = \dfrac{3{,}6}{1{,}0} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 3{,}6 \text{ s}}$

P.100 a) Calculando a área destacada no gráfico:



$A = \dfrac{8 + 2}{2} \cdot 64 = 320$

$\Delta q = 320 \text{ mC}$

$\Delta q = 320 \cdot 10^{-3} \text{ C}$

$\boxed{\Delta q = 3{,}2 \cdot 10^{-1} \text{ C}}$

b) De $\Delta q = ne$, sendo $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, temos:

$n = \dfrac{\Delta q}{e} \Rightarrow n = \dfrac{3{,}2 \cdot 10^{-1}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \boxed{n = 2{,}0 \cdot 10^{18} \text{ elétrons}}$

c) $i_m = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow i_m = \dfrac{3{,}2 \cdot 10^{-1}}{8} \Rightarrow i_m = 4{,}0 \cdot 10^{-2} \text{ A} \Rightarrow \boxed{i_m = 40 \text{ mA}}$

P.101 a) $\Delta q = 0{,}80 \text{ Ah} \Rightarrow \Delta q = 0{,}80 \text{ A} \cdot 3.600 \text{ s} \Rightarrow \Delta q = 2.880 \text{ A} \cdot \text{s} \Rightarrow \boxed{\Delta q = 2.880 \text{ C}}$

b) $i_m = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow i_m = \dfrac{2.880 \text{ C}}{110 \cdot 60 \text{ s}} \Rightarrow \boxed{i_m \simeq 0{,}436 \text{ A}}$

$Pot_m = U \cdot i_m \Rightarrow Pot_m = 6 \cdot 0{,}436 \Rightarrow \boxed{Pot_m \simeq 2{,}62 \text{ W}}$

P.102 a) Tensão de alimentação: 12 V
Potência consumida: 180 W

b) De $Pot = U \cdot i$ vem: $180 = 12 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 15 \text{ A}}$

P.103 a) Do gráfico para $\Delta t = 30$ s, vem: $\boxed{Pot = 250 \text{ W}}$

b) Do gráfico, observamos que o produto do tempo de uma volta do disco pela respectiva potência é constante. Logo, as grandezas são **inversamente proporcionais**.

$$\Delta t \cdot Pot = \text{constante} \Rightarrow Pot = \frac{\text{constante}}{\Delta t}$$

P.104 Como $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t$, temos:

$$E_{el.} = \frac{(20 \cdot 100 + 10 \cdot 200)}{1.000} \text{ kW} \cdot 5\ \frac{\text{hora}}{\text{dia}} \cdot 30 \text{ dias} \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 600 \text{ kWh}}$$

P.105 a) $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = \frac{2.000}{1.000} \text{ kW} \cdot 0{,}5\ \frac{\text{hora}}{\text{dia}} \cdot 30 \text{ dias} \Rightarrow E_{el.} = 30 \text{ kWh}$

Por uma regra de três simples e direta, temos:

$$\left.\begin{array}{lcl} 1 \text{ kWh} & \text{———} & \text{R\$ } 0{,}20 \\ 30 \text{ kWh} & \text{———} & x \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{x = \text{R\$ } 6{,}00}$$

b) $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = 2.000 \text{ W} \cdot 60 \text{ s} \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 1{,}2 \cdot 10^5 \text{ J}}$

P.106 Do enunciado, devemos impor que:

$(E_{el.})_{chuveiro} = (E_{el.})_{lâmpada} \Rightarrow (Pot \cdot \Delta t)_{chuveiro} = (Pot \cdot \Delta t)_{lâmpada} \Rightarrow$

$\Rightarrow 3.000 \text{ W} \cdot 20 \text{ min} = 60 \text{ W} \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = 1.000 \text{ min} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 16 \text{ h } 40 \text{ min}}$

P.107 Chuveiro: $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = \frac{5.000}{1.000} \text{ kW} \cdot 0{,}5 \text{ h} \Rightarrow E_{el.} = 2{,}5 \text{ kWh}$

Lâmpada: $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = \frac{60}{1.000} \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} \Rightarrow E_{el.} = 1{,}44 \text{ kWh}$

Portanto, o **banho** consome mais energia.

P.108 a) Massa das latinhas recicladas por dia:

$m = 50.000 \cdot 16 \text{ g} \Rightarrow m = 800 \text{ kg}$

Energia utilizada para produzir a massa de 800 kg de alumínio a partir da bauxita:

$$E = 15\ \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \cdot 800 \text{ kg} \Rightarrow E = 12.000 \text{ kWh}$$

Energia poupada:

$E' = 95\% \cdot E$

$E' = 0{,}95 \cdot 12.000$

$\boxed{E' = 11.400 \text{ kWh}}$ ou $\boxed{E' = 1{,}14 \cdot 10^4 \text{ kWh}}$

b) A energia utilizada para produzir 400 kg a partir da bauxita é dada por:

$$E'' = 15\ \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \cdot 400 \text{ kg} \Rightarrow E'' = 6.000 \text{ kWh}$$

A potência será:

$$Pot = \frac{E''}{\Delta t} = \frac{6.000 \text{ kWh}}{10 \text{ h}}$$

$Pot = 600 \text{ kW}$

De $Pot = U \cdot i$, temos:

$600 \cdot 10^3 = 40 \cdot i$

$\boxed{i = 1{,}5 \cdot 10^4 \text{ A}}$

P.109 Da lei de Ohm podemos obter a resistência R desse resistor:

$U = R \cdot i \Rightarrow 20 = R \cdot 4{,}0 \Rightarrow R = 5{,}0\ \Omega$

Como o resistor em questão é ôhmico, sua resistência elétrica é constante. Novamente, aplicando a lei de Ohm, temos:

$U = R \cdot i \Rightarrow U = 5{,}0 \cdot 1{,}2 \Rightarrow \boxed{U = 6{,}0\ \text{V}}$

P.110 a) A partir do gráfico, vemos que, para $U = 36$ V, temos $i = 8{,}0$ A. Aplicando, então, a lei de Ohm, temos:

$U = R \cdot i \Rightarrow 36 = R \cdot 8{,}0 \Rightarrow \boxed{R = 4{,}5\ \Omega}$

b) Com o valor obtido para a resistência elétrica do resistor, podemos, por meio da lei de Ohm, determinar U quando $i = 1{,}6$ A, pois o resistor em questão é ôhmico.

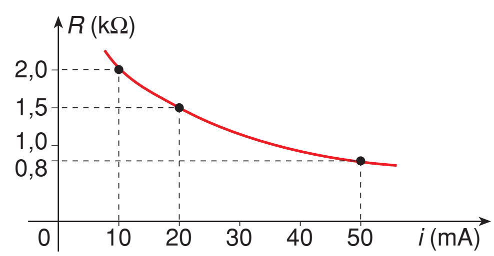
Logo, temos: $U = R \cdot i \Rightarrow U = 4{,}5 \cdot 1{,}6 \Rightarrow \boxed{U = 7{,}2\ \text{V}}$

P.111 a) Do gráfico, para $i = 10$ mA, vem: $U = 20$ V

De $U = R \cdot i$, vem: $20 = R \cdot 10 \cdot 10^{-3} \Rightarrow R = 2{,}0 \cdot 10^3\ \Omega \Rightarrow \boxed{R = 2{,}0\ \text{k}\Omega}$

b)

i (mA)	10	20	50
U (V)	20	30	40
R (kΩ)	2,0	1,5	0,8



P.112 Como $E_{el.} = Q$, temos:

$Pot \cdot \Delta t = mc \cdot \Delta\theta \Rightarrow R \cdot i^2 \cdot \Delta t = mc \cdot \Delta\theta \Rightarrow$

$\Rightarrow 4{,}2 \cdot i^2 \cdot 200 = 10 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 4{,}2 \Rightarrow \boxed{i = 20\ \text{A}}$

P.113 $E_{el.} = Q \Rightarrow Pot \cdot \Delta t = mc \cdot \Delta\theta \Rightarrow R \cdot i^2 \cdot \Delta t = mc \cdot \Delta\theta \Rightarrow$

$\Rightarrow 20 \cdot 10^2 \cdot \Delta t = 10^3 \cdot 1 \cdot 50 \cdot 4{,}2 \Rightarrow \boxed{\Delta t = 105 \text{ s}}$

P.114 a) $Pot = \dfrac{U^2}{R} \Rightarrow Pot = \dfrac{(220)^2}{20} \Rightarrow \boxed{Pot = 2.420 \text{ W}}$

b) $E_{el.} = Q \Rightarrow Pot \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow$

$\Rightarrow 2.420 \cdot \Delta t = 10 \cdot 4{,}18 \cdot 10^3 \cdot (90 - 25) \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta t \simeq 1.122{,}7 \text{ s} \Rightarrow \boxed{\Delta t \simeq 18{,}7 \text{ min}}$

P.115 Na primeira situação a potência é dada por:

$Pot = \dfrac{U^2}{R}$ ①

Ao reduzirmos a resistência elétrica do resistor à metade, teremos:

$Pot' = \dfrac{U^2}{\frac{R}{2}} \Rightarrow Pot' = 2 \cdot \dfrac{U^2}{R}$ ②

Substituindo ① em ②, temos: $\boxed{Pot' = 2 \cdot Pot}$

Portanto, a potência dobra.

P.116 a) $Q = E_{el.} \Rightarrow Q = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow Q = \dfrac{U^2}{R} \cdot \Delta t \Rightarrow$

$\Rightarrow Q = \dfrac{(12)^2}{100} \cdot 3.600 \Rightarrow Q = 5.184 \text{ J} \Rightarrow \boxed{Q \simeq 5{,}2 \cdot 10^3 \text{ J}}$

b) $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = \mu \cdot V \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow$

$\Rightarrow 5.184 = 1{,}0 \cdot V \cdot 4{,}2 \cdot (32 - 20) \Rightarrow \boxed{V \simeq 102{,}8 \text{ cm}^3}$

P.117 a) $Pot = U \cdot i \Rightarrow 4.400 = 220 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 20\ \text{A}}$

b) $Pot = \dfrac{U^2}{R}$ ①; $Pot' = \dfrac{U'^2}{R}$ ②

Dividindo ② por ①, vem:

$$\frac{Pot'}{Pot} = \frac{U'^2}{U^2} \Rightarrow \frac{Pot'}{4.400} = \left(\frac{110}{220}\right)^2 \Rightarrow \frac{Pot'}{4.400} = \frac{1}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Pot' = \frac{4.400}{4} \Rightarrow \boxed{Pot' = 1.100\ \text{W}}$$

$$Pot' = U' \cdot i' \Rightarrow 1.100 = 110 \cdot i' \Rightarrow \boxed{i' = 10\ \text{A}}$$

P.118 $R = \rho \cdot \dfrac{L}{A} \Rightarrow R = 1{,}72 \cdot 10^{-2}\ \Omega \cdot \dfrac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \dfrac{120\ \text{m}}{0{,}50\ \text{mm}^2} \Rightarrow \boxed{R \simeq 4{,}1\ \Omega}$

P.119 $R = \rho \cdot \dfrac{L}{A} \Rightarrow 20\ \Omega = 5{,}51 \cdot 10^{-2}\ \dfrac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \dfrac{L}{1{,}102 \cdot 10^{-4}\ \text{mm}^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{L = 4{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{m}}$

P.120 $R = \rho \cdot \dfrac{L}{A}$ ①

$R' = \rho \cdot \dfrac{2L}{3A} \Rightarrow R' = \dfrac{2}{3} \cdot \rho \cdot \dfrac{L}{A}$ ②

De ① e ②: $R' = \dfrac{2}{3} \cdot R \Rightarrow R' = \dfrac{2}{3} \cdot 30 \Rightarrow \boxed{R' = 20\ \Omega}$

P.121 $R = \rho \cdot \dfrac{L}{A} \Rightarrow 100 = \rho \cdot \dfrac{L}{A}$ ①

$R' = \rho \cdot \dfrac{L + 0{,}5}{A} \Rightarrow 120 = \rho \cdot \dfrac{L + 0{,}5}{A}$ ②

Dividindo ② por ①, temos: $\dfrac{120}{100} = \dfrac{L + 0{,}5}{L} \Rightarrow \boxed{L = 2{,}5\ \text{m}}$

P.122 a) De $R = \rho \cdot \dfrac{L}{A}$, concluímos que, triplicando L, a resistência R **triplica**.

b) Sendo $A = \pi r^2$, concluímos que, **duplicando o raio** r, a área quadruplica e R fica **reduzida à quarta parte**.

P.123 De $U = R \cdot i$, vem: $120 = 1.000 \cdot i \Rightarrow i = 120 \cdot 10^{-3}$ A $\Rightarrow i = 120$ mA
Sendo $i = 120$ mA > 100 mA, concluímos que a pessoa poderá falecer por fibrilação cardíaca.

P.124 a) Do gráfico, para $i = 10$ mA, vem: $U = 4{,}0$ V

Como $Pot = U \cdot i$, temos: $Pot = 4{,}0 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{Pot = 4{,}0 \cdot 10^{-2}\text{ W}}$

b) Do gráfico, para $U = 2{,}0$ V, vem: $i = 8{,}0$ mA

De $i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t}$, vem: $\Delta q = i \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta q = 8{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \Rightarrow \boxed{\Delta q = 8{,}0 \cdot 10^{-2}\text{ C}}$

P.125 Ligando-se o aquecedor em 110 V, no lugar de 220 V, a potência dissipada fica 4 vezes menor.
Assim, de $Pot \cdot \Delta t = Q$ e $Pot' \cdot \Delta t' = Q$, vem:

$$Pot \cdot \Delta t = Pot' \cdot \Delta t' \Rightarrow Pot \cdot 12 = \frac{Pot}{4} \cdot \Delta t' \Rightarrow \boxed{\Delta t' = 48\text{ min}}$$

P.126 $E_{el.} = Q \Rightarrow Pot \cdot \Delta t = mc \cdot \Delta\theta \Rightarrow Pot \cdot \Delta t = dVc \cdot \Delta\theta \Rightarrow Pot = d \cdot \dfrac{V}{\Delta t} c \cdot \Delta\theta \Rightarrow$

$\Rightarrow 2.200 = 1 \cdot 0{,}022 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \boxed{\Delta\theta = 25\text{ °C}}$

P.127 $E_{el.} = Q \Rightarrow Pot \cdot \Delta t = mL \Rightarrow R \cdot i^2 \cdot \Delta t = mL \Rightarrow$

$\Rightarrow 4 \cdot 10^3 \cdot 2^2 \cdot \Delta t = 10^3 \cdot 80 \cdot 4{,}2 \Rightarrow \boxed{\Delta t = 21\text{ s}}$

P.128 $Pot = 100$ W; $m = 500$ g; $c = 4{,}2$ J/g $\cdot$ °C; $\Delta\theta = 4{,}5$ °C; $\Delta t = 1$ min 40 s $= 100$ s
Energia fornecida à lâmpada: $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = 100 \cdot 100 \Rightarrow E_{el.} = 10^4$ J
Calor dissipado: $Q = mc \cdot \Delta\theta = 500 \cdot 4{,}2 \cdot 4{,}5 \Rightarrow Q = 9{,}45 \cdot 10^3$ J
A energia luminosa é dada por:
$E_{lum.} = E_{el.} - Q \Rightarrow E_{lum.} = 10^4\text{ J} - 9{,}45 \cdot 10^3\text{ J} \Rightarrow E_{lum.} = 0{,}55 \cdot 10^3\text{ J} \Rightarrow E_{lum.} = 5{,}5 \cdot 10^2$ J
Por uma regra de três simples e direta:

$$\left.\begin{array}{l} 10^4\text{ J} \text{ —— } 100\% \\ 5{,}5 \cdot 10^2\text{ J} \text{ —— } x \end{array}\right\} \Rightarrow x = \frac{5{,}5 \cdot 10^2 \cdot 100}{10^4} \Rightarrow \boxed{x = 5{,}5\%}$$

P.129 a) $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t = 2{,}2 \cdot \dfrac{10}{60} \Rightarrow E_{el.} = \dfrac{22}{60} \Rightarrow E_{el.} = \dfrac{11}{30}$ kWh

$$\left.\begin{array}{lcl} 1\text{ kWh} & \text{———} & \text{R\$ } 0{,}20 \\ \dfrac{11}{30}\text{ kWh} & \text{———} & x \end{array}\right\} \Rightarrow x \simeq 0{,}073 \Rightarrow \boxed{x \simeq \text{R\$ } 0{,}07}$$

b) Cálculo do valor inicial da resistência R do chuveiro:

$$Pot = \frac{U^2}{R} \Rightarrow 2.200 = \frac{(220)^2}{R} \Rightarrow R = 22\ \Omega$$

Temos: $Pot \cdot \Delta t = mc \cdot \Delta\theta \Rightarrow \dfrac{U^2}{R} \cdot \Delta t = mc \cdot \Delta\theta$

Então, concluímos que, para dobrar $\Delta\theta$, devemos reduzir a resistência elétrica R à metade. Logo, a nova resistência do chuveiro será:

$$R' = \frac{R}{2} \Rightarrow \boxed{R' = 11\ \Omega}$$

P.130 a) $E_{el.} = Q \Rightarrow Pot \cdot \Delta t = Mc \cdot \Delta\theta \Rightarrow \dfrac{U^2}{R} \cdot \Delta t = Mc \cdot \Delta\theta \Rightarrow \dfrac{U^2}{R} = Mc \cdot \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t}$ ①

Do gráfico A, temos:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{40\ °C - 20\ °C}{16\text{ min}} \Rightarrow \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{20\ °C}{16 \cdot 60\text{ s}}$$

Dados: $U = 120$ V; $R = 40\ \Omega$; $c = 4{,}0$ J/g $\cdot$ °C

Substituindo os valores acima em ①, temos:

$$\frac{(120)^2}{40} = M \cdot 4{,}0 \cdot \frac{20}{16 \cdot 60} \Rightarrow M = 4.320\text{ g} \Rightarrow \boxed{M = 4{,}32\text{ kg}}$$

b) $E_{el.} = Q \Rightarrow Pot \cdot \Delta t = Mc \cdot \Delta\theta + m_b \cdot c_b \cdot \Delta\theta \Rightarrow$

$$\Rightarrow Pot = (Mc + m_b \cdot c_b) \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \Rightarrow \frac{U^2}{R} = (Mc + m_b \cdot c_b) \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad ②$$

Do gráfico B, temos: $\dfrac{\Delta\theta}{\Delta t} = \dfrac{35\ °C - 25\ °C}{16\text{ min} - 6\text{ min}} \Rightarrow \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t} = \dfrac{10\ °C}{10 \cdot 60\text{ s}}$

Em ②, temos:

$$\frac{(120)^2}{40} = (4.320 \cdot 4{,}0 + 5.400 \cdot c_b) \cdot \frac{10}{10 \cdot 60} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c_b = 0{,}8\text{ J/g} \cdot °C \Rightarrow \boxed{c_b = 0{,}2\text{ cal/g} \cdot °C}$$

P.131 a) $R = \rho \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R = \rho \cdot \frac{L}{\frac{\pi d^2}{4}} \Rightarrow R = 4 \cdot \rho \cdot \frac{L}{\pi d^2}$

$R_2 = 4\rho \cdot \frac{L}{\pi \cdot 2^2}$ ① e $R_3 = 4\rho \cdot \frac{L}{\pi \cdot 3^2}$ ②

Dividindo ① por ② vem: $\boxed{\frac{R_2}{R_3} = \frac{9}{4}}$

b) Comparados com fios mais finos, mantidas as demais condições, os fios mais grossos possuem menor resistência elétrica e, por isso, suportam correntes elétricas de maior intensidade. Isso proporciona maior segurança às instalações contra eventuais aumentos na intensidade da corrente.

P.132 a) $R_{2.000} = \rho_{2.000} \cdot \frac{L}{A}$ ① $R_{20} = \rho_{20} \cdot \frac{L}{A}$ ②

Dividindo ① por ②, temos: $\frac{R_{2.000}}{R_{20}} = \frac{\rho_{2.000}}{\rho_{20}}$

Do gráfico, vem: $\rho_{2.000} = 65 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$ e $\rho_{20} = 5 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$

Portanto: $\frac{R_{2.000}}{R_{20}} = \frac{65 \cdot 10^{-8}}{5 \cdot 10^{-8}} \Rightarrow \boxed{\frac{R_{2.000}}{R_{20}} = 13}$

b) $P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{P} \Rightarrow R = \frac{(120)^2}{60} \Rightarrow \boxed{R = 240\ \Omega}$

c) $R = \rho \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R = \rho \cdot \frac{L}{\frac{\pi d^2}{4}} \Rightarrow 240 = 4\rho \cdot \frac{0,50}{3 \cdot (0,05 \cdot 10^{-3})^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \rho = 90 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$

Do gráfico, para $\rho = 90 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$, temos: $\boxed{\theta = 2.750\ °C}$

P.133 **Inverno**

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

Para $\Delta t = 1$ h, temos:

$$E_{el.} = \frac{U^2}{R} \cdot 1 \Rightarrow E_{el.} = \frac{U^2}{R}$$

o que corresponde a R\$ 1,00

Verão

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

Sendo $\Delta t = \frac{1}{3}$ h $\cdot 7 \cdot 30 = 70$ h e $3R$ a resistência elétrica do chuveiro, temos:

$$E_{el.} = \frac{U^2}{3R} \cdot 70$$

Por uma regra de três simples e direta, temos:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{U^2}{R} \text{ —— R\$ 1,00} \\ \frac{U^2}{3R} \cdot 70 \text{ —— } x \end{array}\right\} \Rightarrow x = 23{,}33 \Rightarrow \boxed{x \simeq \text{R\$ } 23{,}00}$$

P.134 a) Do gráfico, para $T = 10$ K, temos: $\rho = 2{,}0 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot \text{m}$

De $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$, vem: $R = 2{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1{,}5}{0{,}050 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \boxed{R = 60\ \Omega}$

b) A resistência elétrica a ser considerada é a do trecho de fio, de comprimento $L - h$, não imerso no hélio. A parte mergulhada no líquido tem resistência elétrica nula, pois está abaixo de 9,0 K.

$$R = \rho \cdot \frac{(L - h)}{A} \Rightarrow 36 = 2{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{(1{,}5 - h)}{0{,}050 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{h = 0{,}60 \text{ m}}$$

P.135 a) $R_s = R_1 + R_2 \Rightarrow R_s = 4 + 6 \Rightarrow \boxed{R_s = 10\ \Omega}$

b) $U = R_s \cdot i \Rightarrow U = 10 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{U = 20\ \text{V}}$

c) $U_1 = R_1 \cdot i \Rightarrow U_1 = 4 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{U_1 = 8\ \text{V}}$

$U_2 = R_2 \cdot i \Rightarrow U_2 = 6 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{U_2 = 12\ \text{V}}$

P.136 a) $R_s = R_1 + R_2 \Rightarrow R_s = 7 + 5 \Rightarrow \boxed{R_s = 12\ \Omega}$

b) $U = R_s \cdot i \Rightarrow 120 = 12 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 10\ \text{A}}$

c) $U_1 = R_1 \cdot i \Rightarrow U_1 = 7 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{U_1 = 70\ \text{V}}$

$U_2 = R_2 \cdot i \Rightarrow U_2 = 5 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{U_2 = 50\ \text{V}}$

P.137 Sendo $R_1 = 200\ \Omega$, $R_2 = 0{,}5\ \text{k}\Omega = 500\ \Omega$ e $R_3 = 3 \cdot 10^{-4}\ \text{M}\Omega = 300\ \Omega$, temos:

$R_s = R_1 + R_2 + R_3 = 1.000\ \Omega$

$U = R_s \cdot i \Rightarrow U = 1.000 \cdot 0{,}1 \Rightarrow \boxed{U = 100\ \text{V}}$

P.138 a) $U_{AB} = R_s \cdot i \Rightarrow U_{AB} = (1 + 2) \cdot 2 \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 6\ \text{V}}$

b) Com a chave Ch no ponto 4, temos:

$U_{AB} = R_s \cdot i \Rightarrow 6 = 6 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 1\ \text{A}}$

Com a chave Ch em 5:

$U_{AB} = R_s \cdot i \Rightarrow 6 = 10 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 0{,}6\ \text{A}}$

Com a chave Ch em 6:

$U_{AB} = R_s \cdot i \Rightarrow 6 = 15 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 0{,}4 \text{ A}}$

c) A máxima resistência do reostato é obtida com a chave no ponto 6. Nessa posição a resistência equivalente será: $\boxed{R_s = 15\ \Omega}$

P.139 a) $Pot_{máx.} = \dfrac{U^2_{máx.}}{R} \Rightarrow U^2_{máx.} = Pot_{máx.} \cdot R \Rightarrow U^2_{máx.} = 1 \cdot 10 \Rightarrow$

$\Rightarrow U_{máx.} = \sqrt{10}\ \text{V} \Rightarrow \boxed{U_{máx.} \simeq 3{,}16 \text{ V}}$

b) $i_{máx.} = \dfrac{U_{máx.}}{R} \Rightarrow i_{máx.} = \dfrac{3{,}16}{10} \Rightarrow \boxed{i_{máx.} = 0{,}316 \text{ A}}$

P.140 Vamos, inicialmente, calcular as resistências elétricas das lâmpadas. De $Pot = \dfrac{U^2}{R}$, vem $R = \dfrac{U^2}{Pot}$. Assim:

lâmpada L_1: $R_1 = \dfrac{(110)^2}{200} \Rightarrow R_1 = 60{,}5\ \Omega$

lâmpada L_2: $R_2 = \dfrac{(110)^2}{100} \Rightarrow R_2 = 121\ \Omega$

lâmpada L_3: $R_3 = \dfrac{(110)^2}{25} \Rightarrow R_3 = 484\ \Omega$

Aplicando a lei de Ohm, com as três lâmpadas em série, temos:

$U = R_s \cdot i \Rightarrow U = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i \Rightarrow 220 = (60{,}5 + 121 + 484) \cdot i \Rightarrow i \simeq 0{,}33 \text{ A}$

As novas ddps nas lâmpadas para a corrente obtida serão:

lâmpada L_1: $U_1 = R_1 \cdot i \Rightarrow U_1 = 60{,}5 \cdot 0{,}33 \Rightarrow U_1 \simeq 20 \text{ V}$

lâmpada L_2: $U_2 = R_2 \cdot i \Rightarrow U_2 = 121 \cdot 0{,}33 \Rightarrow U_2 \simeq 40 \text{ V}$

lâmpada L_3: $U_3 = R_3 \cdot i \Rightarrow U_3 = 484 \cdot 0{,}33 \Rightarrow U_3 \simeq 160 \text{ V}$

Logo, L_1 está sob ddp menor do que a nominal. Seu brilho é menor que o normal. O mesmo ocorre com a lâmpada L_2. A lâmpada L_3 está sob ddp maior do que a nominal. Ela apresenta um brilho acima do normal em seguida se queima.

Com isso, L_1 e L_2 se apagam.

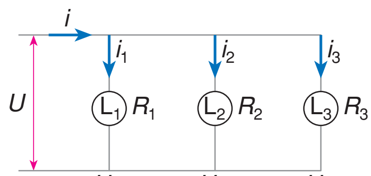
P.141 a) $R_p = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_p = \dfrac{20 \cdot 30}{20 + 30} \Rightarrow \boxed{R_p = 12\ \Omega}$

b) $i_1 = \dfrac{U}{R_1} \Rightarrow i_1 = \dfrac{120}{20} \Rightarrow \boxed{i_1 = 6 \text{ A}}$

$$i_2 = \frac{U}{R_2} \Rightarrow i_2 = \frac{120}{30} \Rightarrow \boxed{i_2 = 4\text{ A}}$$

c) $i = i_1 + i_2 \Rightarrow \boxed{i = 10\text{ A}}$

P.142



$i_1 = \frac{U}{R_1}$ $\quad i_2 = \frac{U}{R_2}$ $\quad i_3 = \frac{U}{R_3}$

$i = i_1 + i_2 + i_3$

Queimando L_3, por exemplo, i_1 e i_2 não se alteram, pois U, R_1 e R_2 não se modificam. O que se altera é a corrente total i fornecida pelo gerador. Essa passa a ser $I = i_1 + i_2$.

P.143

$Pot_{total} = 12 \cdot 100 + 720 + 2.400 + 1.200 + 360$

$Pot_{total} = 5.880\text{ W}$

$$Pot_{total} = U \cdot i \Rightarrow i = \frac{Pot_{total}}{U} \Rightarrow i = \frac{5.880}{120} \Rightarrow \boxed{i = 49\text{ A}}$$

P.144

a) $Pot = U \cdot i \Rightarrow Pot = 110 \cdot \frac{6}{11} \Rightarrow \boxed{Pot = 60\text{ W}}$

b) $15 = n \cdot \frac{6}{11} \Rightarrow n = \frac{15 \cdot 11}{6} \Rightarrow n = 27{,}5 \Rightarrow \boxed{n = 27\text{ lâmpadas}}$

P.145

Sendo $i_{máx.} = 15$ A e $U = 120$ V, temos:

$Pot_{máx.} = U \cdot i_{máx.} \Rightarrow Pot_{máx.} = 120 \cdot 15 \Rightarrow Pot_{máx.} = 1.800\text{ W}$

Por uma regra de três simples e direta, temos:

$$\left.\begin{array}{r} 1\text{ lâmpada} \;\text{———}\; 60\text{ W} \\ x \;\text{———}\; 1.800\text{ W} \end{array}\right\} \Rightarrow x = \frac{1.800}{60} \Rightarrow \boxed{x = 30\text{ lâmpadas}}$$

P.146

a) $Pot = U \cdot i \Rightarrow 2.200 = 110 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 20\text{ A}}$

b) Com a chave na posição "verão", temos:

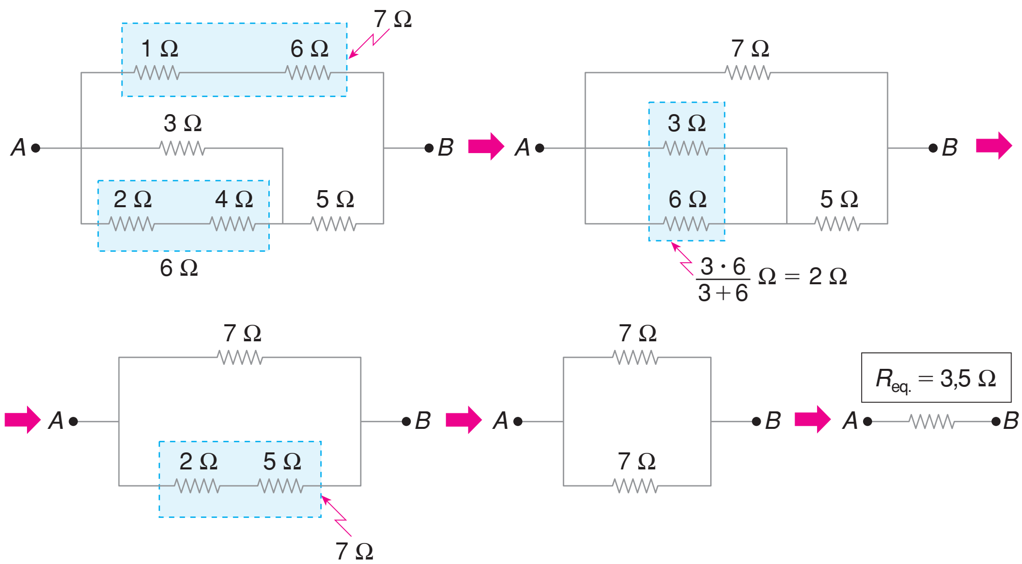
$$Pot_{verão} = \frac{U^2}{R_1} \Rightarrow 1.100 = \frac{(110)^2}{R_1} \Rightarrow \boxed{R_1 = 11\ \Omega}$$

Com a chave na posição "inverno", temos:

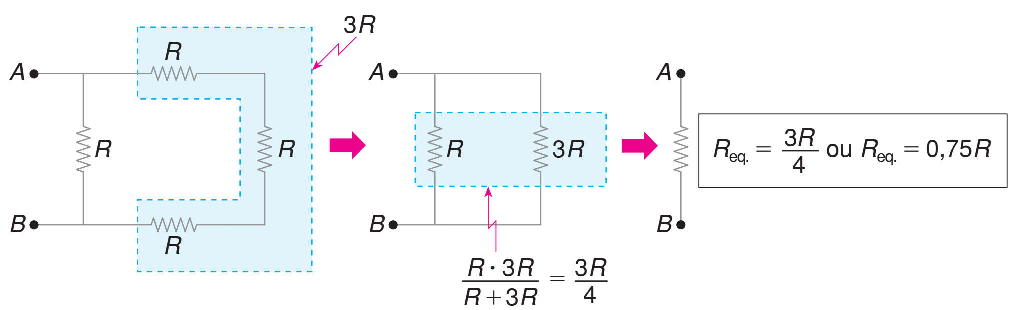
$$Pot_{inverno} = \frac{U^2}{R_p} \Rightarrow 2.200 = \frac{(110)^2}{R_p} \Rightarrow R_p = 5{,}5\ \Omega$$

$$\text{De } \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \text{ vem: } \frac{1}{5{,}5} = \frac{1}{11} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \boxed{R_2 = 11\ \Omega}$$

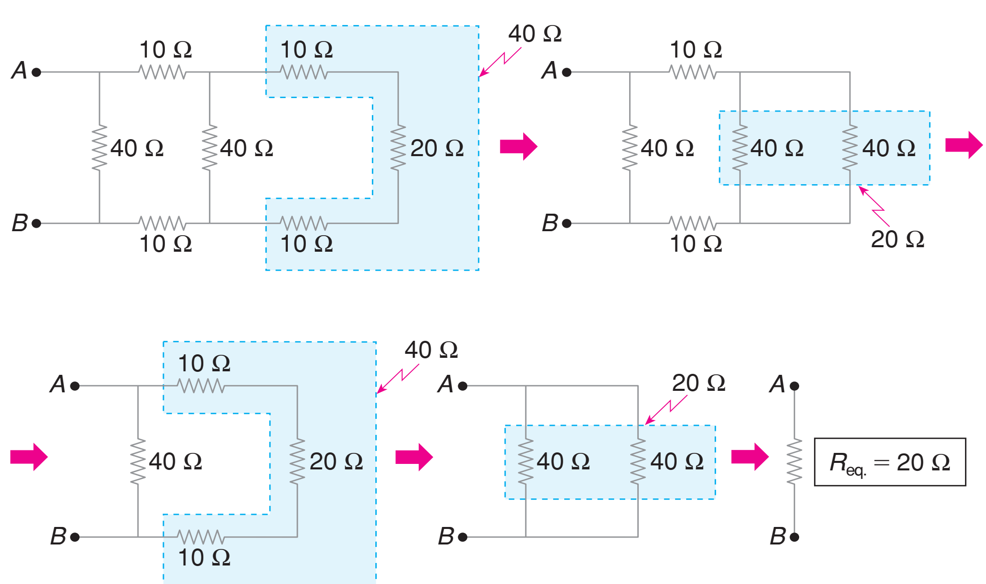
P.147 (I)


7 Ω
1 Ω
6 Ω
3 Ω
A
B
2 Ω
4 Ω
5 Ω
6 Ω
3 Ω
6 Ω
$\frac{3 \cdot 6}{3+6}$ Ω = 2 Ω
2 Ω
5 Ω
7 Ω
$R_{eq.}$ = 3,5 Ω

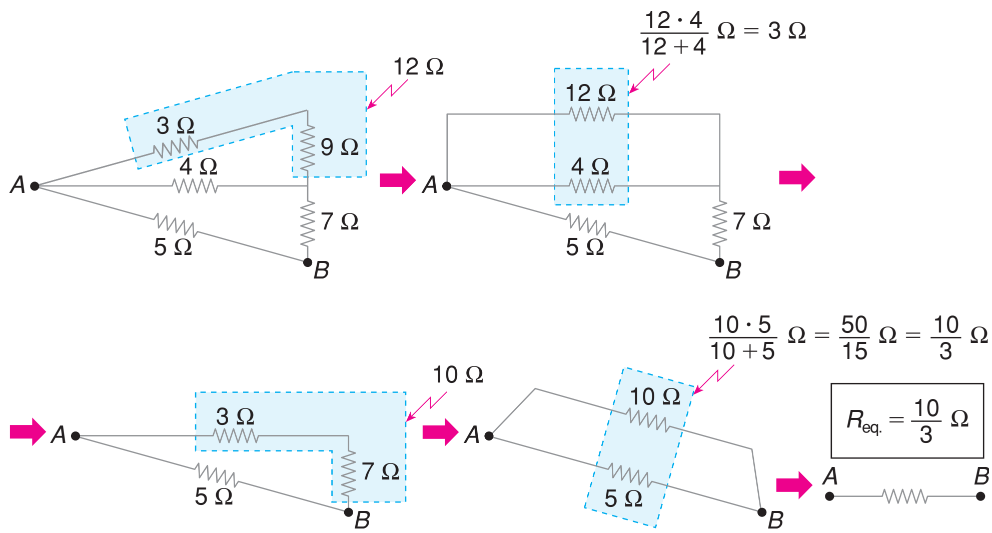
(II)


3R
R
A
B
R
R
R
3R
$\frac{R \cdot 3R}{R+3R} = \frac{3R}{4}$
$R_{eq.} = \frac{3R}{4}$ ou $R_{eq.}$ = 0,75R

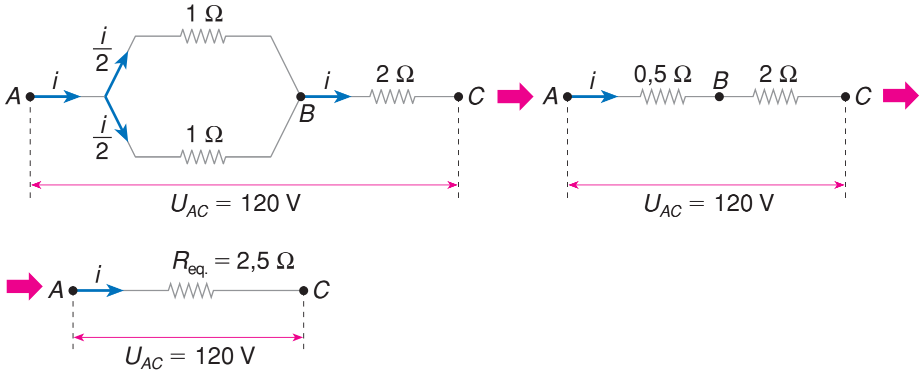
(III)


10 Ω
10 Ω
40 Ω
40 Ω
40 Ω
20 Ω
10 Ω
10 Ω
A
B
20 Ω
40 Ω
20 Ω
40 Ω
$R_{eq.}$ = 20 Ω

(IV)



P.148 a)



$U_{AC} = R_{eq.} \cdot i \Rightarrow 120 = 2{,}5 \cdot i \Rightarrow i = 48$ A

$U_{AB} = R_{AB} \cdot i \Rightarrow U_{AB} = 0{,}5 \cdot 48 \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 24 \text{ V}}$

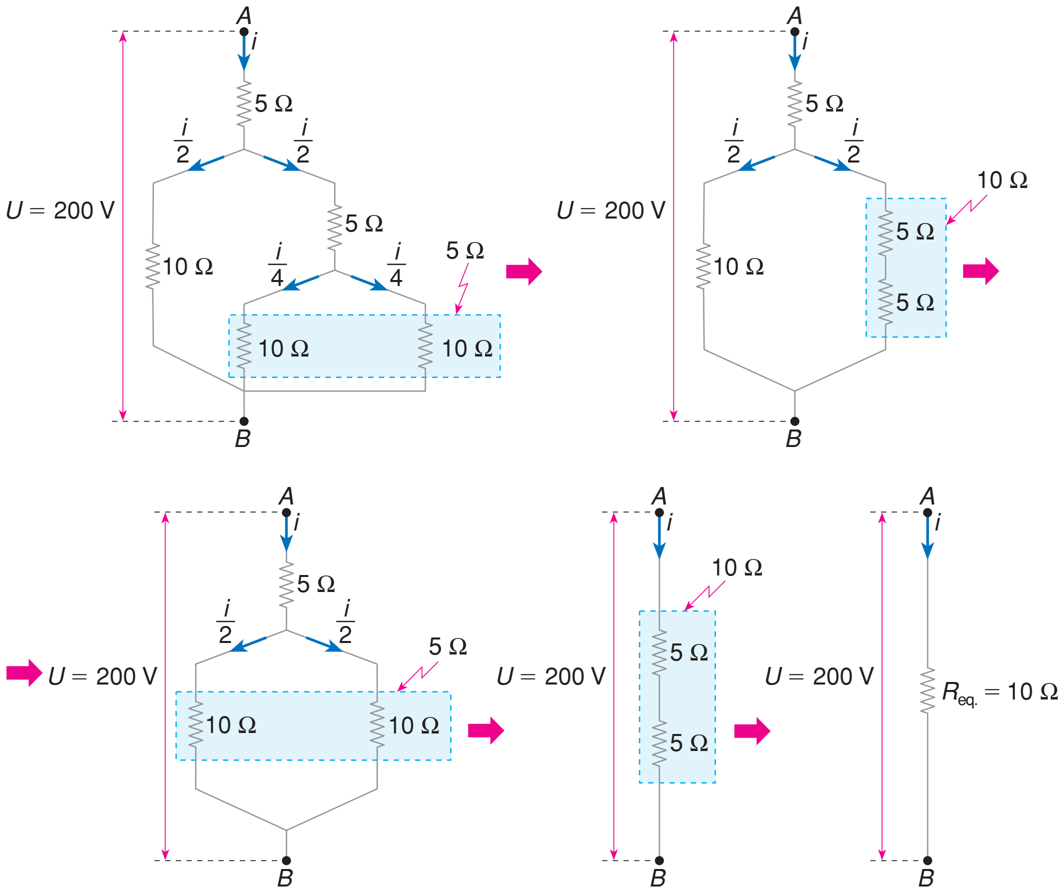
b) Cada resistor de resistência 1 Ω é percorrido por corrente de intensidade:

$$\boxed{\frac{i}{2} = 24 \text{ A}}$$

P.149 Os resistores de 6 Ω e 12 Ω (7 Ω + 5 Ω) estão em paralelo e, portanto, sob a mesma ddp:

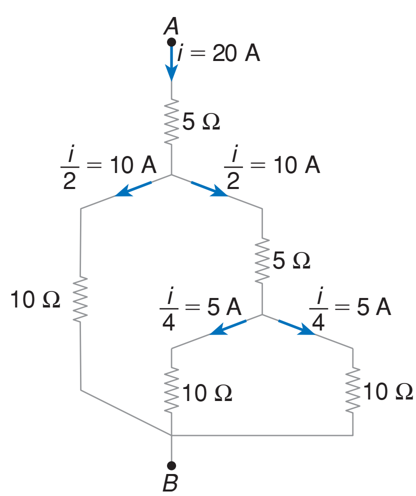
$6 \cdot i' = 12 \cdot i'' \Rightarrow 6 \cdot 6 = 12 \cdot i'' \Rightarrow \boxed{i'' = 3 \text{ A}}$

P.150

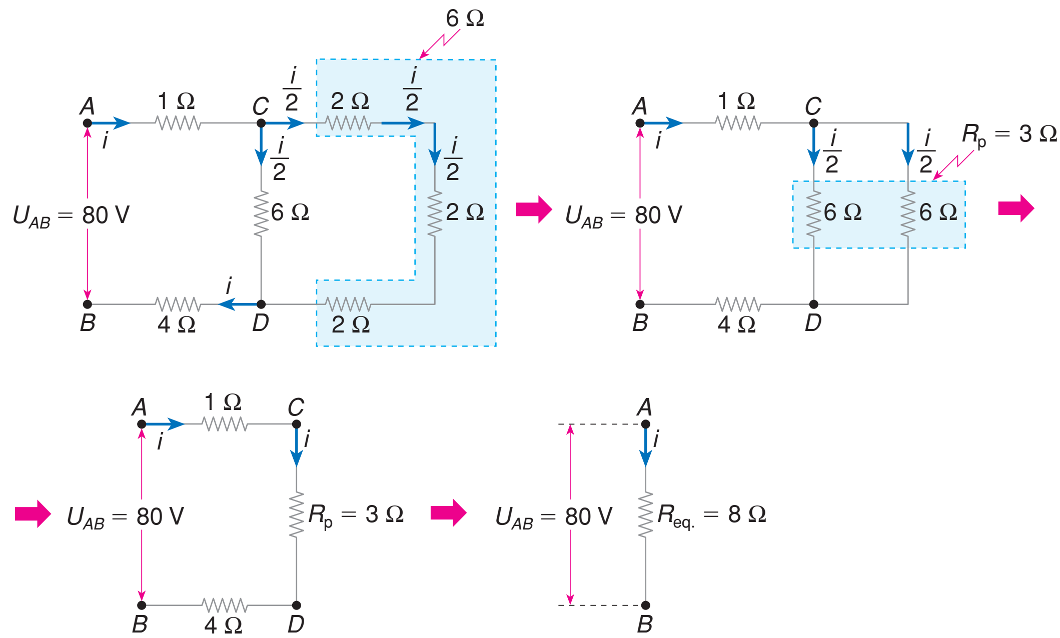


$$U = R_{eq.} \cdot i \Rightarrow 200 = 10 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 20\text{ A}}$$

Temos a seguinte distribuição de correntes:



P.151 a)

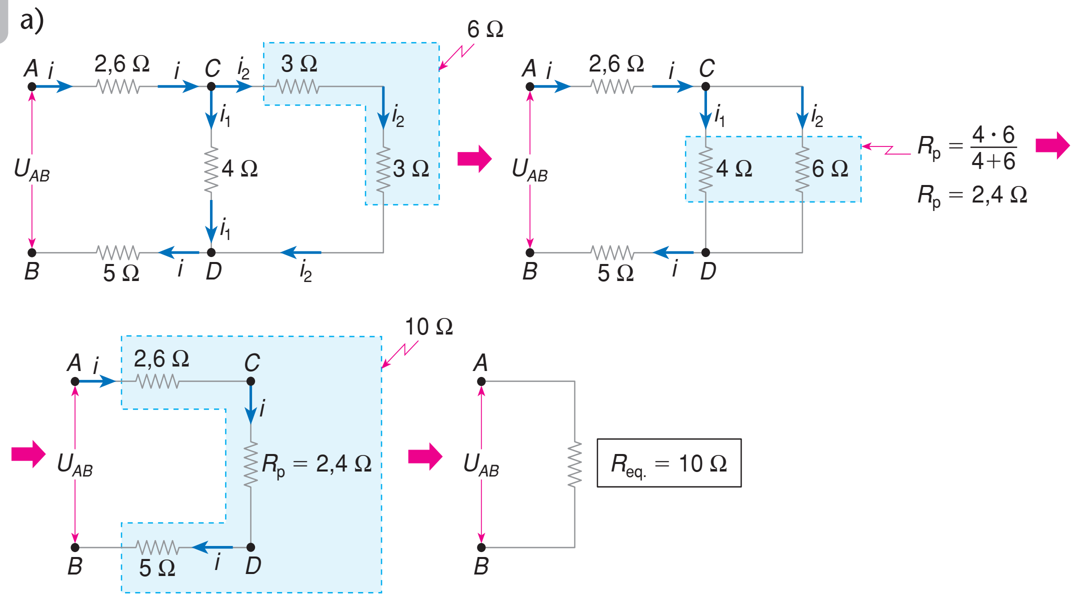


$U_{AB} = R_{eq.} \cdot i \Rightarrow 80 = 8 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 10\ A}$

b) $U_{CD} = R_p \cdot i \Rightarrow U_{CD} = 3 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{U_{CD} = 30\ V}$

c) $\boxed{\frac{i}{2} = 5\ A}$

P.152 a)



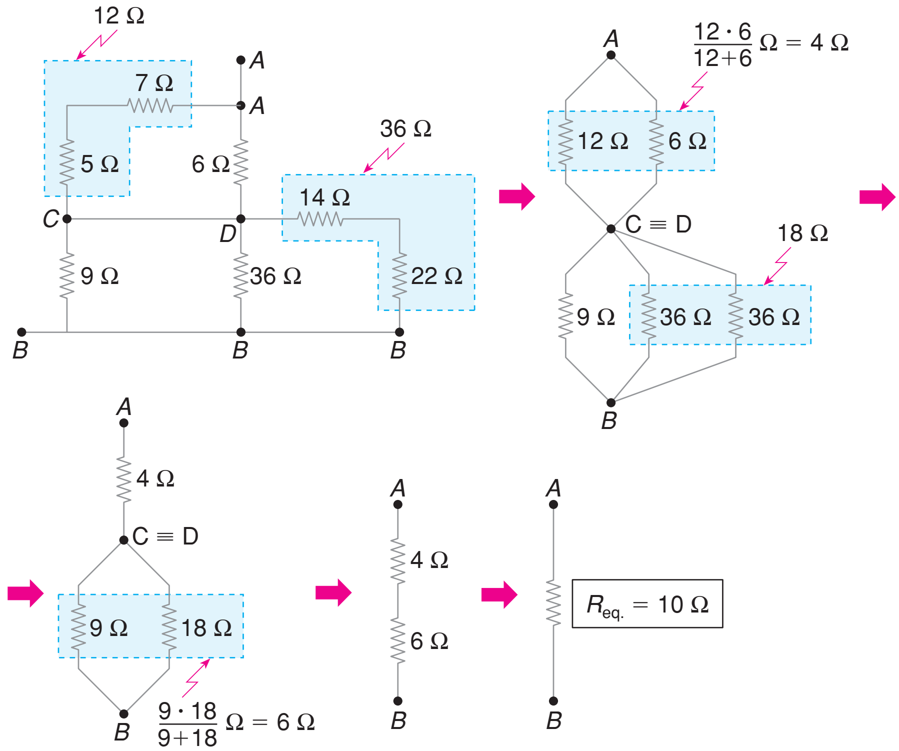
b) $U_{AB} = R_{eq.} \cdot i \Rightarrow U_{AB} = 10 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 40\ V}$

c) $U_{CD} = R_p \cdot i \Rightarrow U_{CD} = 2{,}4 \cdot 4 \Rightarrow U_{CD} = 9{,}6 \text{ V}$

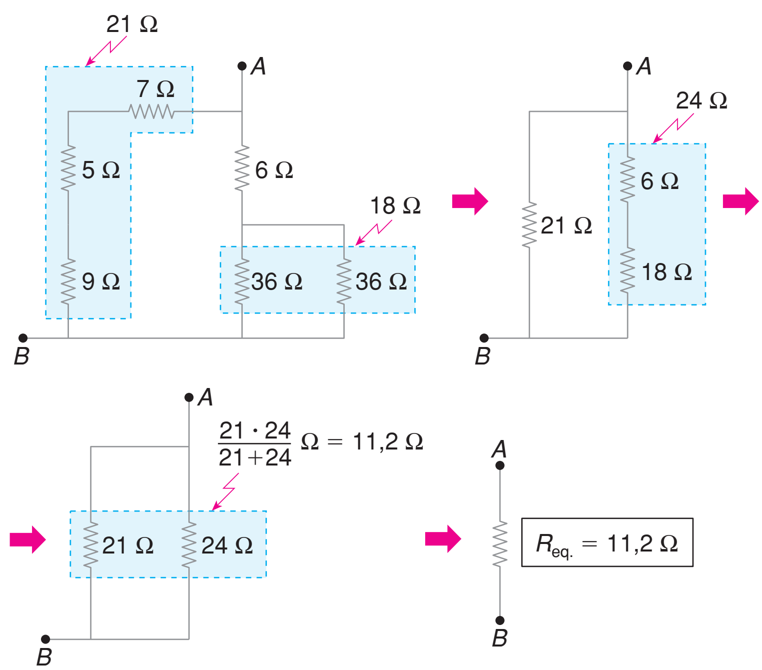
$U_{CD} = R_1 \cdot i_1 \Rightarrow 9{,}6 = 4 \cdot i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 2{,}4 \text{ A}}$

$U_{CD} = R_2 \cdot i_2 \Rightarrow 9{,}6 = 6 \cdot i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 1{,}6 \text{ A}}$

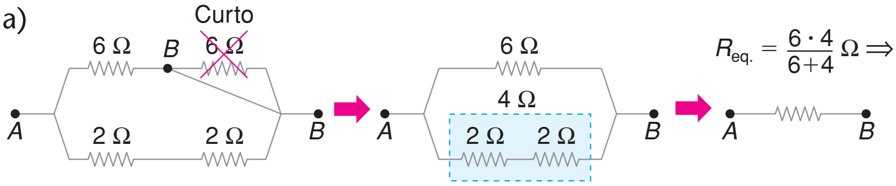
P.153 a)



b)

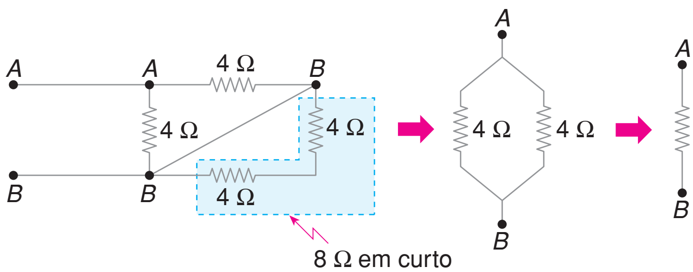


P.154 a)



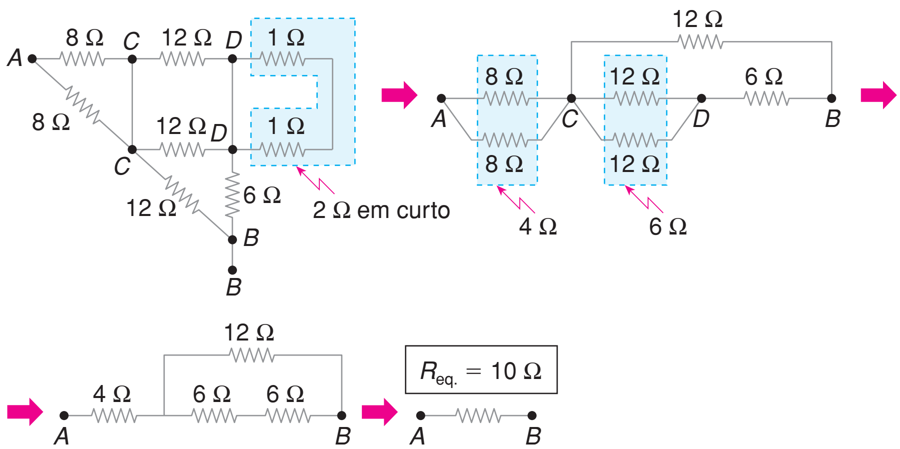
$R_{eq.} = \frac{6 \cdot 4}{6+4}\ \Omega \Rightarrow \boxed{R_{eq.} = 2{,}4\ \Omega}$

b)

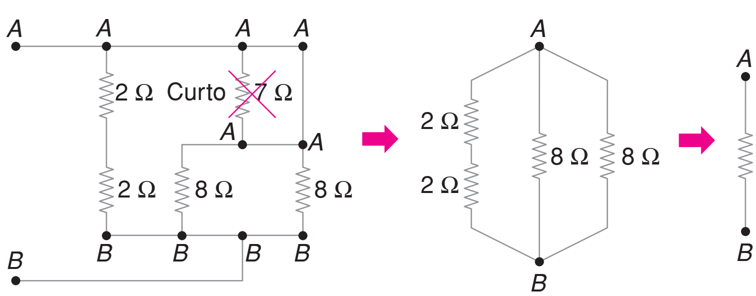


$\boxed{R_{eq.} = 2\ \Omega}$

c)

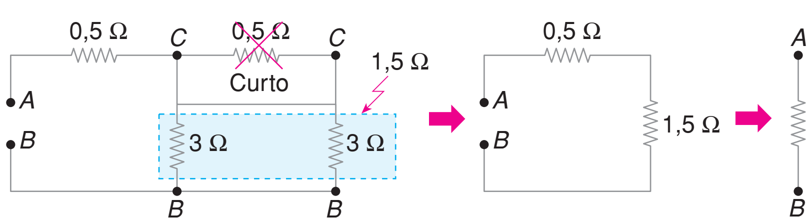


d)



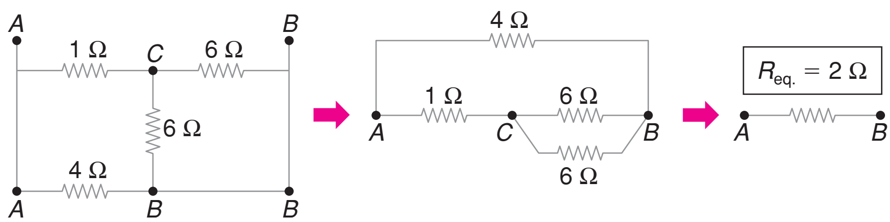
$\boxed{R_{eq.} = 2\ \Omega}$

e)

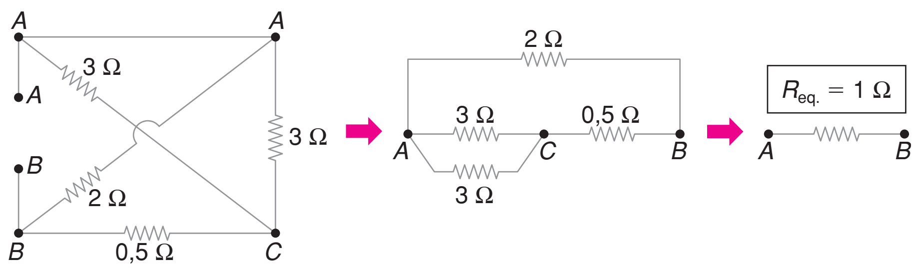


$\boxed{R_{eq.} = 2\ \Omega}$

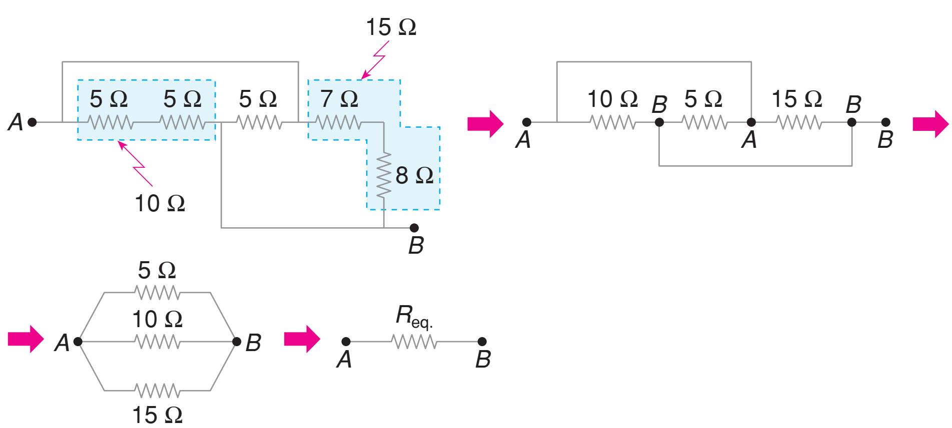
f)



g)

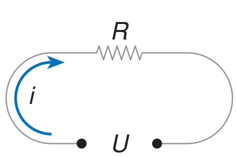


h)

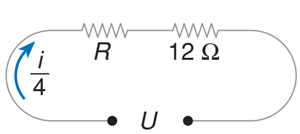


$$\frac{1}{R_{eq.}} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{15} = \frac{6 + 3 + 2}{30} \Rightarrow R_{eq.} = \frac{30}{11}\ \Omega \Rightarrow \boxed{R_{eq.} \simeq 2{,}7\ \Omega}$$

P.155



$U = R \cdot i$



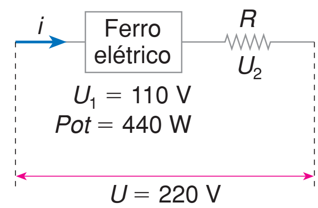
$U = (R + 12) \cdot \frac{i}{4} \Rightarrow R \cdot i = (R + 12) \cdot \frac{i}{4} \Rightarrow \boxed{R = 4\ \Omega}$

P.156

$Pot = U_1 \cdot i \Rightarrow 440 = 110 \cdot i \Rightarrow i = 4$ A

$U_2 = U - U_1 \Rightarrow U_2 = 220 - 110 \Rightarrow U_2 = 110$ V

Mas: $U_2 = R \cdot i \Rightarrow 110 = R \cdot 4 \Rightarrow \boxed{R = 27{,}5\ \Omega}$



P.157

a) Considerando válida a lei de Ohm para as duas associações, temos:

$$U = R \cdot i \Rightarrow i = \frac{U}{R}$$

Para uma **mesma** intensidade i, quanto maior a tensão, maior será a resistência.

Conforme o gráfico, vem:

$U_B > U_A \Rightarrow R_B > R_A$

Como na associação em série temos $R_s = R_1 + R_2$ e na associação em paralelo temos $\frac{i}{R_p} = \frac{i}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, conclui-se que a resistência maior (B) corresponde à associação em série, e a menor (A), à associação em paralelo.

Em resumo:

$A \Rightarrow$ associação em paralelo
$B \Rightarrow$ associação em série

b) Pelos dados, $R_s = 120\ \Omega$ e $R_p = 16{,}7\ \Omega$. Assim:

$$\begin{cases} 120 = R_1 + R_2 \\ 16{,}7 = \dfrac{R_i \cdot R_2}{R_1 + R_2} \end{cases}$$

Resolvendo o sistema: $\boxed{R_1 = 100\ \Omega}$ e $\boxed{R_2 = 20\ \Omega}$

P.158

a) Os gráficos $U \times i$ são retas que passam pela origem. Isso significa que U e i são grandezas diretamente proporcionais. Logo, os resistores A e B são ôhmicos.

$$R_A = \frac{U}{i} \Rightarrow R_A = \frac{10\ \text{V}}{60\ \text{mA}} \Rightarrow \boxed{R_A \simeq 0{,}17\ \text{k}\Omega}$$

$$R_B = \frac{U}{i} \Rightarrow R_B = \frac{20\ \text{V}}{60\ \text{mA}} \Rightarrow \boxed{R_B \simeq 0{,}33\ \text{k}\Omega}$$

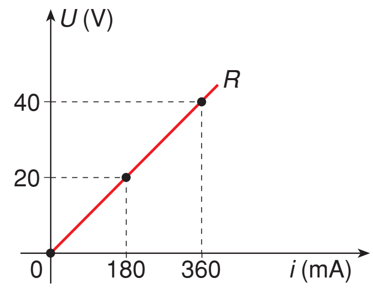
b) Na associação em paralelo, temos:

Para $U = 20$ V, temos $i_A = 120$ mA e $i_B = 60$ mA.

Logo: $i = i_A + i_B = 180$ mA

Para $U = 40$ V, temos $i = 360$ mA (dobra U, dobra i).

Assim, o gráfico $U \times i$ será:



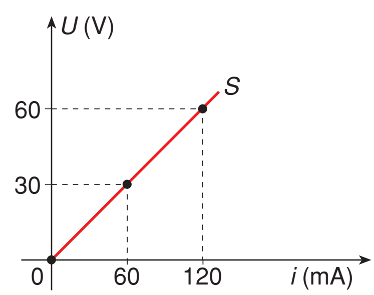
Na associação em série, vem:

Para $i = 60$ mA, temos $U_A = 10$ V e $U_B = 20$ V.

Logo: $U = U_A + U_B = 30$ V

Para $i = 120$ mA, temos $U = 60$ V (dobra i, dobra U).

Assim, o gráfico $U \times i$ será:



P.159 a) Os resistores $R_2 = 4{,}0\ \Omega$ e $R_3 = 16\ \Omega$ estão associados em paralelo e, portanto, submetidos à mesma ddp:

$$R_2 \cdot i_2 = R_3 \cdot i_3$$

Como $i_3 = 2{,}0$ A, vem:

$$4{,}0 \cdot i_2 = 16 \cdot 2{,}0 \Rightarrow i_2 = 8{,}0 \text{ A}$$

A corrente por R_1 é dada por:

$$i_1 = i_2 + i_3 = 8{,}0 + 2{,}0 \Rightarrow \boxed{i_1 = 10 \text{ A}}$$

b) $U_{AB} = R_1 \cdot i_1 = 6{,}8 \cdot 10 \Rightarrow U_{AB} = 68$ V

$U_{BC} = R_2 \cdot i_2 = 4{,}0 \cdot 8{,}0 \Rightarrow U_{BC} = 32$ V

A ddp entre A e C vale:

$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 68 + 32 \Rightarrow \boxed{U_{AC} = 100 \text{ V}}$$

P.160 Sendo $i = 7,5$ A e $U = 9$ V, a resistência equivalente à associação é dada por:

$$R_{eq.} = \frac{U}{i} = \frac{9}{7,5} \Rightarrow R_{eq.} = 1,2\ \Omega$$

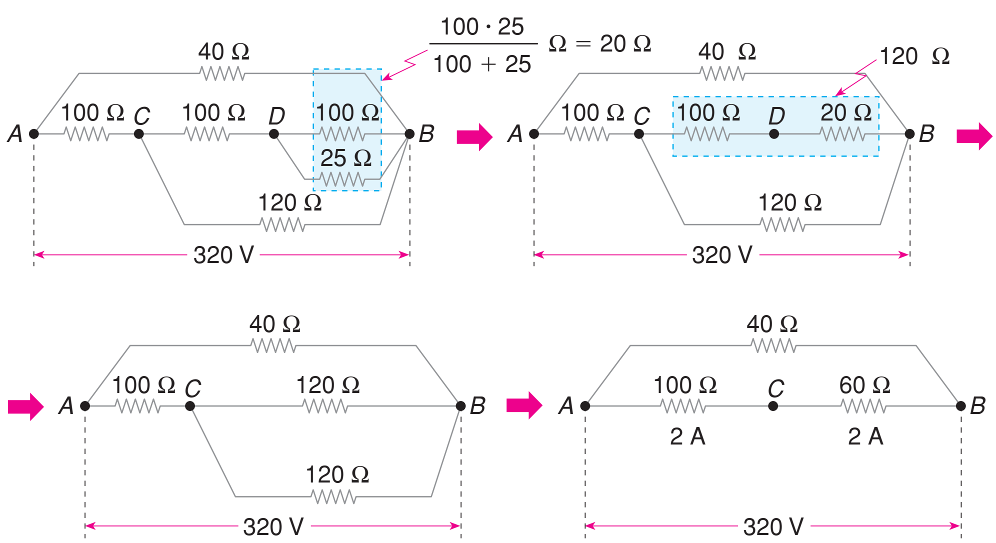
Na associação, o resistor R_1 está associado em paralelo com o resistor $(R_2 + X)$. Assim:

$$R_{eq.} = \frac{R_1 \cdot (R_2 + X)}{R_1 + R_2 + X}$$

Como $R_1 = R_2 = 2\ \Omega$, vem:

$$1,2 = \frac{2 \cdot (2 + X)}{2 + 2 + X} \Rightarrow 4 + 2X = 4,8 + 1,2X \Rightarrow 0,8X = 0,8 \Rightarrow \boxed{X = 1\ \Omega}$$

P.161



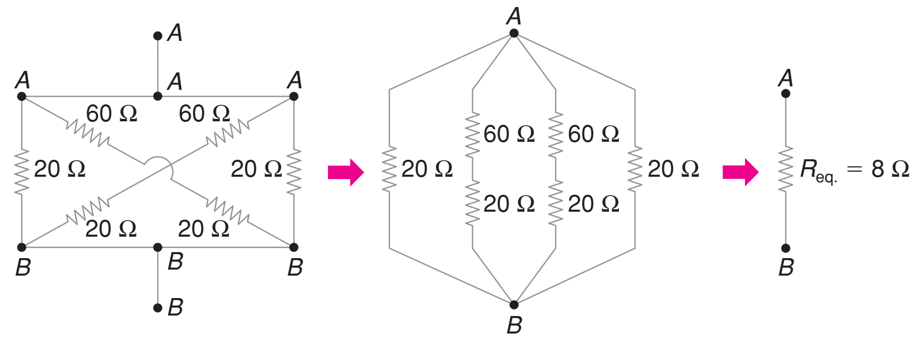
No último esquema, a corrente que atravessa o trecho ACB tem intensidade:

$$i = \frac{320}{160} \Rightarrow i = 2\ \text{A}$$

Sendo 2 A a intensidade da corrente que atravessa o resistor de 60 Ω, cada resistor de 120 Ω entre C e B será atravessado por 1 A. Essa última corrente atravessa o resistor de 20 Ω entre D e B. Portanto:

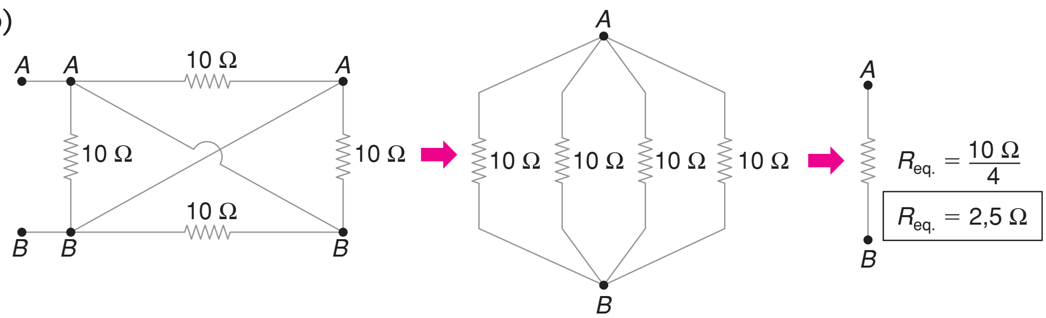
$$U_{DB} = 20 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{U_{DB} = 20\ \text{V}}$$

P.162 a)



$$Pot = \frac{U_{AB}^2}{R_{eq.}} \Rightarrow Pot = \frac{(100)^2}{8} \Rightarrow \boxed{Pot = 1.250\ \text{W}}$$

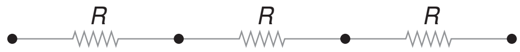
b)

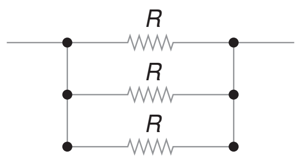


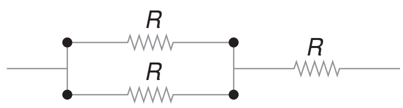
Como $U_{AB} = 100$ V, a potência dissipada será:

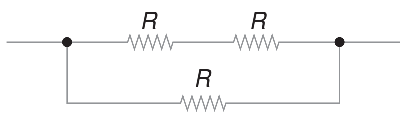
$$Pot = \frac{U_{AB}^2}{R_{eq.}} = \frac{(100)^2}{2,5} \Rightarrow \boxed{Pot = 4.000\ \text{W} = 4\ \text{kW}}$$

P.163 a) As quatro possíveis associações que o estudante poderá fazer são as seguintes:

(I)


(II)


(III)


(IV)


Sendo $R = 10\ \Omega$, podemos calcular a resistência do resistor equivalente a cada uma das associações:

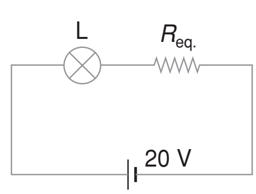
$R_I = 3R = 3 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{R_I = 30\ \Omega}$

$R_{II} = \dfrac{R}{3} \Rightarrow \boxed{R_{II} = \dfrac{10}{3}\ \Omega}$

$R_{III} = \dfrac{R}{2} + R = \dfrac{10}{2} + 10 \Rightarrow \boxed{R_{III} = 15\ \Omega}$

$R_{IV} = \dfrac{2R \cdot R}{2R + R} = \dfrac{2R^2}{3R} = \dfrac{2R}{3} = \dfrac{2 \cdot 10}{3} \Rightarrow \boxed{R_{IV} = \dfrac{20}{3}\ \Omega}$

b) A lâmpada de resistência $R_L = 5{,}0\ \Omega$ deve ser associada em série com a associação, de modo que seu brilho seja o máximo possível, isto é, dissipe a potência $Pot_L = 5{,}0$ W. O esquema do circuito é o seguinte:



A intensidade de corrente pela lâmpada deve ser:

$Pot_L = R_L \cdot i^2 \Rightarrow i^2 = \dfrac{Pot_L}{R_L} = \dfrac{5{,}0}{5{,}0} \Rightarrow i^2 = 1{,}0 \Rightarrow i = 1{,}0$ A

Sendo $U = 20$ V a tensão da fonte, a aplicação da lei de Ohm fornece:

$U = (R_L + R_{eq.}) \cdot i \Rightarrow 20 = (5{,}0 + R_{eq.}) \cdot 1{,}0 \Rightarrow 20 = 5{,}0 + R_{eq.} \Rightarrow R_{eq.} = 15\ \Omega$

Portanto, a associação mais adequada é a III.

P.164 $Pot_1 = R_1 \cdot i_1^2 \Rightarrow 18 = 2 \cdot i_1^2 \Rightarrow i_1 = 3$ A

$U_1 = R_1 \cdot i_1 \Rightarrow U_1 = 2 \cdot 3 \Rightarrow U_1 = 6$ V

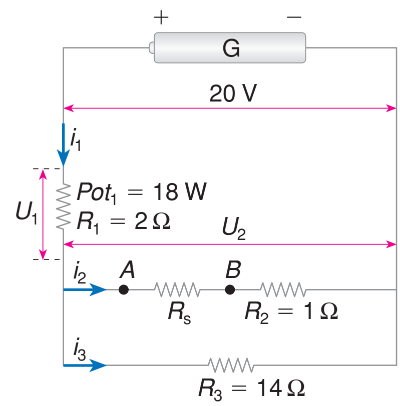
$U_{total} = U_1 + U_2 \Rightarrow 20 = 6 + U_2 \Rightarrow U_2 = 14$ V

$U_2 = R_3 \cdot i_3 \Rightarrow 14 = 14 \cdot i_3 \Rightarrow i_3 = 1$ A

$i_1 = i_2 + i_3 \Rightarrow 3 = i_2 + 1 \Rightarrow i_2 = 2$ A

$U_2 = (R_s + R_2) \cdot i_2 \Rightarrow 14 = (R_s + 1) \cdot 2 \Rightarrow R_s = 6\ \Omega$

$R_s = nR \Rightarrow 6 = n \cdot 2 \Rightarrow \boxed{n = 3 \text{ resistores}}$



P.165 Vamos, inicialmente, calcular as resistências elétricas das lâmpadas. Sob ddp de 120 V, cada uma, suas potências são 60 W e 100 W.

De $Pot = \dfrac{U^2}{R}$, temos: $R = \dfrac{U^2}{Pot}$

Portanto:

$$R_1 = \frac{(120)^2}{60} \Rightarrow R_1 = 240\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{(120)^2}{100} \Rightarrow R_2 = 144\ \Omega$$

Associando-as em série, serão percorridas pela mesma intensidade de corrente i. De $Pot = R \cdot i^2$, concluímos que a lâmpada de 240 Ω dissipa maior potência do que a lâmpada de 144 Ω e, portanto, brilha mais. Portanto, a lâmpada de valores nominais (60 W — 120 V) brilha mais do que a de valores nominais (100 W — 120 V), quando associadas em série.

P.166 a) Como o resistor é ôhmico ($R = 2,0\ \Omega$, constante), concluímos que a curva característica é uma reta que passa pela origem.

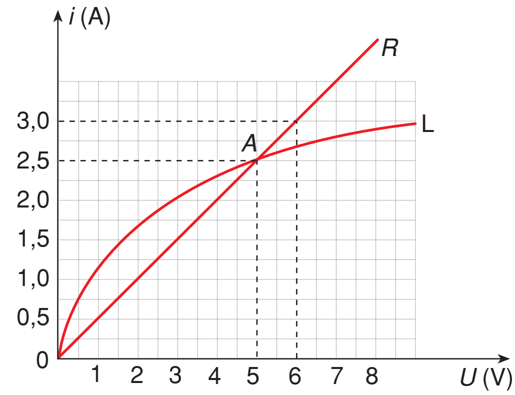
Da lei de Ohm temos:

$U = R \cdot i \Rightarrow U = 2,0 \cdot i$ (SI)

$i = 0 \Rightarrow U = 0$

$i = 3,0\ \text{A} \Rightarrow U = 6,0\ \text{V}$

Assim, temos o gráfico ao lado.



b) A lâmpada e o resistor estão ligados em série e, portanto, são percorridos pela mesma corrente i. De $Pot = U \cdot i$, concluímos que a lâmpada e o resistor estão submetidos à mesma tensão U, pois dissipam a mesma potência Pot. Logo, a intensidade da corrente i procurada corresponde ao ponto A de intersecção das curvas características. Do gráfico, temos: $\boxed{i = 2,5\ \text{A}}$

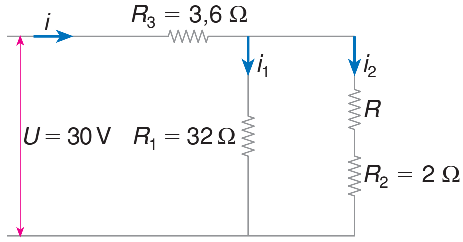
c) Do gráfico, temos: $U = 5$ V

A tensão U_0 fornecida pela fonte é igual a $2U$:

$U_0 = 2U \Rightarrow U_0 = 2 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{U_0 = 10\ \text{V}}$

d) De $Pot = U \cdot i$, temos: $Pot = 5 \cdot 2,5 \Rightarrow \boxed{Pot = 12,5\ \text{W}}$

P.167 a)



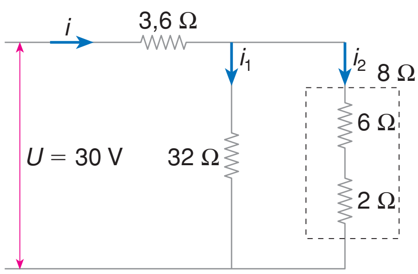
$Pot_1 = Pot_2 \Rightarrow R_1 \cdot i_1^2 = R_2 \cdot i_2^2 \Rightarrow 32 \cdot i_1^2 = 2 \cdot i_2^2 \Rightarrow 16 \cdot i_1^2 = i_2^2 \Rightarrow i_2 = 4 \cdot i_1$ ①

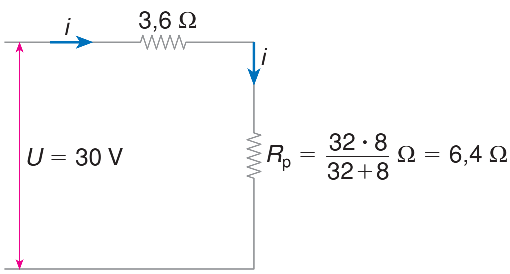
$U_{R_1} = U_{R_2 + R} \Rightarrow R_1 \cdot i_1 = (R_2 + R)i_2$ ②

Substituindo ① em ②, temos:

$R_1 \cdot i_1 = (R_2 + R) \cdot 4 \cdot i_1 \Rightarrow R_1 = 4 \cdot (R_2 + R) \Rightarrow 32 = 4 \cdot (2 + R) \Rightarrow \boxed{R = 6\ \Omega}$

b)





- $U = R_{eq.} \cdot i \Rightarrow 30 = (3{,}6 + 6{,}4) \cdot i \Rightarrow i = 3$ A
- $i = i_1 + i_2 \Rightarrow i = i_1 + 4 \cdot i_1 \Rightarrow 3 = 5 \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 0{,}6$ A
- $Pot = R_1 \cdot i_1^2 \Rightarrow Pot = 32 \cdot (0{,}6)^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 11{,}52\ \text{W}}$

P.168 a) A potência elétrica máxima que a rede elétrica suporta vale:

$Pot_{máx.} = Ui_{máx.} \Rightarrow Pot_{máx.} = 110 \cdot 15 \Rightarrow Pot_{máx.} = 1.650$ W

Portanto, podem ser ligados na rede elétrica, um de cada vez, sem queimar o fusível, o ferro de passar (770 W $<$ 1.650 W) e as lâmpadas (1.000 W $<$ 1.650 W). Se o aquecedor for ligado, o fusível queima (2.200 W $>$ 1.650 W).

b) $n = \dfrac{Pot_{máx.}}{Pot_{lâmpada}} \Rightarrow n = \dfrac{1.650\ \text{W}}{100\ \text{W}} \Rightarrow n = 16{,}5$

Logo, o número máximo de lâmpadas é **16**.

P.169 a) A potência máxima é $Pot = 6\ \text{kW} = 6.000\ \text{W}$.

De $Pot = U \cdot i$, vem: $6.000 = 120 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 50\ \text{A}}$

b) Do gráfico fornecido podemos calcular os produtos $Pot \cdot \Delta t$ e, em seguida, somá-los, obtendo a energia consumida em um dia:

$E_{el.} = 0{,}5 \cdot 1 + 2{,}5 \cdot 1 + 0{,}5 \cdot 3 + 1{,}5 \cdot 1 + 6 \cdot 1 + 1 \cdot 3$

$\boxed{E_{el.} = 15\ \text{kWh}}$

c) O consumo mensal será de: $15\ \text{kWh} \cdot 30 = 450\ \text{kWh}$

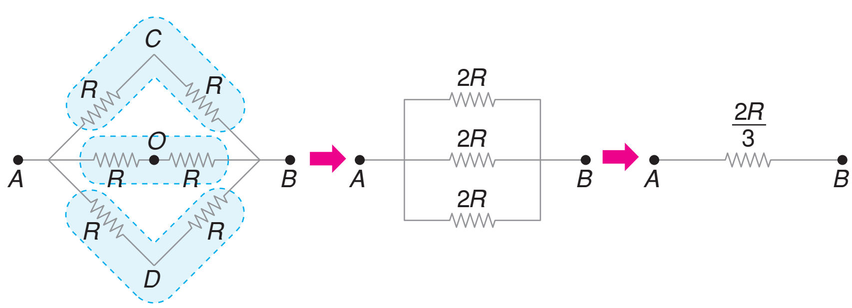
Por uma regra de três simples e direta, temos:

$$\left.\begin{array}{lcl} 1\ \text{kWh} & \underline{\quad\quad} & \text{R\$ } 0{,}12 \\ 450\ \text{kWh} & \underline{\quad\quad} & x \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{x = \text{R\$ } 54{,}00}$$

P.170 $(E_{el.})_1 = (E_{el.})_2 \Rightarrow Pot_1 \cdot \Delta t_1 = Pot_2 \cdot \Delta t_2 \Rightarrow \dfrac{U^2}{\frac{R}{3}} \cdot \Delta t_1 = \dfrac{U^2}{3R} \cdot \Delta t_2 \Rightarrow$

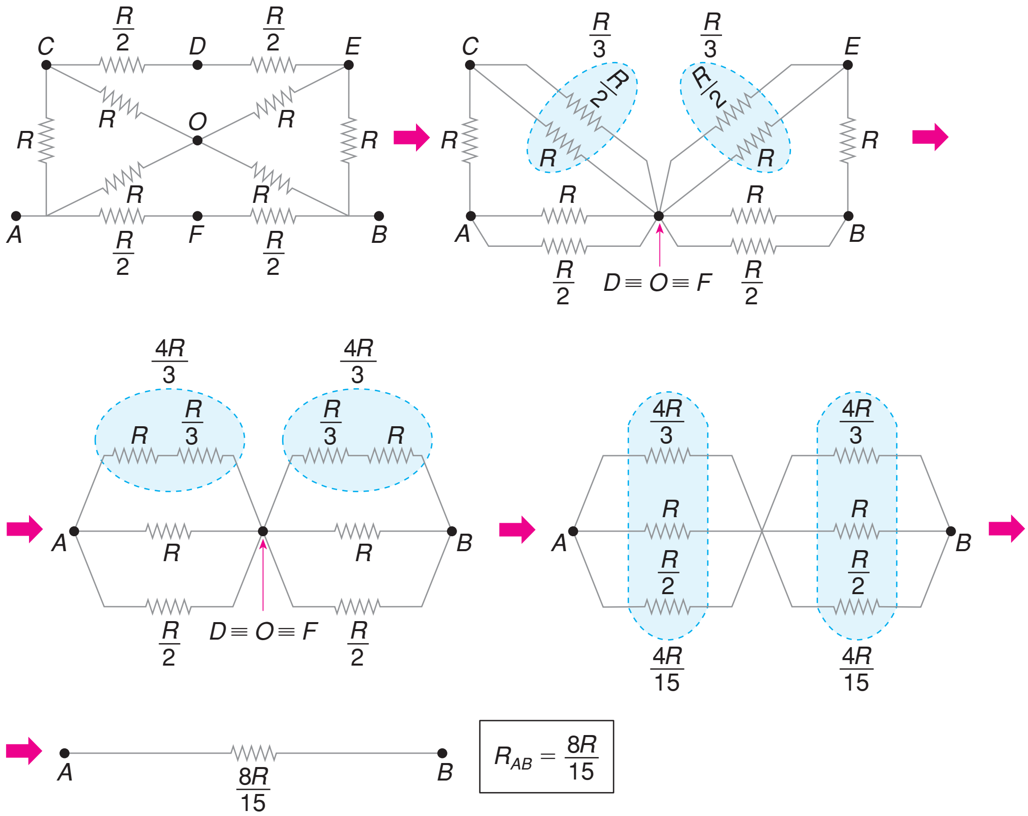
$\Rightarrow \Delta t_2 = 9 \cdot \Delta t_1 \Rightarrow \Delta t_2 = 9 \cdot 7 \Rightarrow \boxed{\Delta t_2 = 63\ \text{min}}$

P.171 a) Observando a simetria do circuito, concluímos que os pontos C, O e D possuem o mesmo potencial elétrico. Nessas condições, os resistores entre C e O e entre O e D não estão submetidos a ddp e podem ser retirados do circuito. Assim, temos:



$\boxed{R_{AB} = \dfrac{2R}{3}}$

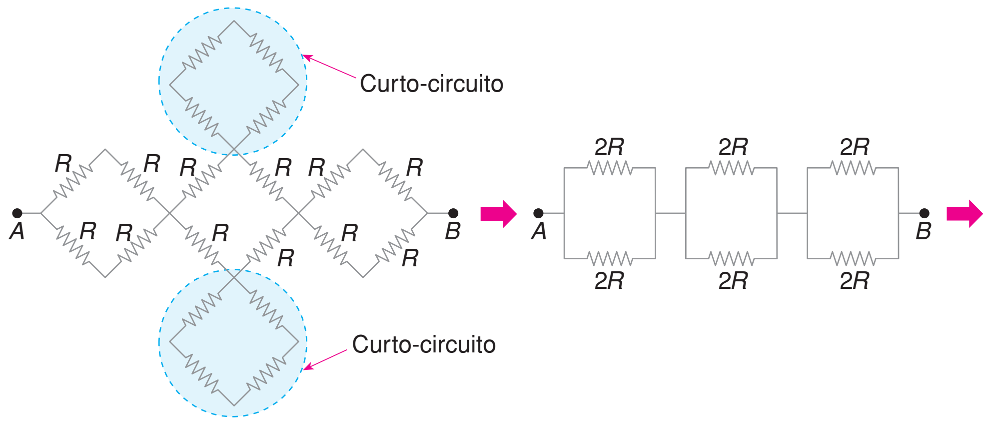
b) Pela simetria do circuito, concluímos que *D*, *O* e *F* têm o mesmo potencial e podem ser considerados coincidentes:



$$\boxed{R_{AB} = \frac{8R}{15}}$$

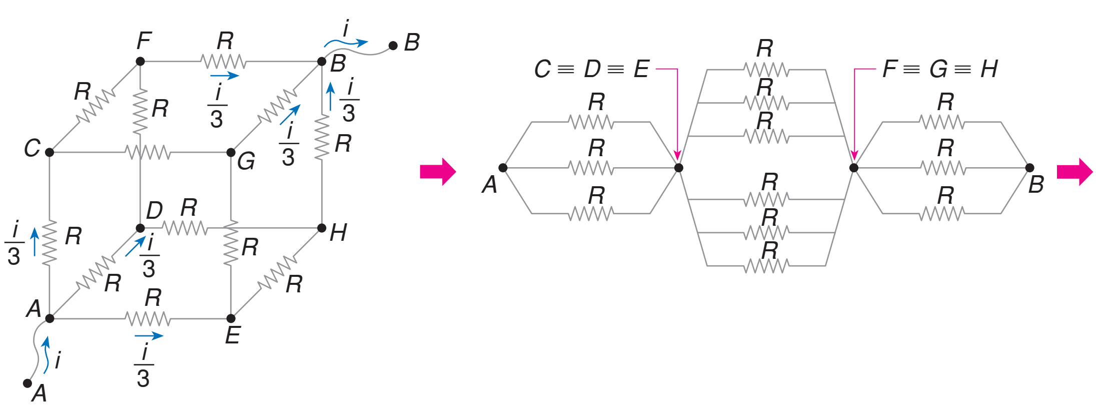
P.172 Sendo $\rho = 1\ \mu\Omega \cdot m = 10^{-6}\ \Omega \cdot m$, $L = 10$ cm $= 0{,}1$ m e $A = 0{,}2\ mm^2 = 0{,}2 \cdot 10^{-6}\ m^2$, temos:

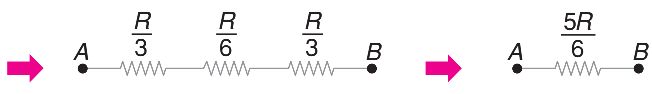
$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R = 10^{-6} \cdot \frac{0{,}1}{0{,}2 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow R = 0{,}5\ \Omega \ \left(\begin{array}{c}\text{resistência elétrica}\\ \text{de cada lado}\end{array}\right)$$



$R_{AB} = 3R \Rightarrow R_{AB} = 3 \cdot 0{,}5 \Rightarrow \boxed{R_{AB} = 1{,}5\ \Omega}$

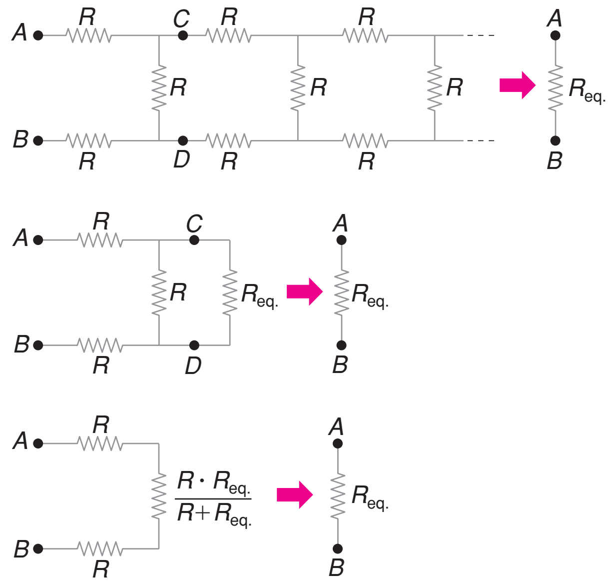
P.173 Por uma questão de simetria, a corrente total i que entra no circuito se divide em três partes iguais a $\frac{i}{3}$. Assim, as ddps entre A e C, A e D e A e E são iguais e, portanto, os pontos C, D e E possuem mesmo potencial elétrico e podem ser considerados coincidentes. Analogamente os pontos F, G e H podem ser, também, considerados coincidentes. Desse modo, temos:





$\boxed{R_{AB} = \frac{5R}{6}}$

P.174 Como o circuito é constituído por um número infinito de resistores idênticos, concluímos que a resistência equivalente do circuito entre os extremos *A* e *B* é igual à resistência equivalente, considerando os extremos *C* e *D*. Assim temos:



$$2R + \frac{R \cdot R_{eq.}}{R + R_{eq.}} = R_{eq.} \Rightarrow 2 \cdot R^2 + 2 \cdot R \cdot R_{eq.} + R \cdot R_{eq.} = R \cdot R_{eq.} + R_{eq.}^2 \Rightarrow$$

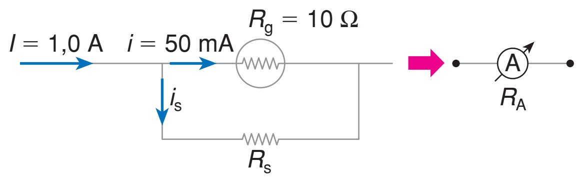
$$\Rightarrow R_{eq.}^2 - 2R \cdot R_{eq.} - 2R^2 = 0 \Rightarrow R_{eq.} = \frac{2R \pm \sqrt{4R^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-2R^2)}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{eq.} = \frac{2R \pm \sqrt{12R^2}}{2} \Rightarrow R_{eq.} = \frac{2R \pm 2R\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{eq.} = R \pm R\sqrt{3} \Rightarrow \boxed{R_{eq.} = R \cdot (1 + \sqrt{3})}$$

A solução negativa levaria a $R_{eq.} < 0$, o que não tem significado físico.

P.175 Como $i_s = I - i$, temos:



$i_s = 1,0 - 50 \cdot 10^{-3}$

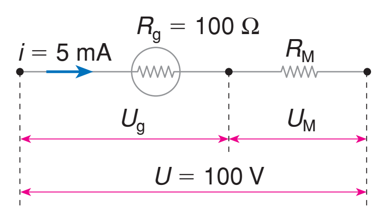
$i_s = 0,95$ A

Estando o galvanômetro e o *shunt* em paralelo, temos:

$$R_g i = R_s \cdot i_s \Rightarrow 10 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = R_s \cdot 0,95 \Rightarrow \boxed{R_s \simeq 0,53\ \Omega}$$

$$\text{De } R_A = \frac{R_g \cdot R_s}{R_g + R_s} \text{ vem: } R_A = \frac{10 \cdot 0,53}{10 + 0,53} \Rightarrow \boxed{R_A \simeq 0,50\ \Omega}$$

P.176 Aplicando-se a lei de Ohm ao galvanômetro, temos:



$U_g = R_g i \Rightarrow U_g = 100 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow U_g = 0,5$ V

Como $U = U_g + U_M$, temos:

$100 = 0,5 + U_M \Rightarrow U_M = 99,5$ V

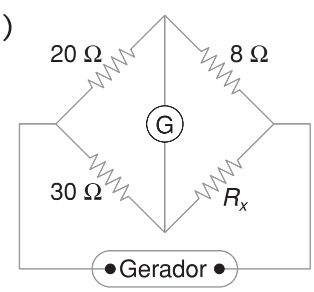
Aplicando-se, agora, a lei de Ohm para a resistência multiplicadora, vem:

$$U_M = R_M \cdot i \Rightarrow 99,5 = R_M \cdot 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{R_M = 19.900\ \Omega = 19,9\ \text{k}\Omega}$$

De outro modo:

$$U = (R_g + R_M) \cdot i \Rightarrow 100 = (100 + R_M) \cdot 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{R_M = 19.900\ \Omega}$$

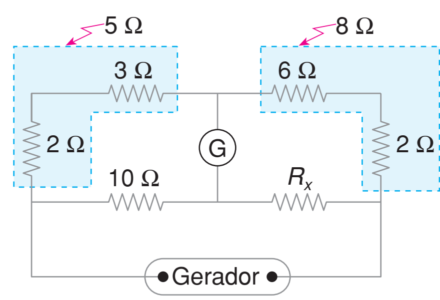
P.177 (I)



$20 \cdot R_x = 30 \cdot 8$

$\boxed{R_x = 12\ \Omega}$

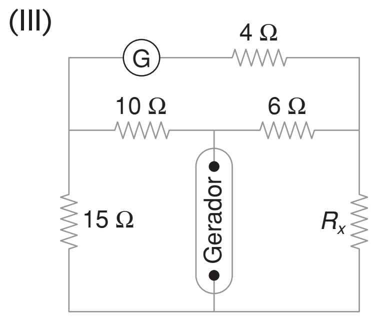
(II)



$5 \cdot R_x = 8 \cdot 10$

$\boxed{R_x = 16\ \Omega}$

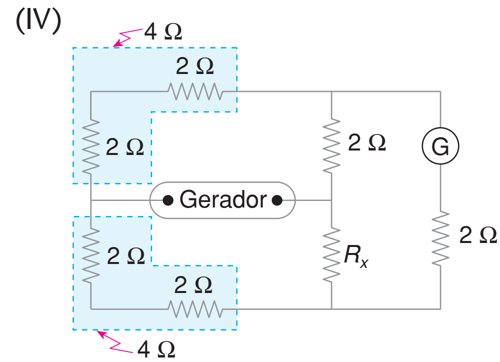
(III)



$R_x \cdot 10 = 15 \cdot 6$

$\boxed{R_x = 9\ \Omega}$

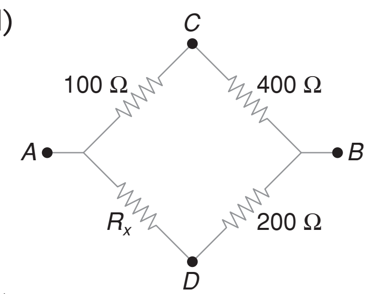
(IV)



$R_x \cdot 4 = 4 \cdot 2$

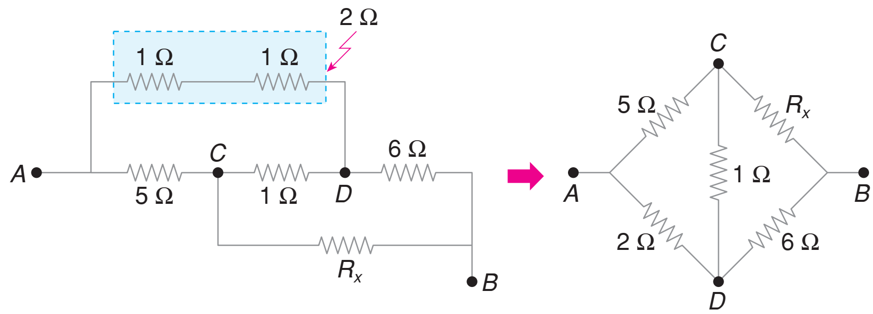
$\boxed{R_x = 2\ \Omega}$

P.178 (I)



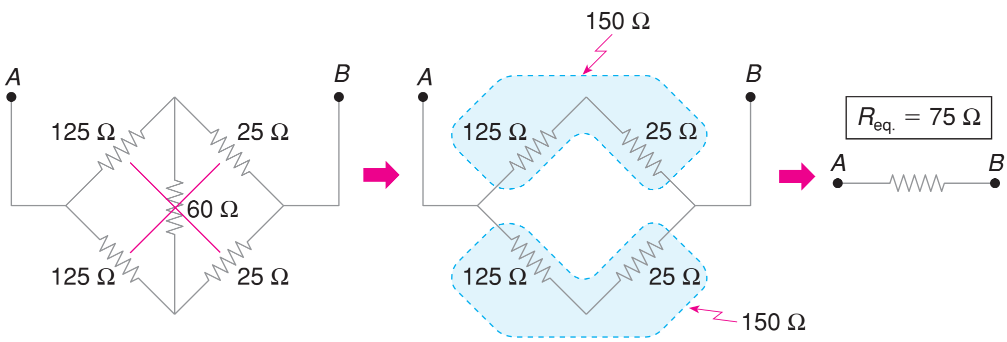
$R_x \cdot 400 = 100 \cdot 200 \Rightarrow \boxed{R_x = 50\ \Omega}$

(II)

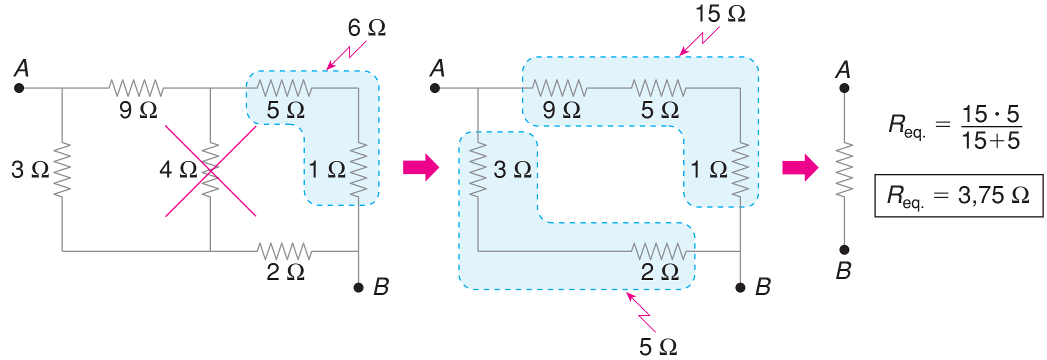


$R_x \cdot 2 = 5 \cdot 6 \Rightarrow \boxed{R_x = 15\ \Omega}$

P.179 (I) Temos uma ponte de Wheatstone em equilíbrio. Não passa corrente pelo resistor de 60 Ω que pode ser retirado do circuito:



(II) A ponte está em equilíbrio ($6\ \Omega \cdot 3\ \Omega = 9\ \Omega \cdot 3\ \Omega$). O resistor de $4\ \Omega$ não é percorrido por corrente:

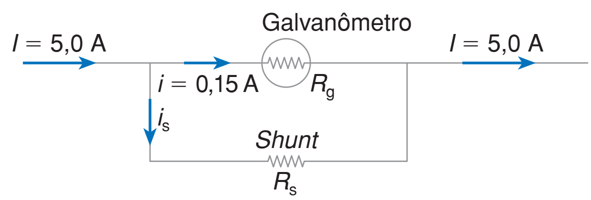


P.180 a) Associa-se em paralelo com o galvanômetro um *shunt* de resistência R_s.

Cálculo de R_s:

$R_g i = R_s i_s \Rightarrow 0{,}25 \cdot 0{,}15 = R_s \cdot (5{,}0 - 0{,}15) \Rightarrow \boxed{R_s \simeq 0{,}0077\ \Omega}$

b) Esquema:



P.181 Associa-se em paralelo com o galvanômetro um *shunt* de resistência R_s.

Cálculo de R_s:

$R_g i = R_s \cdot i_s \Rightarrow 40 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3} = R_s \cdot (1{,}0 - 1{,}0 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow \boxed{R_s \simeq 0{,}040\ \Omega}$

P.182 Associa-se em série com o galvanômetro um resistor de resistência R_M.

Cálculo de R_M:

$U_g = R_g i$

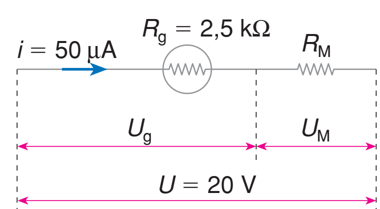
$U_g = 2{,}5 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 10^{-6}$

$U_g = 0{,}125\ V$

$U = U_g + U_M \Rightarrow 20 = 0{,}125 + U_M \Rightarrow U_M = 19{,}875\ V$

$U_M = R_M \cdot i \Rightarrow 19{,}875 = R_M \cdot 50 \cdot 10^{-6} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{R_M = 397.500\ \Omega}$



De outro modo:

$U = (R_g + R_M) \cdot i \Rightarrow 20 = (2.500 + R_M) \cdot 50 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \boxed{R_M = 397.500\ \Omega}$

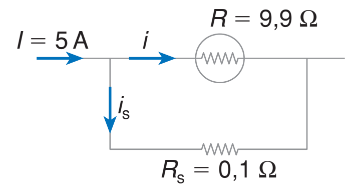
P.183 a) $R \cdot i = R_s \cdot i_s \Rightarrow 9{,}9 \cdot i = 0{,}1 \cdot i_s \Rightarrow$

$\Rightarrow i_s = 99 \cdot i$ ①

$I = i + i_s$ ②

Substituindo ① em ②, vem:

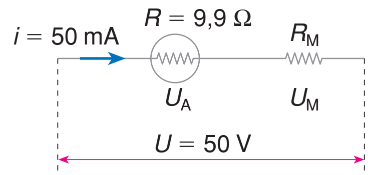
$5 = i + 99i \Rightarrow i = 0{,}050 \text{ A} \Rightarrow \boxed{i = 50 \text{ mA}}$



b) $U = (R + R_M) \cdot i$

$50 = (9{,}9 + R_M) \cdot 50 \cdot 10^{-3}$

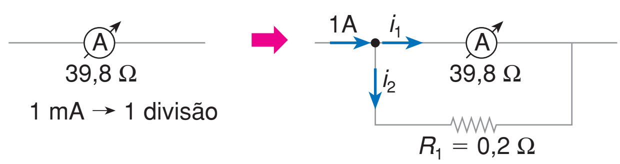
$\boxed{R_M \simeq 990\ \Omega}$ em série



P.184 a) $U = R \cdot i \Rightarrow 1{,}0 \cdot 10^{-1} = R \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{R = 1{,}0 \cdot 10^2\ \Omega}$

b) $U = (R_M + R) \cdot i \Rightarrow U = (9.900 + 100) \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{U = 10 \text{ V}}$

P.185 Para transformar o amperímetro dado em outro amperímetro, devemos associar em paralelo o resistor de resistência $R_1 = 0{,}2\ \Omega$, como esquematizado ao lado.

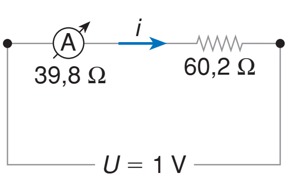


Seja 1 A a corrente que entra na associação em paralelo. Assim, temos:

$$\begin{cases} 1 = i_1 + i_2 \\ 39{,}8i_1 = 0{,}2i_2 \end{cases} \Rightarrow i_1 = 0{,}005 \text{ A} \Rightarrow i_1 = 5 \text{ mA}$$

$$\left.\begin{array}{l} 1 \text{ mA} \text{ ——— } 1 \text{ divisão} \\ 5 \text{ mA} \text{ ——— } y \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{y = 5 \text{ divisões}}$$

Para transformar o amperímetro dado em um voltímetro, devemos associar em série o resistor de resistência elétrica $R_2 = 60{,}2\ \Omega$:



Seja $U = 1$ V a ddp no voltímetro.

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

$1 = (39{,}8 + 60{,}2) \cdot i \Rightarrow i = 0{,}010 \text{ A} \Rightarrow i = 10 \text{ mA}$

$$\left.\begin{array}{l} 1 \text{ mA} \text{ ——— } 1 \text{ divisão} \\ 10 \text{ mA} \text{ ——— } x \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{x = 10 \text{ divisões}}$$

P.186 a) $\boxed{U_{AB} = 0}$ (ponte em equilíbrio)

b) $U_{CD} = (R + R) \cdot i \Rightarrow 6{,}0 = (2{,}0 + 2{,}0) \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 1{,}5\ \text{A}}$

P.187 $R \cdot 8 = 4 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{R = 5\ \Omega}$

$\boxed{i_g = 0}$ (ponte em equilíbrio)

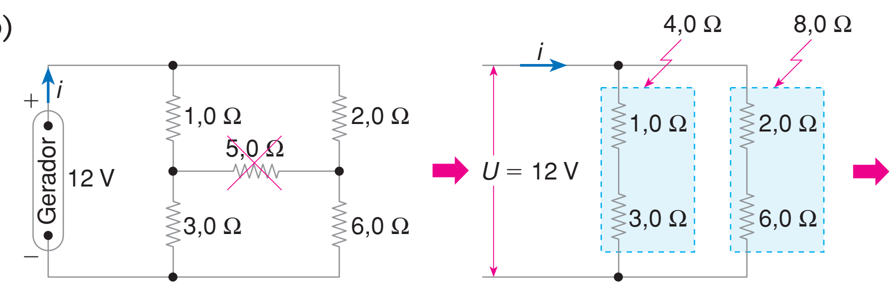
$U = (R_4 + R_8) \cdot i' \Rightarrow 60 = (4 + 8) \cdot i' \Rightarrow \boxed{i' = 5\ \text{A}}$

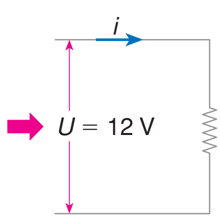
$U = (R_5 + R_{10}) \cdot i'' \Rightarrow 60 = (5 + 10) \cdot i'' \Rightarrow \boxed{i'' = 4\ \text{A}}$

$i = i' + i'' \Rightarrow \boxed{i = 9\ \text{A}}$

P.188 a) $X \cdot 1{,}0 = 2{,}0 \cdot 3{,}0 \Rightarrow \boxed{X = 6{,}0\ \Omega}$

b)





$R_{eq.} = \dfrac{8{,}0 \cdot 4{,}0}{8{,}0 + 4{,}0}$

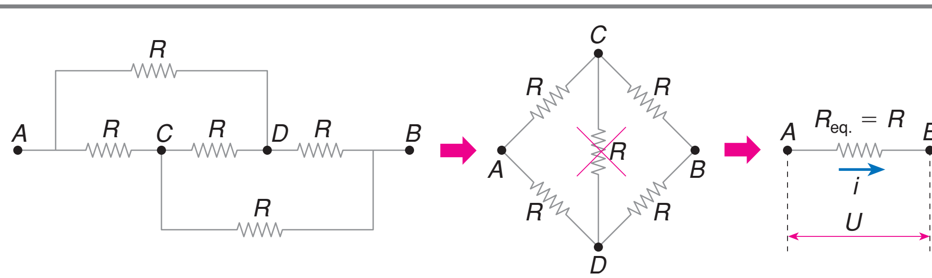
$R_{eq.} = \dfrac{8{,}0}{3{,}0}\ \Omega$

$U = R_{eq.} \cdot i$

$12 = \dfrac{8{,}0}{3{,}0} \cdot i$

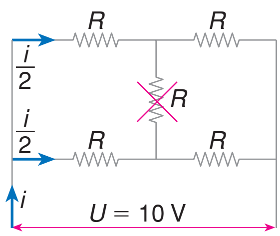
$\boxed{i = 4{,}5\ \text{A}}$

P.189



$U = R_{eq.} \cdot i \Rightarrow U = 10 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{U = 20\ \text{V}}$

P.190 a) Com a chave Ch aberta, temos uma ponte de Wheatstone em equilíbrio:

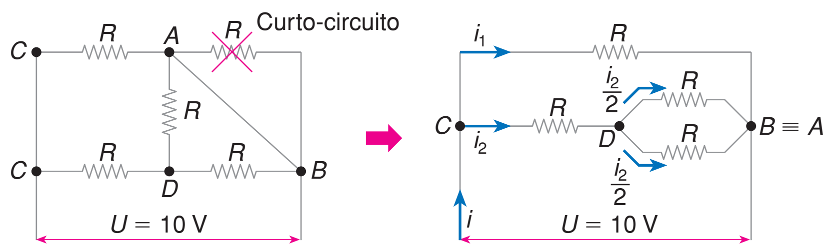


$$U = (R + R) \cdot \frac{i}{2} \Rightarrow 10 = (10 + 10) \cdot \frac{i}{2} \Rightarrow \boxed{\frac{i}{2} = 0{,}50\ \text{A}}$$

Observação:

As 4 lâmpadas apresentam mesmo brilho.

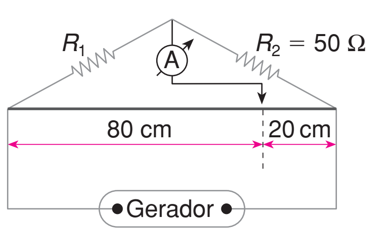
b) Com a chave Ch fechada:



Sendo $i_1 > i_2$, observamos que a lâmpada que apresenta o segundo maior brilho é a situada entre C e D, percorrida pela corrente i_2.

$$U = \left(R + \frac{R}{2}\right) \cdot i_2 \Rightarrow 10 = \left(10 + \frac{10}{2}\right) \cdot i_2 \Rightarrow 10 = 15 \cdot i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 \simeq 0{,}67\ \text{A}}$$

P.191 a)



b) No esquema do item **a**, temos:

$R_1 \cdot 20 = 50 \cdot 80 \Rightarrow R_1 = 200\ \Omega$

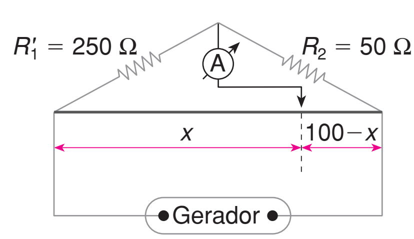
Por aquecimento, R_1 aumenta 25%, passando para $R_1' = 250\ \Omega$.

Na nova posição de equilíbrio:

$250 \cdot (100 - x) = 50 \cdot x$

$300 \cdot x = 25.000$

$\boxed{x \simeq 83\ \text{cm}}$



P.192 a) Trata-se de uma ponte em equilíbrio:

$R \cdot R_1 = R_2 \cdot R_1 \Rightarrow R = R_2 = 108\ \Omega$

$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta) \Rightarrow 108 = 100 \cdot (1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot \theta) \Rightarrow \boxed{\theta = 20\ °C}$

b) $U_{CD} = (R + R_2) \cdot i \Rightarrow U_{CD} = (108 + 108) \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{U_{CD} = 1{,}08\ V}$

P.193 Dados: $E = 24$ V; $r = 1\ \Omega$; $U = 20$ V

a) $U = E - r \cdot i \Rightarrow 20 = 24 - 1 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 4\text{ A}}$

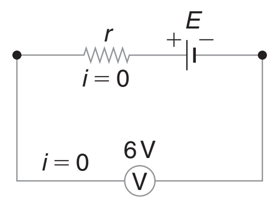
b) $Pot_g = E \cdot i \Rightarrow Pot_g = 24 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{Pot_g = 96\text{ W}}$

$Pot_\ell = U \cdot i \Rightarrow Pot_\ell = 20 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{Pot_\ell = 80\text{ W}}$

$Pot_d = Pot_g - Pot_\ell \Rightarrow Pot_d = 96 - 80 \Rightarrow \boxed{Pot_d = 16\text{ W}}$

c) $\eta = \dfrac{U}{E} \Rightarrow \eta = \dfrac{20}{24} \Rightarrow \eta \simeq 0{,}833 \Rightarrow \boxed{\eta \simeq 83{,}3\%}$

P.194 Sendo o voltímetro ideal, o circuito não é percorrido por corrente (circuito aberto).

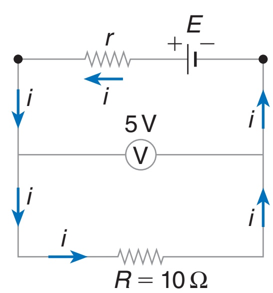


Nesse caso, a leitura do voltímetro é a própria força eletromotriz:

$U = E - r \cdot i$

$i = 0 \Rightarrow U = E$

Logo: $\boxed{E = 6\text{ V}}$



No circuito ao lado (circuito fechado pela presença do resistor R), temos:

Resistor: $U = R \cdot i \Rightarrow 5 = 10i \Rightarrow i = 0{,}5$ A

Gerador: $U = E - r \cdot i \Rightarrow 5 = 6 - r \cdot 0{,}5 \Rightarrow \boxed{r = 2\ \Omega}$

P.195 Dados: $E = 12$ V; $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

$E_{el.} = Pot_g \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = E \cdot i \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = E \cdot \Delta q \Rightarrow$

$\Rightarrow E_{el.} = 12 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 1{,}92 \cdot 10^{-18}\text{ J}}$

P.196 Dados: $E = 100$ V; $r = 2\ \Omega$

a) De $U = E - r \cdot i$, sendo $i = 0$, resulta: $\boxed{U = E = 100\text{ V}}$

b) $i_{cc} = \dfrac{E}{r} \Rightarrow i_{cc} = \dfrac{100}{2} \Rightarrow \boxed{i_{cc} = 50\text{ A}}$

c) Quando um gerador está em curto-circuito, a ddp entre seus terminais é nula:

$\boxed{U = 0}$

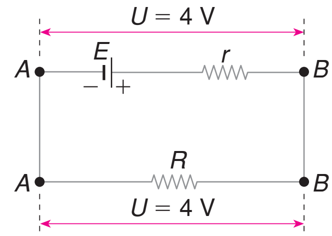
P.197 Dados: $E = 6$ V; $r = 1\ \Omega$

a) A tensão no resistor é a mesma que no gerador:

$U = E - r \cdot i$

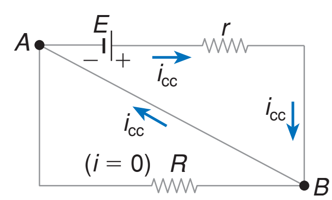
$4 = 6 - 1 \cdot i$

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

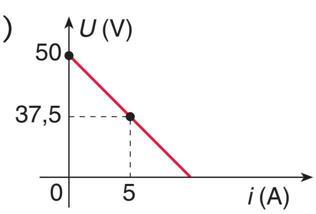


b) Ligando-se A e B por um fio de resistência nula, o resistor e o gerador ficam em curto-circuito. O resistor não é percorrido por corrente. O gerador é percorrido pela corrente de curto-circuito:

$i_{cc} = \dfrac{E}{r} \Rightarrow i_{cc} = \dfrac{6}{1} \Rightarrow \boxed{i_{cc} = 6\text{ A}}$



P.198 (I)

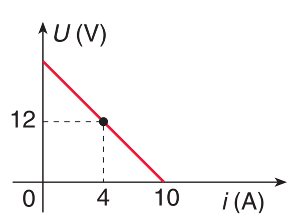


Do gráfico: $\boxed{E = 50\text{ V}}$

$U = E - r \cdot i \Rightarrow 37{,}5 = 50 - r \cdot 5 \Rightarrow \boxed{r = 2{,}5\ \Omega}$

$i_{cc} = \dfrac{E}{r} \Rightarrow i_{cc} = \dfrac{50}{2{,}5} \Rightarrow \boxed{i_{cc} = 20\text{ A}}$

(II)



Do gráfico: $\boxed{i_{cc} = 10\text{ A}}$

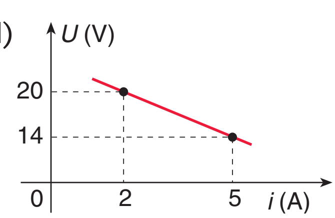
$U = E - r \cdot i \Rightarrow 12 = E - r \cdot 4$ ①

$i_{cc} = \dfrac{E}{r} \Rightarrow 10 = \dfrac{E}{r} \Rightarrow E = 10r$ ②

De ① e ②: $12 = 10r - 4r \Rightarrow \boxed{r = 2\ \Omega}$

De ②: $\boxed{E = 20\text{ V}}$

(III)



$U = E - r \cdot i$

$20 = E - r \cdot 2$ ①

$14 = E - r \cdot 5$ ②

De ① e ②: $\boxed{r = 2\ \Omega}$ e $\boxed{E = 24\text{ V}}$

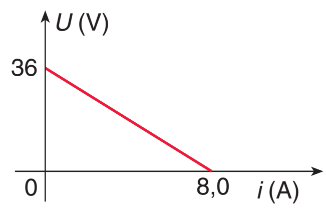
$i_{cc} = \dfrac{E}{r} \Rightarrow i_{cc} = \dfrac{24}{2} \Rightarrow \boxed{i_{cc} = 12\text{ A}}$

P.199 Dados: $E = 36$ V; $r = 4{,}5$ Ω

a) O gráfico $U \times i$ é uma reta que passa pelos pontos (0, E) e (i_{cc}, 0), sendo:

$$i_{cc} = \frac{E}{r} = \frac{36}{4{,}5} \Rightarrow i_{cc} = 8{,}0 \text{ A}$$

Assim, temos:



b) $U = E - r \cdot i \Rightarrow 27 = 36 - 4{,}5 \cdot i \Rightarrow i = 2{,}0$ A

$$Pot_\ell = U \cdot i \Rightarrow Pot_\ell = 27 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{Pot_\ell = 54 \text{ W}}$$

P.200 Dados: $E = 6$ V; $r = 2$ Ω; $R = 10$ Ω

a) Pela lei de Pouillet, temos:

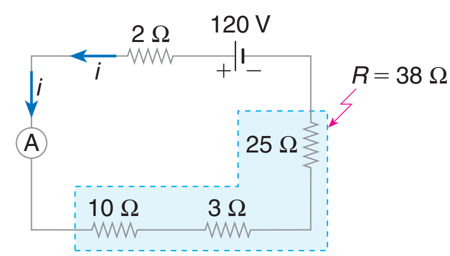
$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow \quad i = \frac{6}{10 + 2} \Rightarrow \boxed{i = 0{,}5 \text{ A}}$$

b) $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = R \cdot i^2 \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = 10 \cdot (0{,}5)^2 \cdot 60 \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 150 \text{ J}}$

P.201 Pela lei de Pouillet, temos:

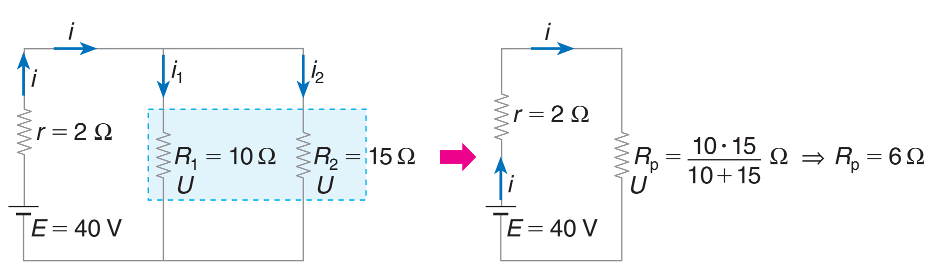
$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow i = \frac{120}{38 + 2} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \boxed{i = 3 \text{ A}}$ (indicação do amperímetro A)



P.202 a) Para o circuito da direita temos, de acordo com a lei de Pouillet:

$$i = \frac{E}{R_p + r} \Rightarrow i = \frac{40}{6 + 2} \Rightarrow \boxed{i = 5 \text{ A}}$$



A tensão elétrica em R_1 é a mesma que em R_2 e é igual à tensão elétrica em R_p:

$U = R_p \cdot i \Rightarrow U = 6 \cdot 5 \Rightarrow U = 30$ V

Cálculo de i_1:

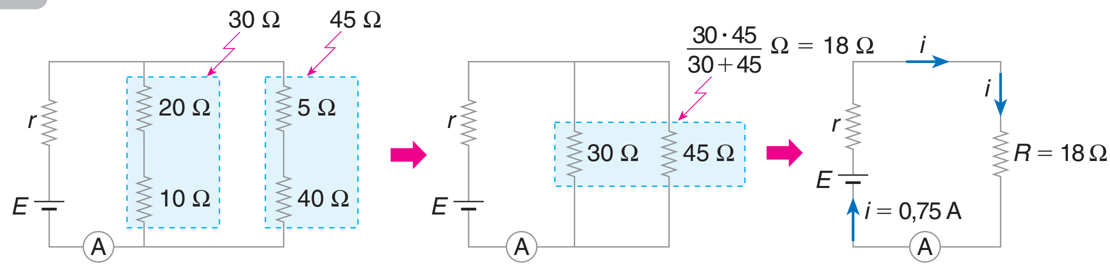
$U = R_1 \cdot i_1 \Rightarrow 30 = 10 \cdot i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 3 \text{ A}}$

Cálculo de i_2:

$U = R_2 \cdot i_2 \Rightarrow 30 = 15 \cdot i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 2 \text{ A}}$

b) $Pot_d = R_p \cdot i^2 \Rightarrow Pot_d = 6 \cdot 5^2 \Rightarrow \boxed{Pot_d = 150 \text{ W}}$

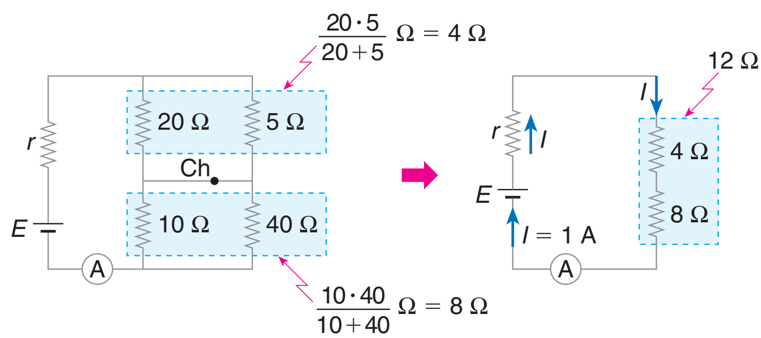
P.203 Chave Ch aberta



Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow 0{,}75 = \frac{E}{18 + r} \Rightarrow E = 0{,}75 \cdot (18 + r) \quad ①$$

Chave Ch fechada



Pela lei de Pouillet, temos:

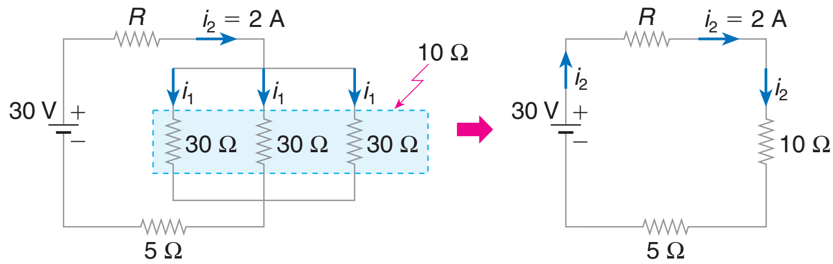
$$I = \frac{E}{R + r} \Rightarrow 1 = \frac{E}{12 + r} \Rightarrow E = 12 + r \quad ②$$

De ① e ②:

$0{,}75 \cdot (18 + r) = 12 + r \Rightarrow 13{,}5 + 0{,}75r = 12 + r \Rightarrow 1{,}5 = 0{,}25r \Rightarrow \boxed{r = 6\ \Omega}$

De ②: $E = 12 + 6 \Rightarrow \boxed{E = 18 \text{ V}}$

P.204 a)

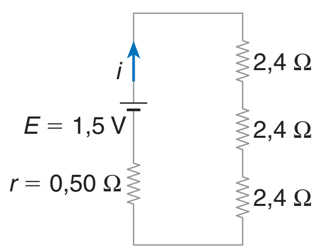


Pela lei de Pouillet, temos:

$$i_2 = \frac{E}{R + 10 + 5} \Rightarrow 2 = \frac{30}{R + 15} \Rightarrow \boxed{R = 0}$$

b) $i_2 = 3i_1 \Rightarrow 2 = 3i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = \frac{2}{3}\text{ A}}$

P.205 a)



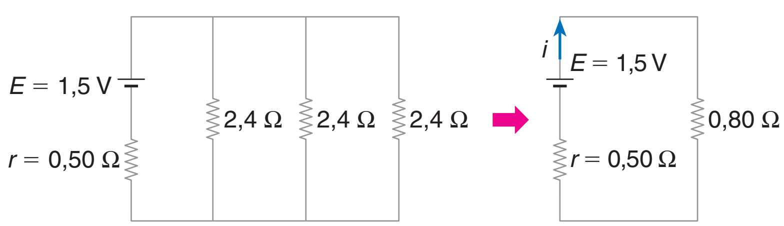
Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{r + 3R} \Rightarrow i = \frac{1,5}{0,50 + 3 \cdot 2,4} \Rightarrow i = \frac{15}{77}\text{ A}$$

A potência fornecida pelo gerador é igual à potência dissipada na associação em série:

$$Pot = 3 \cdot R \cdot i^2 \Rightarrow Pot = 3 \cdot 2,4 \cdot \left(\frac{15}{77}\right)^2 \Rightarrow \boxed{Pot \simeq 0,27\text{ W}}$$

b)

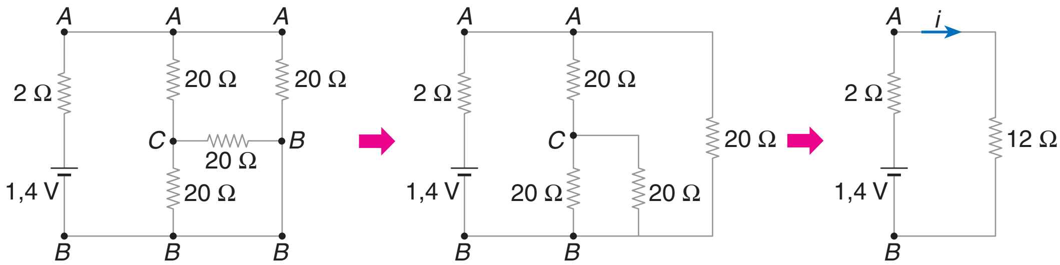


Pela lei de Pouillet, temos: $i = \dfrac{E}{r + \dfrac{R}{3}} \Rightarrow i = \dfrac{1,5}{0,50 + 0,80} \Rightarrow i = \dfrac{15}{13}\text{ A}$

Potência fornecida pelo gerador:

$$Pot = \frac{R}{3} \cdot i^2 \Rightarrow Pot = \frac{2,4}{3} \cdot \left(\frac{15}{13}\right)^2 \Rightarrow \boxed{Pot \simeq 1,1\text{ W}}$$

P.206

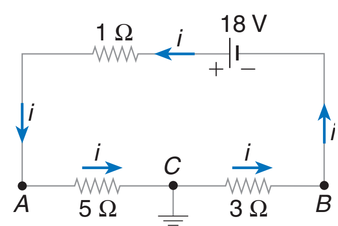


Pela lei de Pouillet: $i = \dfrac{E}{R + r} \Rightarrow i = \dfrac{1,4}{12 + 2} \Rightarrow i = 0,1\ \text{A}$

Potência elétrica total dissipada: $Pot = R_{eq.} \cdot i^2 \Rightarrow Pot = 14 \cdot (0,1)^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 0,14\ \text{W}}$

P.207 Resistência externa:

$R = 5\ \Omega + 3\ \Omega = 8\ \Omega$



Pela lei de Pouillet, temos:

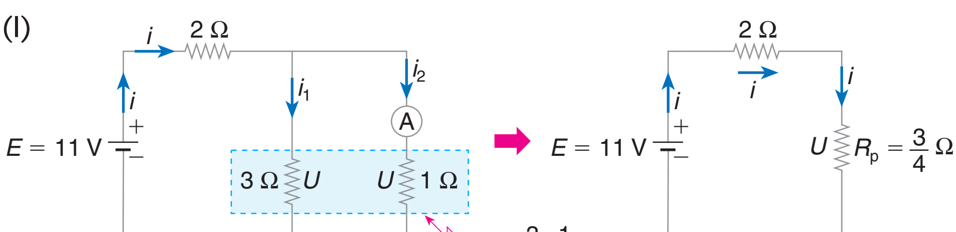
$i = \dfrac{E}{R + r} \Rightarrow i = \dfrac{18}{8 + 1} \Rightarrow i = 2\ \text{A}$

Pela lei de Ohm, temos:

$U_{AC} = V_A - V_C = R_{AC} \cdot i \Rightarrow V_A - 0 = 5 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{V_A = 10\ \text{V}}$

$U_{CB} = V_C - V_B = R_{CB} \cdot i \Rightarrow 0 - V_B = 3 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{V_B = -6\ \text{V}}$

P.208 (I)



$R_p = \dfrac{3 \cdot 1}{3+1}\ \Omega$

$R_p = \dfrac{3}{4}\ \Omega$

Pela lei de Pouillet, temos:

$i = \dfrac{E}{R_p + 2} \Rightarrow i = \dfrac{11}{\dfrac{3}{4} + 2} \Rightarrow i = \dfrac{11}{\dfrac{3 + 8}{4}} \Rightarrow i = 4\ \text{A}$

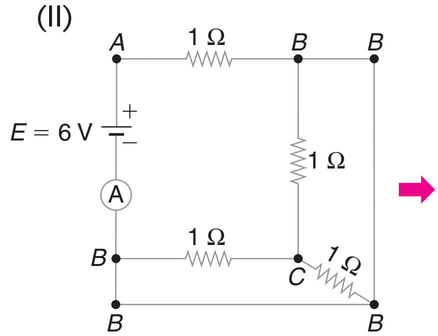
A ddp no resistor de 1 Ω é a mesma no resistor equivalente $R_p = \dfrac{3}{4}\ \Omega$:

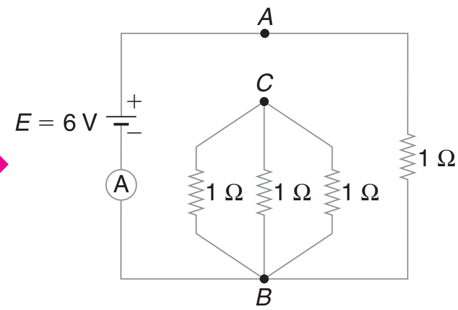
$$U = R_p \cdot i \Rightarrow U = \frac{3}{4} \cdot 4 \Rightarrow U = 3\ \text{V}$$

A indicação i_2 do amperímetro A será:

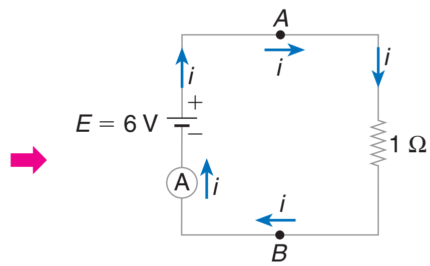
$U = R \cdot i_2 \Rightarrow 3 = 1 \cdot i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 3\ \text{A}}$

(II)





O trecho *CB* não é percorrido por corrente e pode ser retirado do circuito

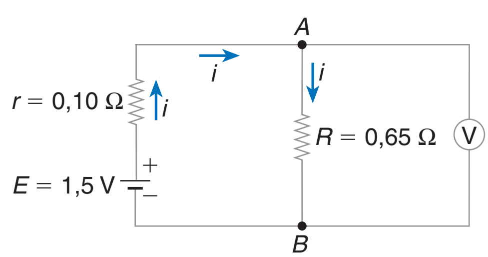


A indicação do amperímetro será: $i = \dfrac{E}{R} \Rightarrow i = \dfrac{6}{1} \Rightarrow \boxed{i = 6\ \text{A}}$

P.209 (I) Pela lei de Pouillet, temos:

$i = \dfrac{E}{R + r} \Rightarrow i = \dfrac{1{,}5}{0{,}65 + 0{,}10} \Rightarrow$

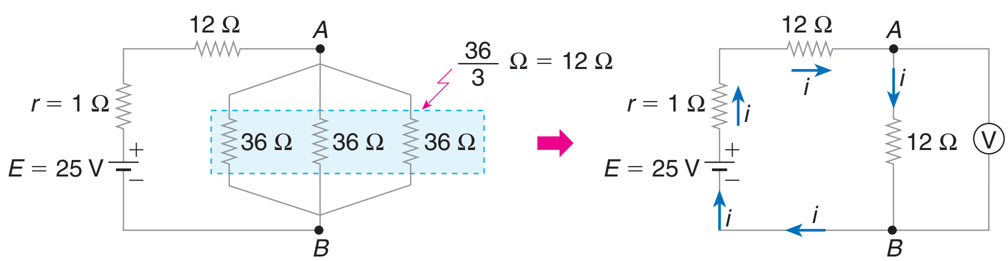
$\Rightarrow i = 2{,}0\ \text{A}$



Indicação do voltímetro:

$U = R \cdot i \Rightarrow U = 0{,}65 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{U = 1{,}3\ \text{V}}$

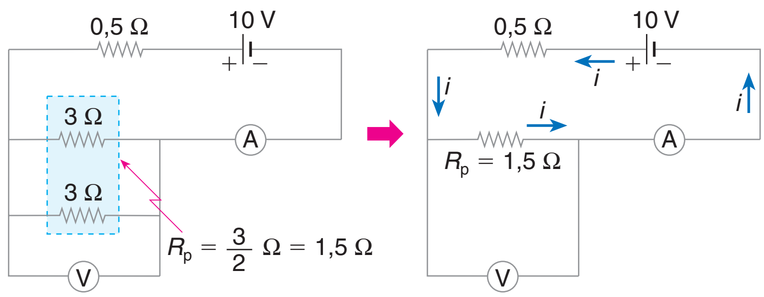
(II)



Pela lei de Pouillet, temos: $i = \dfrac{E}{R + r} \Rightarrow i = \dfrac{25}{24 + 1} \Rightarrow i = 1\ \text{A}$

A indicação do voltímetro será: $U = R_{AB} \cdot i \Rightarrow U = 12 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{U = 12\ \text{V}}$

P.210 (I)



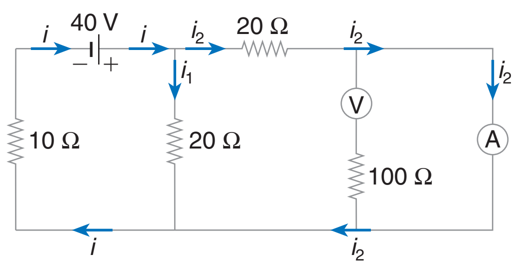
Leitura do amperímetro:

$$i = \frac{E}{R_p + r} \Rightarrow i = \frac{10}{1{,}5 + 0{,}5} \Rightarrow \boxed{i = 5\ \text{A}}$$

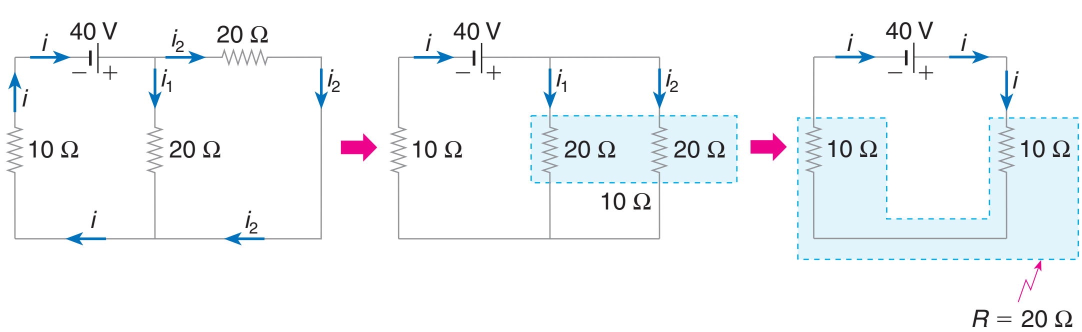
Leitura do voltímetro:

$$U = R_p \cdot i \Rightarrow U = 1{,}5 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{U = 7{,}5\ \text{V}}$$

(II)



O voltímetro não é percorrido por corrente elétrica, pois é ideal (resistência infinita). O resistor de 100 Ω, em série com o voltímetro, também não é percorrido por corrente. O amperímetro é ideal, isto é, tem resistência nula. Assim, temos o circuito:



Pela lei de Pouillet, temos: $i = \frac{E}{R} \Rightarrow i = \frac{40}{20} \Rightarrow i = 2\ \text{A}$

Mas: $i_1 = i_2 = \frac{i}{2} = 1\ \text{A}$

Logo, a leitura do amperímetro é: $\boxed{i_2 = 1\ \text{A}}$

Leitura do voltímetro:

Sejam A e B os terminais do voltímetro. Assim, temos:

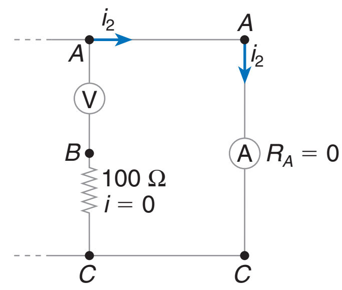
$U_{AB} = U_{AC} + U_{CB}$

Mas:

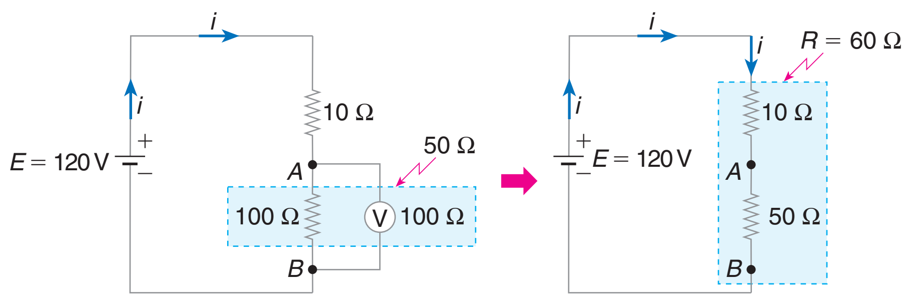
$U_{AC} = 0$, pois $R_A = 0$

$U_{CB} = 0$, pois $i = 0$

Logo: $\boxed{U_{AB} = 0\ \text{V}}$



P.211



Pela lei de Pouillet, temos: $i = \dfrac{E}{R} \Rightarrow i = \dfrac{120}{60} \Rightarrow i = 2\ \text{A}$

Leitura registrada no voltímetro:

$$U_{AB} = R_{AB} \cdot i \Rightarrow U_{AB} = 50 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 100\ \text{V}}$$

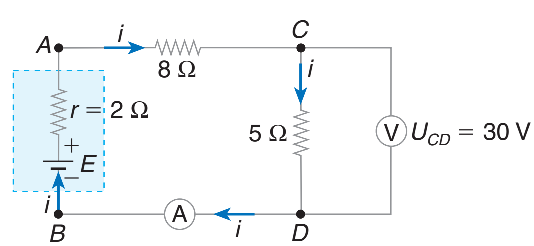
P.212 Com a chave aberta, o voltímetro indica a própria força eletromotriz E do gerador: $E = 2$ V. Com a chave fechada, temos, de acordo com a lei de Pouillet:

$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow 0{,}1 = \frac{2}{18 + r} \Rightarrow \boxed{r = 2\ \Omega}$$

P.213 a) $U_{CD} = R_{CD} \cdot i$

$30 = 5 \cdot i$

$\boxed{i = 6\ \text{A}}$



b) Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow 6 = \frac{E}{13 + 2} \Rightarrow E = 90\ \text{V}$$

$$i_{cc} = \frac{E}{r} \Rightarrow i_{cc} = \frac{90}{2} \Rightarrow \boxed{i_{cc} = 45\ \text{A}}$$

P.214 a) O amperímetro A_1 indica a intensidade total da corrente. Sendo $i_3 = i_2 = 0{,}5$ A, pois $R_3 = R_2 = 50\ \Omega$, temos:

$$i_1 = i_2 + i_3 \Rightarrow i_1 = 0{,}5 + 0{,}5 \Rightarrow \boxed{i_1 = 1\ \text{A}}$$

b) Com a chave S aberta, A_1 e A_2 indicam intensidades iguais de corrente, pois ficam em série.

Chave aberta: $i'_1 = \dfrac{E}{R_1 + R_2} \Rightarrow i'_1 = \dfrac{E}{100}$ ①

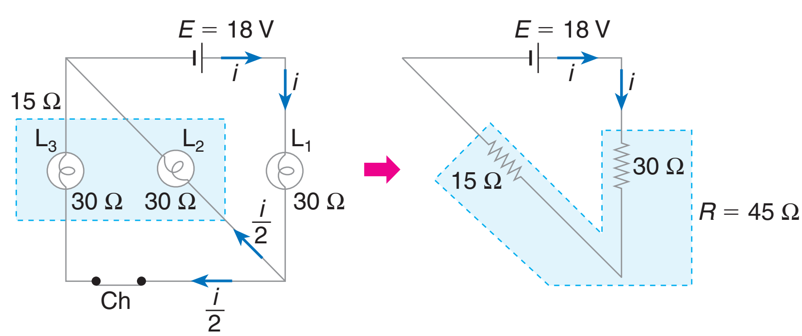
Chave fechada:

$$i_1 = \frac{E}{R_1 + \dfrac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}} \Rightarrow 1 = \frac{E}{50 + \dfrac{50 \cdot 50}{50 + 50}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 = \frac{E}{50 + 25} \Rightarrow E = 75\ \text{V} \quad ②$$

Substituindo ② em ①, temos: $i'_1 = \dfrac{75}{100} \Rightarrow \boxed{i'_1 = 0{,}75\ \text{A}}$

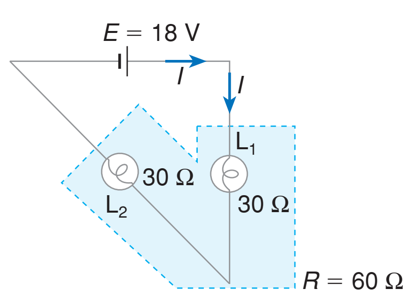
P.215 a) Chave Ch fechada



Pela lei de Pouillet, temos: $i = \dfrac{E}{R} \Rightarrow i = \dfrac{18}{45} \Rightarrow i = 0{,}4$ A

Pela lâmpada L_2 passa uma corrente de intensidade: $\boxed{\dfrac{i}{2} = 0{,}2\ \text{A}}$

b) Chave Ch aberta



$I = \dfrac{E}{R} \Rightarrow I = \dfrac{18}{60} \Rightarrow I = 0{,}3$ A

Sendo $I < i$, concluímos que, abrindo a chave Ch, **o brilho da lâmpada L_1 diminui.**

P.216 Do gráfico, temos:

$E = 12\text{ V}$

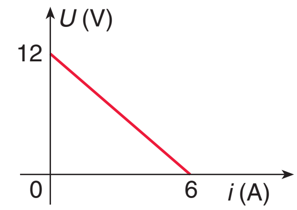
$i_{cc} = 6\text{ A} \Rightarrow \dfrac{E}{r} = 6 \Rightarrow \dfrac{12}{r} = 6 \Rightarrow r = 2\ \Omega$

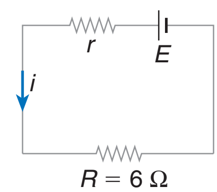
Pela lei de Pouillet, temos:

$i = \dfrac{E}{R + r} \Rightarrow i = \dfrac{12}{6 + 2} \Rightarrow i = 1{,}5\text{ A}$

A potência dissipada no resistor vale:

$Pot = R \cdot i^2 \Rightarrow Pot = 6 \cdot (1{,}5)^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 13{,}5\text{ W}}$





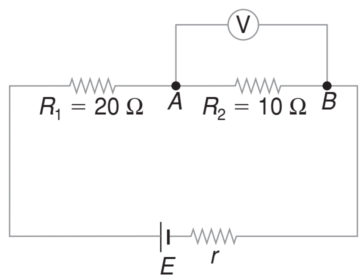
P.217 Aplicando a lei de Ohm entre os pontos A e B, temos:

$U = R_2 \cdot i \Rightarrow 10 = 10 \cdot i \Rightarrow i = 1\text{ A}$

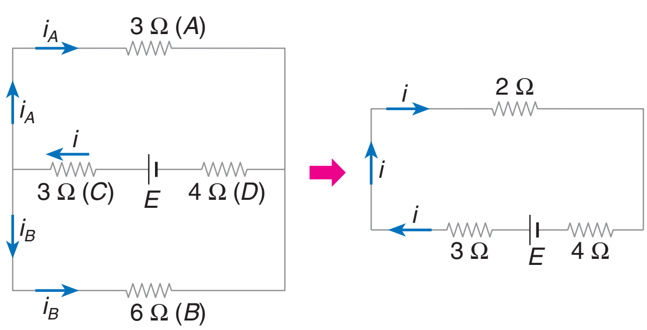
Pela lei de Pouillet, temos:

$i = \dfrac{E}{R_1 + R_2 + r} \Rightarrow 1 = \dfrac{32}{20 + 10 + r} \Rightarrow r = 2\ \Omega$

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



P.218



Do sistema:

$\begin{cases} 3 \cdot i_A = 6 \cdot i_B \\ i_A + i_B = i \end{cases}$

vem:

$i_A = \dfrac{2i}{3}$ e $i_B = \dfrac{i}{3}$

Calculemos as potências dissipadas pelos resistores:

$Pot_A = 3 \cdot \left(\dfrac{2i}{3}\right)^2 \Rightarrow Pot_A = \dfrac{4i^2}{3}$

$Pot_B = 6 \cdot \left(\dfrac{i}{3}\right)^2 \Rightarrow Pot_B = \dfrac{2i^2}{3}$

$Pot_C = 3i^2$

$Pot_D = 4i^2$

Dessas igualdades, concluímos que o resistor de 4 Ω dissipa maior potência. Portanto:

$Pot = Ri^2 \Rightarrow 4 = 4i^2 \Rightarrow i = 1\text{ A}$

Pela lei de Pouillet, temos:

$i = \dfrac{E}{r + R} \Rightarrow 1 = \dfrac{E}{3 + 4 + 2} \Rightarrow \boxed{E = 9\text{ V}}$

P.219 Dados: $E = 1{,}5$ V; $r = 0{,}2\ \Omega$

$E_s = 4 \cdot E \Rightarrow E_s = 4 \cdot 1{,}5 \Rightarrow \boxed{E_s = 6\text{ V}}$

$r_s = 4 \cdot r \Rightarrow r_s = 4 \cdot 0{,}2 \Rightarrow \boxed{r_s = 0{,}8\ \Omega}$

P.220 Dados: $E = 12$ V; $r = 1{,}2\ \Omega$

$E_p = E \Rightarrow \boxed{E_p = 12\text{ V}}$

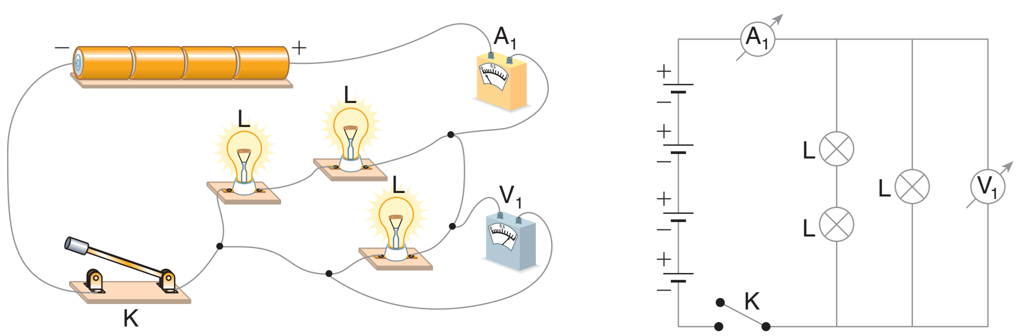
$r_p = \dfrac{r}{3} \Rightarrow r_p = \dfrac{1{,}2}{3} \Rightarrow \boxed{r_p = 0{,}4\ \Omega}$

P.221 Do gráfico, temos que, para uma pilha, $i = 5$ mA $= 5 \cdot 10^{-3}$ A. É dado ainda que $E = 1{,}5$ V.

Pela lei de Pouillet, temos:

$i = \dfrac{E}{r} \Rightarrow 5 \cdot 10^{-3} = \dfrac{1{,}5}{R} \Rightarrow \boxed{R = 300\ \Omega}$

P.222 a) Nas figuras abaixo, temos o circuito dado e seu esquema:

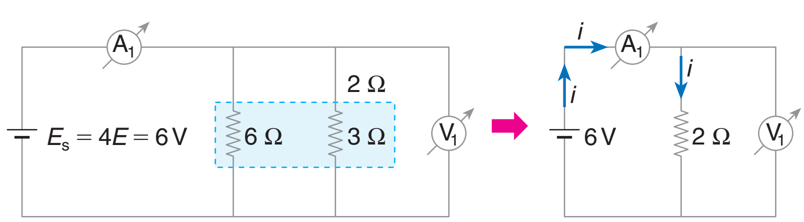


Circuito dado   Esquema

b) Cada lâmpada tem a inscrição 6 V — 12 W. Com esses dados, podemos calcular a resistência elétrica de cada lâmpada:

$$Pot = \frac{U^2}{R_L} \Rightarrow 12 = \frac{6^2}{R_L} \Rightarrow R_L = 3\ \Omega$$

Temos:



Leitura de A_1:

$$i = \frac{E}{R} \Rightarrow i = \frac{6}{2} \Rightarrow \boxed{i = 3\text{ A}}$$

Leitura de V_1:

$$U = R \cdot i \Rightarrow U = 2 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{U = 6\text{ V}}$$

P.223 Dados: $E = 4{,}5$ V; $i_{cc} = 0{,}5$ A

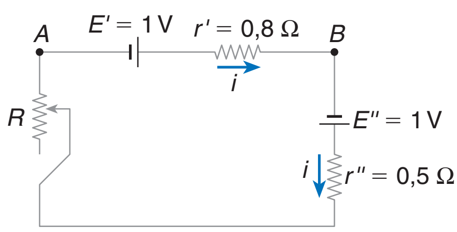
Como se trata de uma associação em paralelo:

$$\boxed{E_p = E = 4{,}5\text{ V}}$$

$$i_{cc} = \frac{E}{r} \Rightarrow 0{,}5 = \frac{4{,}5}{r} \Rightarrow r = 9\ \Omega$$

$$r_p = \frac{r}{5} \Rightarrow r_p = \frac{9}{5} \Rightarrow \boxed{r_p = 1{,}8\ \Omega}$$

P.224



$U_{AB} = E' = r' \cdot i$

Como $U_{AB} = 0$, vem:

$0 = E' - r' \cdot i$

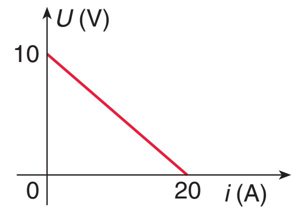
$1 = 0{,}8 \cdot i$

$i = 1{,}25$ A

Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E' + E''}{R + r' + r''} \Rightarrow 1{,}25 = \frac{1 + 1}{R + 0{,}8 + 0{,}5} \Rightarrow \boxed{R = 0{,}3\ \Omega}$$

P.225 a) Do gráfico, temos:



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

$i_{cc} = 20\text{ A} \Rightarrow \dfrac{E}{r} = 20 \Rightarrow \dfrac{10}{r} = 20 \Rightarrow \boxed{r = 0{,}5\ \Omega}$

b) $Pot_{\ell(\text{máx.})} = \dfrac{E^2}{4r} \Rightarrow Pot_{\ell(\text{máx.})} = \dfrac{10^2}{4 \cdot 0{,}5} \Rightarrow \boxed{Pot_{\ell(\text{máx.})} = 50\text{ W}}$

P.226 Dados: $E = 6$ V; $r = 2\ \Omega$; reostato: de 0 a 12 Ω

Nas condições de máxima potência lançada, a resistência externa do circuito é igual à resistência interna do gerador:

$R_{\text{ext.}} = r \Rightarrow \dfrac{3 \cdot R}{3 + R} = 2 \Rightarrow 3R = 6 + 2R \Rightarrow \boxed{R = 6\ \Omega}$

Pela lei de Pouillet, temos:

$i = \dfrac{E}{R_{\text{ext.}} + r} \Rightarrow i = \dfrac{E}{r + r} \Rightarrow i = \dfrac{E}{2r} \Rightarrow i = \dfrac{6}{2 \cdot 2} \Rightarrow \boxed{i = 1{,}5\text{ A}}$

P.227 a) Com a chave C aberta, o voltímetro indica a própria força eletromotriz E do gerador: $\boxed{E = 12\text{ V}}$

b) Com a chave C fechada, temos: $U = 10$ V e $I = 100$ A

Aplicando a lei de Ohm ao resistor, vem:

$U = R \cdot I$

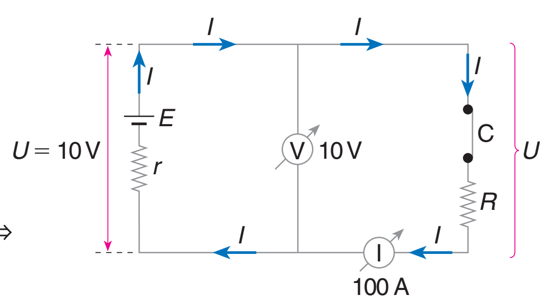
$10 = R \cdot 100$

$\boxed{R = 0{,}10\ \Omega}$

Da equação do gerador, vem:

$U = E - r \cdot I \Rightarrow 10 = 12 - r \cdot 100 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{r = 0{,}02\ \Omega}$



P.228 Dados: $E = 1{,}5$ V; lâmpada: 1,5 V — 2,0 A

a) $Pot = U \cdot i \Rightarrow Pot = 1{,}5 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{Pot = 3{,}0\text{ W}}$

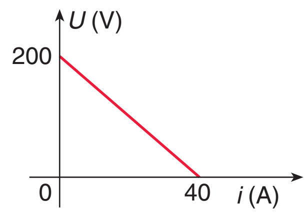
b) Na prática, isso não ocorre, pois a pilha possui resistência elétrica interna não nula.

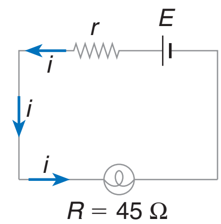
P.229 a) Do gráfico, temos:

$E = 200\ \text{V}$

$i_{cc} = 40\ \text{A} \Rightarrow \dfrac{E}{r} = 40 \Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{200}{r} = 40 \Rightarrow r = 5\ \Omega$





Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow i = \frac{200}{45 + 5} \Rightarrow \boxed{i = 4\ \text{A}}$$

b) $U = E - r \cdot i \Rightarrow U = 200 - 5 \cdot 4 \Rightarrow U = 180\ \text{V}$

$$\eta = \frac{U}{E} \Rightarrow \eta = \frac{180}{200} \Rightarrow \eta = 0{,}90 \Rightarrow \boxed{\eta = 90\%}$$

c) $Pot = R \cdot i^2 \Rightarrow Pot = 45 \cdot 4^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 720\ \text{W}}$

P.230 a) Do gráfico, obtemos:

$E = 1{,}5\ \text{V};\ U = 1{,}2\ \text{V};\ i = 1{,}0\ \text{A}$

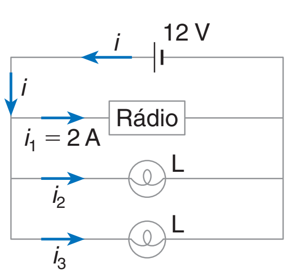
Usando a equação do gerador:

$$U = E - r \cdot i \Rightarrow 1{,}2 = 1{,}5 - r \cdot 1{,}0 \Rightarrow \boxed{r = 0{,}30\ \Omega}$$

b) Para $R = 1{,}7\ \Omega$, a lei de Pouillet fornece:

$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow i = \frac{1{,}5}{1{,}7 + 0{,}30} \Rightarrow \boxed{i = 0{,}75\ \text{A}}$$

P.231



a) Cada lâmpada (12 V — 48 W) é percorrida por corrente de intensidade:

$$i_2 = i_3 = \frac{Pot}{U} \Rightarrow i_2 = i_3 = \frac{48}{12} \Rightarrow i_2 = i_3 = 4\ \text{A}$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \Rightarrow i = 2 + 4 + 4 \Rightarrow \boxed{i = 10\ \text{A}}$$

b) $i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = i \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta q = 10 \cdot 3{,}6 \cdot 10^3 \Rightarrow \boxed{\Delta q = 3{,}6 \cdot 10^4\ \text{C}}$

P.232 a) Os resistores são percorridos por correntes de intensidades diferentes. Logo, estão associados em paralelo.

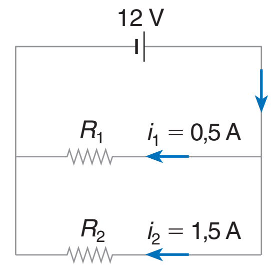
$i = i_1 + i_2$

$i = 0{,}5 + 1{,}5$

$i = 2{,}0$ A

Em $\Delta t = 5$ min, temos:

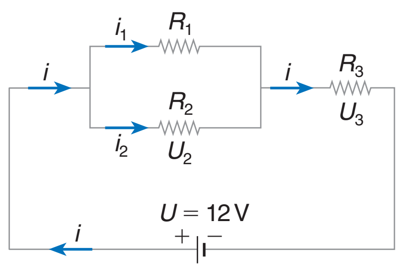
$\Delta q = i \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta q = 2{,}0 \cdot 5 \cdot 60 \Rightarrow \boxed{\Delta q = 600 \text{ C}}$



b) A potência total dissipada pelos resistores é a potência que a bateria lança no circuito:

$$Pot = U \cdot i \Rightarrow Pot = 12 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{Pot = 24 \text{ W}}$$

P.233 a) Analisando os valores das correntes que percorrem os resistores R_1, R_2 e R_3, notamos que R_3 é percorrido pela maior corrente (100 mA) e que é a soma das correntes que percorrem R_2 (80 mA) e R_1 (20 mA). Concluímos, então, que R_1 e R_2 estão associados em paralelo e essa associação está em série com R_3. Assim, temos:



b) Cálculo da ddp no resistor R_2:

$$U_2 = R_2 \cdot i_2 \Rightarrow U_2 = 25 \cdot 80 \cdot 10^{-3} \Rightarrow U_2 = 2 \text{ V}$$

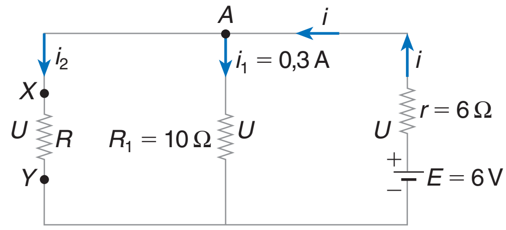
A ddp em R_1 é a mesma que em R_2:

$$U_2 = R_1 \cdot i_1 \Rightarrow 2 = R_1 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{R_1 = 100\ \Omega}$$

A ddp em R_3 é: $U_3 = U - U_2 = 12 - 2 \Rightarrow U_3 = 10$ V

Assim: $U_3 = R_3 \cdot i \Rightarrow 10 = R_3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{R_3 = 100\ \Omega}$

P.234 Os elementos do circuito estão sob mesma tensão U.



Resistor R_1:

$U = R_1 \cdot i_1 \Rightarrow U = 10 \cdot 0,3 \Rightarrow U = 3$ V

Gerador:

$U = E - r \cdot i \Rightarrow 3 = 6 - 6i \Rightarrow i = 0,5$ A

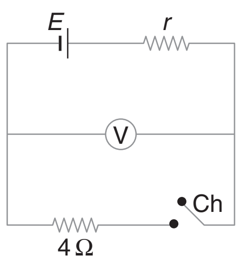
No ponto A, temos:

$i = i_1 + i_2 \Rightarrow 0,5 = 0,3 + i_2 \Rightarrow i_2 = 0,2$ A

Resistor R:

$U = R \cdot i_2 \Rightarrow 3 = R \cdot 0,2 \Rightarrow \boxed{R = 15\ \Omega}$

P.235



Quando a chave Ch está aberta, a indicação do voltímetro é a fem E do gerador.

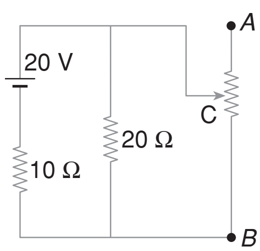
Fechando-se Ch, a indicação passa a $\frac{E}{3}$. Nessas condições, temos:

No gerador: $\frac{E}{3} = E - r \cdot i \Rightarrow \frac{2E}{3} = r \cdot i$ ①

No resistor: $\frac{E}{3} = 4 \cdot i$ ②

Dividindo ① por ②, temos: $2 = \frac{r}{4} \Rightarrow \boxed{r = 8\ \Omega}$

P.236



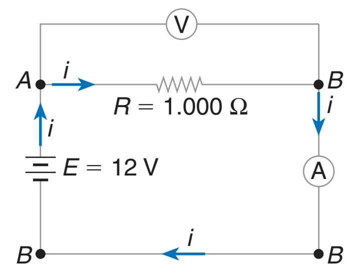
Quando o cursor está em B, o gerador fica em curto-circuito.

$i_{cc} = \frac{E}{r} \Rightarrow i_{cc} = \frac{20\ \text{V}}{10\ \Omega} \Rightarrow \boxed{i_{cc} = 2,0\ \text{A}}$

Para que a corrente no gerador seja metade daquela encontrada na situação anterior, a resistência externa deve ser igual a 10 Ω. Desse modo, R_{CB} deve ser 20 Ω, pois está em paralelo com outra resistência de 20 Ω.

Logo, o cursor C deve ser colocado no ponto médio do reostato AB.

P.237 a) Leitura de A



$$i = \frac{E}{R} \Rightarrow i = \frac{12}{1.000} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i = 12 \cdot 10^{-3}\ \text{A} \Rightarrow \boxed{i = 12\ \text{mA}}$$

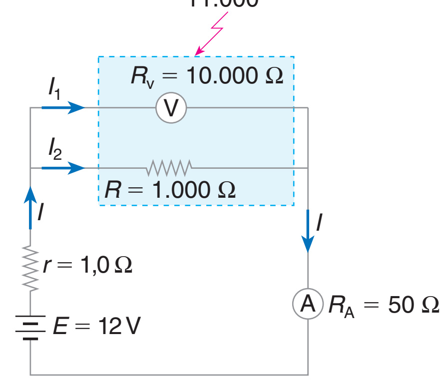
Leitura de V

É a tensão U_{AB} em R, que é igual a E:

$$U_{AB} = E \Rightarrow \boxed{U = 12\ V}$$

b) Pela lei de Pouillet, temos:

$$R_p = \frac{10.000 \cdot 1.000}{11.000}\ \Omega \simeq 909\ \Omega$$



$$I = \frac{E}{R_p + R_A + r}$$

$$I = \frac{12}{909 + 50 + 1{,}0}$$

$I \simeq 0{,}0125$ A

$I \simeq 12{,}5$ mA

Leitura de A

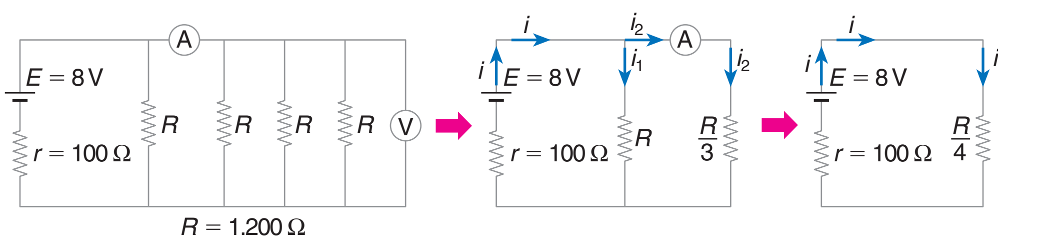
$$\boxed{I \simeq 12{,}5\ \text{mA}}$$

Leitura de V

$$U = R_p \cdot I \Rightarrow U \simeq 909 \cdot 12{,}5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{U \simeq 11{,}4\ \text{V}}$$

P.238



Pela lei de Pouillet, temos: $i = \dfrac{E}{\dfrac{R}{4} + r} \Rightarrow i = \dfrac{8}{300 + 100} \Rightarrow i = \dfrac{8}{400} \Rightarrow i = \dfrac{1}{50}$ A

b) Leitura no voltímetro:

$$U = \frac{R}{4} \cdot i \Rightarrow U = 300 \cdot \frac{1}{50} \Rightarrow \boxed{U = 6\ \text{V}}$$

a) Leitura no amperímetro:

$$i_2 = \frac{U}{\dfrac{R}{3}} \Rightarrow i_2 = \frac{6}{400} \Rightarrow \boxed{i_2 = 15\ \text{mA}}$$

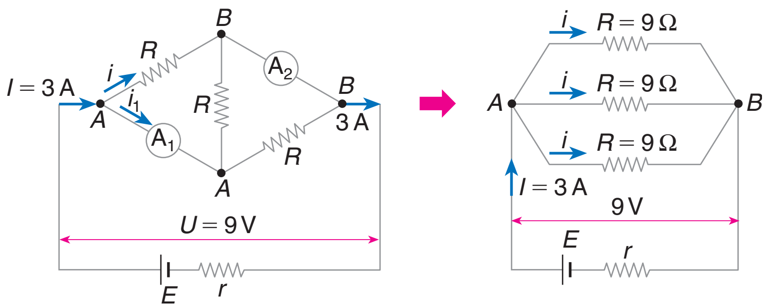
P.239 Dados: $R = 9\ \Omega$; $r = 1\ \Omega$; $I = 3\ \text{A}$; $U = 9\ \text{V}$

a) $U = E - r \cdot I \Rightarrow 9 = E - 1 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{E = 12\ \text{V}}$

A potência total dissipada é a potência total gerada pelo gerador:

$$Pot_g = E \cdot i \Rightarrow Pot_g = 12 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{Pot_g = 36\ \text{W}}$$

b)



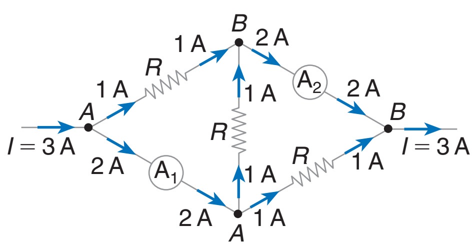
Cada resistor de resistência R é percorrido por uma corrente de intensidade:

$$i = \frac{U}{R} = \frac{9\ \text{V}}{9\ \Omega} = 1\ \text{A}$$

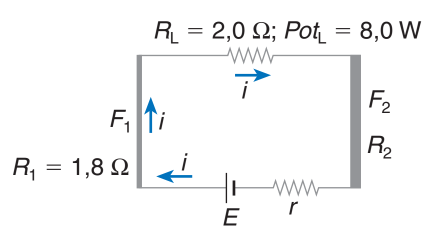
Logo, o amperímetro A_1 é percorrido por uma corrente i_1.

$$i_1 = I - i \Rightarrow i_1 = 3\ \text{A} - 1\ \text{A} \Rightarrow \boxed{i_1 = 2\ \text{A}}$$

O mesmo ocorre com o amperímetro A_2, como se percebe pelo seguinte esquema:



P.240 a) $Pot_L = R_L \cdot i^2 \Rightarrow 8{,}0 = 2{,}0 i^2 \Rightarrow \boxed{i = 2{,}0\ \text{A}}$



b) $R_1 = \rho \cdot \dfrac{L}{A} \Rightarrow R_1 = \rho \cdot \dfrac{L}{\dfrac{\pi d^2}{4}} \Rightarrow R_1 = \dfrac{4\rho L}{\pi d^2}$

$R_2 = \rho \cdot \dfrac{L}{\dfrac{\pi 9 d^2}{4}} \Rightarrow R_2 = \dfrac{4\rho L}{9\pi d^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow R_2 = \dfrac{R_1}{9} \Rightarrow R_2 = \dfrac{1{,}8\ \Omega}{9} \Rightarrow R_2 = 0{,}2\ \Omega$

$Pot_2 = R_2 \cdot i^2 \Rightarrow Pot_2 = 0{,}2 \cdot (2{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{Pot_2 = 0{,}8\ \text{W}}$

c) $V_M = (R_1 + R_L + R_2) \cdot i \Rightarrow$

$\Rightarrow V_M = (1{,}8 + 2{,}0 + 0{,}2) \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{V_M = 8{,}0\ \text{V}}$

P.241 a) Para que a lâmpada funcione em suas especificações (6 V; 1,5 W), a intensidade de corrente através dela será:

$$Pot = U \cdot i \Rightarrow i = \frac{Pot}{U} \Rightarrow i = \frac{1{,}5\ \text{W}}{6\ \text{V}} \Rightarrow \boxed{i = 0{,}25\ \text{A}}$$

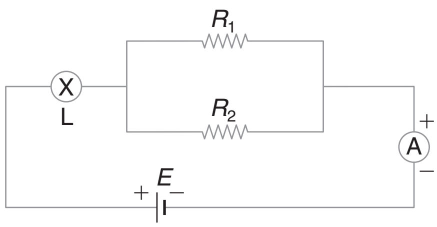
b) A ddp fornecida pelo gerador é 36 V e a lâmpada funciona normalmente com 6 V. Nessas condições, a associação de resistores R_1 e R_2 deve ser ligada em série com a lâmpada, ficando sob ddp de 30 V.

A resistência equivalente da associação é:

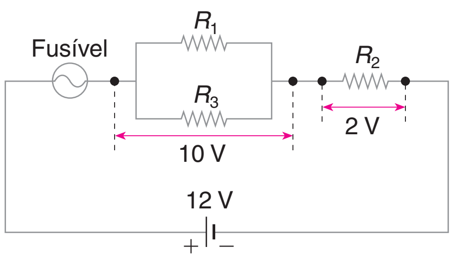
$$R_{eq.} = \frac{U}{i} \Rightarrow R_{eq.} = \frac{30\ \text{V}}{0{,}25\ \text{A}} \Rightarrow R_{eq.} = 120\ \Omega$$

Desse modo, os resistores R_1 e R_2, de resistências iguais a 240 Ω, devem ser associados em paralelo.

Assim, temos o circuito:



P.242 a) Os resistores R_1 e R_3 devem estar sob a mesma tensão de 10 V e, portanto, serão ligados em paralelo. Essa associação deverá ser ligada em série com R_2 (2 V). O fusível deve proteger toda a associação. Assim, temos:



b) Vamos calcular as resistências dos resistores:

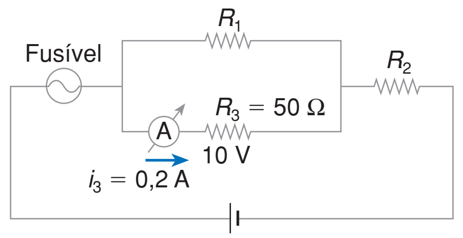
$$Pot = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{Pot}$$

$$R_1 = \frac{(10)^2}{8} \Rightarrow R_1 = 12{,}5\ \Omega$$

$$R_3 = \frac{(10)^2}{2} \Rightarrow R_3 = 50\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{(2)^2}{2} \Rightarrow R_2 = 2\ \Omega$$

O amperímetro deve ser colocado em série com o resistor R_3.



Indicação do amperímetro:

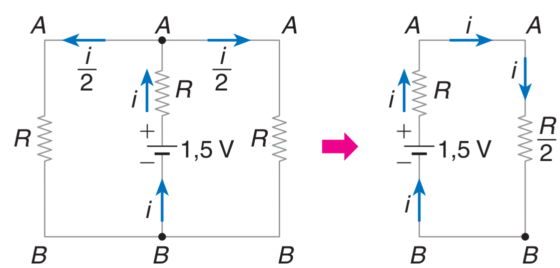
$$U = R_3 \cdot i_3 \Rightarrow 10 = 50 \cdot i_3 \Rightarrow \boxed{i = 0,2\ \text{A}}$$

O cálculo de i_3 pode ser feito também por meio da potência que R_3 dissipa:

$$Pot_3 = U \cdot i_3 \Rightarrow 2 = 10 \cdot i_3 \Rightarrow \boxed{i_3 = 0,2\ \text{A}}$$

P.243 a) Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{R + \frac{R}{2}} \Rightarrow i = \frac{1,5}{\frac{3R}{2}} \quad (1)$$



Sendo $U_{AB} = \frac{R}{2} \cdot i$, temos:

$$U_{AB} = \frac{R}{2} \cdot \frac{1,5}{\frac{3R}{2}} \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 0,50\ \text{V}}$$

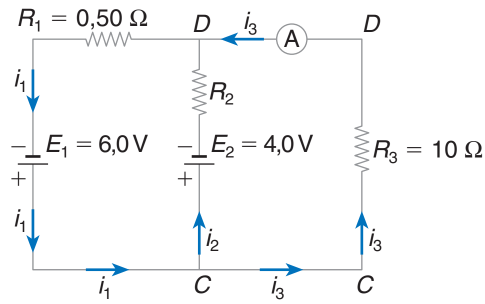
b) Substituindo $R = 100\ \Omega$ em (1), resulta:

$$i = \frac{1,5}{\frac{3 \cdot 100}{2}} \Rightarrow i = \frac{1,0}{100}\ \text{A} \Rightarrow i = 0,010\ \text{A} \Rightarrow \boxed{i_1 = 10\ \text{mA}}$$

P.244 a) $U_{CD} = R_3 \cdot i_3$

$U_{CD} = 10 \cdot 0{,}50$

$\boxed{U_{CD} = 5{,}0\ \text{V}}$



b) $U_{CD} = E_1 - R_1 \cdot i_1$

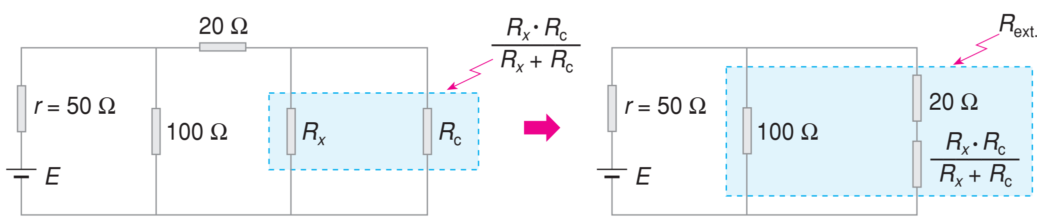
$5{,}0 = 6{,}0 - 0{,}50 \cdot i_1$

$i_1 = 2{,}0\ \text{A}$

Sendo o gerador ideal, a potência elétrica fornecida (potência elétrica lançada no circuito) coincide com a potência elétrica total gerada:

$Pot_\ell = Pot_g = E_1 \cdot i_1 \Rightarrow Pot_\ell = Pot_g = 6{,}0 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{Pot_\ell = Pot_g = 12\ \text{W}}$

P.245 Calculemos inicialmente a resistência externa do circuito:



$$R_{ext.} = \frac{\left(\dfrac{R_x \cdot R_c}{R_x + R_c} + 20\right) \cdot 100}{\dfrac{R_x \cdot R_c}{R_x + R_c} + 120}$$

Sendo $R_{ext.} = r = 50\ \Omega$, vem:

$$\frac{\left(\dfrac{R_x \cdot R_c}{R_x + R_c} + 20\right) \cdot 100}{\dfrac{R_x \cdot R_c}{R_x + R_c} + 120} = 50$$

$$2 \cdot \left(\frac{R_x \cdot R_c}{R_x + R_c} + 20\right) = \frac{R_x \cdot R_c}{R_x + R_c} + 120$$

$2 \cdot R_x \cdot R_c - 40R_x + 40R_c = R_x \cdot R_c + 120R_x + 120R_c$

$R_x \cdot R_c - 80R_x = 80R_c$

$$\boxed{R_x = \frac{80R_c}{R_c - 80}}$$

De acordo com o enunciado, $100\ \Omega \leq R_c \leq 400\ \Omega$.

Substituindo os valores extremos de R_c, obtemos:

- $R_c = 100\ \Omega \Rightarrow R_x = 400\ \Omega$
- $R_c = 400\ \Omega \Rightarrow R_x = 100\ \Omega$

Desses resultados, vem: $\boxed{100\ \Omega \leq R_x \leq 400\ \Omega}$

P.246 a) Vamos calcular a potência elétrica que cada resistor dissipa sob ddp de 9,0 V, isto é, a pilha é nova. De $Pot = \frac{U^2}{R}$, temos:

$$Pot_1 = \frac{(9,0)^2}{100} \Rightarrow Pot_1 = 0,81 \text{ W}$$

$$Pot_2 = \frac{(9,0)^2}{200} \Rightarrow Pot_2 = 0,405 \text{ W}$$

$$Pot_3 = \frac{(9,0)^2}{300} \Rightarrow Pot_3 = 0,27 \text{ W}$$

Logo, a potência elétrica total dissipada é:

$$Pot = Pot_1 + Pot_2 + Pot_3 \Rightarrow Pot = 0,81 + 0,405 + 0,27 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Pot = 1,485 \text{ W} \Rightarrow \boxed{Pot \simeq 1,5 \text{ W}}$$

b) A menor das potências é 0,27 W. Para potências menores do que 0,27 W os resistores deixam de acender. Para o resistor de 200 Ω, temos:

$$Pot = \frac{U^2}{R} \Rightarrow 0,27 = \frac{U^2}{200} \Rightarrow \boxed{U \simeq 7,3 \text{ V}}$$

P.247 a) De $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$ e sendo $R = 100\ \Omega$; $L = 5 \text{ mm} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $A = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times 10 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 10^{-7} \text{ m}^2$, temos:

$$100 = \rho \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{10^{-7}} \Rightarrow \boxed{\rho = 2,0 \cdot 10^{-3}\ \Omega \cdot \text{m}}$$

b) Reduzindo a espessura à metade, a área *A* fica reduzida à metade e as resistências elétricas dobram.

P.248 a) $n = 5.000 \cdot 150 = 750.000 \Rightarrow \boxed{n = 750 \text{ mil eletroplacas}}$

b) $R_{eq.} = 5.000 \cdot r \Rightarrow R_{eq.} = 5.000 \cdot 0,30 \Rightarrow \boxed{R_{eq.} = 1.500\ \Omega}$

c) $R_{total} = \frac{R_{eq.}}{150} = \frac{1.500\ \Omega}{150} \Rightarrow \boxed{R_{total} = 10\ \Omega}$

d) $i = \frac{E}{R_{total} + R_{água}} \Rightarrow i = \frac{5.000 \cdot 0,15}{10 + 740} \Rightarrow i = 1 \text{ A}$

$$Pot = R_{total} \cdot i^2 \Rightarrow Pot = 10 \cdot 1^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 10 \text{ W}}$$

P.249 Aplicando $U = E - r \cdot i$ às duas situações descritas, temos:

$$\begin{cases} 8{,}0 = E - r \cdot 2{,}0 \\ 5{,}0 = E - r \cdot 5{,}0 \end{cases}$$

Resolvendo o sistema: $r = 1{,}0\ \Omega$ e $E = 10$ V

Quando o gerador está fornecendo potência elétrica máxima, a corrente que o atravessa vale:

$$i = \frac{i_{cc}}{2} \Rightarrow i = \frac{E}{2r} \Rightarrow i = \frac{10}{2 \cdot 1{,}0} \Rightarrow \boxed{i = 5{,}0 \text{ A}}$$

P.250 a) $U' = E' + r' \cdot i \Rightarrow 100 = E' + 2 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{E' = 90\ \text{V}}$

b) $Pot'_d = r' \cdot i^2 \Rightarrow Pot'_d = 2 \cdot 5^2 \Rightarrow \boxed{Pot'_d = 50\ \text{W}}$

c) Impedindo-se o eixo do motor de girar, ele funcionará como um resistor, cuja resistência é igual à resistência interna do motor, que poderá queimar.

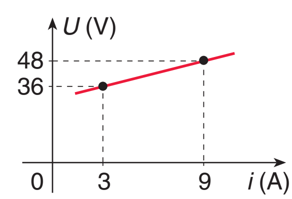
P.251 $U' = E' + r' \cdot i \Rightarrow 110 = 100 + r' \cdot i \Rightarrow r' \cdot i = 10$ ①

$Pot'_d = r' \cdot i^2 \Rightarrow 20 = r' \cdot i^2 \Rightarrow r' \cdot i^2 = 20$ ②

Dividindo ② por ①, temos: $\dfrac{r' \cdot i^2}{r' \cdot i} = \dfrac{20}{10} \Rightarrow \boxed{i = 2\ \text{A}}$

De ①: $\boxed{r' = 5\ \Omega}$

P.252 a) Da equação do receptor, $U = E' + r' \cdot i$, e, a partir dos pontos do gráfico, obtemos as seguintes equações:



$$\begin{cases} 48 = E' + r' \cdot 9 & ① \\ 36 = E' + r' \cdot 3 & ② \end{cases}$$

Subtraindo a equação ② da equação ①, temos:

$12 = 6r' \Rightarrow \boxed{r' = 2\ \Omega}$

De ①: $\boxed{E' = 30\ \text{V}}$

b) A potência elétrica fornecida ao receptor, isto é, a potência elétrica que o receptor consome, é dada por:

$Pot_f = U \cdot i \Rightarrow Pot_f = 36 \cdot 3 \Rightarrow Pot_f = 108\ \text{W} \Rightarrow Pot_f = 0{,}108\ \text{kW}$

$E_{el.} = Pot_f \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = 0{,}108 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 0{,}216\ \text{kWh}}$

P.253 Quando a bateria está funcionando como gerador, temos:

$U = E - r \cdot i \Rightarrow 15 = E - r \cdot 3$ ①

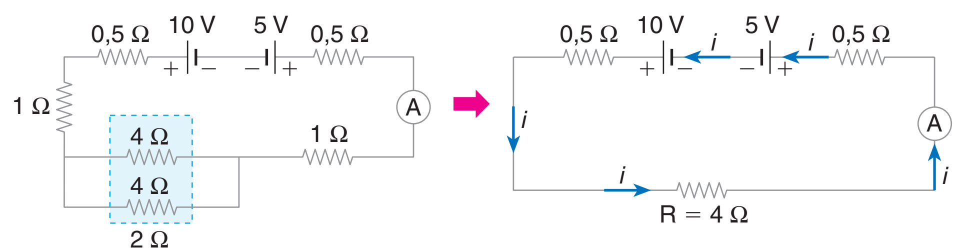
Com a bateria funcionando como receptor, temos:

$U' = E + r \cdot i' \Rightarrow 20 = E + r \cdot 2$ ②

Subtraindo a equação ① da ②, temos: $5 = 5r \Rightarrow \boxed{r = 1\ \Omega}$

De ①: $\boxed{E = 18\ \text{V}}$

P.254 (I)

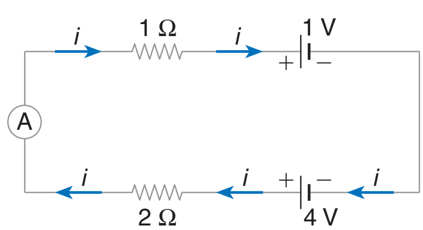


O elemento de 10 V é o gerador. O sentido da corrente é do polo negativo para o polo positivo. Nessas condições, o sentido da corrente no elemento de 5 V é do polo positivo para o negativo e ele funciona como receptor.

Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E - E'}{R + r + r'} \Rightarrow i = \frac{10 - 5}{4 + 0{,}5 + 0{,}5} \Rightarrow \boxed{i = 1\ \text{A}}$$

(II)

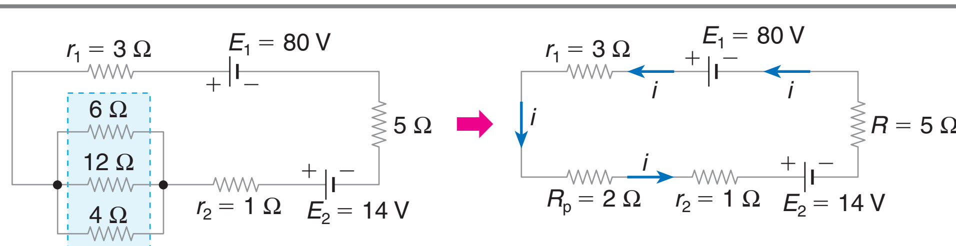


O elemento de 4 V é o gerador e o de 1 V, o receptor.

Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E - E'}{r + r'} \Rightarrow i = \frac{4 - 1}{2 + 1} \Rightarrow \boxed{i = 1\ \text{A}}$$

P.255 a)



$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{4} \Rightarrow R_p = 2\ \Omega$$

O elemento $E_1 = 80$ V é o gerador e $E_2 = 14$ V, o receptor. Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E_1 - E_2}{R + R_p + r_1 + r_2} \Rightarrow i = \frac{80 - 14}{5 + 2 + 3 + 1} \Rightarrow i = 6\ \text{A}$$

$Pot = R \cdot i^2 \Rightarrow Pot = 5 \cdot 6^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 180\ \text{W}}$

b) A ddp no resistor de 6 Ω é a mesma no resistor $R_p = 2\ \Omega$ (resistor equivalente da associação em paralelo):

$U = R_p \cdot i \Rightarrow U = 2 \cdot 6 \Rightarrow U = 12\ V$

Para o resistor de 6 Ω, temos:

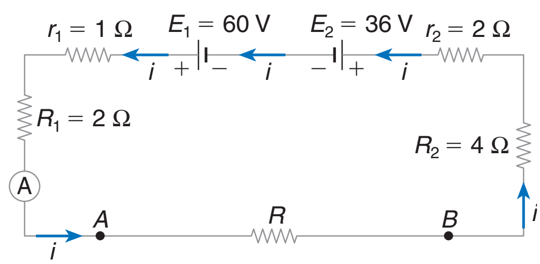
$U = R' \cdot i' \Rightarrow 12 = 6 \cdot i' \Rightarrow \boxed{i' = 2\ A}$

c) Pela equação do gerador, temos:

$U_1 = E_1 - r_1 \cdot i \Rightarrow U_1 = 80 - 3 \cdot 6 \Rightarrow \boxed{U_1 = 62\ V}$

Da equação do receptor: $U_2 = E_2 + r_2 \cdot i \Rightarrow U_2 = 14 + 1 \cdot 6 \Rightarrow \boxed{U_2 = 20\ V}$

P.256 a) Como AB é um resistor, temos:

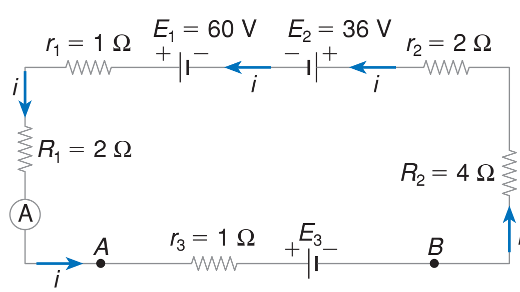


$E_1 = 60\ V$ é o gerador e $E_2 = 36\ V$, o receptor. Pela lei de Pouillet:

$$i = \frac{E_1 - E_2}{R + R_1 + R_2 + r_1 + r_2} \Rightarrow 1,2 = \frac{60 - 36}{R + 2 + 4 + 1 + 2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1,2 = \frac{24}{R + 9} \Rightarrow \boxed{R = 11\ \Omega}$$

b) Considerando que AB é um receptor de fcem E_3 e resistência interna $r_3 = 1\ \Omega$, temos:



$E_1 = 60\ V$ é o gerador, $E_2 = 36\ V$ e E_3 são receptores. Pela lei de Pouillet:

$$i = \frac{E_1 - E_2 - E_3}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2 + r_3} \Rightarrow 1,2 = \frac{60 - 36 - E_3}{2 + 4 + 1 + 2 + 1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1,2 = \frac{24 - E_3}{10} \Rightarrow \boxed{E_3 = 12\ V}$$

P.257 a) A potência desenvolvida pelo motor (potência útil) é dada por:

$$Pot_u = \frac{Ph}{\Delta t} \Rightarrow Pot_u = \frac{100 \cdot 0,50}{10} \Rightarrow \boxed{Pot_u = 5,0 \text{ W}}$$

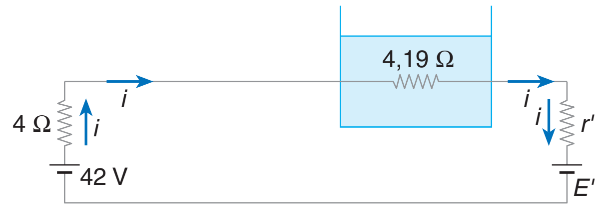
b) e c)

De $Pot_u = E' \cdot i$, temos: $5,0 = E' \cdot i$ ①

De $i = \dfrac{E - E'}{R + r + r'}$, temos: $i = \dfrac{10 - E'}{5,0}$ ②

Substituindo ② em ①, temos: $\boxed{E' = 5,0 \text{ V}}$ e $\boxed{i = 1,0 \text{ A}}$

P.258



I. Impedindo a rotação do motor, tem-se $E' = 0$.

$$E_{el.} = R \cdot i^2 \cdot \Delta t = 4,19 \cdot Q \Rightarrow R \cdot i^2 = 4,19 \cdot \frac{Q}{\Delta t}$$

Mas $\dfrac{Q}{\Delta t} = 540$ cal/min $= 9$ cal/s e $R = 4,19$ Ω. Assim:

$4,19 \cdot i^2 = 4,19 \cdot 9 \Rightarrow i = 3$ A

Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{r + R + r'} \Rightarrow 3 = \frac{42}{4 + 4,19 + r'} \Rightarrow \boxed{r' = 5,81\ \Omega}$$

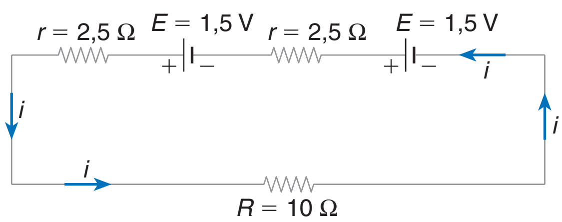
II. Como $\dfrac{Q}{\Delta t} = 15$ cal/min $= \dfrac{1}{4}$ cal/s, temos:

$$R \cdot i^2 = 4,19 \cdot \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 4,19 \cdot i^2 = 4,19 \cdot \frac{1}{4} \Rightarrow i = \frac{1}{2} \text{ A}$$

Pela lei de Pouillet, vem:

$$i = \frac{E - E'}{r + R + r'} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{42 - E'}{4 + 4,19 + 5,81} \Rightarrow \boxed{E' = 35 \text{ V}}$$

P.259 Situação inicial

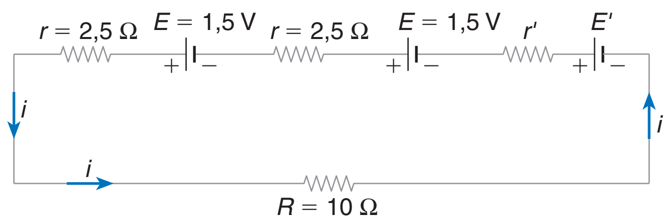


$$i = \frac{E + E}{R + r + r}$$

$$i = \frac{1{,}5 + 1{,}5}{10 + 2{,}5 + 2{,}5}$$

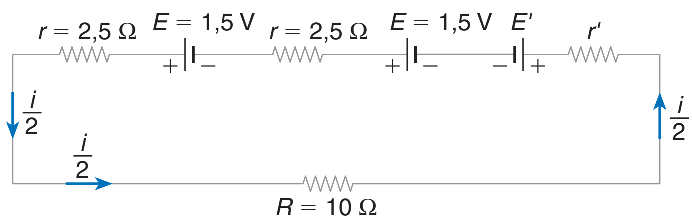
$$i = 0{,}2 \text{ A}$$

Situação em que a terceira pilha está ligada em série com a mesma polaridade (I)



$$i = \frac{E + E + E'}{R + r + r + r'} \Rightarrow 0{,}2 = \frac{1{,}5 + 1{,}5 + E'}{10 + 2{,}5 + 2{,}5 + r'} \Rightarrow 0{,}2 = \frac{3{,}0 + E'}{15 + r'} \quad ①$$

Situação em que a terceira pilha está ligada em série com a polaridade oposta (II)



$$\frac{i}{2} = \frac{E + E - E'}{R + r + r + r'} \Rightarrow \frac{0{,}2}{2} = \frac{1{,}5 + 1{,}5 - E'}{10 + 2{,}5 + 2{,}5 + r'} \Rightarrow 0{,}1 = \frac{3{,}0 - E'}{15 + r'} \quad ②$$

De ①: $15 + r' = \dfrac{3{,}0 + E'}{0{,}2}$

E de ②: $15 + r' = \dfrac{3{,}0 - E'}{0{,}1}$

Portanto: $\dfrac{3{,}0 + E'}{0{,}2} = \dfrac{3{,}0 - E'}{0{,}1} \Rightarrow \boxed{E' = 1 \text{ V}}$

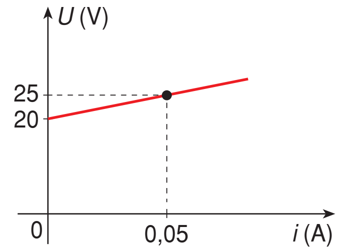
Voltando em ①: $\boxed{r' = 5\ \Omega}$

P.260 Dados: $U = 220$ V; $E_{el.} = 35{,}2$ kJ $= 35{,}2 \cdot 10^3$ J; $i = 2$ A

$E_{el.} = Pot_f \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = U \cdot i \cdot \Delta t \Rightarrow$

$\Rightarrow 35{,}2 \cdot 10^3 = 220 \cdot 2 \cdot \Delta t \Rightarrow \boxed{\Delta t = 80 \text{ s}}$

P.261 Do gráfico, temos $E' = 20$ V.



De $U = E' + r' \cdot i$, sendo $U = 25$ V para $i = 0,05$ A, vem:

$25 = 20 + r' \cdot 0,05$

$r' = 100\ \Omega$

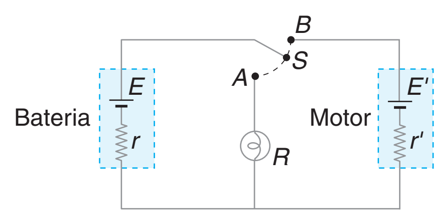
Para $\eta = 50\%$, temos: $\eta = \dfrac{E'}{U'} \Rightarrow 0,50 = \dfrac{20}{U'} \Rightarrow U' = 40$ V

Cálculo da intensidade de corrente i' para $U' = 40$ V:

$U' = E' + r' \cdot i' \Rightarrow 40 = 20 + 100 \cdot i' \Rightarrow \boxed{i' = 0,20 \text{ A}}$

P.262 Dados: $E = 220$ V; $r = 10\ \Omega$; $E' = 205$ V; $r' = 5\ \Omega$; $R = 100\ \Omega$

a) Com a chave S em A, pela lei de Pouillet:



$i = \dfrac{E}{R + r}$

$i = \dfrac{220}{100 + 10}$

$i = 2$ A

$Pot = R \cdot i^2 \Rightarrow Pot = 100 \cdot 2^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 400 \text{ W}}$

b) Com a chave S em B e aplicando novamente a lei de Pouillet:

$I = \dfrac{E + E'}{r + r'} \Rightarrow I = \dfrac{220 - 205}{10 + 5} \Rightarrow I = 1$ A

$Pot_u = E' \cdot I \Rightarrow Pot_u = 205 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{Pot_u = 205 \text{ W}}$

c) $Pot'_d = r' \cdot i^2 \Rightarrow Pot'_d = 5 \cdot 1^2 \Rightarrow \boxed{Pot'_d = 5 \text{ W}}$

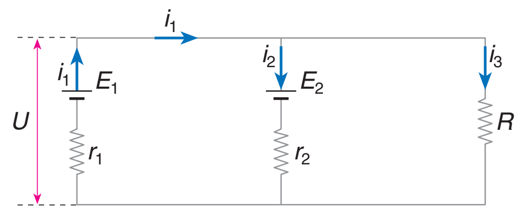
P.263 Dados: $E_1 = 21$ V; $r_1 = 3{,}0\ \Omega$; $E_2 = 5{,}0$ V; $r_2 = 2{,}0\ \Omega$; $i_2 = 2{,}0$ A

Receptor:

$U = E_2 + r_2 \cdot i_2$

$U = 5{,}0 + 2{,}0 \cdot 2{,}0$

$U = 9{,}0$ V



Gerador:

$U = E_1 - r_1 \cdot i_1$

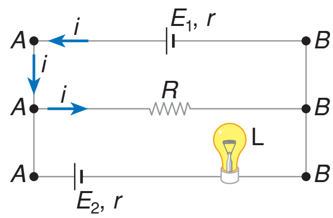
$9{,}0 = 21 - 3{,}0 \cdot i_1$

$i_1 = 4{,}0$ A

$i_1 = i_2 + i_3 \Rightarrow 4{,}0 = 2{,}0 + i_3 \Rightarrow i_3 = 2{,}0$ A

Resistor: $U = R \cdot i_3 \Rightarrow 9{,}0 = R \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{R = 4{,}5\ \Omega}$

P.264 Dados: $E_1 = 4$ V; $E_2 = 2$ V; $r = 1\ \Omega$



Como a lâmpada não é percorrida por corrente, concluímos que a ddp entre A e B é igual a E_2:

$U = E_2 = 2$ V

Portanto: $U = E_1 - r \cdot i \Rightarrow 2 = 4 - 1 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 2\text{ A}}$ (item b)

No resistor: $U = R \cdot i \Rightarrow 2 = R \cdot 2 \Rightarrow \boxed{R = 1\ \Omega}$ (item a)

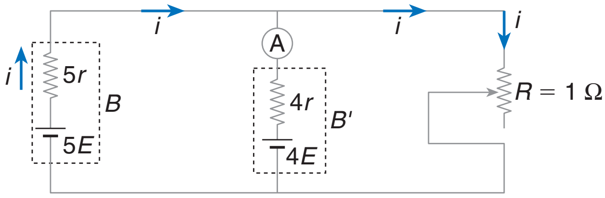
P.265 Pela lei de Pouillet: $i = \dfrac{5E}{5r + 1}$ ①

No reostato: $U = R \cdot i$

Mas $U = 4 \cdot E$, pois a ddp no reostato é a mesma na bateria B' e esta não é atravessada por corrente elétrica.

Assim: $U = R \cdot i \Rightarrow 4 \cdot E = 1 \cdot i \Rightarrow i = 4E$ ②

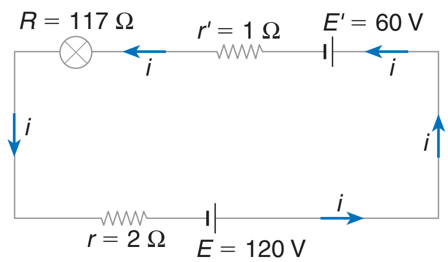
Substituindo ② em ①, temos: $4 \cdot E = \dfrac{5 \cdot E}{5 \cdot r + 1} \Rightarrow \boxed{r = 0{,}05\ \Omega}$



P.266 a) Aplicando a lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E - E'}{R + r + r'} \Rightarrow i = \frac{120 - 60}{117 + 2 + 1} \Rightarrow i = \frac{60}{120} \Rightarrow \boxed{i = 0{,}50 \text{ A}}$$

b) Bloqueando o eixo do motor, sua potência útil se anula ($Pot_u = 0$ e, portanto, $E' = 0$). A intensidade da corrente no circuito aumenta e consequentemente **aumenta** o brilho da lâmpada.

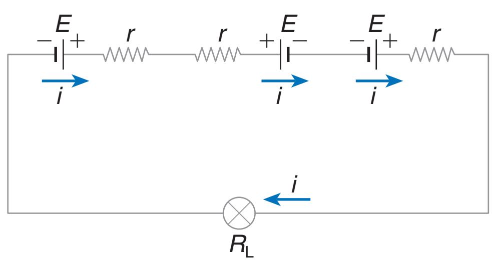


c) Com $E' = 0$, temos:

$$I = \frac{E}{R + r + r'} \Rightarrow I = \frac{120}{120} \Rightarrow \boxed{I = 1{,}0 \text{ A}}$$

P.267 Dados: $E = 1{,}5$ V; $r = \frac{2}{3}$ Ω; $R_L = 3{,}0$ Ω

a) Temos o circuito:



Pela lei de Pouillet, temos:

$$I = \frac{E - E + E}{3r + R_L} \Rightarrow I = \frac{E}{3r + R_L} \Rightarrow I = \frac{1{,}5}{3 \cdot \frac{2}{3} + 3{,}0} \Rightarrow \boxed{I = 0{,}3 \text{ A}}$$

b) $Pot = R_L \cdot I^2 \Rightarrow Pot = 3{,}0 \cdot (0{,}3)^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 0{,}27 \text{ W}}$

c) Considerando o sistema de pilhas montado corretamente, temos para a nova intensidade da corrente:

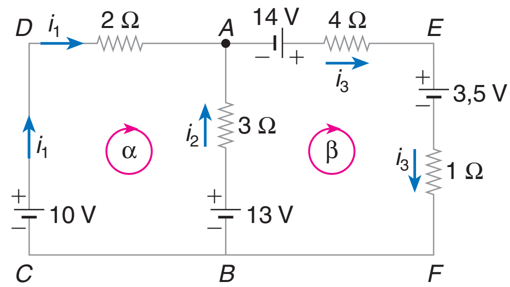
$$I_0 = \frac{E + E + E}{3r + R_L} \Rightarrow I_0 = \frac{3 \cdot 1{,}5}{3 \cdot \frac{2}{3} + 3{,}0} \Rightarrow I_0 = 0{,}9 \text{ A}$$

A potência da lâmpada, nessas condições, será:

$Pot_0 = R_L \cdot (I_0)^2 \Rightarrow Pot_0 = 3{,}0 \cdot (0{,}9)^2 \Rightarrow Pot_0 = 2{,}43$ W

Portanto: $F = \frac{Pot}{Pot_0} \Rightarrow F = \frac{0{,}27}{2{,}43} \Rightarrow \boxed{F = \frac{1}{9}}$

P.268 Atribuímos a cada ramo um sentido de corrente.



Nó A: $i_1 + i_2 = i_3$ ①

Malha $ABCDA$ (a partir de A e no sentido α):

$-3i_2 + 13 - 10 + 2i_1 = 0$

$3i_2 - 2i_1 = 3$ ②

Malha $AEFBA$ (a partir de A e no sentido β):

$-14 + 4i_3 + 3{,}5 + 1i_3 - 13 + 3i_2 = 0$

$5i_3 + 3i_2 = 23{,}5$ ③

Substituindo ① em ③:

$5 \cdot (i_1 + i_2) + 3i_2 = 23{,}5$

$5i_1 + 8i_2 = 23{,}5$ ④

De ②: $2i_1 = 3i_2 - 3 \Rightarrow i_1 = 1{,}5i_2 - 1{,}5$

Substituindo a expressão obtida para i_1 em ④:

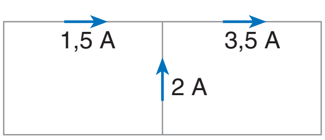
$5 \cdot (1{,}5i_2 - 1{,}5) + 8i_2 = 23{,}5$

$15{,}5i_2 = 31$

$\boxed{i_2 = 2\ \text{A}}$

De ②: $3 \cdot 2 - 2i_1 = 3 \Rightarrow \boxed{i_1 = 1{,}5\ \text{A}}$

De ①: $i_3 = 1{,}5 + 2 \Rightarrow \boxed{i_3 = 3{,}5\ \text{A}}$



P.269 Nó A: $i_1 + i_2 = i_3$ ①

Malha $ABCDA$ (a partir de A e no sentido α):

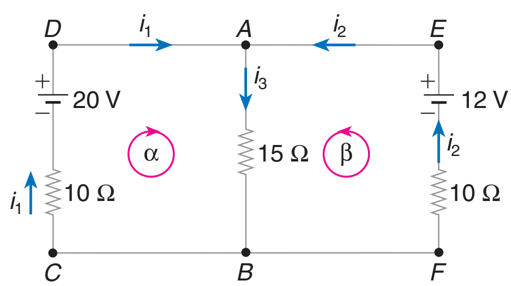
$15i_3 + 10i_1 - 20 = 0$

$15i_3 + 10i_1 = 20$ ②

Malha $ABFEA$ (a partir de A e no sentido β):

$15i_3 + 10i_2 - 12 = 0$

$15i_3 + 10i_2 = 12$ ③



Somando ② e ③:

$30i_3 + 10 \cdot (i_1 + i_2) = 32$

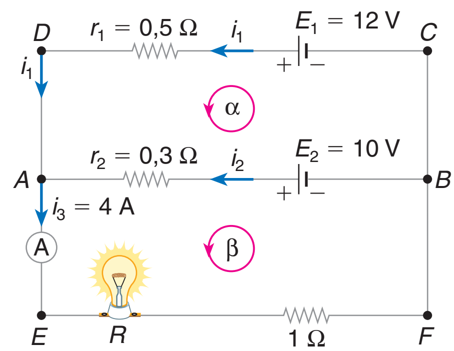
$30i_3 + 10i_3 = 32$

$i_3 = 0,8$ A

$V_A - V_B = Ri_3 \Rightarrow V_A - V_B = 15 \cdot 0,8 \Rightarrow \boxed{V_A - V_B = 12 \text{ V}}$

P.270 a) Nó A: $i_1 + i_2 = 4$ ①

Malha $ABCDA$ (a partir de A e no sentido de α):



$-0,3i_2 + 10 - 12 + 0,5i_1 = 0$

$0,5i_1 - 0,3i_2 = 2$ ②

De ①: $i_1 = 4 - i_2$

Em ②:

$0,5 \cdot (4 - i_2) - 0,3i_2 = 2$

$2 - 0,8i_2 = 2$

$\boxed{i_2 = 0}$

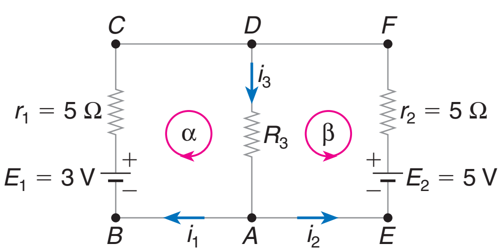
Voltando em ①: $\boxed{i_1 = 4 \text{ A}}$

b) Malha $AEFBA$ (a partir de A e no sentido β):

$R \cdot 4 + 1 \cdot 4 - 10 + 0,3 \cdot 0 = 0$

$\boxed{R = 1,5\ \Omega}$

P.271 Nó A:



$i_1 + i_2 = i_3$

$0,2 + i_2 = i_3$ ①

Malha $ABCDA$ (a partir de A e no sentido α):

$-3 + 5i_1 + R_3 \cdot i_3 = 0$

$-3 + 5 \cdot 0,2 + R_3 \cdot i_3 = 0$

$R_3 \cdot i_3 = 2$ ②

Malha $AEFDA$ (a partir de A e no sentido β):

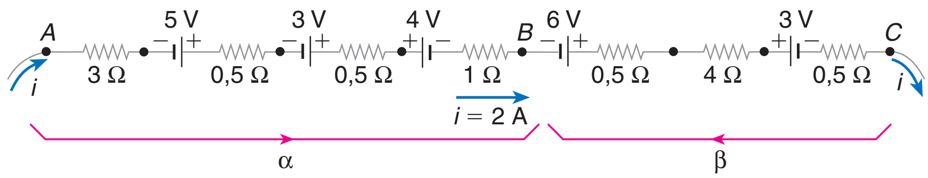
$-5 + 5i_2 + R_3 \cdot i_3 = 0$ ③

Substituindo ② em ③: $-5 + 5i_2 + 2 = 0 \Rightarrow \boxed{i_2 = 0,6 \text{ A}}$

Voltando em ①: $\boxed{i_3 = 0,8 \text{ A}}$

Voltando em ②: $\boxed{R_3 = 2,5\ \Omega}$

P.272



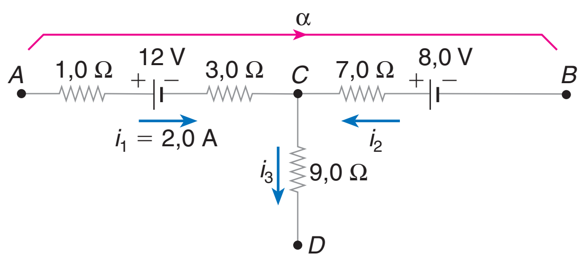
a) $V_A - V_B = 3 \cdot 2 - 5 + 0{,}5 \cdot 2 - 3 + 0{,}5 \cdot 2 + 4 + 1 \cdot 2$

$\boxed{V_A - V_B = 6\ \text{V}}$

b) $V_C - V_B = -0{,}5 \cdot 2 - 3 - 4 \cdot 2 - 0{,}5 \cdot 2 + 6$

$\boxed{V_C - V_B = -7\ \text{V}}$

P.273



$V_A - V_B = 1{,}0 \cdot 2{,}0 + 12 + 3{,}0 \cdot 2{,}0 - 7{,}0i_2 + 8{,}0 = 0$

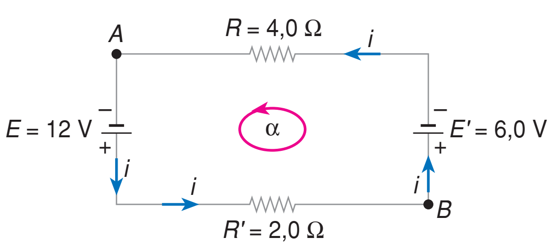
$0 = 28 - 7{,}0i_2$

$\boxed{i_2 = 4{,}0\ \text{A}}$

Nó C:

$i_1 + i_2 = i_3 \Rightarrow i_3 = 2{,}0 + 4{,}0 \Rightarrow \boxed{i_3 = 6{,}0\ \text{A}}$

P.274



Cálculo da intensidade de corrente *i*:

$$i = \frac{E - E'}{R + R'} \Rightarrow i = \frac{12 - 6{,}0}{4{,}0 + 2{,}0} \Rightarrow i = 1{,}0\ \text{A}$$

Cálculo de $V_A - V_B$:

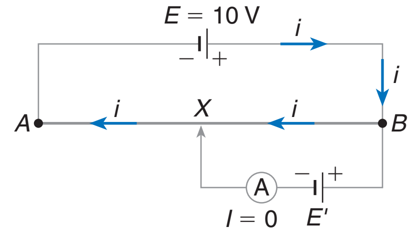
$V_A - V_B = -E + R' \cdot i$

$V_A - V_B = -12 + 2{,}0 \cdot 1{,}0$

$V_A - V_B = -10$ volts

Sendo $V_B = 15$ volts, vem: $V_A - 15 = -10 \Rightarrow \boxed{V_A = 5{,}0\ \text{volts}}$

P.275 $\dfrac{R_{BA}}{R_{BX}} = \dfrac{BA}{BX} = \dfrac{BA}{\dfrac{2BA}{5}}$



$\dfrac{R_{BA}}{R_{BX}} = \dfrac{5}{2}$ ①

Mas:

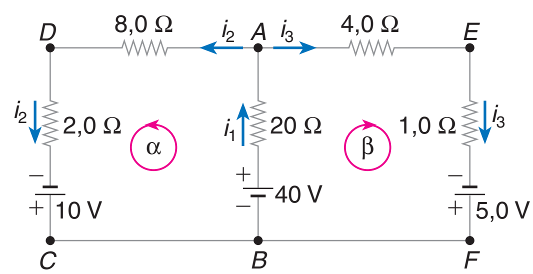
$U_{BA} = E = R_{BA} \cdot i$ ②

$U_{BX} = E' = R_{BX} \cdot i$ ③

Dividindo ② por ③, temos: $\dfrac{E}{E'} = \dfrac{R_{BA}}{R_{BX}}$

Portanto, de ①, vem: $\dfrac{E}{E'} = \dfrac{5}{2} \Rightarrow \dfrac{10}{E'} = \dfrac{5}{2} \Rightarrow \boxed{E' = 4\ \text{V}}$

P.276 Nó A: $i_1 = i_2 + i_3$ ①



Malha *ADCBA* (a partir de *A* e no sentido α):

$8{,}0i_2 + 2{,}0i_2 - 10 - 40 + 20i_1 = 0$

$20i_1 + 10i_2 = 50$

$2i_1 + i_2 = 5$ ②

Malha *AEFBA* (a partir de *A* e no sentido β):

$4{,}0i_3 + 1{,}0i_3 - 5{,}0 - 40 + 20i_1 = 0$

$20i_1 + 5{,}0i_3 = 45$

$4i_1 + i_3 = 9$ ③

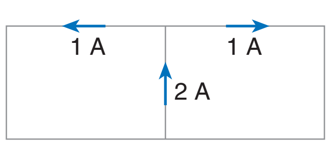
Somando ② e ③ e em seguida substituindo ①, vem:

$6i_1 + i_2 + i_3 = 14 \Rightarrow 6i_1 + i_1 = 14 \Rightarrow 7 \cdot i_1 = 14 \Rightarrow \boxed{i_1 = 2\ \text{A}}$

De ②: $\boxed{i_2 = 1\ \text{A}}$

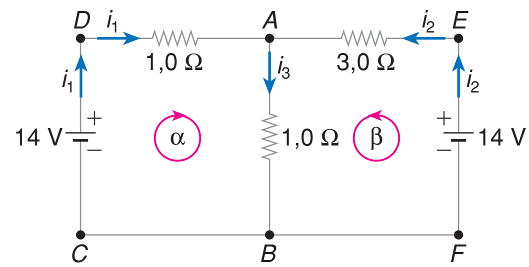
De ①: $\boxed{i_3 = 1\ \text{A}}$

Esquema:



P.277 Nó A: $i_1 + i_2 = i_3$ ①

Malha $ABCDA$ (a partir de A e no sentido α):



$1{,}0i_3 - 14 + 1{,}0i_1 = 0$

$i_1 + i_3 = 14$ ②

Malha $ABFEA$ (a partir de A e no sentido β):

$1{,}0i_3 - 14 + 3{,}0i_2 = 0$

$i_3 + 3i_2 = 14$ ③

Substituindo ① em ②: $2i_1 + i_2 = 14$ ④

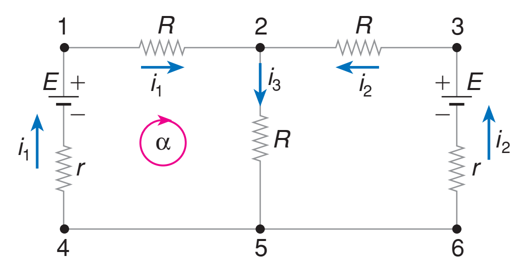
Substituindo ① em ③: $i_1 + 4i_2 = 14$ ⑤

Multiplicando a expressão ⑤ por 2 e subtraindo do resultado a expressão ②, vem:

$7i_2 = 14 \Rightarrow i_2 = 2{,}0$ A

Como $Pot = R \cdot i_2^2$, temos: $Pot = 3{,}0 \cdot (2{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 12 \text{ W}}$

P.278 Neste exercício, podemos usar a simetria do circuito e fazer $i_1 = i_2 = i$ e $i_3 = 2i$. Nessas condições, basta considerar uma malha apenas:



Malha 2 5 4 1 2 (a partir de 2 e no sentido α):

$R \cdot 2i + ri - E + Ri = 0$

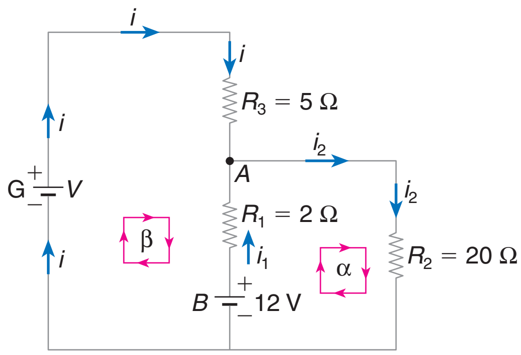
$3{,}00 \cdot 2i + 1{,}00i - 12{,}0 + 3{,}00i = 0$

$10{,}0i = 12{,}0$

$i = 1{,}20$ A

$\boxed{i_3 = 2i = 2{,}40 \text{ A}}$

P.279



Nó A: $i + i_1 = i_2$ ①

Malha α:

$R_2 \cdot i_2 - 12 + R_1 \cdot i_1 = 0$

$20i_2 - 12 + 2i_1 = 0$

$i_1 + 10i_2 = 6$ ②

Malha β:

$-R_1 \cdot i_1 + 12 - V + R_3 \cdot i = 0$

$-2i_1 + 12 - V + 5i = 0$

$5i - 2i_1 = V - 12$ ③

Substituindo ① em ②:

$i_1 + 10 \cdot (i + i_1) = 6 \Rightarrow 11i_1 + 10i = 6 \Rightarrow 5{,}5i_1 + 5i = 3$ ④

Subtraindo ③ de ④, temos: $7{,}5i_1 = 15 - V$

Como $V = 0{,}5t$, vem:

$$7{,}5i_1 = 15 - 0{,}5t \Rightarrow i_1 = \frac{15 - 0{,}5t}{7{,}5}$$

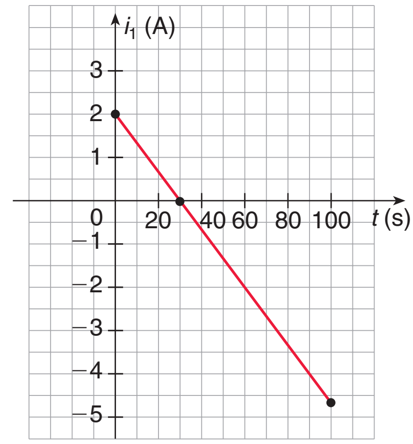
a) Para $t = 0$, temos: $\boxed{i_1 = 2\ \text{A}}$

b) Para $i_1 = 0$, temos: $\boxed{t = 30\ \text{s}}$

c) De $i_1 = \dfrac{15 - 0{,}5t}{7{,}5}$, concluímos que o gráfico $i_1 \times t$ é um segmento de reta.

Para $t = 100$ s, temos: $i_1 \simeq -4{,}7$ A

Assim, temos o gráfico ao lado.



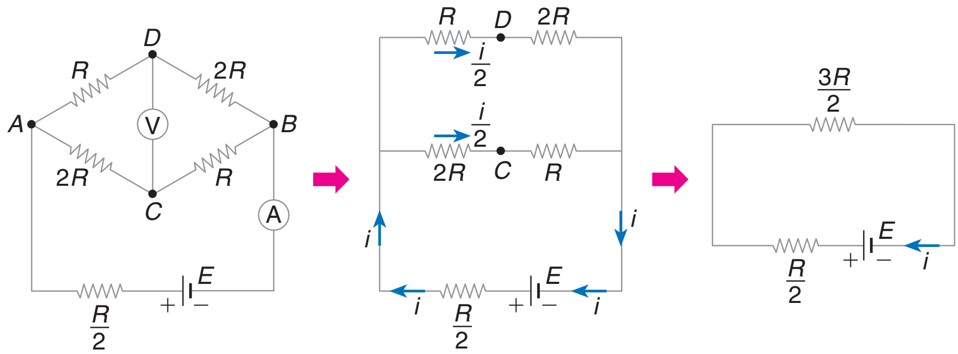
d) Para $t = 90$ s, temos:

$$i_1 = \frac{15 - 0{,}5 \cdot 90}{7{,}5} \Rightarrow i_1 = -4\ \text{A}$$

Portanto, a bateria B funciona, nesse instante, como receptor e a potência recebida será:

$$Pot = U \cdot i_1 \Rightarrow Pot = 12 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{Pot = 48\ \text{W}}$$

P.280



a) Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{\frac{R}{2} + \frac{3R}{2}} \Rightarrow i = \frac{E}{2R} \Rightarrow i = \frac{10}{2 \cdot 1.000} \Rightarrow i = 5 \text{ mA}$$

Portanto, a leitura do amperímetro A é: $\boxed{i = 5 \text{ mA}}$

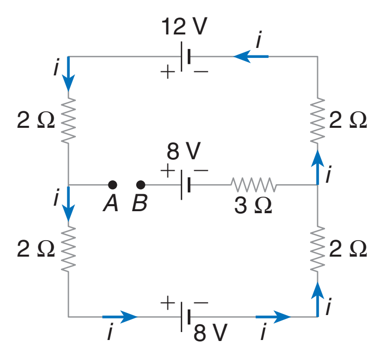
b) A leitura do voltímetro V é a ddp entre D e C. Considerando a malha $ADCA$, temos:

$$R \cdot \frac{i}{2} + U_{DC} - 2R \cdot \frac{i}{2} = 0 \Rightarrow U_{DC} = R \cdot \frac{i}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_{DC} = 1.000 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2} \Rightarrow \boxed{U_{DC} = 2{,}5 \text{ V}}$$

P.281 Vamos inicialmente calcular a intensidade da corrente que percorre o circuito. Podemos aplicar a segunda lei de Kirchhoff ou observar que se trata de um circuito simples e aplicar a lei de Pouillet:

$$i = \frac{E - E'}{\Sigma R} \Rightarrow i = \frac{12 - 8}{2 + 2 + 2 + 2} \Rightarrow i = 0{,}5 \text{ A}$$



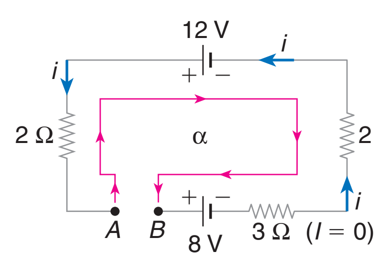
Considerando o percurso α entre A e B:

$V_A - V_B = -2i + 12 - 2i - 8$

$V_A - V_B = 4 - 4i$

$V_A - V_B = 4 - 4 \cdot 0{,}5$

$\boxed{V_A - V_B = 2 \text{ V}}$



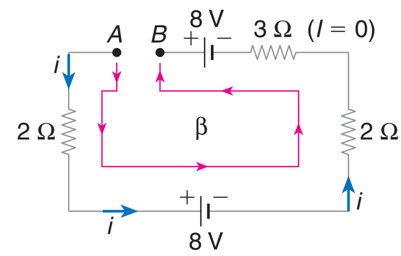
Poderíamos ter escolhido o trecho inferior do circuito (β):

$V_A - V_B = 2i + 8 + 2i - 8$

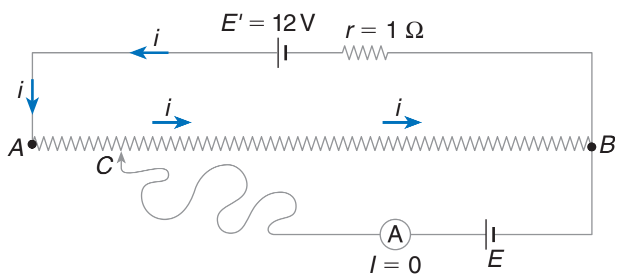
$V_A - V_B = 4i$

$V_A - V_B = 4 \cdot 0{,}5$

$\boxed{V_A - V_B = 2\text{ V}}$



P.282 O cálculo de i pode ser feito pela lei de Pouillet:



$$i = \frac{E'}{R_{AB} + r}$$

$$i = \frac{12}{5 + 1}$$

$i = 2\text{ A}$

Sendo $CB = \frac{3}{4} \cdot AB$, vem:

$$R_{CB} = \frac{3}{4} \cdot R_{AB} \Rightarrow R_{CB} = \frac{3}{4} \cdot 5\ \Omega$$

$$U_{CB} = E = R_{CB} \cdot i \Rightarrow E = \frac{3}{4} \cdot 5 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{E = 7{,}5\text{ V}}$$

P.283 a) Dados: $\varepsilon_0 = 8,8 \cdot 10^{-12}$ F/m; $A = (0,30 \cdot 0,50)$ m^2; $d = 2 \cdot 10^{-3}$ m

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \Rightarrow C = 8,8 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{0,30 \cdot 0,50}{2 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{C = 6,6 \cdot 10^{-10}\ \text{F}}$$

b) Dado: $U = 2.000$ V

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow Q = CU \Rightarrow Q = 6,6 \cdot 10^{-10} \cdot 2.000 \Rightarrow \boxed{Q = 1,32 \cdot 10^{-6}\ \text{C}}$$

P.284 De $U = Ed$, notamos que, sendo o campo uniforme, dobrando d, U também dobra.

Portanto: $U_2 = 2 \cdot U_1$

Como $U_1 = 12$ V, vem:

$$U_2 = 2 \cdot 12 \Rightarrow \boxed{U_2 = 24\ \text{V}}$$

P.285 As capacitâncias dos três capacitores são respectivamente:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \quad ①$$

$$C' = \varepsilon_0 \cdot \frac{2A}{\frac{d}{2}} \Rightarrow C' = 4\varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \quad ②$$

$$C'' = \varepsilon_0 \cdot \frac{\frac{A}{2}}{2d} \Rightarrow C'' = \frac{1}{4} \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \quad ③$$

De ①, ② e ③, vem:

$$C' = 4C \Rightarrow C' = 4 \cdot 1,0\ \mu\text{F} \Rightarrow \boxed{C' = 4,0\ \mu\text{F}}$$

$$C'' = \frac{1}{4}C \Rightarrow C'' = \frac{1}{4} \cdot 1,0\ \mu\text{F} \Rightarrow \boxed{C'' = 0,25\ \mu\text{F}}$$

P.286 Dados: $d = 10$ cm $= 10 \cdot 10^{-2}$ m; $U = 10^3$ V

a) Aplicando o teorema da energia cinética, temos:

$$\mathcal{T}_{AB} = E_{CB} - E_{CA} \Rightarrow q \cdot (V_A - V_B) = 0 - \frac{mv_A^2}{2} \Rightarrow q \cdot U_{AB} = -\frac{mv_A^2}{2}$$

Sendo $U_{AB} = -U_{BA} = -\frac{10^3}{2}$ V (pois a distância entre B e A é a metade da distância entre as armaduras), $q = 10^{-7}$ C e $m = 4 \cdot 10^{-4}$ kg, temos:

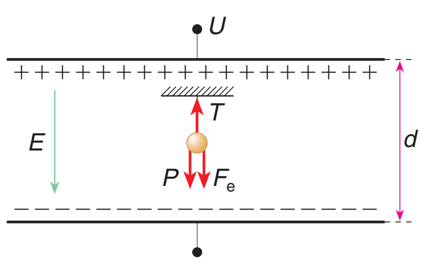
$$10^{-7} \cdot \left(-\frac{10^3}{2}\right) = -\frac{4 \cdot 10^{-4} \cdot v_A^2}{2} \Rightarrow \boxed{v_A = 0{,}5 \text{ m/s}}$$

b) Dados: $Q = 4{,}4 \cdot 10^{-9}$ C; $\varepsilon_0 = 8{,}8 \cdot 10^{-12}$ F/m

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow C = \frac{4{,}4 \cdot 10^{-9}}{10^3} \Rightarrow \boxed{C = 4{,}4 \cdot 10^{-12} \text{ F}}$$

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \Rightarrow 4{,}4 \cdot 10^{-12} = 8{,}8 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{A}{10 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{A = 0{,}05 \text{ m}^2}$$

P.287 a) Na figura esquematizamos as forças que atuam na pequena esfera.



T: tração
P: peso
F_e: força elétrica

No equilíbrio, temos:

$T = P + F_e \Rightarrow T = mg + qE$ ①

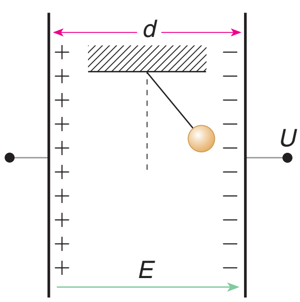
$U = Ed \Rightarrow E = \frac{U}{d}$ ②

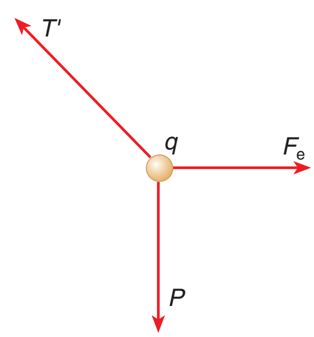
Substituindo ② em ①:

$$T = mg + q \cdot \frac{U}{d} \Rightarrow T = 1{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10{,}0 + 2{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1{,}0 \cdot 10^3}{5{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = 1{,}0 \cdot 10^{-2} + 4{,}0 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{T = 5{,}0 \cdot 10^{-2} \text{ N}}$$

b)





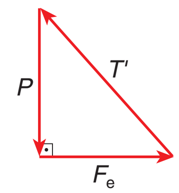
A linha poligonal das forças deve ser fechada, logo:

$T' = \sqrt{P^2 + (F_e)^2}$

$T' = \sqrt{(1{,}0 \cdot 10^{-2})^2 + (4{,}0 \cdot 10^{-2})^2}$

$T' = \sqrt{17 \cdot 10^{-4}}$

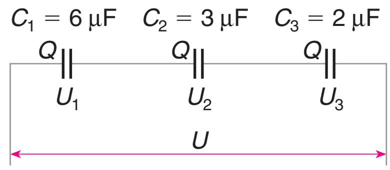
$\boxed{T' \simeq 4{,}1 \cdot 10^{-2}\ \text{N}}$



c) $E = \dfrac{U}{d} = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0} \Rightarrow \sigma = \dfrac{U \cdot \varepsilon_0}{d} \Rightarrow$

$\Rightarrow \sigma = \dfrac{1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 8{,}8 \cdot 10^{-12}}{5{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{\sigma = 1{,}76 \cdot 10^{-7}\ \text{C/m}^2}$

P.288 a) Os capacitores, estando associados em série, eletrizam-se com a mesma carga $\boxed{Q = 12\ \mu\text{C}}$ fornecida à associação.



Assim, temos:

$C_1 = \dfrac{Q}{U_1} \Rightarrow U_1 = \dfrac{Q}{C_1} \Rightarrow U_1 = \dfrac{12\ \mu\text{C}}{6\ \mu\text{F}} \Rightarrow \boxed{U_1 = 2\ \text{V}}$

$C_2 = \dfrac{Q}{U_2} \Rightarrow U_2 = \dfrac{Q}{C_2} \Rightarrow U_2 = \dfrac{12\ \mu\text{C}}{3\ \mu\text{F}} \Rightarrow \boxed{U_2 = 4\ \text{V}}$

$C_3 = \dfrac{Q}{U_3} \Rightarrow U_3 = \dfrac{Q}{C_3} \Rightarrow U_3 = \dfrac{12\ \mu\text{C}}{2\ \mu\text{F}} \Rightarrow \boxed{U_3 = 6\ \text{V}}$

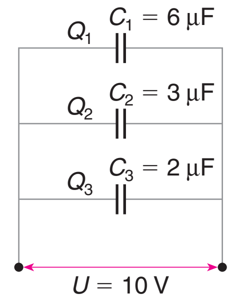
b) $U = U_1 + U_2 + U_3 \Rightarrow U = 2 + 4 + 6 \Rightarrow \boxed{U = 12\ \text{V}}$

c) $\dfrac{1}{C_s} = \dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_2} + \dfrac{1}{C_3} \Rightarrow \dfrac{1}{C_s} = \dfrac{1}{6} + \dfrac{1}{3} + \dfrac{1}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{1}{C_s} = \dfrac{1 + 2 + 3}{6} \Rightarrow \boxed{C_s = 1\ \mu\text{F}}$

d) $W = \dfrac{Q \cdot U}{2} \Rightarrow W = \dfrac{12\ \mu\text{C} \cdot 12\ \text{V}}{2} \Rightarrow \boxed{W = 72\ \mu\text{J}}$

P.289 a) Os capacitores, estando associados em paralelo, ficam sob mesma ddp $\boxed{U = 10\ V}$ aplicada à associação.



Assim, temos:

$Q_1 = C_1 \cdot U \Rightarrow Q_1 = 6\ \mu F \cdot 10\ V \Rightarrow \boxed{Q_1 = 60\ \mu C}$

$Q_2 = C_2 \cdot U \Rightarrow Q_2 = 3\ \mu F \cdot 10\ V \Rightarrow \boxed{Q_2 = 30\ \mu C}$

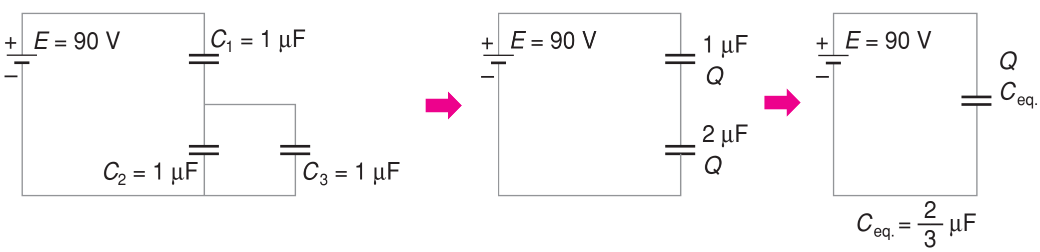
$Q_3 = C_3 \cdot U \Rightarrow Q_3 = 2\ \mu F \cdot 10\ V \Rightarrow \boxed{Q_3 = 20\ \mu C}$

b) $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \Rightarrow Q = 60 + 30 + 20 \Rightarrow \boxed{Q = 110\ \mu C}$

c) $C_p = C_1 + C_2 + C_3 \Rightarrow C_p = 6 + 3 + 2 \Rightarrow \boxed{C_p = 11\ \mu F}$

d) $W = \dfrac{Q \cdot U}{2} \Rightarrow W = \dfrac{110\ \mu C \cdot 10\ V}{2} \Rightarrow \boxed{W = 550\ \mu J}$

P.290



$Q = C_{eq.} \cdot E$

$Q = \dfrac{2}{3}\ \mu F \cdot 90\ V$

$Q = 60\ \mu C$

Capacitor C_1:

$C_1 = \dfrac{Q}{U_1} \Rightarrow 1 = \dfrac{60}{U_1} \Rightarrow \boxed{U_1 = 60\ V}$

P.291 a) Pelo princípio da conservação das cargas elétricas, temos:

$Q_1 + Q_2 = Q'_1 + Q'_2$

Sendo $Q'_1 = C_1 \cdot U$ e $Q'_2 = C_2 \cdot U$, vem:

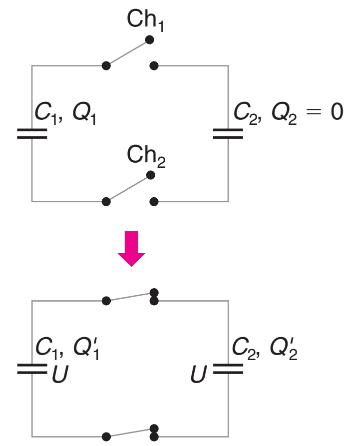
$Q_1 + Q_2 = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U$

$Q_1 + Q_2 = (C_1 + C_2) \cdot U$

$$U = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2}$$

$$U = \frac{12\ \mu C + 0}{4\ \mu F + 2\ \mu F}$$

$$\boxed{U = 2\ V}$$



b) $Q'_1 = C_1 \cdot U \Rightarrow Q'_1 = 4\ \mu F \cdot 2\ V \Rightarrow \boxed{Q'_1 = 8\ \mu C}$

$Q'_2 = C_2 \cdot U \Rightarrow Q'_2 = 2\ \mu F \cdot 2\ V \Rightarrow \boxed{Q'_2 = 4\ \mu C}$

P.292 A energia potencial eletrostática W que o capacitor armazenava é transformada em calor no resistor, aquecendo a água:

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} = mc \cdot \Delta\theta$$

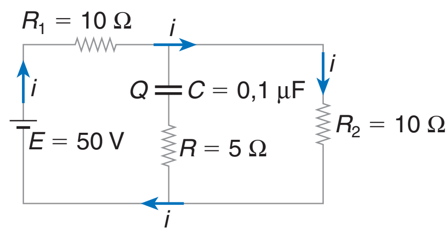
$$\frac{1.000 \cdot 10^{-6} \cdot (100)^2}{2} = 5 \cdot 4{,}19 \cdot \Delta\theta$$

$\Delta\theta \simeq 0{,}24\ °C$

$\theta - 20 \simeq 0{,}24$

$$\boxed{\theta \simeq 20{,}24\ °C}$$

P.293 a) Admitimos o capacitor plenamente carregado. No trecho de circuito onde está o capacitor, não passa corrente contínua. Pela lei de Pouillet:



$$i = \frac{E}{R_1 + R_2} \Rightarrow i = \frac{50}{10 + 10} \Rightarrow i = 2{,}5 \text{ A}$$

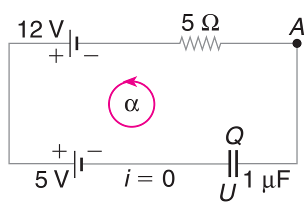
A ddp no capacitor é a mesma que no resistor $R_2 = 10\ \Omega$, uma vez que a ddp em $R = 5\ \Omega$ é nula, pois por esse resistor não passa corrente. Aplicando a lei de Ohm:

$U = R_2 \cdot i \Rightarrow U = 10 \cdot 2{,}5 \Rightarrow U = 25$ V

A carga armazenada no capacitor vale:

$Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 0{,}1\ \mu F \cdot 25\ V \Rightarrow \boxed{Q = 2{,}5\ \mu C}$

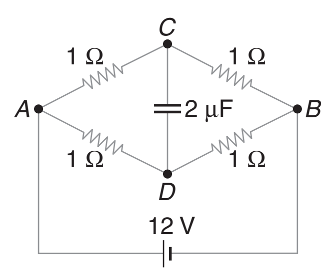
b) Aplicando a segunda lei de Kirchhoff à malha α, a partir de A:



$5 \cdot 0 - 12 + 5 + U = 0 \Rightarrow U = 7$ V

$Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 1\ \mu F \cdot 7\ V \Rightarrow \boxed{Q = 7\ \mu C}$

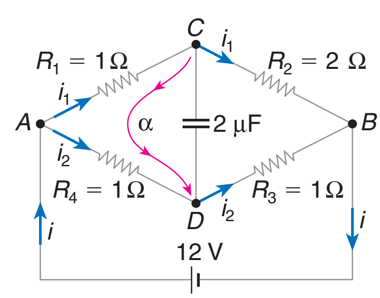
c) Trata-se de uma ponte de Wheatstone em equilíbrio. Logo, $U_{CD} = 0$ e, portanto, o capacitor não se carrega: $\boxed{Q = 0}$



d) Nesse caso, a ponte não está em equilíbrio.

Cálculo de i_1:

Os resistores entre A e C (1 Ω) e entre C e B (2 Ω) estão em série e a associação está sob tensão $U = 12$ V. Assim:



$U = (R_1 + R_2) \cdot i_1 \Rightarrow 12 = (1 + 2) \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 4$ A

Cálculo de i_2:

Analogamente, temos:

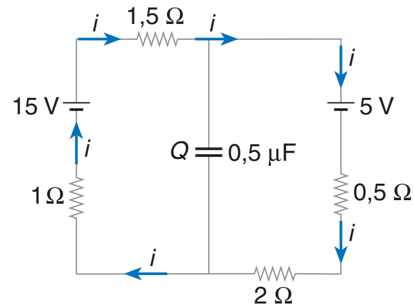
$U = (R_3 + R_4) \cdot i_2 \Rightarrow 12 = (1 + 1) \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = 6$ A

Para o cálculo de U_{CD} usamos o percurso α indicado na figura.

$U_{CD} = -R_1 \cdot i_1 + R_2 \cdot i_2 \Rightarrow U_{CD} = -1 \cdot 4 + 1 \cdot 6 \Rightarrow U_{CD} = 2$ V

$Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 2\ \mu F \cdot 2\ V \Rightarrow \boxed{Q = 4\ \mu C}$

e) Pela lei de Pouillet:

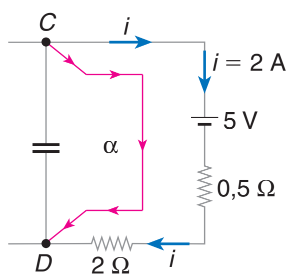


$$i = \frac{E - E'}{\Sigma R}$$

$$i = \frac{15 - 5}{1{,}5 + 2 + 1 + 0{,}5}$$

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

Cálculo da ddp no capacitor:



Utilizando o percurso α assinalado na figura, temos:

$U_{CD} = +5 + 0{,}5 \cdot 2 + 2 \cdot 2 \Rightarrow U_{CD} = 10\text{ V}$

$Q = C \cdot U_{CD} \Rightarrow Q = 0{,}5\ \mu\text{F} \cdot 10\text{ V} \Rightarrow \boxed{Q = 5\ \mu\text{C}}$

P.294 a) Estando o gerador desligado do capacitor, concluímos que a carga elétrica de suas armaduras permanece constante, o mesmo ocorrendo com o campo elétrico E entre elas. De $U = Ed$, notamos que, dobrando-se d, a tensão também dobra:

$$\boxed{U' = 2 \cdot U = 2 \cdot 10^3\text{ V}}$$

b) Cálculo das energias eletrostáticas:

$$W_{\text{inicial}} = \frac{Q \cdot U}{2} \Rightarrow W_{\text{inicial}} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 10^3}{2} \Rightarrow \boxed{W_{\text{inicial}} = 10^{-4}\text{ J}}$$

$$W_{\text{final}} = \frac{Q \cdot U'}{2} \Rightarrow W_{\text{final}} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^3}{2} \Rightarrow \boxed{W_{\text{final}} = 2 \cdot 10^{-4}\text{ J}}$$

A diferença provém do trabalho da força aplicada pelo operador para afastar as placas.

c) De $C = \varepsilon_0 \cdot \dfrac{A}{d} = \dfrac{Q}{U}$, vem: $Q = \varepsilon_0 \cdot \dfrac{A}{d} \cdot U$

Mantendo-se o gerador ligado, a tensão U não se altera. Observe que, dobrando-se a distância d entre as armaduras, a carga fica reduzida à metade:

$$Q' = \frac{Q}{2} \Rightarrow Q' = \frac{2 \cdot 10^{-7}\text{ C}}{2} \Rightarrow \boxed{Q' = 10^{-7}\text{ C}}$$

P.295 a) A intensidade média de corrente elétrica é dada por:

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

Sendo $i_m = 50 \text{ kA} = 50 \cdot 10^3 \text{ A}$ e $\Delta t = 10^{-3}$ s, vem:

$$50 \cdot 10^3 = \frac{\Delta q}{10^{-3}}$$

$$\boxed{\Delta q = 50 \text{ C}}$$

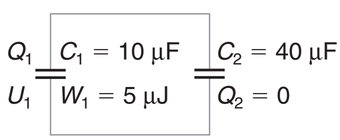
b) A capacitância do sistema nuvem-solo, considerando-o um capacitor plano, é dada por:

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = 9 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{200 \cdot (10^3)^2}{2 \cdot 10^3} \Rightarrow \boxed{C = 9 \cdot 10^{-7} \text{ F}}$$

c) De $C = \frac{Q}{U}$, sendo $Q = \Delta q = 50$ C e $C = 9 \cdot 10^{-7}$ F, vem:

$$9 \cdot 10^{-7} = \frac{50}{U} \Rightarrow U = \frac{50}{9} \cdot 10^7 \text{ V} \Rightarrow \boxed{U \simeq 5{,}6 \cdot 10^7 \text{ V}}$$

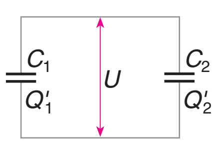
P.296 Situação inicial:



$$W_{inicial} = \frac{C_1 \cdot U_1^2}{2} \Rightarrow 5 = \frac{10 \cdot U_1^2}{2} \Rightarrow U_1 = 1 \text{ V}$$

$$Q_1 = C_1 \cdot U_1 \Rightarrow Q_1 = 10 \cdot 1 \Rightarrow Q_1 = 10\ \mu\text{C}$$

Situação final:



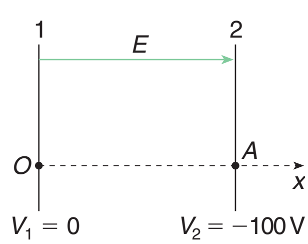
$$Q_1 = Q'_1 + Q'_2 \Rightarrow Q_1 = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U = \frac{Q_1}{C_1 + C_2} \Rightarrow U = \frac{10}{10 + 40} \Rightarrow U = 0{,}2 \text{ V}$$

Energia final do sistema:

$$W_{final} = \frac{(C_1 + C_2) \cdot U^2}{2} \Rightarrow W_{final} = \frac{50 \cdot (0{,}2)^2}{2} \Rightarrow \boxed{W_{final} = 1\ \mu\text{J}}$$

P.297 a)

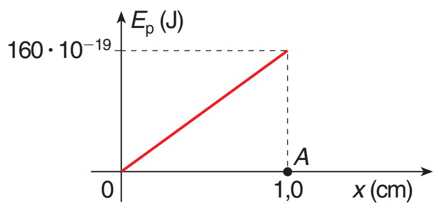


$$E_{p(O)} = qV_1 = -1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0 \Rightarrow E_{p(O)} = 0$$

$$E_{p(A)} = qV_2 = -1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot (-100) \Rightarrow$$

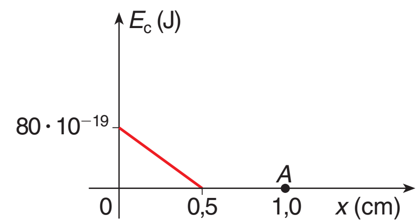
$$\Rightarrow E_{p(A)} = 160 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Com esses valores, construímos o gráfico abaixo.



Observe que o gráfico é uma reta, pois o campo é uniforme.

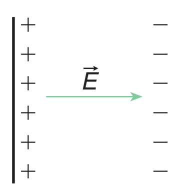
b) Sendo $E_{p(O)} = 0$ e $E_{c(O)} = 80 \cdot 10^{-19}$ J, resulta que a energia total é $80 \cdot 10^{-19}$ J. Observe que o elétron não atinge o ponto A, pois a sua energia cinética se anula no ponto de abscissa $x = 0{,}5$ cm, onde a energia potencial é $80 \cdot 10^{-19}$ J. Assim, temos o gráfico ao lado.



P.298 Estando o capacitor desligado do gerador, sua carga elétrica permanece constante:

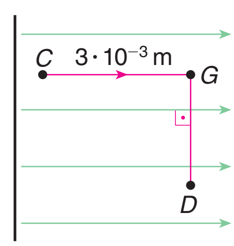
$$Q = C_1 \cdot U_1 = C_2 \cdot U_2 \Rightarrow 0{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot U_1 = 1{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 500 \Rightarrow \boxed{U_1 = 1.000 \text{ V}}$$

P.299 a) O vetor campo elétrico $\vec{E}$ tem a direção da reta perpendicular às placas e o sentido da placa eletrizada positivamente para a eletrizada negativamente, como se indica na figura ao lado.



b) $V_{AB} = Ed \Rightarrow 300 = E \cdot 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{E = 6 \cdot 10^4 \text{ V/m}}$

c) Trabalho da força elétrica:



$\tau_{CD} = q \cdot (V_C - V_D)$

Sendo $V_D = V_G$, vem:

$\tau_{CD} = q \cdot (V_C - V_G)$

$\tau_{CD} = qEd_{CG}$

$\tau_{CD} = 2{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$

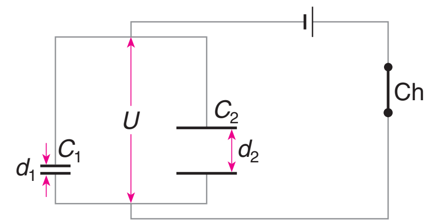
$\tau_{CD} = 3{,}6 \cdot 10^{-7}$ J

Cálculo do trabalho da força do operador:

Como o operador transporta a carga em MRU, concluímos que:

$$\tau_{op.} = -\tau_{CD} \Rightarrow \boxed{\tau_{op.} = -3{,}6 \cdot 10^{-7} \text{ J}}$$

P.300 Os capacitores estão em paralelo e, portanto, sob mesma tensão U.



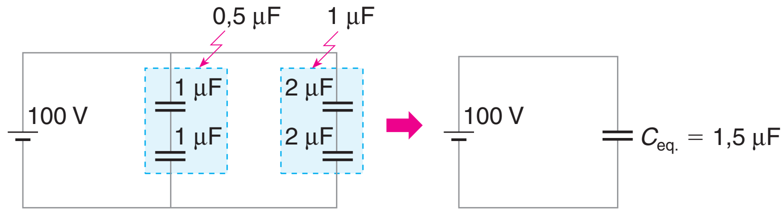
$$Q_1 = C_1 \cdot U \Rightarrow Q_1 = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_1} \cdot U \quad ①$$

$$Q_2 = C_2 \cdot U \Rightarrow Q_2 = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_2} \cdot U \quad ②$$

Dividindo ① por ②:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{2d_1}{d_1} \Rightarrow \boxed{\frac{Q_1}{Q_2} = 2}$$

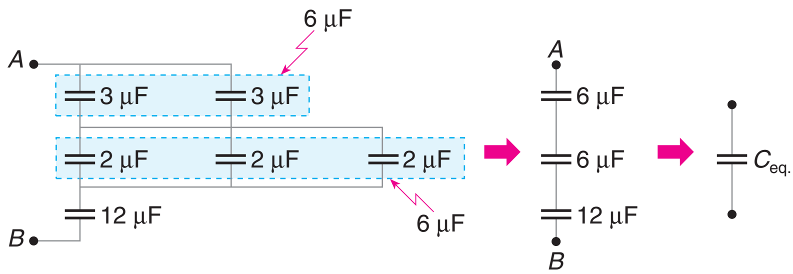
P.301 a)



$$Q = C_{eq.} \cdot U \Rightarrow Q = 1{,}5\ \mu F \cdot 100\ V \Rightarrow \boxed{Q = 150\ \mu C}$$

b) $W = \frac{QU}{2} \Rightarrow W = \frac{150 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{2} \Rightarrow \boxed{W = 7{,}5 \cdot 10^{-3}\ J}$

P.302 a)

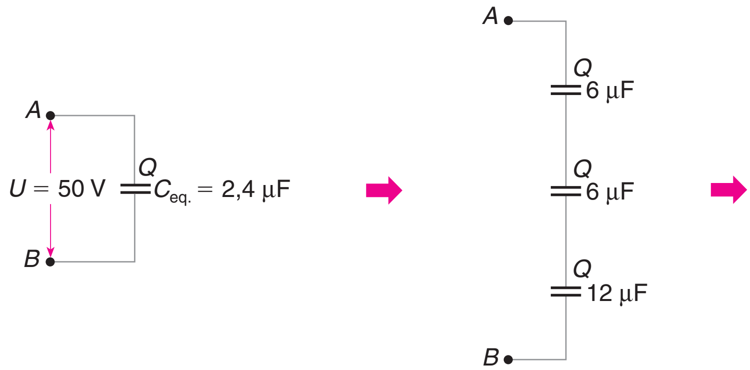


$$\frac{1}{C_{eq.}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12}$$

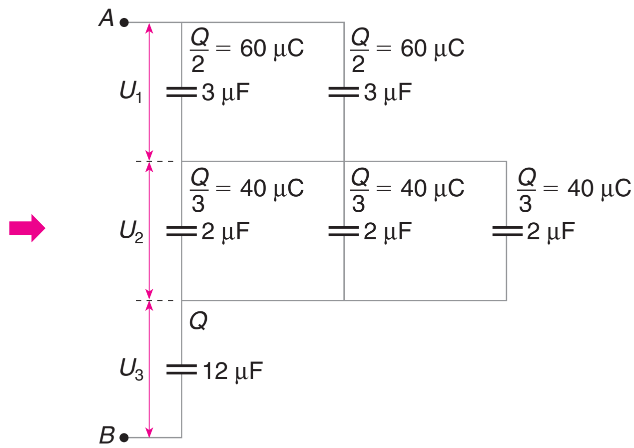
$$\frac{1}{C_{eq.}} = \frac{2 + 2 + 1}{12}$$

$$\boxed{C_{eq.} = 2{,}4\ \mu F}$$

b)



Associação I



Associação II

Cálculo da carga elétrica Q do capacitor equivalente:

$Q = C_{eq.} \cdot U \Rightarrow Q = 2{,}4\ \mu F \cdot 50\ V \Rightarrow \boxed{Q = 120\ \mu C}$

Os capacitores da associação I têm a mesma carga Q do capacitor equivalente. Os capacitores da associação II, de 3μF cada, estão eletrizados com carga $\frac{Q}{2} = 60\ \mu C$.

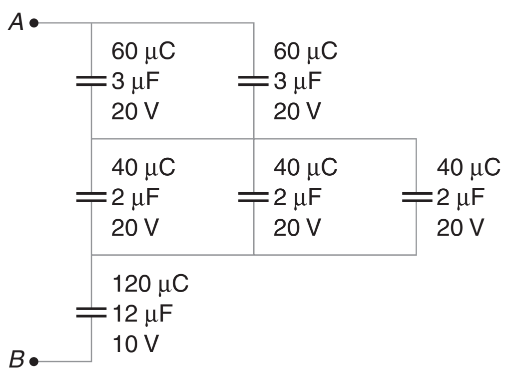
Cada capacitor está sob tensão $U_1 = \frac{60\ \mu C}{3\ \mu F} = 20$ V.

Os capacitores da associação II, de 2 μF cada, estão eletrizados com carga $\frac{Q}{3} = 40\ \mu C$.

Cada capacitor está sob tensão $U_2 = \frac{40\ \mu C}{2\ \mu F} = 20$ V.

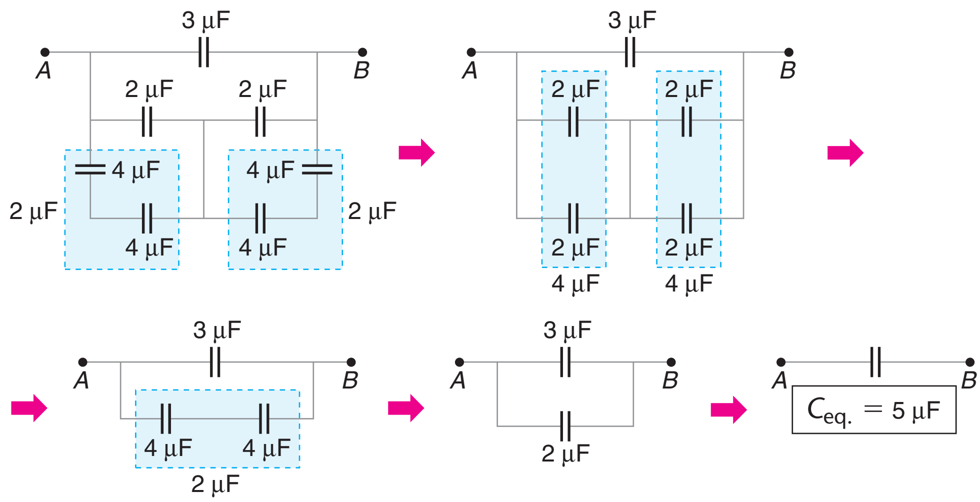
O capacitor de 12 μF da associação II está eletrizado com carga $Q = 120\ \mu C$ e sob tensão $U_3 = \frac{120\ \mu C}{12\ \mu F} = 10$ V.

Assim, temos:

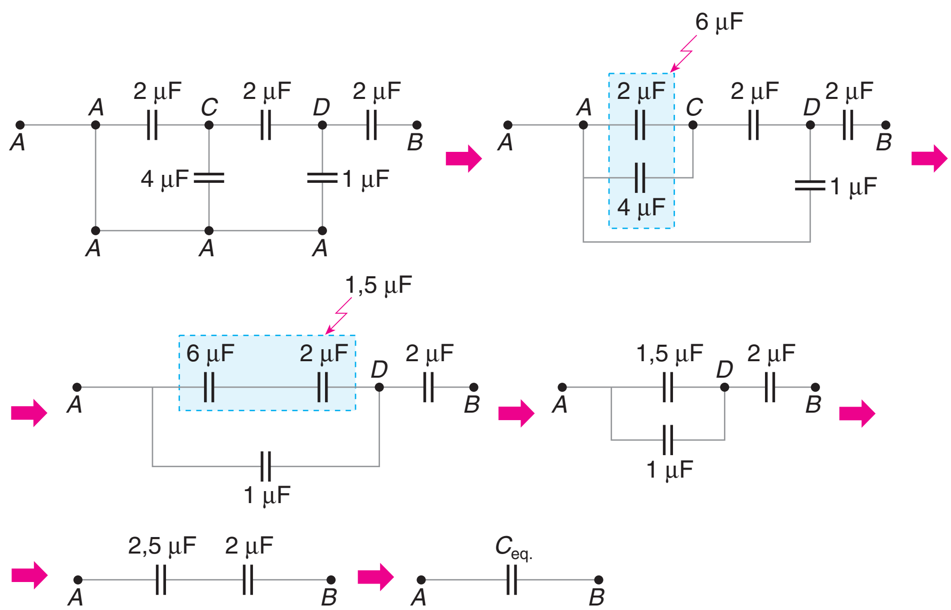


P.303

a)

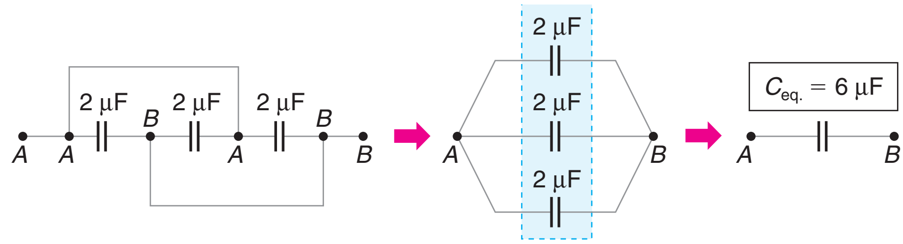


b)

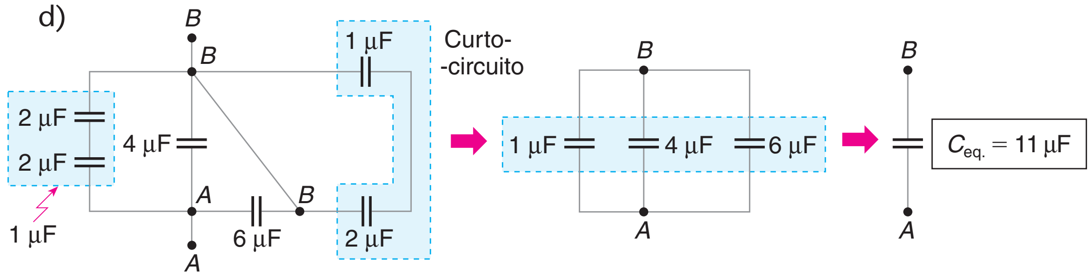


$$C_{eq.} = \frac{2,5 \cdot 2}{2,5 + 2} \Rightarrow C_{eq.} = \frac{5}{4,5}\,\mu F \Rightarrow \boxed{C_{eq.} = \frac{10}{9}\,\mu F}$$

c)



d)



P.304

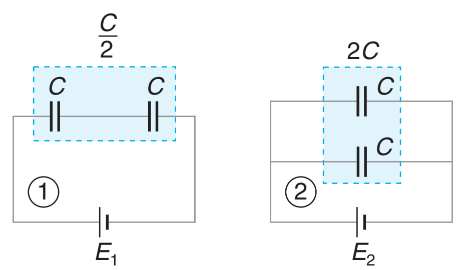
$$W_1 = \frac{\frac{C}{2} \cdot (E_1)^2}{2} \Rightarrow W_1 = \frac{C \cdot (E_1)^2}{4} \quad ①$$

$$W_2 = \frac{2 \cdot C \cdot (E_2)^2}{2} \Rightarrow W_2 = C \cdot (E_2)^2 \quad ②$$

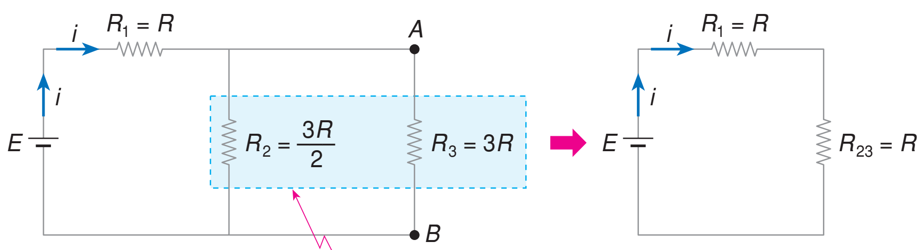
Dividindo ② por ①, vem:

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{C \cdot (E_2)^2}{\frac{C \cdot (E_1)^2}{4}} \Rightarrow \frac{W_2}{W_1} = 4 \cdot \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{W_2}{W_1} = 4 \cdot \left(\frac{2 \cdot E_1}{E_1}\right)^2 \Rightarrow \boxed{\frac{W_2}{W_1} = 16}$$



P.305 a) Estando a chave Ch aberta, temos o circuito:

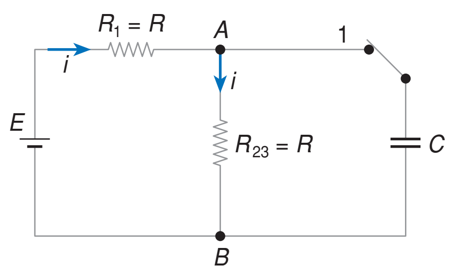


$$R_{23} = \frac{\frac{3R}{2} \cdot 3R}{\frac{3R}{2} + 3R} = R$$

Lei de Pouillet: $i = \dfrac{E}{R + R} \Rightarrow \boxed{i = \dfrac{E}{2R}}$

b) Chave na posição I

Temos o circuito:

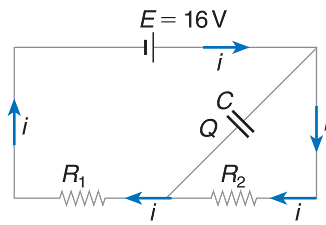


$$Q = C \cdot U_{AB} \Rightarrow Q = C \cdot R \cdot \frac{E}{2R} \Rightarrow \boxed{Q = C \cdot \frac{E}{2}}$$

c) Ao se comutar a chave para a posição II, o capacitor se descarrega no resistor R_4. A energia dissipada em R_4 é a energia potencial eletrostática que o capacitor armazenava:

$$W = \frac{C \cdot U_{AB}^2}{2} \Rightarrow W = \frac{C \cdot \left(\frac{E}{2}\right)^2}{2} \Rightarrow \boxed{W = \frac{C \cdot E^2}{8}}$$

P.306 A dpp U_2 no resistor R_2 é a mesma que no capacitor:



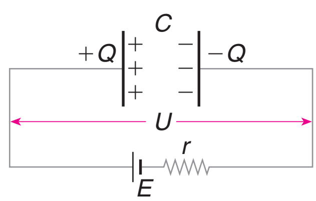
$$U_2 = \frac{Q}{C} \Rightarrow U_2 = \frac{36\ \mu C}{3\ \mu F} \Rightarrow U_2 = 12\ V$$

Sendo U_1 a ddp no resistor R_1, temos:

$E = U_1 + U_2 \Rightarrow 16 = U_1 + 12 \Rightarrow U_1 = 4\ V$

De $U_1 = R_1 \cdot i$, vem: $4 = R_1 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{R_1 = 2\ \Omega}$

P.307

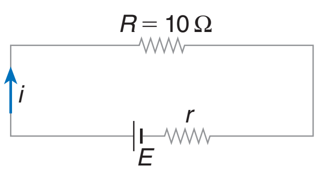


Estando o capacitor carregado, $i = 0$ e, portanto:

$U = E$

De $Q = C \cdot U$, temos:

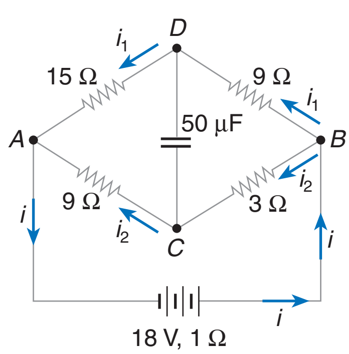
$108 \cdot 10^{-8} = 10^{-6} \cdot E \Rightarrow \boxed{E = 1{,}08\ V}$

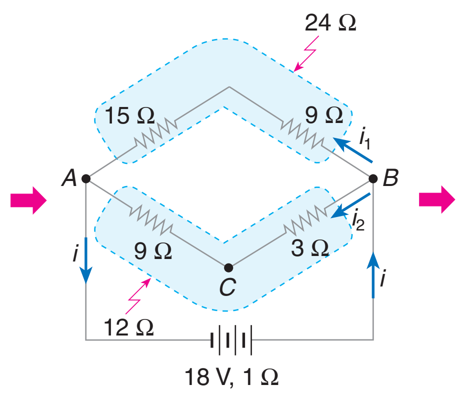


Pela lei de Pouillet:

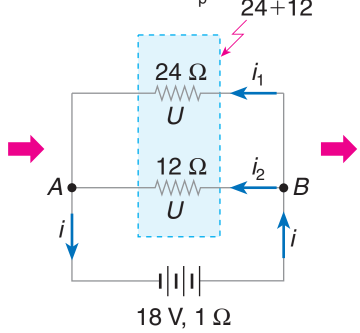
$$i = \frac{E}{r + R} \Rightarrow 0{,}100 = \frac{1{,}08}{r + 10} \Rightarrow \boxed{r = 0{,}8\ \Omega}$$

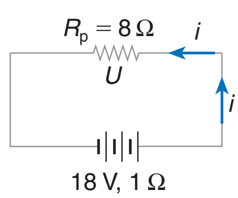
P.308 a)





$$R_p = \frac{24 \cdot 12}{24 + 12}\ \Omega \Rightarrow R_p = 8\ \Omega$$





Pela lei de Pouillet:

$$i = \frac{E}{R_p + r} \Rightarrow i = \frac{18}{8 + 1} \Rightarrow i = 2\ A$$

Aplicando a lei de Ohm ao circuito equivalente, temos:

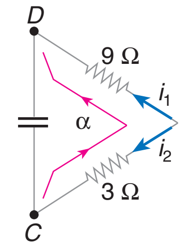
$U = R_p \cdot i \Rightarrow U = 8 \cdot 2 \Rightarrow U = 16$ V

Cálculo de i_1:

$$i_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{16}{24} \Rightarrow i_1 = \frac{2}{3}\text{ A}$$

Cálculo de i_2:

$$i_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{16}{12} \Rightarrow i_2 = \frac{4}{3}\text{ A}$$



Cálculo da ddp entre C e D (percurso α):

$U_{CD} = -3 \cdot i_2 + 9 \cdot i_1$

$$U_{CD} = -3 \cdot \frac{4}{3} + 9 \cdot \frac{2}{3}$$

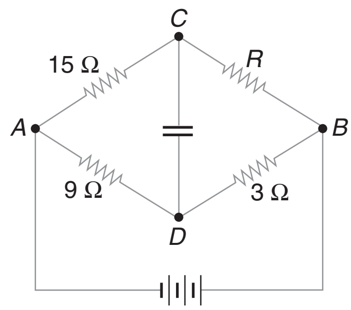
$U_{CD} = -4 + 6$

$U_{CD} = 2$ V

$Q = C \cdot U_{CD} \Rightarrow Q = 50\ \mu\text{F} \cdot 2\text{ V} \Rightarrow \boxed{Q = 100\ \mu\text{C}}$

b) Para que o capacitor não se carregue, a tensão entre C e D deve ser nula. Para isso, a ponte de Wheatstone deve estar em equilíbrio:

$15 \cdot 3 = 9 \cdot R \Rightarrow \boxed{R = 5\ \Omega}$



P.309 a) Vamos calcular a carga elétrica Q_0 da esfera antes da ligação com a placa do capacitor:

$$V_0 = k \cdot \frac{Q_0}{R} \Rightarrow 3{,}0 \cdot 10^5 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q_0}{0{,}30} \Rightarrow Q_0 = 1{,}0 \cdot 10^{-5}\text{ C}$$

Após a ligação, a carga elétrica Q_0 se distribui entre a esfera e a placa superior, até que atinjam o mesmo potencial V. (Observe que a ddp no capacitor é o próprio V, pois a placa inferior está ligada à Terra.)

$Q_0 = Q_{esfera} + Q_{capacitor} \Rightarrow Q_0 = C_{esfera} \cdot V + C_{capacitor} \cdot V \Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_0 = \frac{R}{k} \cdot V + C_{capacitor} \cdot V \Rightarrow 1{,}0 \cdot 10^{-5} = \frac{0{,}30}{9 \cdot 10^9} \cdot V + 300 \cdot 10^{-12} \cdot V \Rightarrow$$

$\Rightarrow V = 3{,}0 \cdot 10^4$ V

Assim, temos:

$Q_{capacitor} = C_{capacitor} \cdot V \Rightarrow Q_{capacitor} = 300 \cdot 10^{-12} \cdot 3{,}0 \cdot 10^4 \Rightarrow$

$\Rightarrow Q_{capacitor} = 9{,}0 \cdot 10^{-6}\text{ C} \Rightarrow \boxed{Q_{capacitor} = 9{,}0\ \mu\text{C}}$

b) $U = V - 0 \Rightarrow U = V \Rightarrow \boxed{U = 3{,}0 \cdot 10^4\text{ V}}$

P.310 a) Chave Ch ligada

Nó A: $i_1 + i_2 = i_3$ ①

Malha $ABCDA$ (a partir de A e no sentido anti-horário):

$-0{,}5i_2 + 3 - 6 + 1 \cdot i_1 = 0$

$i_1 - 0{,}5i_2 = 3$ ②

Malha $AEFBA$ (a partir de A e no sentido anti-horário):

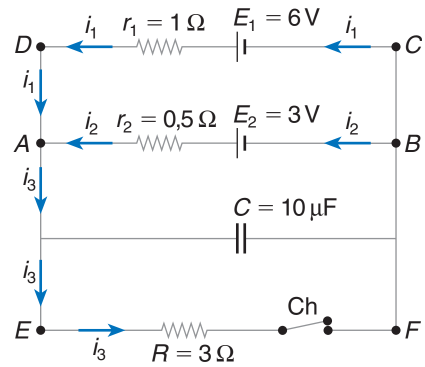
$3i_3 - 3 + 0{,}5i_2 = 0$

$0{,}5i_2 + 3i_3 = 3$ ③

De ②: $i_1 = 3 + 0{,}5i_2$

Substituindo em ①:

$3 + 0{,}5i_2 + i_2 = i_3 \Rightarrow 1{,}5i_2 + 3 = i_3$ ④



Multiplicando a expressão ③ por 3 e subtraindo do resultado a expressão ④, temos:

$9i_3 - 3 = 9 - i_3 \Rightarrow i_3 = 1{,}2\text{ A}$

A ddp no capacitor é a mesma no resistor $R = 3\ \Omega$. Logo:

$U = R \cdot i_3 \Rightarrow U = 3 \cdot 1{,}2 \Rightarrow U = 3{,}6\text{ V}$

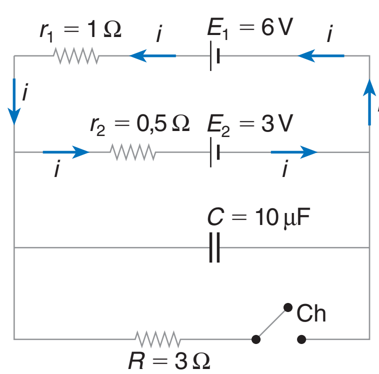
$Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 10\ \mu\text{F} \cdot 3{,}6\text{ V} \Rightarrow \boxed{Q = 36\ \mu\text{C}}$

b) Chave Ch aberta

$i = \dfrac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2}$

$i = \dfrac{6 - 3}{1 + 0{,}5}$

$i = 2\text{ A}$

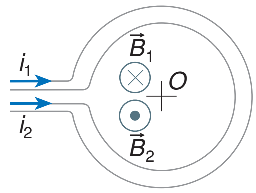


A ddp no capacitor é a mesma no gerador (E_1, r_1) ou no receptor (E_2, r_2). Logo:

$U = E_1 - r_1 \cdot i \Rightarrow U = 6 - 1 \cdot 2 \Rightarrow U = 4\text{ V}$

$Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 10\ \mu\text{F} \cdot 4\text{ V} \Rightarrow \boxed{Q = 40\ \mu\text{C}}$

P.311 Inicialmente determinamos, pela regra da mão direita nº 1, a direção e o sentido dos vetores indução magnética $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$ que i_1 e i_2 originam no centro O:



$$B_1 = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_1}{R_1} \Rightarrow B_1 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot \frac{5}{2\pi} \Rightarrow B_1 = 5 \cdot 10^{-7}\ \text{T}$$

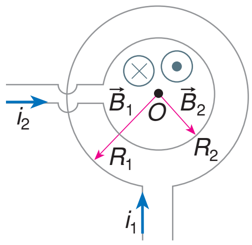
$$B_2 = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_2}{R_2} \Rightarrow B_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot \frac{3}{2\pi} \Rightarrow B_2 = 3 \cdot 10^{-7}\ \text{T}$$

Sendo $B_1 > B_2$, concluímos que o vetor indução magnética resultante em O tem direção perpendicular ao plano das espiras e orientada do observador para o plano (entrando no plano das espiras).

A intensidade é dada por:

$$B_R = B_1 - B_2 \Rightarrow \boxed{B_R = 2 \cdot 10^{-7}\ \text{T}}$$

P.312



De acordo com a regra da mão direita nº 1, os vetores $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$ originados por i_1 e i_2 em O têm mesma direção e sentidos opostos. Para que o vetor indução magnética resultante seja nulo, os módulos de $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$ devem ser iguais:

$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_1}{R_1} = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_2}{R_2} \Rightarrow \boxed{\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_1}{R_2}}$$

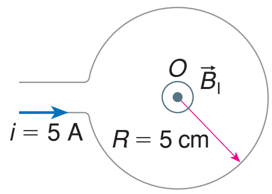
P.313 De $B = N \cdot \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R}$, vem:

$$2 \cdot 10^{-3} = 50 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot \frac{i}{0{,}10} \Rightarrow \boxed{i \simeq 6{,}4\ \text{A}}$$

P.314 De $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$, vem:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{2}{1} \Rightarrow \boxed{B = 4 \cdot 10^{-7}\ \text{T}}$$

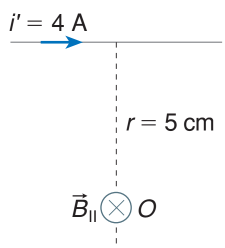
P.315 (I)



$$B_I = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R} \Rightarrow B_I = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot \frac{5}{5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_I = 2\pi \cdot 10^{-5}\ \text{T} \Rightarrow \boxed{B_I \simeq 6{,}3 \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$$

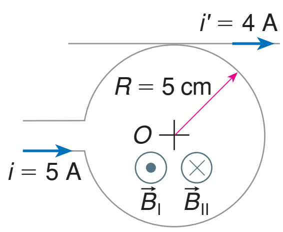
(II)



$$B_{II} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i'}{r} \Rightarrow B_{II} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{4}{5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$$

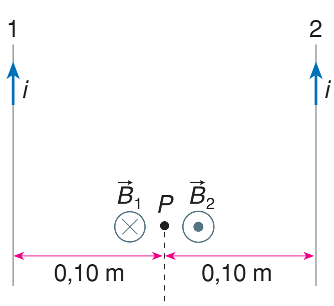
$$\Rightarrow \boxed{B_{II} = 1{,}6 \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$$

(III)



$$B_R = B_I - B_{II} \Rightarrow \boxed{B_R = 4{,}7 \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$$

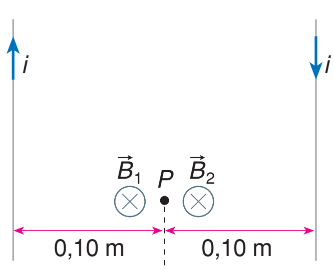
P.316 a)



As correntes elétricas que percorrem os condutores 1 e 2 originam no ponto *P* os vetores indução magnética $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$, cujos sentidos são dados pela regra da mão direita nº 1.

$\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$ têm mesma intensidade, pois o ponto *P* equidista dos condutores e as correntes elétricas têm intensidades iguais. Tendo sentidos opostos, concluímos que: $\boxed{B_R = 0}$

b)



Nesse caso, $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$ têm mesmo sentido.

$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$$

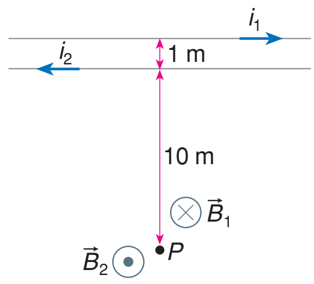
$$B_1 = B_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{10}{0{,}10}$$

$$B_1 = B_2 = 2{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$$

Assim:

$$B_R = B_1 + B_2 \Rightarrow \boxed{B_R = 4{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$$

P.317



Pela regra da mão direita nº 1, determinamos os sentidos dos vetores campo magnético, $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$, que ${}_1i$ e i_2 originam em P.

O vetor indução magnética resultante em P tem intensidade:

$$B_R = B_2 - B_1 \Rightarrow B_R = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r_2} - \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r_1} \Rightarrow$$

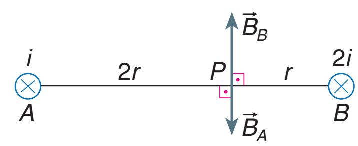
$$\Rightarrow B_R = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi} \cdot \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_R = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 100}{2\pi} \cdot \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{11}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_R = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 100}{2\pi} \cdot \frac{11 - 10}{110} \Rightarrow \boxed{B_R \simeq 1{,}8 \cdot 10^{-7}\ \text{T}}$$

P.318

$$B_A = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{2r} \quad ① \quad \text{e} \quad B_B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{2i}{r} \quad ②$$



De ① e ②, temos:

$B_B = 4 \cdot B_A$

$B_B = 4 \cdot 2 \cdot 10^{-6}$ T

$B_B = 8 \cdot 10^{-6}$ T

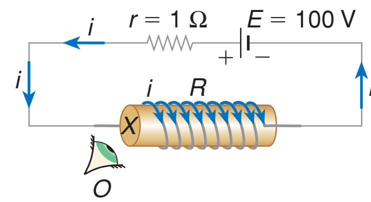
$B_R = B_B - B_A$

$B_R = 8 \cdot 10^{-6}\ \text{T} - 2 \cdot 10^{-6}\ \text{T}$

$\boxed{B_R = 6 \cdot 10^{-6}\ \text{T}}$

A agulha colocada em P se orienta na direção do vetor indução magnética resultante ($\vec{B}_R$), com polo norte no sentido de $\vec{B}_B$ (pois $B_B > B_A$).

P.319 a) Aplicando a lei de Pouillet ao circuito, temos:



$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow i = \frac{100}{9 + 1} \Rightarrow i = 10 \text{ A}$$

Temos:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$$

$$\frac{N}{L} = 10 \frac{\text{espiras}}{\text{cm}} = \frac{1.000 \text{ espiras}}{\text{m}}$$

De $B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot i$, vem:

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1.000 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{B = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ T}}$$

b) Para o observador *O* a corrente elétrica é vista no sentido horário. Logo, *X* é um **polo sul**.

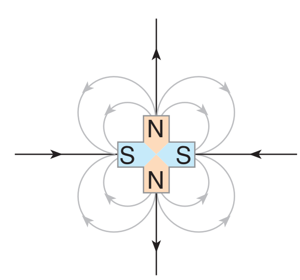
Outro modo seria aplicar a regra da mão direita nº 1 e observar que o campo magnético $\vec{B}$ (e portanto as linhas de indução) entra pela extremidade *X*.

P.320 Para que o campo magnético resultante no interior do solenoide seja nulo, o campo magnético terrestre $\vec{B}_t$ deve anular o campo magnético gerado pela corrente elétrica que percorre o solenoide ($\vec{B}_s$). Devemos impor:

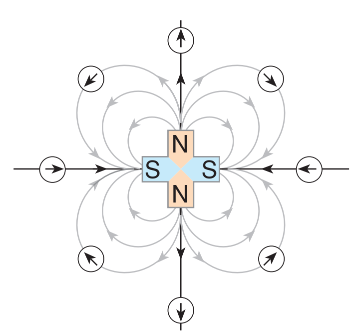
$$B_s = B_t \Rightarrow \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot i = B_t \Rightarrow 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{500}{0,25} \cdot i = 8\pi \cdot 10^{-6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i = 10 \cdot 10^{-3} \text{ A} \Rightarrow \boxed{i = 10 \text{ mA}}$$

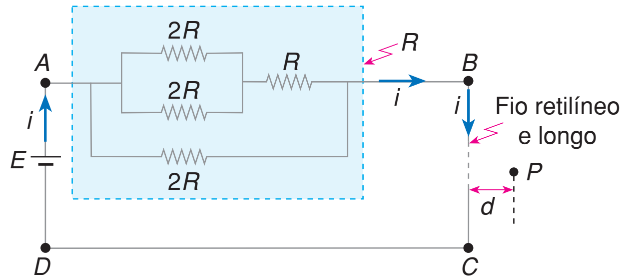
P.321 a) Lembrando que as linhas de indução saem do polo norte e chegam ao polo sul, temos o seguinte aspecto para as citadas linhas:



b) Cada agulha magnética se orienta na direção do respectivo vetor indução magnética $\vec{B}$ e com o polo norte no sentido de $\vec{B}$. Assim, temos:



P.322 a)



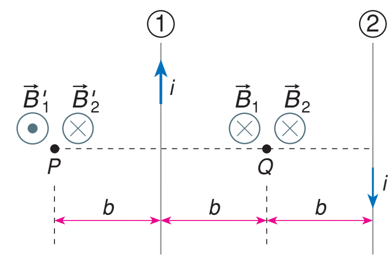
Pela lei de Pouillet, vem:

$i = \frac{E}{R} = \frac{12}{3{,}0}$

$\boxed{i = 4{,}0 \text{ A}}$

b) $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{d} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{4{,}0}{1{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{B = 8{,}0 \cdot 10^{-5} \text{ T}}$

P.323 Sejam $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$ os vetores indução magnética que as correntes elétricas que percorrem os condutores ① e ② originam em Q.



$B_1 = B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{b} = B$

O módulo do vetor indução magnética resultante em Q é dado por:

$B_Q = B + B \Rightarrow B_Q = 2B$ ①

Analogamente em P, temos:

$B'_1 = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{i}{b} \Rightarrow B'_1 = B$

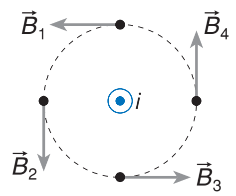
$B'_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{3b} \Rightarrow B'_2 = \frac{B}{3}$

Logo, o vetor indução magnética resultante em P tem módulo:

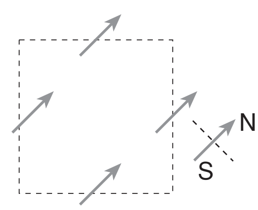
$B_P = B - \frac{B}{3} \Rightarrow B_P = \frac{2}{3} \cdot B$ ②

Dividindo ① por ②: $\frac{B_Q}{B_P} = \frac{2B}{\frac{2B}{3}} \Rightarrow \boxed{\frac{B_Q}{B_P} = 3}$

P.324 a) As agulhas magnéticas orientam-se na direção dos respectivos vetores indução magnética $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$, $\vec{B}_3$ e $\vec{B}_4$. Pela regra da mão direita nº 1 concluímos que o condutor é perpendicular ao plano definido pelos vetores $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$, $\vec{B}_3$ e $\vec{B}_4$ e a corrente elétrica está "saindo" desse plano:



b) Se a corrente elétrica cessar de fluir, as agulhas ficam sujeitas apenas ao campo magnético terrestre e orientam-se na direção norte-sul:



Observação:

No item **a** desprezamos a ação do campo magnético terrestre, pois a corrente foi considerada muito intensa.

P.325 a) De $U = E - r \cdot i$, sendo $U = 8{,}0$ V, $r = 5{,}0\ \Omega$ e $i = 200$ mA $= 200 \cdot 10^{-3}$ A, vem:

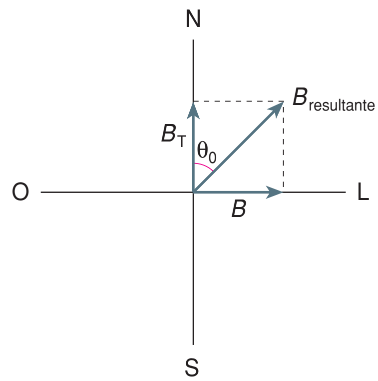
$$8{,}0 = E - 5{,}0 \cdot 200 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{E = 9{,}0\ \text{V}}$$

b) De $B = \mu_0 \cdot \dfrac{N}{L} \cdot i$, sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T · m/A, $N = 200$ espiras,

$L = 20$ cm $= 0{,}20$ m e $i = 200 \cdot 10^{-3}$ A, resulta:

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{200}{0{,}20} \cdot 200 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{B = 8\pi \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$$

P.326 a) Seja B a intensidade do campo magnético produzido pela bobina e B_T a componente horizontal do campo magnético da Terra.



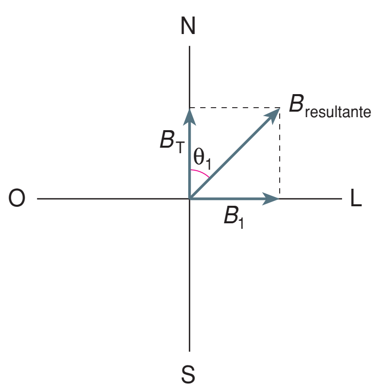
Sendo $\theta_0 = 45°$, vem:

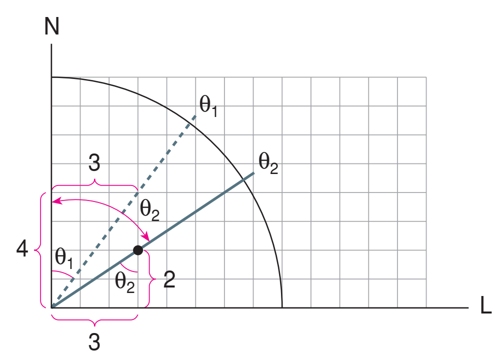
$B = B_T \Rightarrow B = 0,2$ gauss

Mas de $B = k \cdot I$, com $I = I_0 = 2$ A, resulta:

$$0,2 = k \cdot 2 \Rightarrow \boxed{k = 0,1 \dfrac{\text{gauss}}{\text{ampère}}}$$

b)





$$\text{tg } \theta_1 = \frac{B_1}{B_T} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{B_1}{0,2} \Rightarrow B_1 = 0,15 \text{ gauss}$$

$$B_1 = k \cdot I_1 \Rightarrow 0,15 = 0,1 \cdot I_1 \Rightarrow \boxed{I_1 = 1,5 \text{ A}}$$

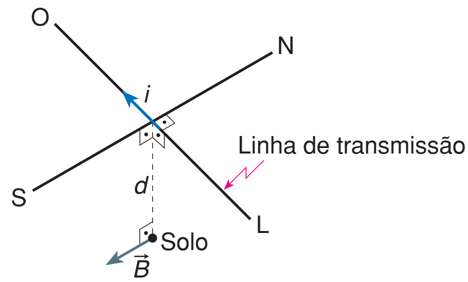
c) Duplicando o número de espiras, duplica a intensidade do campo magnético produzido pela bobina:

$B_2 = 2B_1 \Rightarrow B_2 = 0,3$ gauss

$$\text{tg } \theta_2 = \frac{B_2}{B_T} \Rightarrow \text{tg } \theta_2 = \frac{0,3}{0,2} \Rightarrow \text{tg } \theta_2 = \frac{3}{2}$$

Conhecendo a tangente de θ_2, determinamos no esquema apresentado no item **b** a nova direção θ_2 que a bússola aponta.

P.327 a)



Pela regra da mão direita nº 1, observamos que o sentido do campo de indução magnética $\vec{B}$, próximo do chão, é de norte para sul.

b) $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{d} \Rightarrow 5{,}0 \cdot 10^{-5} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{4.000}{d} \Rightarrow \boxed{d = 16\text{ m}}$

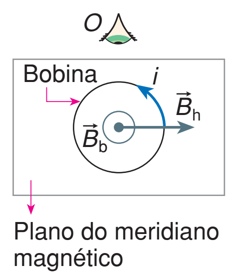
P.328 Do triângulo indicado, concluímos que:

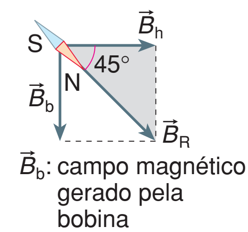
$B_b = B_h$

$N \cdot \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R} = B_h$

$10 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot \frac{i}{5\pi \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 10^{-5}$

$\boxed{i = 0{,}5\text{ A}}$





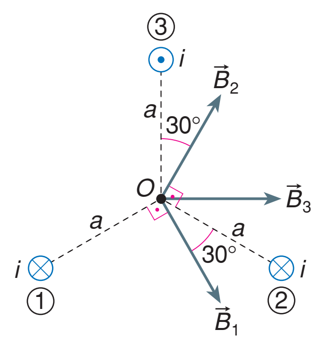
P.329 Pela regra da mão direita nº 1, determinamos os sentidos dos vetores indução magnética que as correntes elétricas que percorrem os condutores ①, ② e ③ originam em *P*.

Esses vetores têm a mesma intensidade:

$B_1 = B_2 = B_3 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{a}$

$B_1 = B_2 = B_3 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{10}{2{,}0 \cdot 10^{-2}}$

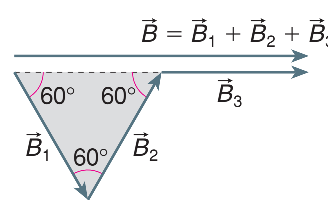
$B_1 = B_2 = B_3 = 1{,}0 \cdot 10^{-4}\text{ T}$



Na figura ao lado, representamos o campo magnético de indução $\vec{B}$ no ponto *P*.

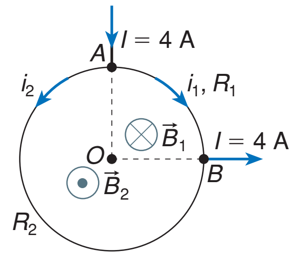
O triângulo destacado é equilátero. Logo:

$B = 1{,}0 \cdot 10^{-4}\text{ T} + 1{,}0 \cdot 10^{-4}\text{ T} \Rightarrow \boxed{B = 2{,}0 \cdot 10^{-4}\text{ T}}$



O sentido de $\vec{B}$ é o de $\vec{B}_3$.

P.330



a) Sendo 8 Ω a resistência total, concluímos que o trecho correspondente a $\frac{1}{4}$ da circunferência tem resistência $R_1 = 2\ \Omega$ e, no outro trecho, $R_2 = 6\ \Omega$.

$R_1 \cdot i_1 = R_2 \cdot i_2 \Rightarrow 2i_1 = 6i_2 \Rightarrow i_1 = 3i_2$ ①

$I = i_1 + i_2 \Rightarrow 4 = i_1 + i_2$ ②

De ① e ②, temos:

$\boxed{i_1 = 3\text{ A (arco menor)}}$ e $\boxed{i_2 = 1\text{ A (arco maior)}}$

b) A corrente elétrica i_1 origina em O o campo $\vec{B}_1$, entrando no papel e de intensidade:

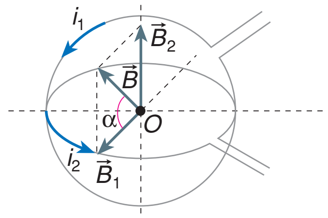
$B_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_1}{R} \Rightarrow B_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{3}{R}$ ③

A corrente elétrica i_2 origina em O o campo $\vec{B}_2$, saindo do papel e de intensidade:

$B_2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_2}{R} \Rightarrow B_2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{1}{R} \Rightarrow B_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{3}{R}$ ④

De ③ e ④, concluímos que $B_1 = B_2$, portanto: $\boxed{B_R = 0}$

P.331



$$B_1 = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_1}{R} \Rightarrow B_1 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot \frac{4}{2\pi \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B_1 = 4 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_2}{R} \Rightarrow B_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot \frac{3}{2\pi \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B_2 = 3 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$$

$$B^2 = B_1^2 + B_2^2 \Rightarrow B^2 = (4 \cdot 10^{-5})^2 + (3 \cdot 10^{-5})^2 \Rightarrow \boxed{B = 5 \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$$

O ângulo α que o vetor $\vec{B}$ forma com o vetor $\vec{B}_1$ e, portanto, com o plano horizontal, é dado por:

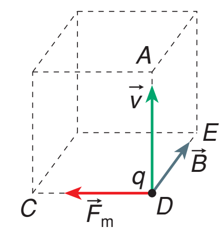
$$\text{tg}\ \alpha = \frac{B_2}{B_1}$$

$$\text{tg}\ \alpha = \frac{3 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 10^{-5}}$$

$$\text{tg}\ \alpha = \frac{3}{4}$$

$$\boxed{\alpha \text{ é o ângulo cuja tangente vale } \frac{3}{4}.}$$

P.332 Características da força magnética $\vec{F}_m$:



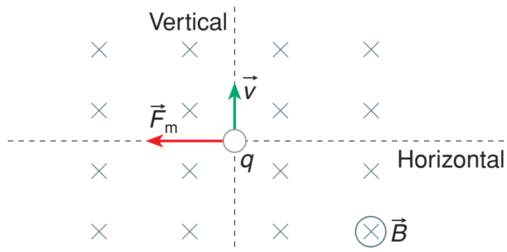
- **direção**: perpendicular a $\vec{B}$ e a $\vec{v}$, isto é: da reta $\overleftrightarrow{CD}$
- **sentido**: determinado pela regra da mão direita nº 2, isto é: de D para C
- **intensidade**:

$F_m = B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen } \theta$

$F_m = 2{,}5 \cdot 10^5 \cdot 3{,}2 \cdot 10^{-19} \cdot 3{,}0 \cdot 10^5 \cdot \text{sen } 90°$

$\boxed{F_m = 2{,}4 \cdot 10^{-8} \text{ N}}$

P.333 Características da força magnética $\vec{F}_m$:



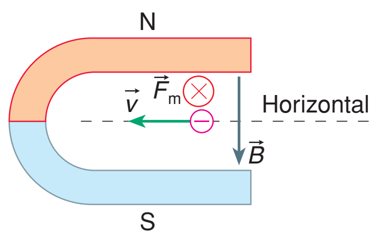
- **direção**: perpendicular a $\vec{B}$ e a $\vec{v}$, isto é: horizontal
- **sentido**: determinado pela regra da mão direita nº 2, isto é: da direita para a esquerda
- **intensidade**:

$F_m = B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen } \theta$

$F_m = 4{,}0 \cdot 10^3 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot \text{sen } 90°$

$\boxed{F_m = 0{,}16 \text{ N}}$

P.334 a) Características do vetor indução magnética $\vec{B}$:



- **direção**: vertical
- **sentido**: de cima para baixo, pois parte do norte e chega ao sul
- **intensidade**:

$F_m = B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen } \theta$

$8{,}0 \cdot 10^{-14} = B \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}0 \cdot 10^5 \cdot \text{sen } 90°$

$\boxed{B = 2{,}5 \text{ T}}$

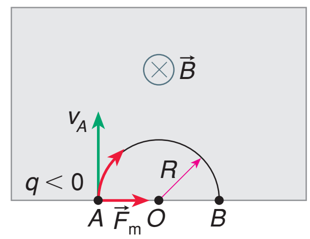
b) A força magnética $\vec{F}_m$ tem direção perpendicular ao plano do papel e entrando nele.

P.335 De $R = \dfrac{mv}{B \cdot |q|}$, sendo $R = 50 \text{ cm} = 0{,}5 \text{ m}$,

$q = 3\ \mu\text{C} = 3 \cdot 10^{-6}\ \text{C}$ e $mv = 10^{-2}\ \text{N} \cdot \text{s}$, temos:

$$0{,}5 = \frac{10^{-2}}{B \cdot 3 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \boxed{B \simeq 6{,}7 \cdot 10^{3}\ \text{T}}$$

P.336 a) Na figura, representamos o sentido da força magnética $\vec{F}_m$ no instante em que o elétron penetra no campo. Conhecidos os sentidos de $\vec{v}_A$ e $\vec{F}_m$, determinamos, pela regra da mão direita nº 2, o sentido do vetor indução magnética $\vec{B}$: entrando no plano do papel (observe que o sinal de q é negativo). A direção de $\vec{B}$ é a da reta perpendicular ao plano do papel. A intensidade de $\vec{B}$ pode ser calculada pela fórmula do raio:



$$R = \frac{m \cdot v_A}{B \cdot |q|}$$

Sendo $R = 1{,}0 \cdot 10^{-2}$ m; $v_A = 3{,}52 \cdot 10^{7}$ m/s e $\dfrac{m}{|q|} = \dfrac{1}{1{,}76 \cdot 10^{11}}$ kg/C, vem:

$$1{,}0 \cdot 10^{-2} = \frac{3{,}52 \cdot 10^{7}}{B \cdot 1{,}76 \cdot 10^{11}} \Rightarrow \boxed{B = 2{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{T}}$$

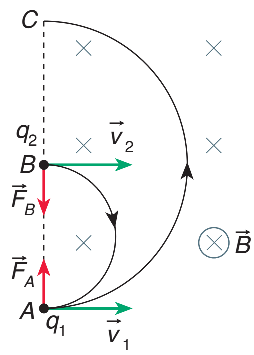
b) O elétron descreve a semicircunferência $\overset{\frown}{AB}$ em movimento uniforme. Assim, a medida de $\overset{\frown}{AB}$ é igual ao produto $v_A \cdot t$. Logo:

$$\pi R = v_A \cdot t \Rightarrow \pi \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-2} = 3{,}52 \cdot 10^{7} \cdot t \Rightarrow \boxed{t \simeq 9{,}0 \cdot 10^{-10}\ \text{s}}$$

Outra maneira de se calcular esse intervalo de tempo é observando que ele corresponde à metade do período:

$$t = \frac{T}{2} \Rightarrow t = \frac{\pi m}{|q| \cdot B} \Rightarrow t = \frac{\pi}{1{,}76 \cdot 10^{11} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{t \simeq 9{,}0 \cdot 10^{-10}\ \text{s}}$$

P.337 a) Na figura, representamos as forças magnéticas que agem nas partículas ao penetrarem no campo. Conhecidos os sentidos das forças, das velocidades e do vetor $\vec{B}$, pela regra da mão direita nº 2, podemos concluir que q_1 é positiva e q_2 é negativa.



b) $R_1 = 2R_2 \Rightarrow \dfrac{m_1 v_1}{B \cdot |q_1|} = 2 \cdot \dfrac{m_2 v_2}{B \cdot |q_2|} \Rightarrow \boxed{\dfrac{m_1}{m_2} = 2}$

P.338 Próton: $R_p = \dfrac{mv}{Be}$ ①

Dêuteron: $R_d = \dfrac{2mv}{Be}$ ②

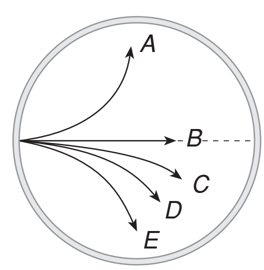
Dividindo ② por ①, vem:

$$\frac{R_d}{R_p} = \frac{2mv}{Be} \cdot \frac{Be}{mv}$$

$$\frac{R_d}{R_p} = 2$$

$$\boxed{R_d = 2R_p}$$

P.339 O feixe é constituído de cinco partículas, uma com carga elétrica negativa (elétron), três com carga elétrica positiva (pósitron, próton e dêuteron) e uma eletricamante neutra (nêutron).



O **nêutron** não fica sujeito à força magnética. Logo, não sofre desvio. Sua **trajetória** é *B*.

Sabemos que as partículas positivas desviam num sentido e as negativas, em outro. Portanto, a **trajetória *A*** só pode ser do **elétron** (única partícula negativa do feixe).

As três **partículas positivas** seguem as **trajetórias *C*, *D* e *E***. Vamos identificá-las pelo raio da trajetória.

- Pósitron: $R_{\text{pósitron}} = \dfrac{mv}{B \cdot |q|}$ (m: massa do pósitron)
- Próton: $R_{\text{próton}} = \dfrac{m' \cdot v}{B \cdot |q|}$ (m': massa do próton)
- Dêuteron: $R_{\text{dêuteron}} = \dfrac{m'' \cdot v}{B \cdot |q|}$ (m'': massa do dêuteron)

Observe que as três partículas têm cargas elétricas iguais, penetram no mesmo campo e com a mesma velocidade. Os raios de suas trajetórias diferem pelas massas. Sendo $m < m' < m''$, vem $R_{\text{pósitron}} < R_{\text{próton}} < R_{\text{dêuteron}}$. Logo, ***E*** é a **trajetória do pósitron**, ***D*** a do **próton** e ***C*** a do **dêuteron**.

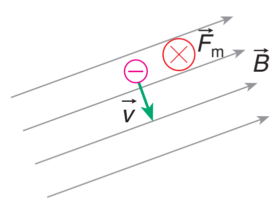
P.340 Para determinarmos a direção e o sentido da força magnética ($\vec{F}_m$), utilizamos a regra da mão direita nº 2, quando a carga é positiva.

Se a carga for negativa, o sentido será contrário àquele dado por essa regra.

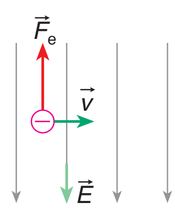
Para a determinação da direção e do sentido da força elétrica ($\vec{F}_e$), lembramos que ela tem a direção do campo $\vec{E}$ e o sentido de $\vec{E}$, se a carga for positiva, e contrário ao de $\vec{E}$, se negativa.

Assim, temos:

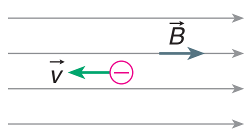
a)



c)

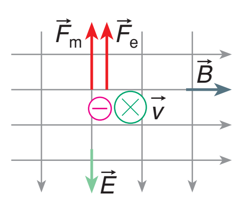


b)



$F_m = 0$, pois $\theta = 180°$ (sen $180° = 0$)

d)



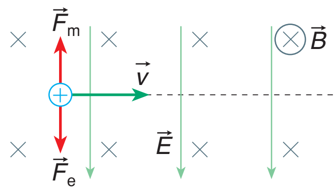
P.341 O próton percorre a região onde existem os campos sem sofrer desvio. Logo:

$F_m = F_e$

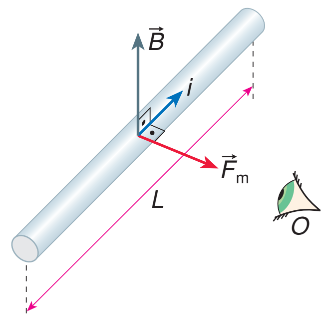
$B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen } 90° = |q| \cdot E$

$B \cdot v = E$

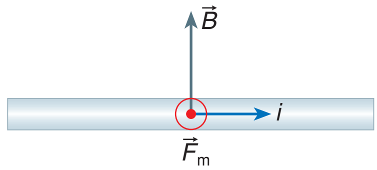
$\boxed{v = \dfrac{E}{B}}$



P.342 $F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen } \theta \Rightarrow F_m = 1 \cdot 10 \cdot 0{,}20 \cdot \text{sen } 90° \Rightarrow \boxed{F_m = 2 \text{ N}}$



Vista em perspectiva



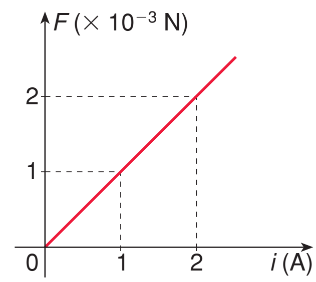
Vista pelo observador *O*

P.343 Do gráfico, para $i = 2$ A, temos: $F = 2 \cdot 10^{-3}$ N

De $F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen } \theta$, vem:

$2 \cdot 10^{-3} = B \cdot 2 \cdot 0{,}1 \cdot \text{sen } 90°$

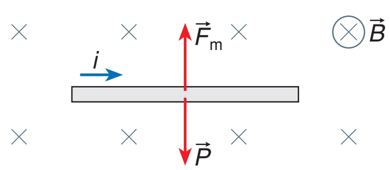
$\boxed{B = 10^{-2} \text{ T}}$



P.344 No condutor agem duas forças: o peso $\vec{P}$ e a força magnética $\vec{F}_m$. Como $\vec{P}$ é vertical e para baixo, $\vec{F}_m$ deve ser vertical e para cima, de modo que se equilibrem. Conhecidos os sentidos de $\vec{F}_m$ e $\vec{B}$, determinamos, pela regra da mão direita nº 2, o sentido de *i*: **da esquerda para a direita**. No equilíbrio, temos:

$$F_m = P \Rightarrow B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen } 90° = m \cdot g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B \cdot 5{,}0 \cdot 20 \cdot 10^{-2} = 40 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \Rightarrow \boxed{B = 0{,}40 \text{ T}}$$

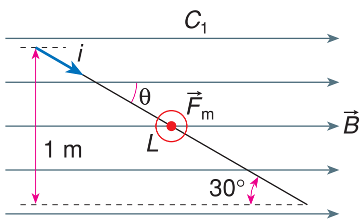


P.345 Condutor C_1:

De $F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen } 30°$ e sendo $B = 0{,}05$ T, $i = 10$ A e $L \cdot \text{sen } 30° = 1$ m, vem:

$F_m = 0{,}05 \cdot 10 \cdot 1$

$\boxed{F_m = 0{,}5 \text{ N}}$

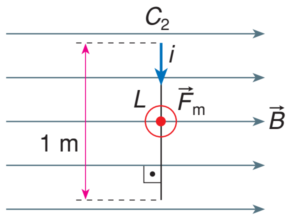


Condutor C_2:

$F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen } 90°$

$F_m = 0{,}05 \cdot 10 \cdot 1$

$\boxed{F_m = 0{,}5 \text{ N}}$



Condutor C_3:

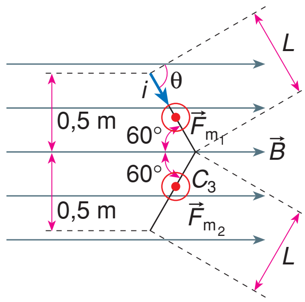
$F_{m_1} = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen } 60°$

Sendo $L \cdot \text{sen } 60° = 0{,}5$ m, vem:

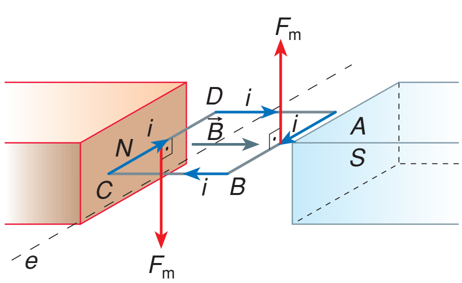
$F_{m_1} = 0{,}05 \cdot 10 \cdot 0{,}5 \Rightarrow F_{m_1} = 0{,}25$ N

Mas $F_{m_2} = F_{m_1} = 0{,}25$ N.

Logo: $\boxed{F_m = F_{m_1} + F_{m_2} = 0{,}5 \text{ N}}$



P.346 a) Observe na figura que o sentido de $\vec{B}$ é do polo norte para o polo sul. Conhecidos os sentidos de $\vec{B}$ e da corrente, determinamos os sentidos das forças magnéticas nos lados $\overline{AB}$ e $\overline{CD}$, aplicando a regra da mão direita nº 2. Os lados $\overline{BC}$ e $\overline{DA}$ não ficam sujeitos a forças magnéticas, pois, nesses casos, i é paralelo a $\vec{B}$.



O momento de rotação da espira, na posição da figura, é dado por:

$M = F_m \cdot d$

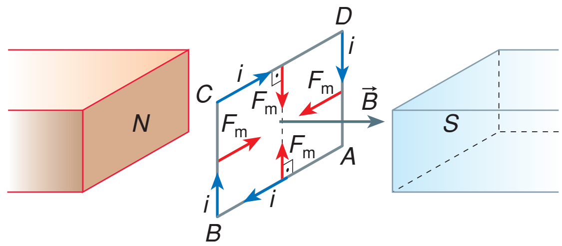
$M = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen } \theta \cdot d$

$M = 0{,}8 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot \text{sen } 90° \cdot 1 \cdot 10^{-2}$

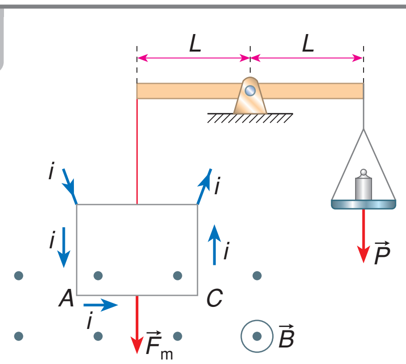
$\boxed{M = 8 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m}}$

b) Observando o sistema de forças magnéticas que agem na espira, concluímos que ela irá girar no sentido **anti-horário**.

A posição de equilíbrio corresponde ao plano da espira paralelo às faces dos ímãs ou ao plano da espira perpendicular a $\vec{B}$.



P.347



Quando não circula corrente, o quadro é equilibrado pelo prato da balança. Passando pelo quadro a corrente de intensidade 10 A, o lado $\overline{AC}$ do quadro, imerso no campo, fica sujeito à força magnética $\vec{F}_m$ indicada. A massa a ser colocada no prato tem peso igual a $\vec{F}_m$:

$P = F_m$

$mg = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen}\ \theta$

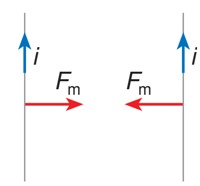
Sendo $\theta = 90°$ e sen $90° = 1$, temos:

$m \cdot 10 = 0{,}1 \cdot 10 \cdot 0{,}20 \cdot 1$

$m = 0{,}02$ kg

$\boxed{m = 20\ \text{g}}$

P.348 A força magnética entre os condutores é de **atração**, pois as correntes elétricas que percorrem os condutores têm mesmo sentido.



$$F_m = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 \cdot i_2}{r} \cdot L$$

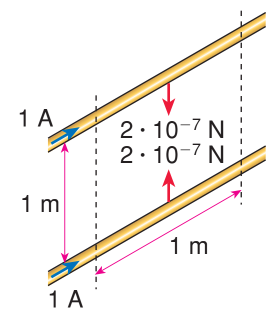
$$F_m = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{1 \cdot 1}{1} \cdot 10^{-2}$$

$$\boxed{F_m = 2 \cdot 10^{-9}\ \text{N}}$$

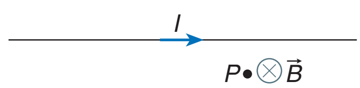
P.349 a) É o ampère.

b) A definição de ampère se baseia na força de interação entre condutores retos, longos e paralelos percorridos por correntes.

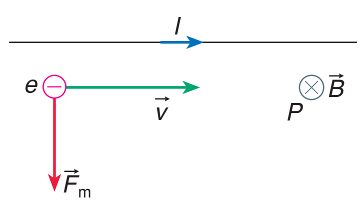
Um ampère é a intensidade de corrente constante que, mantida em dois condutores retos, longos, paralelos e de seção transversal desprezível e a 1 m de distância um do outro, origina mutuamente entre eles força de intensidade igual a $2 \cdot 10^{-7}$ N em cada metro de comprimento do condutor, no vácuo.



P.350 a) Direção: perpendicular ao plano definido pelo condutor e pelo ponto *P* (plano do papel); sentido: entrando no plano do papel, de acordo com a regra da mão direita nº 1.



b) Conhecidos os sentidos de $\vec{B}$ e $\vec{v}$, determinamos o sentido da força magnética $\vec{F}_m$ que age no elétron, no instante *t*, de acordo com a regra da mão direita nº 2.



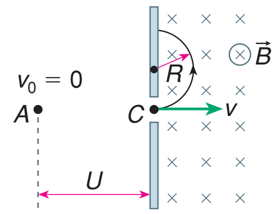
P.351 a) $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{20}{20 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{B = 2 \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$

b) $F_m = B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen}\ \theta$

$F_m = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot \text{sen}\ 90°$

$\boxed{F_m = 1{,}2 \cdot 10^{-9}\ \text{N}}$

P.352 Pelo teorema da energia cinética, vem:



$$\mathcal{T}_{AC} = q \cdot U = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

Sendo $v_0 = 0$, vem:

$$q \cdot U = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{2q \cdot U}{m}$$

$$v^2 = \frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2.000}{1{,}6 \cdot 10^{-26}}$$

$$v = 2{,}0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$R = \frac{mv}{B \cdot |q|} \Rightarrow R = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-26} \cdot 2{,}0 \cdot 10^5}{0{,}5 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R = 4{,}0 \cdot 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow \boxed{R = 40 \text{ mm}}$$

P.353 a) Dados:

$B = 5{,}0 \cdot 10^{-2}$ T; $v = 1{,}0 \cdot 10^6$ m/s; $\frac{|q|}{m} = 1{,}0 \cdot 10^9$ C/kg

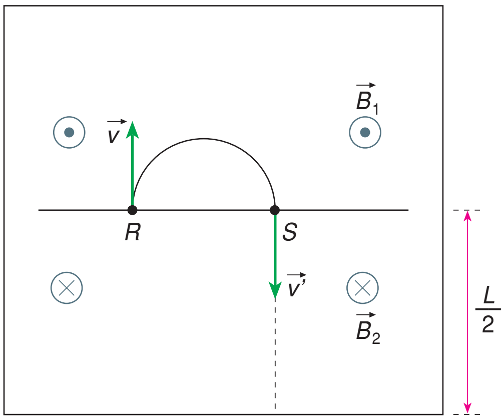
O tempo necessário para a partícula completar uma volta é o período T do MCU que ela realiza:

$$T = \frac{2\pi m}{|q| \cdot B} = \frac{2 \cdot 3}{1{,}0 \cdot 10^9 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{T = 1{,}2 \cdot 10^{-7} \text{ s}}$$

b) Como a força magnética $\vec{F}$ é orientada para o centro da trajetória, $\vec{B}$ tem sentido "entrando" no plano da figura e a carga é positiva.

A aplicação da regra da mão direita nº 2 indica que o movimento é anti-horário.

P.354 Esquematicamente, a partícula descreve a seguinte trajetória:



Na parte superior, a partícula descreve uma semicircunferência em MCU, num intervalo de tempo igual à metade do período:

$$\Delta t_1 = \frac{T}{2} = \frac{\frac{2\pi m}{|q| \cdot B}}{2} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{\pi m}{|q| \cdot B}$$

Após o choque inelástico com a carga $-q$, forma-se um sistema neutro ($Q = 0$) com massa $M = 2m$, que se desloca com velocidade $v' = \frac{v}{2}$, realizando um MRU na parte inferior, com deslocamento $\Delta s = \frac{L}{2}$.

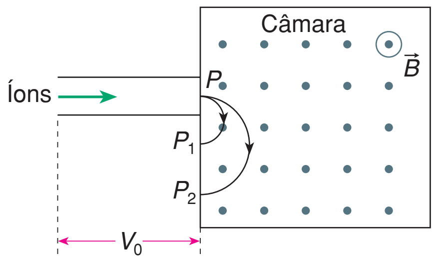
O intervalo de tempo nesse segundo trecho é dado por:

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta s}{v'} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{\frac{L}{2}}{\frac{v}{2}} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{L}{v}$$

O intervalo de tempo total vale:

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 \Rightarrow \boxed{\Delta t = \frac{\pi m}{|q| \cdot B} + \frac{L}{v}}$$

P.355 a) Dado: $\frac{m_2}{m_1} = 1{,}44$



$\mathcal{T} = q \cdot U = q \cdot V_0$

Mas: $\mathcal{T} = E_c - E_0 \Rightarrow E_c = \mathcal{T} = q \cdot V_0$

- Para o íon I_1: $\frac{m_1 v_1^2}{2} = q \cdot V_0 \Rightarrow v_1^2 = \frac{2q \cdot V_0}{m_1}$ ①
- Para o íon I_2: $\frac{m_2 v_2^2}{2} = q \cdot V_0 \Rightarrow v_2^2 = \frac{2q \cdot V_0}{m_2}$ ②

Dividindo ① por ②, temos:

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = 1{,}44 \Rightarrow \boxed{\frac{v_1}{v_2} = 1{,}2}$$

b) O raio da trajetória do íon I_1 é: $R_1 = \frac{D_1}{2} = \frac{20\text{ cm}}{2} \Rightarrow R_1 = 10\text{ cm}$

A força magnética atua como resultante centrípeta. Assim:

$$F_m = F_{cp} \Rightarrow B \cdot |q| \cdot v = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{B \cdot |q|}$$

Aplicando a fórmula para os dois tipos de íons, teremos:

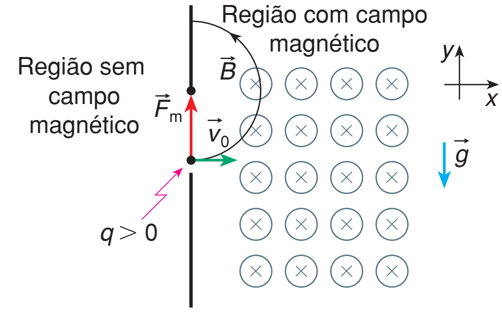
$$R_1 = \frac{m_1 v_1}{B \cdot |q|} \quad ③ \quad \text{e} \quad R_2 = \frac{m_2 v_2}{B \cdot |q|} \quad ④$$

Dividindo ③ por ④, tiramos o raio da trajetória do íon I_2:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1} \Rightarrow \frac{R_2}{10} = \frac{1{,}44}{1} \cdot \frac{1}{1{,}2} \Rightarrow R_2 = \frac{14{,}4}{1{,}2} \Rightarrow R_2 = 12\text{ cm}$$

Logo, a distância D_2 é dada por: $D_2 = 2R_2 \Rightarrow \boxed{D_2 = 24\text{ cm}}$

P.356 a) Trajetória circular, pois o ângulo entre $\vec{v}$ e $\vec{B}$ é 90°.



b) $F_m = B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen}\,\theta$

$F_m = 10 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} \cdot \text{sen}\,90°$

$\boxed{F_m = 10^{-5}\ \text{N}}$

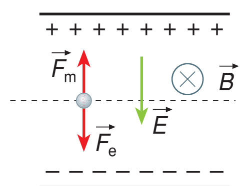
A direção da força magnética é a da reta perpendicular a $\vec{v}_0$ e o seu sentido está indicado na figura.

c) $F_R = P - F_m = ma \Rightarrow$

$$\Rightarrow a = \frac{P - F_m}{m} \Rightarrow a = g - \frac{F_m}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = 10 - \frac{10^{-5}}{20 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow a = 10 - 0,5 \Rightarrow \boxed{a = 9,5\ \text{m/s}^2}$$

P.357 a)



O campo elétrico $\vec{E}$ tem orientação da placa positiva para a placa negativa. A força elétrica $\vec{F}_e$ tem o mesmo sentido, pois os íons são positivos.

Para os íons não serem desviados, a força magnética $\vec{F}_m$ deve ter sentido contrário ao da força elétrica $\vec{F}_e$, para que a resultante seja nula.

Aplicando a regra da mão direita nº 2, concluímos que o campo magnético $\vec{B}$ deve ter sentido indicado: "entrando" no plano da figura.

b) Vamos igualar as intensidades das forças elétrica e magnética, isto é: $F_e = F_m$

Como $F_e = q \cdot E$ e $F_m = B \cdot q \cdot v$, vem:

$$q \cdot E = B \cdot q \cdot v \Rightarrow B = \frac{E}{v} = \frac{U}{dv}$$

Sendo $d = 5,0$ mm $= 5,0 \cdot 10^{-3}$ m, $U = 5,0 \cdot 10^3$ V e $v = 1,0 \cdot 10^6$ m/s, temos:

$$B = \frac{5,0 \cdot 10^3}{5,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 \cdot 10^6} \Rightarrow \boxed{B = 1,0\ \text{T}}$$

P.358 a) A partícula percorre a distância x numa direção no mesmo intervalo de tempo em que sofre a deflexão y na direção perpendicular.

Na direção x, temos: $x = v_0 \cdot t \Rightarrow t = \dfrac{x}{v_0}$ ①

Na direção y, vem: $y = \dfrac{\alpha \cdot t^2}{2}$ ②

Mas: $\alpha = \dfrac{F_e}{m} = \dfrac{q \cdot E}{m}$ ③

Substituindo ① e ③ em ②, obtemos:

$$y = \frac{\dfrac{q \cdot E}{m} \cdot \dfrac{x^2}{v_0^2}}{2} \Rightarrow y = \frac{q \cdot E \cdot x^2}{2 \cdot m \cdot v_0^2}$$

Logo: $\boxed{\dfrac{q}{m} = \dfrac{2 \cdot y \cdot v_0^2}{E \cdot x^2}}$

b) Ao se introduzir o campo magnético cujo vetor indução tem módulo $B = 2{,}0 \cdot 10^{-4}$ T, a força magnética ($\vec{F}_m$) equilibra a força elétrica ($\vec{F}_e$), ou seja: $F_e = F_m$

Mas: $F_e = q \cdot E$ e $F_m = q \cdot v_0 \cdot B$

Logo: $q \cdot E = q \cdot v_0 \cdot B \Rightarrow v_0 = \dfrac{E}{B}$

Como $E = 1{,}0 \cdot 10^3$ V/m, vem:

$$v_0 = \frac{1{,}0 \cdot 10^3}{2{,}0 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \boxed{v_0 = 5{,}0 \cdot 10^6 \text{ m/s}}$$

c) Substituindo y por $3{,}5 \cdot 10^{-2}$ m, v_0 por $5{,}0 \cdot 10^6$ m/s, E por $1{,}0 \cdot 10^3$ V/m e x por 10 cm $= 1{,}0 \cdot 10^{-1}$ m na fórmula obtida no item **a**, vem:

$$\frac{q}{m} = \frac{2 \cdot 3{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot (5{,}0 \cdot 10^6)^2}{1{,}0 \cdot 10^3 \cdot (1{,}0 \cdot 10^{-1})^2}$$

$$\boxed{\frac{q}{m} = 1{,}75 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}}$$

P.359 Quando a tensão é ajustada, a força magnética $\vec{F}_m$ "substitui" as forças elásticas no equilíbrio do peso do condutor. Assim: $F_m = 2 \cdot F_{elást.} = 2 \cdot kx$

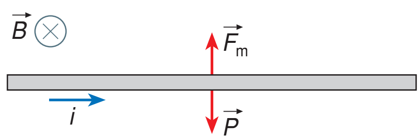
Como $k = 5{,}0$ N/m e $x = 2{,}0$ mm $= 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ m, vem:

$F_m = 2 \cdot 5{,}0 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow F_m = 2{,}0 \cdot 10^{-2}$ N

Mas, $F_m = B \cdot i \cdot L$. Assim, sendo $i = 1{,}0$ A e $L = 2{,}5$ cm $= 2{,}5 \cdot 10^{-2}$ m, vem:

$2{,}0 \cdot 10^{-2} = B \cdot 1{,}0 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{B = 0{,}80 \text{ T}}$

Sentido de $\vec{B}$



A aplicação da regra da mão direita nº 2 indica que o vetor indução magnética $\vec{B}$ está orientado como mostra a figura, isto é, "entrando" no plano do papel.

P.360 a) Para que o elétron se mantenha em MRU, a força elétrica $\vec{F}_e$ deve equilibrar a força magnética $\vec{F}_m$, ou seja: $F_e = F_m$

Mas: $F_e = |q| \cdot E$ e $F_m = |q| \cdot v \cdot B$

Assim: $|q| \cdot E = |q| \cdot v \cdot B \Rightarrow E = v \cdot B$

Como $v = 5{,}0 \cdot 10^5$ m/s e $B = 0{,}010$ T, vem:

$E = 5{,}0 \cdot 10^5 \cdot 0{,}010 \Rightarrow \boxed{E = 5{,}0 \cdot 10^3 \text{ V/m}}$

b) Para atingir o alvo, o raio mínimo da trajetória deve ser:

$R_{mín.} = 10$ cm $= 1{,}0 \cdot 10^{-1}$ m

Da fórmula $R_{mín.} = \dfrac{mv}{|q| \cdot B_{máx.}}$, vem:

$$B_{máx.} = \frac{mv}{|q| \cdot R_{míx.}} = \frac{9 \cdot 10^{-31} \cdot 5{,}0 \cdot 10^5}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow \boxed{B_{máx.} \simeq 2{,}8 \cdot 10^{-5} \text{ T}}$$

P.361 Dados: $L = 0{,}20$ m; $B = 1{,}5$ T; $m = 6{,}0 \cdot 10^{-3}$ kg; $i = 50$ A; $y = 0{,}12$ m

a) Intensidade da força magnética:

$$F_0 = B \cdot i \cdot L \Rightarrow F_0 = 1{,}5 \cdot 50 \cdot 0{,}20 \Rightarrow \boxed{F_0 = 15\ \text{N}}$$

b) Trabalho da força magnética F_0:

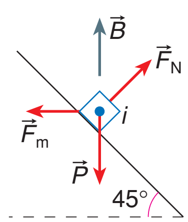
$$\mathcal{T}_{F_0} = F_0 \cdot y \Rightarrow \mathcal{T}_{F_0} = 15 \cdot 0{,}12 \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{F_0} = 1{,}8\ \text{J}}$$

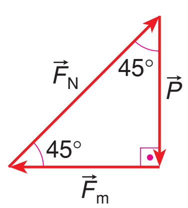
c) O trabalho resultante corresponde à variação da energia cinética: $\mathcal{T}_R = E_{c(F)} - E_{c(0)}$
Entretanto, $E_{c(0)} = 0$ (o fio partiu do repouso) e $E_{c(F)} = 0$ (no ponto de altura máxima $v = 0$). Então: $\mathcal{T}_R = 0$
Mas $\mathcal{T}_R = \mathcal{T}_{F_0} + \mathcal{T}_P$, em que $\mathcal{T}_P = -mgH$. Portanto:

$$0 = \mathcal{T}_{F_0} - mgH \Rightarrow mgH = \mathcal{T}_{F_0} \Rightarrow H = \frac{\mathcal{T}_{F_0}}{mg} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \frac{1{,}8}{6{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10} \Rightarrow \boxed{H = 30\ \text{m}}$$

P.362 Estando a barra em equilíbrio, a linha poligonal das forças é fechada.





Portanto:

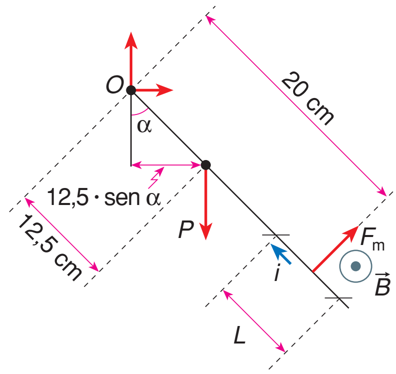
$F_m = P$

$B \cdot i \cdot L = P$

$0{,}5 \cdot i \cdot 1 = 2$

$\boxed{i = 4\ \text{A}}$

P.363 Com a regra da mão direita nº 2, determinamos o sentido da força magnética que atua no trecho de fio de 19 cm a 21 cm ($L = 2$ cm).



No equilíbrio, temos:

$M_0 = 0$

$F_m \cdot 20 - P \cdot 12{,}5 \cdot \text{sen}\ \alpha = 0$

$B \cdot i \cdot L \cdot 20 - m \cdot g \cdot 12{,}5 \cdot \text{sen}\ \alpha = 0$

$0{,}05 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 20 - 8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 12{,}5 \cdot \text{sen}\ \alpha = 0$

$\text{sen}\ \alpha = 0{,}1$

$\boxed{\alpha \text{ é o ângulo cujo seno é } 0{,}1.}$

P.364 $AC = BC = L$; $AB = L \cdot \sqrt{2}$;

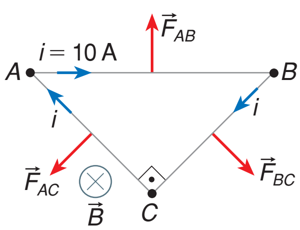
$F_{AC} = F_{BC} = B \cdot i \cdot L$ e $F_{AB} = B \cdot i \cdot L \cdot \sqrt{2}$

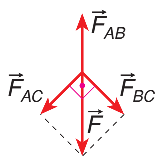
A resultante $\vec{F}$ entre $\vec{F}_{AC}$ e $\vec{F}_{BC}$ tem intensidade:

$F = B \cdot i \cdot L \cdot \sqrt{2}$

Note que $\vec{F}_{AB}$ e $\vec{F}$ se equilibram; portanto, a força magnética resultante é nula:

$\boxed{F_R = 0}$





P.365 a) Sendo $R = 2{,}5\ \Omega$ e $i = 0{,}80$ A, a aplicação da lei de Ohm fornece:

$U = R \cdot i = 2{,}5 \cdot 0{,}80 \Rightarrow \boxed{U = 2{,}0\ \text{V}}$

b) A força magnética atuante em $\overline{AB}$ ou em $\overline{CD}$ tem intensidade dada por:

$F_m = B \cdot i \cdot L$

Como $B = 0{,}50$ T, $i = 0{,}80$ A e $L = 0{,}050$ m, vem:

$F_m = 0{,}50 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}050 \Rightarrow \boxed{F_m = 2{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{N}}$

P.366 $F_{12} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i \cdot i}{a} \cdot L$ ①

$F_{13} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i \cdot i}{3a} \cdot L$ ②

Dividindo ① por ②: $\boxed{\frac{F_{12}}{F_{13}} = 3}$

P.367 a) A intensidade de corrente elétrica (i), determinada pelo feixe de elétrons através de uma seção transversal no interior do tubo, é dada por: $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

Para calcularmos a quantidade de carga Δq na órbita circular, devemos observar que o intervalo de tempo Δt é igual ao período T do movimento das partículas. Assim:

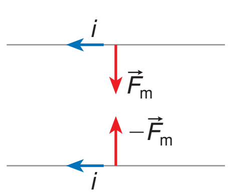
$$v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \frac{2\pi \cdot 32}{T} \Rightarrow T = \frac{64\pi}{3 \cdot 10^8} \text{ s}$$

Portanto: $i = \frac{\Delta q}{T} \Rightarrow 0{,}12 = \frac{\Delta q}{\frac{64\pi}{3 \cdot 10^8}} \Rightarrow \Delta q = 2{,}56\pi \cdot 10^{-8}$ C

Por outro lado:

$$\Delta q = ne \Rightarrow 2{,}56\pi \cdot 10^{-8} = n \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \boxed{n \simeq 5{,}0 \cdot 10^{11}}$$

b) Considerando que o campo produzido pelo feixe pode ser calculado como o de um fio retilíneo, temos o seguinte esquema:



A intensidade da força magnética F_m é dada por:

$F_m = B \cdot i \cdot L$

Na situação, temos: $B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{i}{r}$ e $L = 2\pi R$

Assim:

$$F_m = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{0{,}12}{0{,}01} \cdot 0{,}12 \cdot 2\pi \cdot 32 \Rightarrow \boxed{F_m \simeq 5{,}8 \cdot 10^{-5} \text{ N}}$$

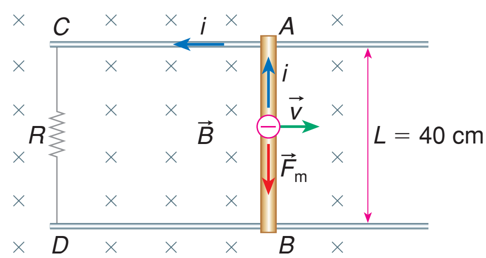
P.368 De $e = B \cdot L \cdot v$, vem: $e = 0{,}5 \cdot 0{,}10 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{e = 5 \cdot 10^{-2}\ \text{V}}$

P.369 De $e = B \cdot L \cdot v$, vem: $e = 15 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 20 \Rightarrow \boxed{e = 3 \cdot 10^{-4}\ \text{V}}$

P.370 a) $e = B \cdot L \cdot v \Rightarrow e = 1{,}5 \cdot 0{,}40 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{e = 1{,}2\ \text{V}}$

b) $i = \dfrac{e}{R} \Rightarrow i = \dfrac{1{,}2}{0{,}6} \Rightarrow \boxed{i = 2\ \text{A}}$

Pela regra da mão direita nº 2, determinamos o sentido do movimento dos elétrons no interior do condutor *AB*. O sentido convencional da corrente elétrica é contrário ao do movimento dos elétrons e, no caso, **anti-horário**.

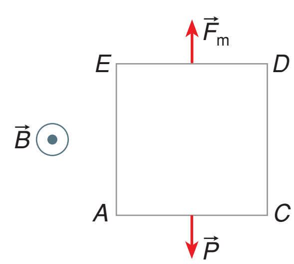


P.371 Ao atingir a velocidade-limite:

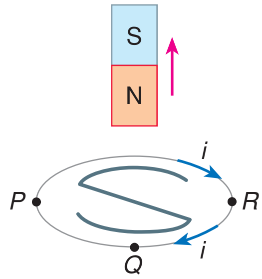
$F_m = P \Rightarrow B \cdot i \cdot L = P \Rightarrow$

$$\Rightarrow B \cdot \frac{B \cdot L \cdot v}{R} \cdot L = P \Rightarrow \frac{B^2 \cdot L^2 \cdot v}{R} = P \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2^2 \cdot (0{,}10)^2 \cdot v}{5 \cdot 10^{-3}} = 0{,}2 \Rightarrow \boxed{v = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{m/s}}$$

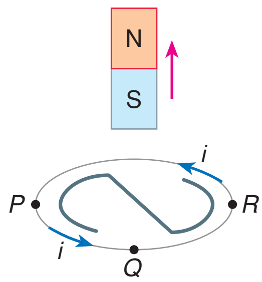


P.372 a)



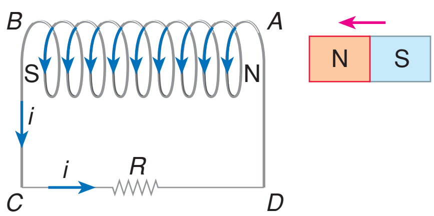
Enquanto o polo norte se afasta, surge na espira um polo sul, de modo a se opor ao afastamento do ímã, de acordo com a lei de Lenz. A corrente induzida tem sentido **horário**, isto é: $R \rightarrow Q \rightarrow P$

b)



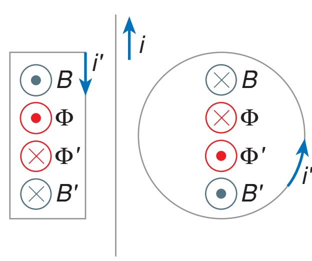
Enquanto o polo sul se afasta, surge na espira um polo norte, de modo a se opor ao afastamento do ímã, de acordo com a lei de Lenz. A corrente induzida tem sentido **anti-horário**, isto é: $P \rightarrow Q \rightarrow R$

P.373

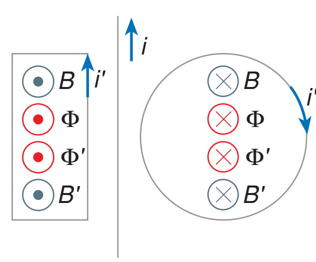


Na face do solenoide voltada para o ímã (extremidade *A*), surge um polo norte, de modo a se opor à aproximação do polo norte do ímã. A corrente induzida nessa face tem sentido anti-horário. Logo, no resistor *R*, a corrente induzida tem sentido **de *C* para *D***.

P.374 a) Pela regra da mão direita nº 1, determinamos os sentidos do vetor magnético $\vec{B}$ à direita e à esquerda do fio. Se *i* cresce com o tempo, o fluxo indutor Φ também cresce. Pela lei de Lenz, surge nas espiras o fluxo induzido Φ', que se opõe ao aumento do fluxo indutor. O campo induzido $\vec{B}'$, que origina Φ', tem, em cada espira, o sentido indicado na figura. Pela regra da mão direita nº 1, concluímos que a corrente induzida *i'*, na espira circular, tem sentido anti-horário e, na retangular, horário.



b) Neste caso, *i* decresce com o tempo. Nessas condições, *B* e Φ também decrescem com o tempo. Φ' surge opondo-se ao decréscimo e, portanto, no mesmo sentido de Φ. Conhecido o sentido de $\vec{B}'$, que origina Φ', concluímos, pela regra da mão direita nº 1, que a corrente induzida *i'* tem sentido horário na espira circular e anti-horário, na retangular.



P.375 São dados: $A = 1\ m^2$, $\theta = 0°$, $\dfrac{\Delta B}{\Delta t} = -2$ T/s e $R = 4\ \Omega$

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\frac{\Delta B \cdot A}{\Delta t} \Rightarrow e = -(-2)\cdot 1 \Rightarrow e = 2\ \text{V}$$

$$i = \frac{e}{R} \Rightarrow i = \frac{2}{4} \Rightarrow \boxed{i = 0{,}5\ \text{A}}$$

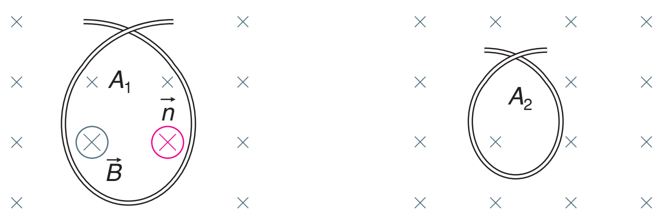
P.376 São dados: $N = 200$ espiras, $A = \pi r^2 = \pi \cdot (4 \cdot 10^{-2})^2\ m^2 \simeq 5 \cdot 10^{-3}\ m^2$;
$B_1 = 0{,}01$ T; $B_2 = 0$; $\Delta t = 1$ s; $\theta = 0°$

Assim:

$$e = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -N \cdot \frac{\Delta BA}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e = -200 \cdot \frac{-0{,}01 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1} \Rightarrow \boxed{e = 10^{-2}\ \text{V}}$$

P.377



$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 \Rightarrow \Delta\Phi = BA_2 \cdot \cos\theta - BA_1 \cdot \cos\theta$

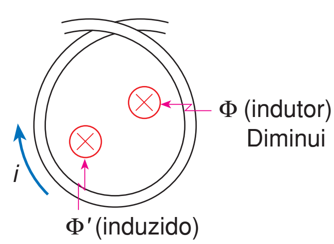
Sendo $\cos\theta = 1$, vem: $\Delta\Phi = B \cdot (A_2 - A_1)$

A fem média induzida na espira é dada por:

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\frac{B \cdot (A_2 - A_1)}{\Delta t} \Rightarrow e = -\frac{0{,}40 \cdot (0{,}30 \cdot 10^{-4} - 1{,}20 \cdot 10^{-4})}{0{,}10} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{e = 3{,}6 \cdot 10^{-4}\ \text{V}}$$

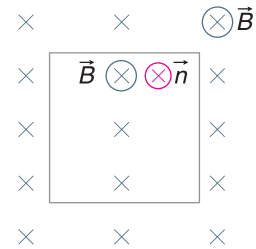
De acordo com a lei de Lenz, o fluxo induzido Φ' surge no sentido indicado na figura, opondo-se à diminuição do fluxo indutor. Desse modo, o sentido da corrente induzida é **horário**.



P.378 a) $\Phi = BA \cdot \cos\theta$

$\Phi = 5{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 0°$

$\boxed{\Phi = 3{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{Wb}}$



b) $i = \dfrac{e}{R} \Rightarrow i = -\dfrac{\Delta\Phi}{R \cdot \Delta t} \Rightarrow$

$\Rightarrow i \cdot \Delta t = \dfrac{-\Delta\Phi}{R} \Rightarrow \Delta q = -\dfrac{\Delta\Phi}{R}$ ①

$\Delta B = B_2 - B_1 \Rightarrow \Delta B = 2{,}0 \cdot 10^{-3} - 5{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \Delta B = -3{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{T}$

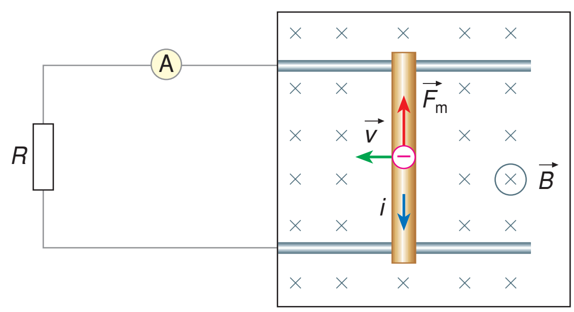
$\Delta\Phi = \Delta BA \Rightarrow \Delta\Phi = -3{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \Delta\Phi = -18 \cdot 10^{-6}\ \text{Wb}$

Substituindo em ①:

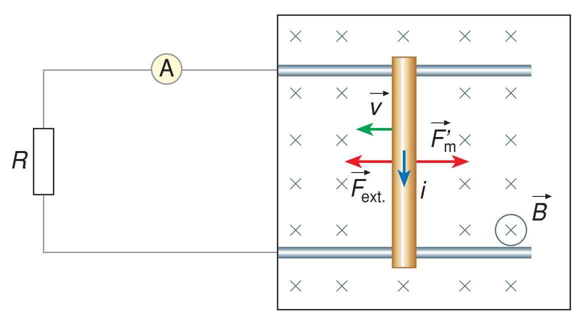
$\Delta q = -\dfrac{-18 \cdot 10^{-6}}{2{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{\Delta q = 9{,}0 \cdot 10^{-4}\ \text{C}}$

P.379 $e_{a(m)} = -L\dfrac{\Delta i}{\Delta t} \Rightarrow e_{a(m)} = -0{,}25 \cdot \dfrac{-2{,}0}{10} \Rightarrow \boxed{e_{a(m)} = 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{V}}$

P.380 a) Pela regra da mão direita nº 2, podemos determinar o sentido do movimento dos elétrons no interior da barra de metal. O sentido convencional da corrente é contrário ao sentido do movimento dos elétrons e no caso será horário.



b) Enquanto o condutor se desloca e a corrente induzida i o percorre, o campo magnético exerce a força $\vec{F}'_m$, opondo-se ao deslocamento da barra. Como Emanuel empurrou a barra e em seguida a soltou, concluímos que v diminui.



Para manter a corrente elétrica induzida, o operador deve exercer uma força externa $\vec{F}_{ext.}$ no sentido de $\vec{v}$. Para que $\vec{v}$ seja constante, devemos impor que $\vec{F}'_m$ e $\vec{F}'_{ext.}$ sejam iguais em módulo (resultante nula).

Observação:

O sentido de i pode também ser determinado pela regra da mão direita nº 2: conhecidos os sentidos de $\vec{F}'_m$ (oposto ao deslocamento) e de $\vec{B}$, determina-se o sentido de i.

P.381 a) $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$

$Q = 1{,}5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 40$

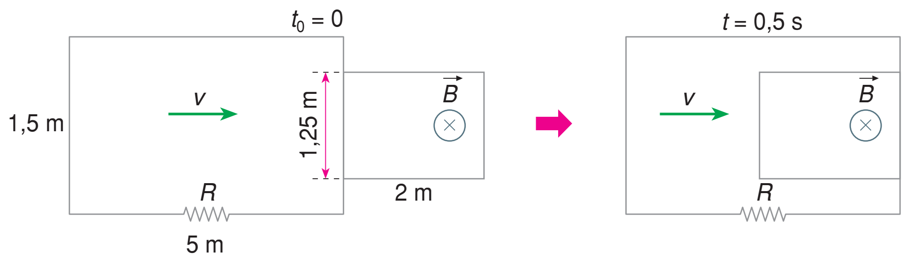
$Q = 20$ cal

$\boxed{Q = 80 \text{ J}}$

b) $Pot = \frac{Q}{\Delta t} = R \cdot i^2 \Rightarrow \frac{80}{0{,}5} = 0{,}40 \cdot i^2 \Rightarrow \boxed{i = 20 \text{ A}}$

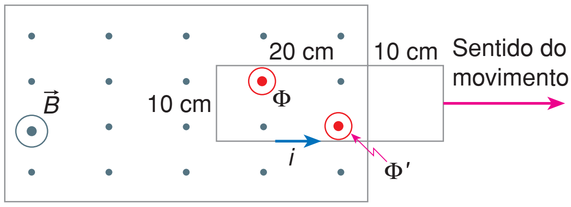
c) De $i = \frac{B \cdot L \cdot v}{R}$, sendo $L = 1{,}25$ m e $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2 \text{ m}}{0{,}5 \text{ s}} = 4$ m/s, vem:

$20 = \frac{B \cdot 1{,}25 \cdot 4}{0{,}40} \Rightarrow \boxed{B = 1{,}6 \text{ T}}$



P.382 $i = \frac{e}{R} \Rightarrow i = \frac{BLv}{R} \Rightarrow i = \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{10} \Rightarrow \boxed{i = 1{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ A}}$

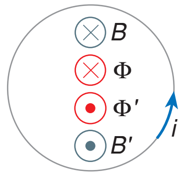
De acordo com a lei de Lenz, o fluxo induzido Φ' surge no sentido indicado, opondo-se à diminuição do fluxo indutor Φ. Desse modo, o sentido da corrente induzida é **anti-horário**.



Posição da espira no instante $t = 2$ s

P.383 a) B cresce com o tempo:

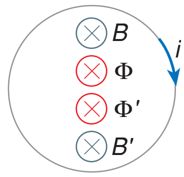
O fluxo indutor Φ cresce com o tempo e, dessa forma, o fluxo induzido Φ' surge, opondo-se ao crescimento de Φ.



O campo $\vec{B}'$, que origina Φ', tem o sentido indicado na figura. Pela regra da mão direita nº 1, concluímos que a corrente induzida i tem sentido **anti-horário**.

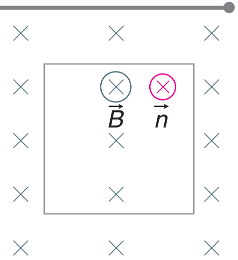
b) B decresce com o tempo:

O fluxo indutor Φ decresce com o tempo e, dessa forma, o fluxo induzido Φ' surge, no mesmo sentido de Φ, opondo-se ao decréscimo.



O campo $\vec{B}'$, que origina Φ', tem o sentido indicado na figura. Pela regra da mão direita nº 1, concluímos que a corrente induzida i tem sentido **horário**.

P.384 a) $\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$



$\Phi = 5 \cdot 10^{-3} \cdot (8 \cdot 10^{-2})^2 \cdot \cos 0°$

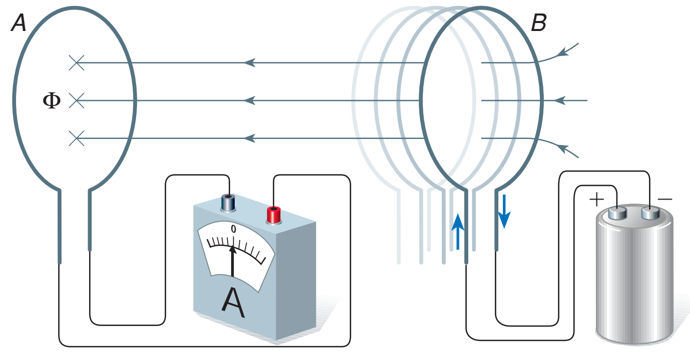
$\boxed{\Phi = 3{,}2 \cdot 10^{-5}\ \text{Wb}}$

b) $\Phi_1 = 3{,}2 \cdot 10^{-5}$ Wb e $\Phi_2 = 0$, pois o campo cai a zero.

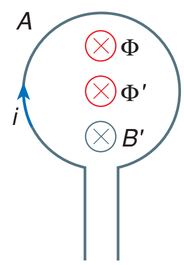
$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 \Rightarrow \Delta\Phi = -3{,}2 \cdot 10^{-5}$ Wb

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\frac{-3{,}2 \cdot 10^{-5}}{0{,}1} \Rightarrow \boxed{e = 3{,}2 \cdot 10^{-4}\ \text{V}}$$

P.385 Ao se afastar a espira *B*, o fluxo indutor Φ através da espira *A* diminui.



O fluxo induzido Φ' surge no mesmo sentido de Φ, opondo-se à diminuição. Conhece-se, assim, o sentido do campo $\vec{B}'$, que origina Φ'.
Pela regra da mão direita nº 1 concluímos que o sentido da corrente induzida i' é **horário**.



P.386 a) Para uma espira:

$\Phi_1 = B_1A \cdot \cos\theta \Rightarrow \Phi_1 = 8{,}0 \cdot 0{,}20 \cdot 0{,}30 \cdot \cos 0° \Rightarrow \Phi_1 = 0{,}48$ Wb

$\Phi_2 = B_2A \cdot \cos\theta \Rightarrow \Phi_2 = 16 \cdot 0{,}20 \cdot 0{,}30 \cdot \cos 0° \Rightarrow \Phi_2 = 0{,}96$ Wb

$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 \Rightarrow \Delta\Phi = 0{,}96 - 0{,}48 \Rightarrow \Delta\Phi = 0{,}48$ Wb

A força eletromotriz, considerando-se uma bobina de 10 espiras ($N = 10$), será:

$$e = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -10 \cdot \frac{0{,}48}{1{,}2} \Rightarrow e = -4{,}0\text{ V} \Rightarrow \boxed{|e| = 4{,}0\text{ V}}$$

b) $i = \dfrac{|e|}{R} \Rightarrow i = \dfrac{4{,}0}{4{,}0} \Rightarrow \boxed{i = 1{,}0\text{ A}}$

P.387 a) $\Phi_1 = BA_1 \cdot \cos\theta$

$\Phi_1 = B\pi r^2 \cdot \cos 0°$

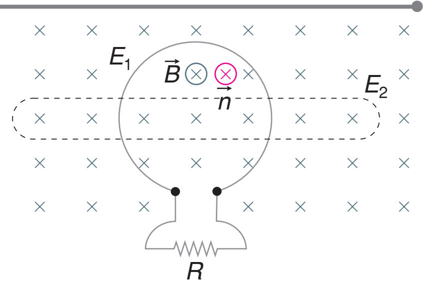
$\Phi_1 = 0{,}6 \cdot \pi \cdot (0{,}10)^2$

$\Phi_1 = 6\pi \cdot 10^{-3}$ Wb

$\Phi_1 = 18{,}84 \cdot 10^{-3}$ Wb

$\Phi_2 = BA_2 \cdot \cos 0°$

$\Phi_2 = 0{,}6 \cdot 14 \cdot 10^{-4}$



$\Phi_2 = 8{,}4 \cdot 10^{-4}$ Wb

$\Phi_2 = 0{,}84 \cdot 10^{-3}$ Wb

$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$

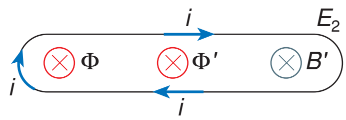
$\Delta\Phi = (0{,}84 - 18{,}84) \cdot 10^{-3}$

$\Delta\Phi = -18 \cdot 10^{-3}$ Wb

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\frac{-18 \cdot 10^{-3}}{0{,}1} \Rightarrow \boxed{e = 18 \cdot 10^{-2}\ \text{V}}$$

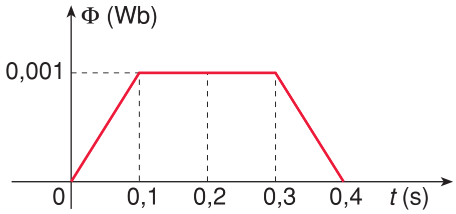
b) $i = \dfrac{e}{R} \Rightarrow i = \dfrac{18 \cdot 10^{-2}}{0{,}01} \Rightarrow \boxed{i = 18\ \text{A}}$

Ao passar da forma E_1 para a forma E_2, o fluxo indutor Φ diminui. O fluxo induzido Φ' surge no mesmo sentido, opondo-se à diminuição de Φ. Conhece-se, assim, o sentido de $\vec{B}'$, que origina Φ', e o sentido da corrente induzida i: **horário**.



P.388 a) No intervalo de tempo entre 0,1 s e 0,3 s a fem induzida na bobina é zero, porque não há variação de fluxo magnético.

b)



De 0,3 s a 0,4 s, temos: $\Delta\Phi = -0{,}001$ Wb, para cada espira. Como a bobina tem 400 espiras ($N = 400$), teremos na bobina a força eletromotriz:

$$e = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -400 \cdot \frac{-0{,}001}{0{,}1} \Rightarrow \boxed{e = 4\ \text{V}}$$

Observação:

No intervalo de 0 a 0,1 s, temos $e = -4$ V.

P.389 a) Campo gerado pela espira externa entre 2 s e 4 s:

$$B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1}{2 \cdot 1{,}0} \Rightarrow B = 2\pi \cdot 10^{-7}\ \text{T}$$

Sendo $A = \pi r^2 = 10^{-4}\pi$ m², o fluxo magnético na espira menor será:

$\Phi = BA \Rightarrow \Phi = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-4}\pi \Rightarrow$

$\Rightarrow \Phi = 2\pi^2 \cdot 10^{-11} \Rightarrow \boxed{\Phi \simeq 2 \cdot 10^{-10}\ \text{Wb}}$

b) Cálculo da fem induzida e da intensidade de corrente induzida (i')

De 0 a 2 s:

$\Delta\Phi = \Phi - 0 \Rightarrow \Delta\Phi = 2 \cdot 10^{-10}$ Wb

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\frac{2 \cdot 10^{-10}}{2} \Rightarrow e = -1 \cdot 10^{-10}\ \text{V}$$

$$i' = \frac{e}{R_E} \Rightarrow i' = \frac{-1 \cdot 10^{-10}}{0{,}1} \Rightarrow i' = -1 \cdot 10^{-9}\ \text{A} = -1\ \text{nA}$$

De 2 s a 4 s:

$\Delta\Phi = 0 \Rightarrow e = 0 \Rightarrow i = 0$

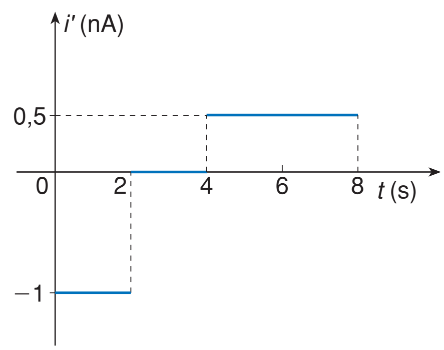
De 4 s a 8 s:

$\Delta\Phi = 0 - \Phi \Rightarrow \Delta\Phi = -2 \cdot 10^{-10}$ Wb

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\frac{(-2 \cdot 10^{-10})}{4} \Rightarrow e = +0{,}5 \cdot 10^{-10}\ \text{V}$$

$$i' = \frac{e}{R_E} \Rightarrow i' = \frac{+0{,}5 \cdot 10^{-10}}{0{,}1} \Rightarrow i' = +0{,}5 \cdot 10^{-9}\ \text{A} \Rightarrow i' = +0{,}5\ \text{nA}$$

Partindo dos valores calculados para a corrente induzida (i'), construímos o gráfico i' (nA) $\times$ t (s).



c) O sinal da intensidade da corrente induzida indica seu sentido em relação à corrente na espira externa.

Assim:

de 0 a 2 s $\rightarrow$ sentido horário (oposto à corrente i)

de 2 s a 4 s $\rightarrow$ corrente nula

de 4 s a 8 s $\rightarrow$ sentido anti-horário (o mesmo da corrente i)

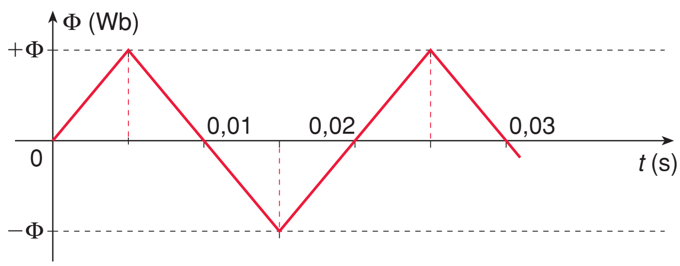
P.390 a) A frequência da corrente que percorre o fio retilíneo pode ser calculada por meio do gráfico $i \times t$:

$$T = 0{,}02\ \text{s} \Rightarrow f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{0{,}02} \Rightarrow \boxed{f = 50\ \text{Hz}}$$

b) De $\Phi = BA$ e sendo $B = \dfrac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r}$, em que r é a distância do centro da espira ao fio,

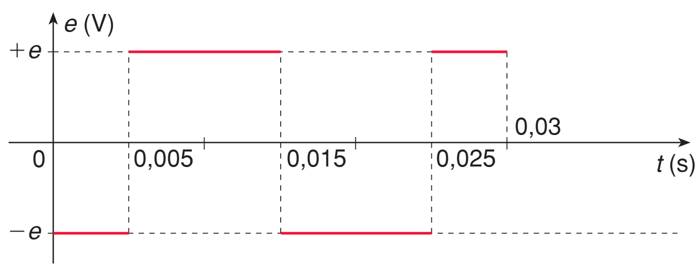
temos: $\Phi = \dfrac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r} \cdot A$

Portanto, o gráfico $\Phi \times t$ tem o mesmo aspecto do gráfico $i \times t$ dado. Assim, temos:



Observação:
Consideramos o raio da espira desprezível em relação à distância do centro da espira ao fio.

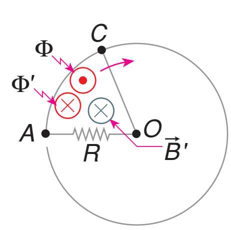
c) Lembrando que a força eletromotriz induzida é dada por $e = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, resulta o seguinte gráfico:



P.391 a) $e = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\dfrac{B \cdot \Delta A}{\Delta t} \Rightarrow e = -\dfrac{B \cdot \pi r^2}{T} \Rightarrow$

$\Rightarrow e = -B\pi r^2 \cdot f \Rightarrow |e| = 0{,}5 \cdot \pi \cdot (0{,}4)^2 \cdot 0{,}2 \Rightarrow \boxed{|e| \simeq 0{,}05 \text{ V}}$

b) O fluxo indutor Φ aumenta. O fluxo induzido Φ' surge, opondo-se ao aumento. Portanto, o campo $\vec{B}'$ que origina Φ' tem o sentido indicado na figura. Pela regra da mão direita nº 1, concluímos que o sentido da corrente induzida em *R* é de ***O* para *A***.



P.392 a) Chave Ch aberta: surge uma ddp induzida entre os terminais do solenoide.
Chave Ch fechada: passa corrente induzida no solenoide.

b) Aparecem correntes induzidas ao longo do disco metálico. São as **correntes de Foucault**.

P.393 O valor máximo da fem induzida é dado por: $e_{\text{máx.}} = \Phi_{\text{máx.}} \cdot \omega$

Sendo $\Phi_{\text{máx.}} = BA$, vem: $e_{\text{máx.}} = BA \cdot \omega$

São dados: $e_{\text{máx.}} = 10$ V, $B = 1$ T e $A = a^2 = (0,1)^2$ m^2

Portanto: $10 = 1 \cdot (0,1)^2 \cdot \omega \Rightarrow \boxed{\omega = 10^3 \text{ rad/s}}$

P.394 $i_{\text{ef.}} = \dfrac{i_{\text{máx.}}}{\sqrt{2}} \Rightarrow 4 = \dfrac{i_{\text{máx.}}}{\sqrt{2}} \Rightarrow i_{\text{máx.}} = 4\sqrt{2}$ A

$\omega = 2\pi f \Rightarrow \omega = 2\pi \cdot 60 \Rightarrow \omega = 120\pi$ rad/s

$i = i_{\text{máx.}} \cdot \text{sen } \omega t \Rightarrow \boxed{i = 4\sqrt{2} \cdot \text{sen } 120\pi t}$ ou $\boxed{i = 4\sqrt{2} \cdot \text{sen } (2\pi \cdot 60t)}$ (SI)

P.395 $i_{\text{ef.}} = \dfrac{i_{\text{máx.}}}{\sqrt{2}} \Rightarrow i_{\text{ef.}} = \dfrac{5}{\sqrt{2}}$ A

$e_{\text{ef.}} = R \cdot i_{\text{ef.}} \Rightarrow e_{\text{ef.}} = 10 \cdot \dfrac{5}{\sqrt{2}} \Rightarrow e_{\text{ef.}} = \dfrac{50}{\sqrt{2}}$ V

$Pot_m = e_{\text{ef.}} \cdot i_{\text{ef.}} \Rightarrow Pot_m = \dfrac{50}{\sqrt{2}} \cdot \dfrac{5}{\sqrt{2}} \Rightarrow \boxed{Pot_m = 125 \text{ W}}$

P.396 Comparando $e = 60 \cdot \text{sen } (2\pi \cdot 60t)$ com $e = e_{\text{máx.}} \cdot \text{sen } \omega t$, vem: $e_{\text{máx.}} = 60$ V

Assim:

$e_{\text{ef.}} = \dfrac{e_{\text{máx.}}}{\sqrt{2}} \Rightarrow e_{\text{ef.}} = \dfrac{60}{\sqrt{2}}$ V

$Pot_m = \dfrac{e_{\text{ef.}}^2}{R} \Rightarrow Pot_m = \dfrac{\left(\dfrac{60}{\sqrt{2}}\right)^2}{20} \Rightarrow \boxed{Pot_m = 90 \text{ W}}$

P.397 Sendo $e_{ef.} = \dfrac{e_{máx.}}{\sqrt{2}}$; $e_{máx.} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega$ e $e_{ef.} = R \cdot i_{ef.}$, temos:

$R \cdot i_{ef.} = \dfrac{N \cdot B \cdot A \cdot \omega}{\sqrt{2}}$ em que N é o número de espiras

Dados: $R = N \cdot 0{,}04\ \Omega$; $A = 20 \cdot 20\ cm^2 = 400 \cdot 10^{-4}\ m^2$; $i_{ef.} = 3{,}5$ A; $B = 0{,}2$ T

Logo:

$$N \cdot 0{,}04 \cdot 3{,}5 = \frac{N \cdot 0{,}2 \cdot 400 \cdot 10^{-4} \cdot \omega}{\sqrt{2}} \Rightarrow \boxed{\omega \simeq 25\ rad/s}$$

P.398 $L = \left(\sqrt{1 - \dfrac{u^2}{c^2}}\right) \cdot L'$

$$L = \left(\sqrt{1 - \dfrac{(0{,}60 \cdot c)^2}{c^2}}\right) \cdot 2{,}0 \Rightarrow L = \sqrt{0{,}64} \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{L = 1{,}6\ \text{m}}$$

P.399 $\Delta t = \dfrac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \dfrac{u^2}{c^2}}} \Rightarrow 30 = \dfrac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \dfrac{(2 \cdot 10^8)^2}{(3 \cdot 10^8)^2}}} \Rightarrow \Delta t' = 10 \cdot \sqrt{5}\ \text{min} \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta t' \simeq 22{,}4\ \text{min} \Rightarrow \Delta t' \simeq 22\ \text{min}\ 22\ \text{s}$

O relógio de *B* marca 1 h 22 min 22 s.

P.400 $v = \dfrac{v' + u}{1 + \dfrac{v' \cdot u}{c^2}} \Rightarrow v = \dfrac{0{,}4c + 0{,}5c}{1 + \dfrac{0{,}4c \cdot 0{,}5c}{c^2}} \Rightarrow \boxed{v = 0{,}75c}$

P.401 Nave *A* (referencial *R'*) com velocidade $u = -0{,}8\,c$ em relação à Terra.

Nave *B* com velocidade v' em relação a *R'* e velocidade $v = 0{,}5c$ em relação à Terra.

$$v = \dfrac{v' + u}{1 + \dfrac{v' \cdot u}{c^2}} \Rightarrow 0{,}5\ c = \dfrac{v' - 0{,}8c}{1 - \dfrac{v' \cdot 0{,}8c}{c^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0{,}5c - 0{,}4v' = v' - 0{,}8c \Rightarrow \boxed{v' = \dfrac{13}{14}c}$$

Observação:

Poderíamos calcular v' aplicando diretamente a fórmula: $v' = \dfrac{v - u}{1 - \dfrac{uv}{c^2}}$

P.402 $L = \left(\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}\right) \cdot L' \Rightarrow 0{,}99L' = \left(\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}\right) \cdot L' \Rightarrow (0{,}99)^2 = 1 - \frac{u^2}{c^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow 0{,}9801 = 1 - \frac{u^2}{c^2} \Rightarrow \frac{u^2}{c^2} = 0{,}02 \Rightarrow \boxed{u \simeq 0{,}14c}$

P.403 a) $E_0 = m_0c^2 \Rightarrow E_0 = 1 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow \boxed{E_0 = 9 \cdot 10^{16}\ \text{J}} \Rightarrow$

$\Rightarrow E_0 = \frac{9 \cdot 10^{16}}{4{,}18}\ \text{cal} \Rightarrow \boxed{E_0 \simeq 2{,}1 \cdot 10^{16}\ \text{cal} = 2{,}1 \cdot 10^{13}\ \text{kcal}}$

b) $\frac{1{,}3 \cdot 10^3}{2{,}1 \cdot 10^{13}} \simeq 6{,}2 \cdot 10^{-11}$

Assim, quando explode, a energia química liberada representa:

$\boxed{\simeq (6{,}2 \cdot 10^{-9})\%}$

P.404 $E_c = (m - m_0) \cdot c^2 \Rightarrow 10^{-9} = (m - m_0) \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow m - m_0 = \frac{10^{-9}}{9 \cdot 10^{16}} \Rightarrow \frac{m - m_0}{m_0} = \frac{10^{-9}}{9 \cdot 10^{16} \cdot m_0} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{m}{m_0} - 1 = \frac{10^{-9}}{9 \cdot 10^{16} \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{m}{m_0} \simeq 7{,}65 \Rightarrow \boxed{m \simeq 7{,}65m_0}$

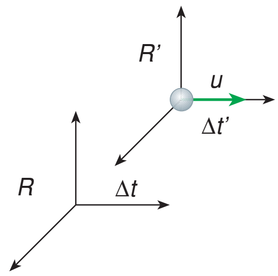
P.405 a) $E_c = E - E_0 \Rightarrow E_c = 2{,}5 - 0{,}5 \Rightarrow \boxed{E_c = 2{,}0\ \text{MeV}}$

b) $E = mc^2 \Rightarrow E = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \Rightarrow E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \Rightarrow$

$\Rightarrow 2{,}5 = \frac{0{,}5}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \Rightarrow \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} = \frac{1}{5} \Rightarrow 1 - \frac{u^2}{c^2} = \frac{1}{5^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{u^2}{c^2} = \frac{24}{25} \Rightarrow u^2 = 0{,}96c^2 \Rightarrow \boxed{u \simeq 0{,}98c}$

P.406



a) $\Delta t = \gamma \cdot \Delta t'$

Sendo $\gamma = 1{,}005$, pois o aumento foi de 5%, concluímos da tabela que:

$u = 0{,}100 \cdot c \Rightarrow u = 0{,}100 \cdot 3 \cdot 10^8 \Rightarrow u = 3 \cdot 10^7$ m/s

No dia a dia, as velocidades são muito menores do que $3 \cdot 10^7$ m/s e, portanto, os efeitos relativísticos não são percebidos.

b) Da tabela, para $u = 0{,}600c$, temos $\gamma = 1{,}250$.

Sendo $\Delta t = \gamma \cdot \Delta t'$, com $\Delta t' = 10$ min, vem:

$\Delta t = 1{,}250 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{\Delta t = 12{,}5 \text{ min}}$

P.407

$$E_c = m_0c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} - 1\right) \Rightarrow E_c = m_0c^2 \cdot \left[\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} - 1\right] \quad ①$$

Como $\frac{u}{c}$ é muito menor que 1, temos: $\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \simeq 1 + \frac{u^2}{2c^2}$ ②

Substituindo ② em ①, temos:

$$E_c = m_0c^2 \cdot \left(1 + \frac{u^2}{2c^2} - 1\right) \Rightarrow E_c = m_0c^2 \cdot \frac{u^2}{2c^2} \Rightarrow \boxed{E_c = \frac{m_0u^2}{2}}$$

P.408 A energia total E é dada por:

$E^2 = Q^2 \cdot c^2 + (m_0 c^2)^2$

$E^2 = (5,0 \cdot 10^{-22})^2 \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2 + [9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2]^2$

$E^2 = 25 \cdot 10^{-44} \cdot 9,0 \cdot 10^{16} + (9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 9,0 \cdot 10^{16})^2$

$E^2 \simeq 225 \cdot 10^{-28} + 67 \cdot 10^{-28}$

$E \simeq 17 \cdot 10^{-14}$ J

A energia de repouso E_0 é dada por:

$E_0 = m_0 c^2 \Rightarrow E_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow E_0 \simeq 8,2 \cdot 10^{-14}$ J

A energia cinética é dada pela diferença entre a energia total e a energia de repouso, ou seja:

$E_c = E - E_0 \Rightarrow E_c \simeq 17 \cdot 10^{-14} - 8,2 \cdot 10^{-14} \Rightarrow \boxed{E_c \simeq 8,8 \cdot 10^{-14}\ \text{J}}$

P.409 a) Equação fotoelétrica de Einstein:

$E_{c(máx.)} = h \cdot f - \phi \Rightarrow 2 = h \cdot f - 1{,}8 \Rightarrow h \cdot f = 3{,}8$ eV

Sendo $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J · s $= 4{,}14 \cdot 10^{-15}$ eV · s, temos:

$4{,}14 \cdot 10^{-15} \cdot f = 3{,}8 \Rightarrow \boxed{f \simeq 9{,}2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$

b) $c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \dfrac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \dfrac{3{,}0 \cdot 10^{8}}{9{,}2 \cdot 10^{14}} \Rightarrow \boxed{\lambda \simeq 3{,}3 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$

P.410 A frequência mínima, ou frequência de corte f_0, ocorre quando $E_{c(máx.)} = 0$. Logo:

$$\phi = h \cdot f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{\phi}{h} \Rightarrow f_0 = \frac{4{,}3}{4{,}14 \cdot 10^{-15}} \Rightarrow \boxed{f_0 \simeq 1{,}04 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$$

P.411 a) Vamos calcular a frequência mínima f_0 para que ocorra emissão fotoelétrica:

$$\phi = h \cdot f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{\phi}{h} \Rightarrow f_0 = \frac{2{,}5}{4{,}2 \cdot 10^{-15}} \Rightarrow f_0 = 6{,}0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

A frequência da luz incidente no metal é dada por:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{3{,}0 \cdot 10^{8}}{6{,}0 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow f = 5{,}0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Sendo $f < f_0$, concluímos que **não ocorrerá emissão fotoelétrica**.

b) É a frequência f_0 calculada no item anterior: $\boxed{f_0 = 6{,}0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$

P.412 a) $E_{fóton} = h \cdot f \Rightarrow E_{fóton} = h \cdot \dfrac{c}{\lambda} = E_{fóton} = 4 \cdot 10^{-15} \cdot \dfrac{3 \cdot 10^{8}}{5 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{E_{fóton} = 2{,}4 \text{ eV}}$

b) A luz de comprimento de onda $5 \cdot 10^{-7}$ m é capaz de arrancar elétrons do césio e do potássio, pois suas funções trabalho W são menores do que 2,4 eV.

c) $E_c = h \cdot f - W$

$$E_c = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W$$

$$E_c = 4 \cdot 10^{-15} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-8}}{3 \cdot 10^{-7}} - 2{,}3$$

$$\boxed{E_c = 1{,}7 \text{ eV}}$$

P.413 Energia de um fóton:

$$E = h \cdot f \Rightarrow E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E = 6{,}6 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3{,}0 \cdot 10^{8}}{6.000 \cdot 10^{-10}} \Rightarrow E \simeq 3{,}3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

A energia $E' = 10^{-18}$ J representa um número n de fótons dado por:

$$n = \frac{E'}{E} \Rightarrow n = \frac{10^{-18}}{3{,}3 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow n = \frac{10}{3{,}3} \Rightarrow \boxed{n = 3}$$

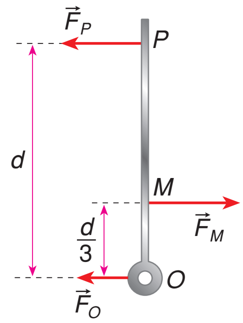
P.414 a) Temos as seguintes formas de energia:

- energia luminosa emitida pela lâmpada;
- energia térmica devido ao efeito Joule na lâmpada, nos fios de ligação e na bateria;
- energia química na bateria;
- energia potencial elástica na mola;
- energia mecânica no martelo da campainha;
- energia eletromagnética na bobina e nos fios de ligação;
- energia sonora emitida pela campainha.

b) Na placa metálica ocorre o efeito fotoelétrico explicado por Einstein, levando em consideração a quantização da energia. Einstein propôs que um fóton da radiação incidente, ao atingir o metal, é completamente absorvido por um único elétron, cedendo-lhe sua energia $h \cdot f$. Com isso, elétrons são emitidos pela placa com energia cinética máxima $E_{c(máx.)} = h \cdot f - \phi$, sendo h a constante de Planck, f a frequência dos fótons e ϕ a função trabalho, isto é, a energia mínima necessária para que o elétron seja liberado da placa.

Outra parte do sistema é a lâmpada. A emissão de luz é devida aos saltos quânticos.

c) Esquema de forças no braço metálico:



$\vec{F}_P$: força magnética
$\vec{F}_M$: força da mola
$\vec{F}_O$: força do pino

Equilíbrio:

$$\Sigma M_O = 0 \Rightarrow F_M \cdot \frac{d}{3} = F_P \cdot d \Rightarrow \boxed{F_M = 3F_P}$$

$$\Sigma \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow F_P + F_O = F_M \Rightarrow F_P + F_O = 3F_P \Rightarrow \boxed{F_O = 2F_P}$$

P.415 a) No nível 1, temos $E_1 = -13,6$ eV e no nível 3, $E_3 = -1,51$ eV.

$E_3 - E_1 = h \cdot f \Rightarrow -1,51 - (-13,6) = h \cdot f \Rightarrow h \cdot f = 12,09$ eV

Como 1 eV $= 1,6 \cdot 10^{-19}$ J, vem:

$h \cdot f = 12,09 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot f = 12,09 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{f \simeq 2,9 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$

b) $c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2,9 \cdot 10^{15}} \Rightarrow \boxed{\lambda \simeq 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$

c) De $E^2 = Q^2 \cdot c^2 + (m_0 \cdot c^2)^2$, sendo $m_0 = 0$, temos:

$$E^2 = Q^2 \cdot c^2 \Rightarrow h \cdot f = Q \cdot c \Rightarrow Q = \frac{h \cdot f}{c} \Rightarrow Q = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 2,9 \cdot 10^{15}}{3,0 \cdot 10^8} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \boxed{Q \simeq 6,4 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

P.416 a) Sendo $-13,6$ eV a energia correspondente ao estado fundamental, temos os acréscimos de energia:

$-13,6$ eV $+ 9,25$ eV $= -4,35$ eV
$-13,6$ eV $+ 12,75$ eV $= -0,85$ eV

Logo, só o fóton com 12,75 eV pode ser absorvido, ocorrendo a transição do nível 1 para o nível 4.
O primeiro fóton é reemitido com sua respectiva energia (9,25 eV).

b) O átomo irá para o 3º estado excitado (nível 4).

c) O átomo excitado poderá decair, até voltar ao estado fundamental, de uma entre as quatro maneiras a seguir.

1ª) 3º estado → estado fundamental

2ª) 3º estado → 2º estado → estado fundamental

3ª) 3º estado → 1º estado → estado fundamental

4ª) 3º estado → 2º estado → 1º estado → estado fundamental

d) Considere o caso:

3º estado → estado fundamental

Do 3º estado excitado (inicial) para o estado fundamental (final), a energia do fóton emitido é dada por:

$-0{,}85\text{ eV} - (-13{,}6\text{ eV}) = 12{,}75\text{ eV}$

Outros decaimentos possíveis:

3º estado → 2º estado: $-0{,}85\text{ eV} - (-1{,}51\text{ eV}) = 0{,}66\text{ eV}$

2º estado → 1º estado: $-1{,}51\text{ eV} - (-3{,}40\text{ eV}) = 1{,}89\text{ eV}$

1º estado → estado fundamental: $-3{,}40\text{ eV} - (-13{,}6\text{ eV}) = 10{,}20\text{ eV}$

P.417 a) Aspectos da Física Clássica mantidos no modelo de Bohr:

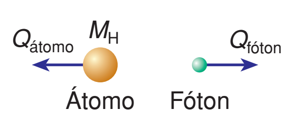
- O elétron se movimenta em torno do núcleo sob ação da força elétrica de atração dada pela lei de Coulomb.
- O movimento do elétron obedece à 2ª lei de Newton.

Aspectos inovadores introduzidos por Bohr:

- A passagem do elétron de uma órbita para outra é possível mediante a absorção ou liberação de energia pelo átomo. A energia do fóton absorvida ou liberada no processo corresponde à diferença entre as energias E' e E dos níveis envolvidos.

  Sendo $E' > E$, temos $E' - E = h \cdot f$, em que h é a constante de Planck e f é a frequência do fóton.
- As órbitas permitidas ao elétron são aquelas em que o momento angular é um múltiplo inteiro de $\hbar = \dfrac{h}{2\pi}$.

b) Conservação do momento linear Q:



$Q_{\text{átomo}} = Q_{\text{fóton}} \Rightarrow M_H \cdot V_{\text{rec.}} = Q_{\text{fóton}}$ ①

Mas: $Q_{\text{fóton}} = \dfrac{hf}{c} \Rightarrow Q_{\text{fóton}} = \dfrac{E_1 - E_0}{c}$ ②

Substituindo ② em ①, temos: $M_H \cdot V_{\text{rec.}} = \dfrac{E_1 - E_0}{c} \Rightarrow \boxed{V_{\text{rec.}} = \dfrac{E_1 - E_0}{cM_H}}$

P.418 a) $\lambda = \dfrac{h}{Q} \Rightarrow \lambda = \dfrac{h}{mv} \Rightarrow \lambda = \dfrac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{400 \cdot 10^{-3} \cdot (108 : 3{,}6)} \Rightarrow \boxed{\lambda \simeq 5{,}5 \cdot 10^{-35}\ \text{m}}$

b) $\Delta x \cdot \Delta Q \geqslant \dfrac{h}{4\pi}$

$$\Delta x \cdot 0{,}400 \cdot \frac{2}{100} \cdot (108 : 3{,}6) \geqslant \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{4\pi}$$

$\Delta x \geqslant 2{,}2 \cdot 10^{-34}$ m

$$\boxed{(\Delta x)_{\text{mín.}} = 2{,}2 \cdot 10^{-34}\ \text{m}}$$

P.419 a) $\lambda = \dfrac{h}{Q} \Rightarrow \lambda = \dfrac{h}{mv} \Rightarrow \lambda = \dfrac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{6}} \Rightarrow \boxed{\lambda \simeq 7{,}3 \cdot 10^{-10}\ \text{m}}$

b) $\Delta x \cdot \Delta Q \geqslant \dfrac{h}{4\pi}$

$$\Delta x \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot \frac{2}{100} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{6} \geqslant \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{4\pi}$$

$\Delta x \geqslant 2{,}9 \cdot 10^{-9}$ m

$$\boxed{(\Delta x)_{\text{mín.}} = 2{,}9 \cdot 10^{-9}\ \text{m}}$$

P.420 Sendo $m_0 = 32$ g e $m = 1{,}0$ g, temos:

$$m = \frac{m_0}{2^x} \Rightarrow 1{,}0 = \frac{32}{2^x} \Rightarrow 2^x = 32 \Rightarrow 2^x = 2^5 \Rightarrow x = 5$$

A meia-vida desse isótopo é dada por:

$$\Delta t = x \cdot p \Rightarrow 60 = 5 \cdot p \Rightarrow \boxed{p = 12 \text{ dias}}$$

$$32 \text{ g} \xrightarrow{12 \text{ dias}} 16 \text{ g} \xrightarrow{12 \text{ dias}} 8{,}0 \text{ g} \xrightarrow{12 \text{ dias}} 4{,}0 \text{ g} \xrightarrow{12 \text{ dias}} 2{,}0 \text{ g} \xrightarrow{12 \text{ dias}} 1{,}0 \text{ g}$$

P.421 $p = 0{,}693 \cdot \tau \Rightarrow 20 = 0{,}693 \cdot \tau \Rightarrow \boxed{\tau \simeq 28{,}9 \text{ h}}$

P.422 a) ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow x\,{}^{4}_{2}\alpha + y\,{}^{0}_{-1}\beta + {}^{222}_{86}\text{Rn}$

Fazendo o balanço do número de massa e do número atômico, temos:

$$238 = 4x + 222 \Rightarrow 4x = 16 \Rightarrow \boxed{x = 4 \text{ partículas } \alpha}$$

$$92 = 2x - y + 86 \Rightarrow 92 = 2 \cdot 4 - y + 86 \Rightarrow \boxed{y = 2 \text{ partículas } \beta}$$

b) $N = \dfrac{N_0}{2^x} \Rightarrow \dfrac{N_0}{16} = \dfrac{N_0}{2^x} \Rightarrow 2^x = 16 \Rightarrow 2^x = 2^4 \Rightarrow x = 4$

$$\Delta t = x \cdot p \Rightarrow \Delta t = 4 \cdot 3{,}8 \Rightarrow \boxed{\Delta t = 15{,}2 \text{ dias}}$$

P.423 a) A afirmação é falsa, pois a desintegração varia exponencialmente no decorrer do tempo. Assim, passados 60,4 anos, que é o dobro da meia-vida (30,2 anos), ainda teremos $\frac{1}{4}$ da massa de césio-137.

b) Ao emitir uma partícula beta e se converter em bário-137, a massa do produto do decaimento será:

$m_f = m_{Ba} + m_\beta$

$m_f = 136{,}90581 + 0{,}00055$

$m_f = 136{,}90636$ u

A massa inicial do césio-137, antes da emissão, era:

$m_i = m_{Ce} = 136{,}90707$ u

A diferença entre a massa inicial e a massa final é o que se converte em energia, de acordo com a equação de Einstein $E = mc^2$. Assim, teremos:

$m_i - m_f = 136{,}90707 - 136{,}90636$

$m_i - m_f = 0{,}00071$ u

Esse valor, expresso em quilogramas, multiplicado pelo quadrado da velocidade da luz, fornece o valor da energia obtida, expressa em joules.

c) A emissão beta é uma partícula (elétron), enquanto a emissão gama é constituída por ondas eletromagnéticas.

As ondas eletromagnéticas (inclusive as gama) apresentam velocidades igual à da luz: 300.000 km/s. As partículas β, sendo matéria, têm velocidades bem menores.

P.424 a) Sendo a potência $Pot = 4.000$ MW $= 4.000 \cdot 10^6$ W e o intervalo de tempo $\Delta t = 1$ dia $= 9 \cdot 10^4$ s, a quantidade de calor Q produzida será:

$Q = Pot \cdot \Delta t = 4.000 \cdot 10^6 \cdot 9 \cdot 10^4 \Rightarrow \boxed{Q = 3{,}6 \cdot 10^{14}\ \text{J}}$

b) Como $c = 3 \cdot 10^8$ m/s e $E = Q = 3{,}6 \cdot 10^{14}$ J, a aplicação da equação de Einstein fornece:

$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow 3{,}6 \cdot 10^{14} = \Delta m \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{\Delta m = 4{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{kg}}$ ou $\boxed{\Delta m = 4{,}0\ \text{g}}$

c) Se $\Delta m = 8 \cdot 10^{-4} \cdot M_U$, vem:

$4{,}0 \cdot 10^{-3} = 8 \cdot 10^{-4} \cdot M_U \Rightarrow \boxed{M_U = 5{,}0\ \text{kg}}$

P.425 a) No Sol ocorre fusão nuclear: quatro átomos de hidrogênio formam um átomo de hélio, de massa menor do que as dos quatro átomos de hidrogênio. A diferença entre as massas $(m_i - m_f)$ se converte em energia (E), segundo a equação de Einstein $E = (m_i - m_f) \cdot c^2$.

b) A diferença de massa entre os quatro átomos de hidrogênio e um átomo de hélio é dada por:

$$m_i - m_f = 4 \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27} - 6{,}65 \cdot 10^{-27} \Rightarrow m_i - m_f = 3 \cdot 10^{-29}\ \text{kg}$$

A energia proveniente da diferença de massa $(m_i - m_f)$ é:

$$E = (m_i - m_f) \cdot c^2 \Rightarrow E = 3 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow E = 27 \cdot 10^{-13}\ \text{J}$$

Como a cada segundo ocorrem 10^{38} reações de fusão, a energia total liberada a cada segundo será:

$$E_{total} = n_{reações} \cdot E \Rightarrow E_{total} = 10^{38} \cdot 27 \cdot 10^{-13} \Rightarrow \boxed{E_{total} = 2{,}7 \cdot 10^{26}\ \text{J}}$$

P.426 a) Não contraria a lei de conservação da carga. Temos 6 prótons nos reagentes (três partículas α) e 6 prótons no produto da reação (carbono).

b) $E_L = (m_i - m_f) \cdot c^2$

$$E_L = \left(3 \cdot 3.728{,}3\ \frac{\text{MeV}}{c^2} - 11.177{,}7\ \frac{\text{MeV}}{c^2}\right) \cdot c^2$$

$$E_L = 7{,}2\ \frac{\text{MeV}}{c^2} \cdot c^2$$

$$\boxed{E_L = 7{,}2\ \text{MeV}}$$

c) Sendo a expansão isotérmica, resulta $\Delta U = 0$.

Portanto, de $\Delta U = Q - \mathcal{T}$, temos: $\boxed{\mathcal{T} = Q = E_L = 7{,}2\ \text{MeV}}$

P.427

a) $v = \omega R \Rightarrow \omega = \dfrac{v}{R} \Rightarrow [\omega] = \dfrac{[v]}{[R]} \Rightarrow [\omega] = \dfrac{LT^{-1}}{L} \Rightarrow \boxed{[\omega] = M^0L^0T^{-1}}$

b) $M_F = Fd \Rightarrow [M_F] = [F] \cdot [d] \Rightarrow [M_F] = MLT^{-2} \cdot L \Rightarrow \boxed{[M_F] = ML^2T^{-2}}$

c) $\dfrac{Q}{\Delta t} = \dfrac{K \cdot A \cdot \Delta\theta}{e} \Rightarrow K = \dfrac{Q \cdot e}{A \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t} \Rightarrow [K] = \dfrac{[Q] \cdot [e]}{[A] \cdot [\Delta\theta] \cdot [\Delta t]} \Rightarrow$

$\Rightarrow [K] = \dfrac{ML^2T^{-2} \cdot L}{L^2 \cdot \theta \cdot T} \Rightarrow \boxed{[K] = MLT^{-3}\theta^{-1}}$

P.428

a) $F = B \cdot i \cdot L \Rightarrow B = \dfrac{F}{i \cdot L} \Rightarrow [B] = \dfrac{[F]}{[i] \cdot [L]} \Rightarrow [B] = \dfrac{MLT^{-2}}{I \cdot L} \Rightarrow \boxed{[B] = ML^0T^{-2}I^{-1}}$

b) $B = \dfrac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r} \Rightarrow \mu_0 = \dfrac{B \cdot 2\pi r}{i} \Rightarrow [\mu_0] = \dfrac{[B] \cdot [r]}{[i]} \Rightarrow$

$\Rightarrow [\mu_0] = \dfrac{ML^0T^{-2}I^{-1} \cdot L}{I} \Rightarrow \boxed{[\mu_0] = MLT^{-2}I^{-2}}$

c) $\Phi = BA \cdot \cos\alpha \Rightarrow [\Phi] = [B] \cdot [A] \Rightarrow [\Phi] = ML^0T^{-2}I^{-1} \cdot L^2 \Rightarrow \boxed{[\Phi] = ML^2T^{-2}I^{-1}}$

P.429

$E = \dfrac{kx^2}{2} \Rightarrow k = \dfrac{2E}{x^2} \Rightarrow [k] = \dfrac{[E]}{[x^2]} \Rightarrow [k] = \dfrac{ML^2T^{-2}}{L^2} \Rightarrow \boxed{[k] = ML^0T^{-2}}$

P.430

a) $[v^2] = (M^0LT^{-1})^2 = M^0L^2T^{-2}$

$[\alpha \cdot \Delta s] = [\alpha] \cdot [\Delta s] = M^0LT^{-2} \cdot L = M^0L^2T^{-2}$

b) $[U] = ML^2T^{-3}I^{-1}$

$[Ed] = [E] \cdot [d] = MLT^{-3}I^{-1} \cdot L = ML^2T^{-3}I^{-1}$

P.431 Sabemos que x, a, bt, ct^2 e dt^3 têm a mesma dimensão em relação a L. Assim:

$[a] = L \Rightarrow [a] = M^0LT^0$

$[bt] = L \Rightarrow [b] \cdot [t] = L \Rightarrow [b] \cdot T = L \Rightarrow [b] = M^0LT^{-1}$

$[ct^2] = L \Rightarrow [c] \cdot [t^2] = L \Rightarrow [c] \cdot T^2 = L \Rightarrow [c] = M^0LT^{-2}$

$[dt^3] = L \Rightarrow [d] \cdot [t^3] = L \Rightarrow [d] \cdot T^3 = L \Rightarrow [d] = M^0LT^{-3}$

P.432 $a = v^{\alpha} \cdot \omega^{\beta}$

$[a] = [v]^{\alpha} \cdot [\omega]^{\beta}$

$M^0LT^{-2} = (M^0LT^{-1})^{\alpha} \cdot (T^{-1})^{\beta}$

$M^0LT^{-2} = M^0L^{\alpha}T^{-\alpha-\beta}$

$\boxed{\alpha = 1}$ e $-\alpha - \beta = -2$

$-1 - \beta = -2$

$\boxed{\beta = 1}$

P.433 $v = g^{\alpha} \cdot R^{\beta}$

$[v] = [g]^{\alpha} \cdot [R]^{\beta}$

$M^0LT^{-1} = (M^0LT^{-2})^{\alpha} \cdot L^{\beta}$

$M^0LT^{-1} = M^0L^{\alpha+\beta}T^{-2\alpha}$

$\alpha + \beta = 1$ e $-2\alpha = -1$

$\boxed{\alpha = \frac{1}{2}}$ e $\boxed{\beta = \frac{1}{2}}$

Portanto, a fórmula da velocidade v do satélite é dada por: $\boxed{v = \sqrt{gR}}$

P.434 a) massa, comprimento e tempo; quilograma, metro e segundo, respectivamente.

b) Os expoentes α, β e γ são as dimensões de G em relação a M, L e T.

$$G = Pot = \frac{\mathcal{T}}{\Delta t} \Rightarrow [Pot] = \frac{[\mathcal{T}]}{[\Delta t]} \Rightarrow [Pot] = \frac{ML^2T^{-2}}{T} \Rightarrow [Pot] = ML^2T^{-3}$$

Portanto: $\alpha = 1$, $\beta = 2$ e $\gamma = -3$

P.435 a) $Q = h \cdot A \cdot \Delta T \cdot \Delta t \Rightarrow h = \dfrac{Q}{A \cdot \Delta T \cdot \Delta t}$

Assim, a unidade de h em termos das unidades do SI que aparecem no enunciado é: $J/m^2 \cdot K \cdot s$

b) Sendo $J = kg \cdot m^2/s^2$, temos para a unidade de h: $\dfrac{kg \cdot \dfrac{m^2}{s^2}}{m^2 \cdot K \cdot s} = kg/K \cdot s^3$

P.436 $v = p^x \cdot \mu^y \Rightarrow [v] = [p]^x \cdot [\mu]^y \Rightarrow M^0LT^{-1} = (ML^{-1}T^{-2})^x \cdot (ML^{-3})^y \Rightarrow$

$\Rightarrow M^0LT^{-1} = M^{x+y}L^{-x-3y}T^{-2x}$

Então, temos:

$$\begin{cases} x + y = 0 \\ -x - 3y = 1 \\ -1 = -2x \end{cases}$$

$x = \dfrac{1}{2}$ e $\dfrac{1}{2} + y = 0$

$y = -\dfrac{1}{2}$

Portanto: $v = p^{\frac{1}{2}} \cdot \mu^{-\frac{1}{2}} \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{\dfrac{p}{\mu}}}$

P.437 $\ell = K \cdot h^\alpha \cdot G^\beta \cdot c^\gamma \Rightarrow [\ell] = [h]^\alpha \cdot [G]^\beta \cdot [c]^\gamma$ ①

$[\ell] = M^0LT^0$

$E = h \cdot f \Rightarrow h = \dfrac{E}{f} \Rightarrow [h] = \dfrac{[E]}{[f]} \Rightarrow [h] = \dfrac{ML^2T^{-2}}{T^{-1}} \Rightarrow [h] = ML^2T^{-1}$

$G = \dfrac{Fd^2}{m_1m_2} \Rightarrow [G] = \dfrac{[F] \cdot [d^2]}{[m_1] \cdot [m_2]} \Rightarrow [G] = \dfrac{MLT^{-2} \cdot L^2}{M^2} \Rightarrow [G] = M^{-1}L^3T^{-2}$

$[c] = M^0LT^{-1}$

Substituindo $[\ell]$, $[h]$, $[G]$ e $[c]$ em ①, temos:

$M^0LT^0 = (ML^2T^{-1})^\alpha \cdot (M^{-1}L^3T^{-2})^\beta \cdot (LT^{-1})^\gamma$

$M^0LT^0 = M^{\alpha - \beta}L^{2\alpha + 3\beta + \gamma}T^{-\alpha - 2\beta - \gamma}$

Assim, temos:

$$\begin{cases} \alpha - \beta = 0 \\ 2\alpha + 3\beta + \gamma = 1 \\ -\alpha - 2\beta - \gamma = 0 \end{cases}$$

$\alpha = \beta = \dfrac{1}{2}$ e $\gamma = -\dfrac{3}{2}$

Portanto: $\ell = K \cdot h^{\frac{1}{2}} \cdot G^{\frac{1}{2}} \cdot c^{-\frac{3}{2}} \Rightarrow \boxed{\ell = K \cdot \sqrt{\dfrac{h \cdot G}{c^3}}}$

T.1 **Resposta:** a

vidro	lã	algodão	enxofre	algodão	lã
+	−	+	−	−	+

Trecho da série triboelétrica com os materiais dados:
vidro; lã; algodão; enxofre
Portanto, o vidro antecede os demais materiais da série, eletrizando-se **positivamente** quando atritado com qualquer um deles.

T.2 **Resposta:** d

Na eletrização por contato, um dos corpos deve estar inicialmente carregado. No final do processo os corpos adquirem cargas de mesmo sinal.
Na eletrização por indução, um corpo inicialmente carregado (indutor) é aproximado de outro corpo (induzido). No final do processo o induzido adquire carga de sinal oposto ao do indutor.
Portanto, nos dois processos, um dos corpos deve, inicialmente, estar carregado eletricamente.

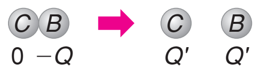
T.3 **Resposta:** e

Ao atritar o canudinho com um pedaço de lã, o canudinho se eletriza. O material que constitui o canudinho é um mau condutor elétrico. Logo, ele não perde seu excesso de carga ao ser encostado na parede. O canudinho fica preso à parede devido à força elétrica de atração entre suas cargas em excesso e as cargas induzidas na parede.

T.4 **Resposta:** e

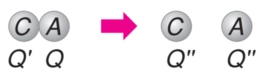
Situação inicial: $A\ (+Q)$; $B\ (-Q)$; C (neutra)

1º) Contato entre C e B:



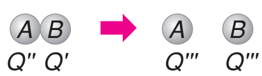
$$Q' = \frac{0 - Q}{2} \Rightarrow Q' = -\frac{Q}{2}$$

2º) Contato entre C e A:



$$Q'' = \frac{Q' + Q}{2} = \frac{-\frac{Q}{2} + Q}{2} = \frac{\frac{Q}{2}}{2} \Rightarrow Q'' = \frac{Q}{4}$$

3º) Contato entre A e B:



$$Q''' = \frac{Q'' + Q'}{2} = \frac{\frac{Q}{4} - \frac{Q}{2}}{2} = \frac{\frac{Q - 2Q}{4}}{2} \Rightarrow \boxed{Q''' = -\frac{Q}{8}}$$

T.5 **Resposta:** b

Situação inicial: $A\ (-2Q)$; $B\ (4Q)$; $C\ (3Q)$; $D\ (6Q)$

- Contato entre A e B: $Q_1 = \dfrac{-2Q + 4Q}{2} = \dfrac{2Q}{2} \Rightarrow Q_1 = Q$
- Contato entre A e C: $Q_2 = \dfrac{Q + 3Q}{2} = \dfrac{4Q}{2} \Rightarrow Q_2 = 2Q$
- Contato entre A e D: $Q_3 = \dfrac{2Q + 6Q}{2} = \dfrac{8Q}{2} \Rightarrow \boxed{Q_3 = 4Q}$

T.6 **Resposta:** b

Situação inicial: $Q_A = 16\ \mu C$; $Q_B = 4\ \mu C$; $Q_C = 0$

- Contato entre C e A: $Q_1 = \dfrac{Q_A + Q_C}{2} \Rightarrow Q_1 = \dfrac{16 + 0}{2} \Rightarrow Q_1 = 8\ \mu C$
- Contato entre C e B: $Q_2 = \dfrac{Q_B + Q_1}{2} \Rightarrow Q_2 = \dfrac{4 + 8}{2} \Rightarrow \boxed{Q_2 = 6\ \mu C}$

T.7 **Resposta:** e

Situação inicial:

$Q_A = 6\ \mu C$; $Q_B = -2\ \mu C$; $Q_C = 4\ \mu C$; $Q_D = -4\mu C$

a) Correta.

Se A fornece 2 μC para B, neutraliza-se a carga de B, que passa a ter $Q'_B = 0$.

b) Correta.

A carga total se conserva no sistema dos quatro corpos, não dependendo das transferências efetuadas. Então:

$$Q_{total} = Q_A + Q_B + Q_C + Q_D = 6 - 2 + 4 - 4 \Rightarrow \boxed{Q_{total} = 4\ \mu C}$$

c) Correta.

Vale o princípio da conservação das cargas elétricas.

d) Correta.

A carga final de A, ao transferir 2 μC para B, continua positiva:

$$Q'_A = 6 - 2 \Rightarrow \boxed{Q'_A = 4\ \mu C}$$

e) Incorreta.

Após a transferência de cargas entre C e D (1 μC de C para D), suas cargas se tornam:

$$Q'_C = 4\ \mu C - 1\ \mu C \Rightarrow \boxed{Q'_C = 3\ \mu C}$$

$$Q'_D = -4\ \mu C + 1\ \mu C \Rightarrow \boxed{Q'_D = -3\ \mu C}$$

T.8 **Resposta:** d

Dados: $Q = 6{,}00\ \mu C$; $q = -2{,}00\ \mu C$; $e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C

Após o contato: $Q' = \dfrac{Q + q}{2} \Rightarrow Q' = \dfrac{6{,}00 - 2{,}00}{2} \Rightarrow Q' = 2{,}00\ \mu C$

Carga transferida:

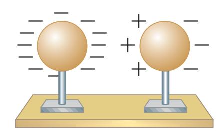
$\Delta Q = Q - Q' = 6{,}00 - 2{,}00 \Rightarrow \Delta Q = 4{,}00\ \mu C = 4{,}00 \cdot 10^{-6}$ C

$$\Delta Q = ne \Rightarrow 4{,}00 \cdot 10^{-6} = n \cdot 1{,}60 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \boxed{n = 2{,}50 \cdot 10^{13}}$$

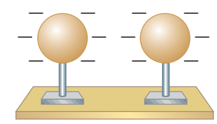
Há a transferência de $2{,}50 \cdot 10^{13}$ elétrons do corpo com carga inicial q para o de carga inicial Q.

T.9 **Resposta:** a

Na situação I, há **atração** entre as esferas, pois a esfera eletrizada produz indução na esfera descarregada:



Na situação III, ocorre **repulsão** entre as esferas, pois, ao serem postas em contato, elas se eletrizam com cargas de mesmo sinal (negativo):

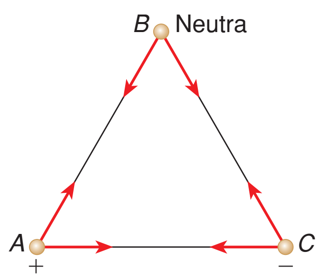


T.10 **Resposta:** b

Entre as esferas ocorre atração. Portanto, ou elas apresentam-se eletrizadas com cargas de sinais opostos, ou uma está eletrizada (negativa ou positivamente) e a outra está neutra. Nesse caso, ocorre atração por indução eletrostática. Concluímos, então, que os três estudantes fizeram comentários pertinentes.

T.11 **Resposta:** d

As forças são todas atrativas. Isso só pode acontecer se duas das esferas tiverem cargas de sinais opostos (atraindo-se mutuamente) e a terceira for neutra, sendo atraída por indução. A figura mostra essa situação.

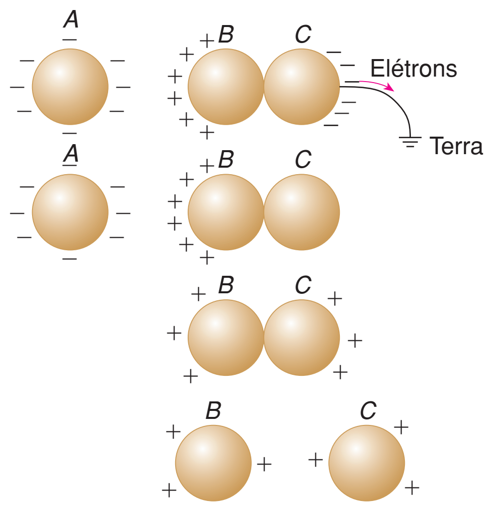


T.12 **Resposta:** a

Como a bolinha *Y* é repelida pelo bastão, ela deve estar eletricamente carregada com carga de mesmo sinal que a do bastão. Como a bolinha *X* é atraída pelo bastão e pela bolinha *Y*, ela pode estar descarregada (sendo atraída por indução) ou estar carregada com carga de sinal contrário ao das cargas do bastão e da bolinha *Y*.

T.13 **Resposta:** a

O procedimento descrito pode ser esquematizado como segue:



Situação final: $Q_A < 0$; $Q_B > 0$; $Q_C > 0$

T.14 **Resposta:** d

As esferas *N* e *P* devem ter cargas de mesmo sinal, pois se repelem. A esfera *M* pode estar neutra ($Q = 0$) ou ter carga de sinal oposto à carga de *N*. As situações possíveis, entre as apontadas na tabela, são:

Possibilidades	*M*	*N*	*P*
4ª	−	+	+
5ª	+	−	−

T.15 **Resposta:** e

No primeiro eletroscópio ocorre indução e as folhas se abrem, pois nelas se desenvolvem cargas negativas, produzindo repulsão. No segundo eletroscópio também ocorre indução, mas as folhas não se abrem porque as cargas negativas se escoam para a terra através do fio condutor.

T.16 **Resposta:** a

As forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ constituem um par de ação e reação, apresentando mesma direção, sentidos opostos e intensidades iguais. Podemos escrever:

$$\boxed{\vec{F}_1 = -\vec{F}_2} \quad \text{e} \quad \boxed{F_1 = F_2}$$

T.17 **Resposta:** d

As forças elétricas e as forças gravitacionais têm em comum o fato de suas intensidades serem proporcionais ao inverso do quadrado da distância entre as partículas que interagem.

T.18 **Resposta:** c

Situação inicial: $F = k_0 \cdot \dfrac{|Q_A| \cdot |Q_B|}{d^2}$ ①

Situação final: $F = k_0 \cdot \dfrac{\left|\dfrac{Q_A}{2}\right| \cdot |Q_B|}{D^2}$ ②

De ① e ②:

$$k_0 \cdot \frac{|Q_A| \cdot |Q_B|}{d^2} = k_0 \cdot \frac{|Q_A| \cdot |Q_B|}{2D^2} \Rightarrow 2D^2 = d^2 \Rightarrow \boxed{D = \frac{d}{\sqrt{2}}}$$

T.19 **Resposta:** d

Tendo em vista a função $F \cdot d^2$ = constante, decorrente da lei de Coulomb, podemos construir a seguinte tabela:

Distância	Força
d	F
$2d$	$\dfrac{F}{4}$
$3d$	$\dfrac{F}{9}$
$4d$	$\dfrac{F}{16}$

T.20 **Resposta:** e

Antes do contato: $Q_A = Q$ e $Q_B = -5Q$

$$F_1 = k_0 \cdot \frac{|Q_A| \cdot |Q_B|}{d^2} \Rightarrow F_1 = k_0 \cdot \frac{Q \cdot 5Q}{d^2} \Rightarrow F_1 = 5 \cdot \frac{k_0 \cdot Q^2}{d^2}$$

Havendo contato:

$$Q'_A = Q'_B = \frac{Q_A + Q_B}{2} = \frac{Q - 5Q}{2} = -2Q$$

Após o contato, a força elétrica terá intensidade:

$$F_2 = k_0 \cdot \frac{|Q'_A| \cdot |Q'_B|}{(2d)^2} \Rightarrow F_2 = k_0 \cdot \frac{2Q \cdot 2Q}{4d^2} \Rightarrow F_2 = k_0 \cdot \frac{Q^2}{d^2}$$

Comparando: $F_1 = 5F_2 \Rightarrow \boxed{\frac{F_1}{F_2} = 5}$

T.21 **Resposta:** e

Dados: $m = 4{,}8 \text{ g} = 4{,}8 \cdot 10^{-3}$ kg; $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C;
$k = 9{,}0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$; $G = 6{,}7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

Força gravitacional: $F_G = G \cdot \frac{m \cdot m}{d^2} \Rightarrow F_G = G \cdot \frac{m^2}{d^2}$

Força elétrica: $F_e = k \cdot \frac{q \cdot q}{d^2} \Rightarrow F_e = k \cdot \frac{q^2}{d^2}$

Devemos ter $F_e = F_G$. Daí:

$$k\frac{q^2}{d^2} = G\frac{m^2}{d^2} \Rightarrow kq^2 = Gm^2$$

Substituindo, temos:

$9{,}0 \cdot 10^9 \cdot q^2 = 6{,}7 \cdot 10^{-11} \cdot (4{,}8 \cdot 10^{-3})^2 \Rightarrow q = 4{,}14 \cdot 10^{-13}$ C

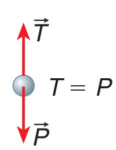
Qualquer carga elétrica é múltipla da carga elementar.

Portanto: $q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} \Rightarrow n = \frac{4{,}14 \cdot 10^{-13}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \boxed{n \simeq 2{,}6 \cdot 10^6 \text{ elétrons}}$

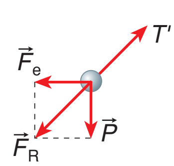
T.22 **Resposta:** c

As duas esferas eletrizam-se por atrito com o ar e, portanto, adquirem cargas de mesmo sinal, **repelindo-se**.

Inicialmente a tração equilibrava apenas o peso:



Na situação final, a nova tração deve equilibrar peso e força elétrica:

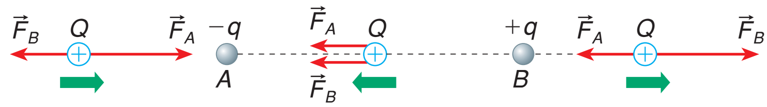


$T' = F_R$

Como $F_R > P$, $T' > T$, isto é, a tração aumenta.

T.23 **Resposta:** d

A figura seguinte mostra as forças que agem sobre a terceira carga, de acordo com a posição em que é colocada, e o consequente movimento (ou).



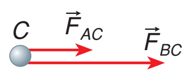
T.24 **Resposta:** e

Dados: $F_{AB} = 0{,}50$ N; $d_{AB} = 0{,}40$ m; $d_{AC} = 0{,}50$ m; $d_{BC} = 0{,}10$ m;

$Q_A = Q_B = Q_C = Q$

$$F_{AB} = k_0 \cdot \frac{|Q_A| \cdot |Q_B|}{d_{AB}^2} \Rightarrow 0{,}50 = k_0 \cdot \frac{Q^2}{(0{,}40)^2} \Rightarrow k_0 \cdot Q_2 = 0{,}08 \quad ①$$

Na carga C:



$$F_{AC} = k_0 \cdot \frac{|Q_A| \cdot |Q_C|}{d_{AC}^2} \Rightarrow F_{AC} = k_0 \cdot \frac{Q^2}{d_{AC}^2} \quad ②$$

Substituindo ① em ②, vem: $F_{AC} = \dfrac{0{,}08}{(0{,}50)^2} \Rightarrow F_{AC} = 0{,}32$ N

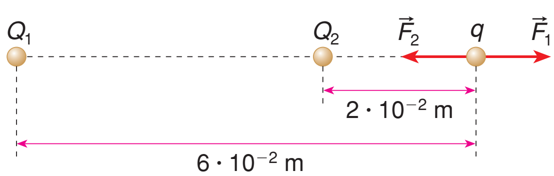
$$F_{BC} = k_0 \cdot \frac{|Q_B| \cdot |Q_C|}{d_{BC}^2} \Rightarrow F_{BC} = k_0 \cdot \frac{Q^2}{d_{BC}^2} \quad ③$$

Substituindo ① em ③, vem: $F_{BC} = \dfrac{0{,}08}{(0{,}10)^2} \Rightarrow F_{BC} = 8{,}0$ N

A força resultante em C tem intensidade:

$$F_R = F_{AC} + F_{BC} \Rightarrow F_R = 0{,}32 + 8{,}0 \Rightarrow \boxed{F_R = 8{,}32 \text{ N}}$$

T.25 **Resposta:** b



$d_1 = 6 \text{ cm} = 6 \cdot 10^{-2}$ m

$d_2 = 2 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-2}$ m

$$F_1 = k_0 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |q|}{d_1^2} \Rightarrow F_1 = k_0 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |q|}{36 \cdot 10^{-4}}$$

$$F_2 = k_0 \cdot \frac{|Q_2| \cdot |q|}{d_2^2} \Rightarrow F_2 = k_0 \cdot \frac{|Q_2| \cdot |q|}{4 \cdot 10^{-4}}$$

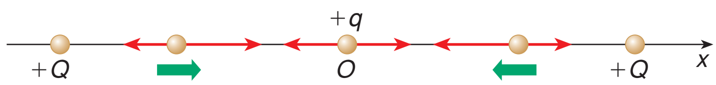
Se q está em equilíbrio: $F_1 = F_2$

Substituindo:

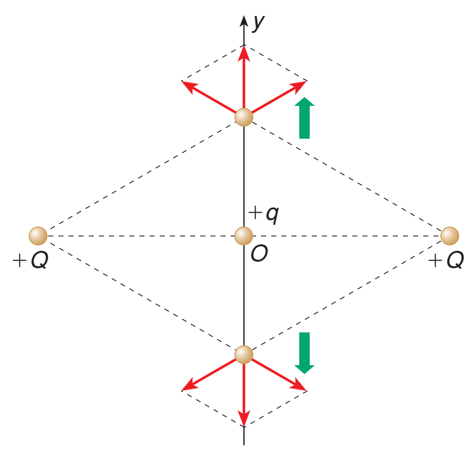
$$k_0 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |q|}{36 \cdot 10^{-4}} = k_0 \cdot \frac{|Q_2| \cdot |q|}{4 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \frac{|Q_1|}{|Q_2|} = \frac{36}{4} \Rightarrow \frac{|Q_1|}{|Q_2|} = 9 \Rightarrow \boxed{\left|\frac{Q_1}{Q_2}\right| = 9}$$

T.26 **Resposta:** c

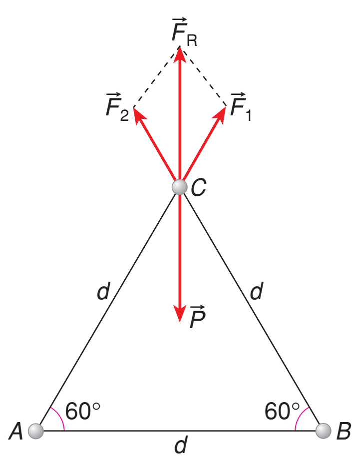
No eixo x o equilíbrio é **estável**, pois, se a carga $+q$ for deslocada para qualquer um dos lados, a resultante das forças elétricas a reconduz à posição inicial:



No eixo y o equilíbrio é **instável**, pois, se a carga $+q$ for deslocada para qualquer dos lados, a resultante das forças elétricas faz com que $+q$ se afaste da posição de equilíbrio:



T.27 **Resposta:** d



As intensidades das forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ que atuam sobre a carga colocada no vértice são iguais e dadas por:

$$F_1 = F_2 = F = k \cdot \frac{Q^2}{d^2}$$

A força elétrica resultante $\vec{F}_R$ tem intensidade dada pela lei dos cossenos:

$$F_R^2 = F_1^2 = F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos 60° \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_R^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow F_R^2 = 3F^2$$

Daí: $F_R = \sqrt{3} \cdot F$

Mas a força elétrica equilibra o peso: $P = F_R = \sqrt{3} \cdot F$

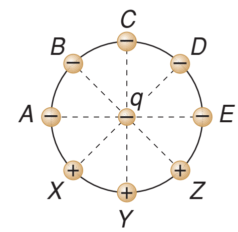
Substituindo: $mg = \sqrt{3} \cdot k \cdot \frac{Q^2}{d^2} \Rightarrow \boxed{m = \frac{\sqrt{3} \cdot kQ^2}{gd^2}}$

T.28 **Resposta:** e

A força resultante, devida às cargas A e E, sobre q é nula.

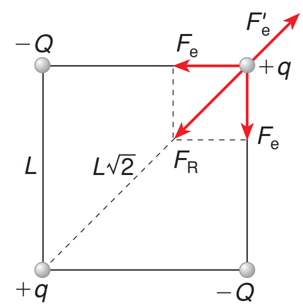
As cargas B, C e D exercem em q uma força de intensidade F_1, direção da reta $\overleftrightarrow{CY}$ e sentido de C para Y.

A força resultante que as cargas X, Y e Z exercem em q tem, por simetria, mesma intensidade F_1, direção da reta $\overleftrightarrow{CY}$ e sentido de C para Y. Logo, a força resultante de todas as cargas em q tem intensidade $2F_1$.



T.29 **Resposta:** e

A força de repulsão entre as duas cargas $+q$ (F'_e) deve equilibrar a resultante (F_R) das forças atrativas entre as duas cargas $-Q$ e a carga $+q$, como se indica na figura ao lado ($F_R = F'_e$).



$F_R^2 = F_e^2 + F_e^2 = 2F_e^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow F_R = \sqrt{2} \cdot F_e \Rightarrow F_R = \sqrt{2} \cdot k_0 \cdot \dfrac{Q \cdot q}{L^2}$

em que $|-Q| = Q$

$$F'_e = k_0 \cdot \frac{q^2}{(L\sqrt{2})^2} \Rightarrow F'_e = k_0 \cdot \frac{q^2}{2L^2}$$

Igualando, temos:

$$\sqrt{2} \cdot k_0 \cdot \frac{Q \cdot q}{L^2} = k_0 \cdot \frac{q^2}{2L^2} \Rightarrow Q = \frac{q}{2\sqrt{2}} = \frac{q\sqrt{2}}{2 \cdot 2} \Rightarrow \boxed{Q = \frac{q\sqrt{2}}{4}}$$

T.30 **Resposta:** d

No equilíbrio, temos:

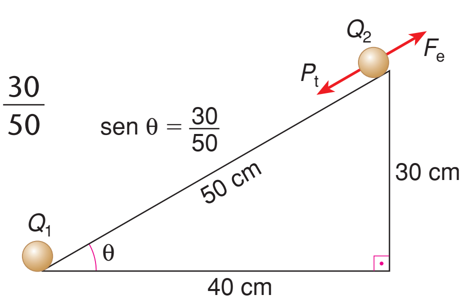
$F_e = P_t$

$$k_0 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} = P \cdot \text{sen}\ \theta$$

$$9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0{,}50 \cdot 10^{-6} \cdot |Q_2|}{(0{,}50)^2} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \frac{30}{50}$$

$|Q_2| = 0{,}50 \cdot 10^{-6}$ C

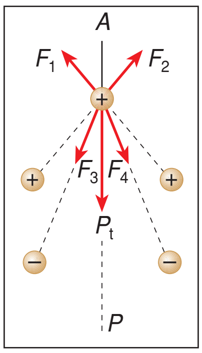
$\boxed{Q_2 = 0{,}50\ \mu C}$



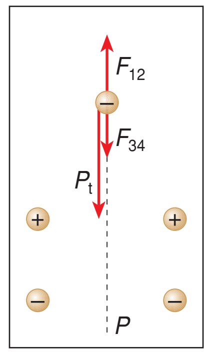
T.31 **Resposta:** e

A força resultante que age no pequeno objeto, abandonado no ponto A do plano inclinado, deve ter a direção da reta $\overleftrightarrow{AP}$.

Isso ocorre na alternativa **e**:



$\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$: forças de repulsão
$\vec{F}_3$ e $\vec{F}_4$: forças de atração
P_t: componente tangencial do peso do pequeno objeto

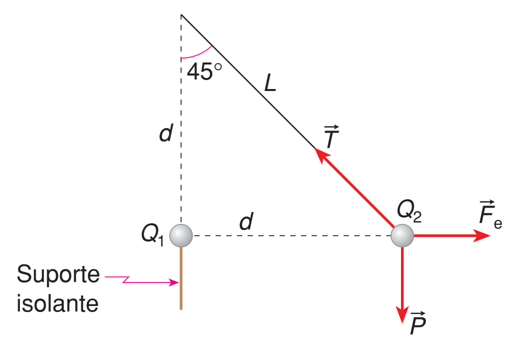


$\vec{F}_{12}$: resultante das forças de repulsão
$\vec{F}_{34}$: resultante das forças de atração

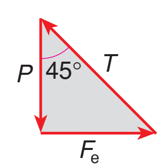
T.32 **Resposta:** b

Dados: $L = 20 \text{ cm} = 2{,}0 \cdot 10^{-1} \text{ m}$;

$k_0 = 9 \cdot 10^9 \ \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$; $P = 1{,}8 \cdot 10^{-2} \text{ N}$



Como a esfera do pêndulo está em equilíbrio, a linha poligonal das forças que agem sobre ela deve ser fechada. Do triângulo destacado ao lado, temos:



$$\text{tg } 45° = \frac{F_e}{P} = 1 \Rightarrow F_e = P \Rightarrow F_e = 1{,}8 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

Sendo $Q_1 = Q_2 = q$ e $d = \dfrac{L}{\sqrt{2}} \Rightarrow d = \dfrac{2{,}0 \cdot 10^{-1}}{\sqrt{2}}$ m, a aplicação da lei de Coulomb fornece:

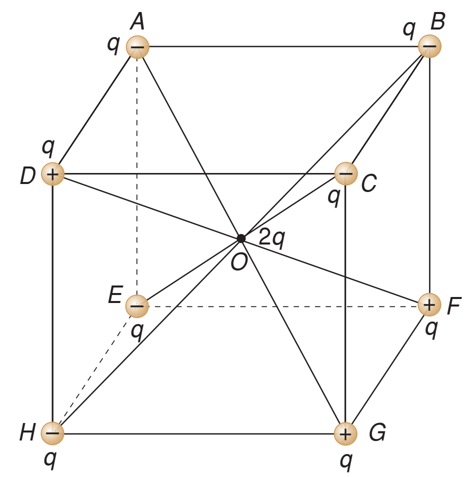
$$F_e = k_0 \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} \Rightarrow 1{,}8 \cdot 10^{-2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{q^2}{2{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q^2 = \frac{1{,}8 \cdot 10^{-2} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^9} \Rightarrow q^2 = 4{,}0 \cdot 10^{-14} \Rightarrow \boxed{q = 2{,}0 \cdot 10^{-7} \text{ C}}$$

T.33 **Resposta:** c

As cargas elétricas em D e F são simétricas em relação ao ponto O (encontro das diagonais) e têm o mesmo valor. Logo, a força resultante em $2q$, devido a essas cargas, é nula. O mesmo ocorre com as cargas em E e C e em B e H.

Logo, a força resultante total é devida às cargas situadas em A e G:



$F_{result.} = F_{AO} + F_{GO} \Rightarrow$

$\Rightarrow F_{result.} = k \cdot \dfrac{q \cdot 2q}{d^2} + k \cdot \dfrac{q \cdot 2q}{d^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow F_{result.} = 4 \cdot k \cdot \dfrac{q \cdot q}{d^2}$ ①

d é a metade da medida da diagonal do cubo de lado ℓ:

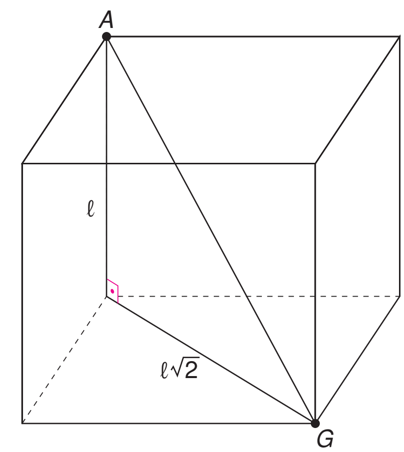
$(AG)^2 = \ell^2 + (\ell \cdot \sqrt{2})^2 \Rightarrow AG = \ell \cdot \sqrt{3}$

$d = \dfrac{AG}{2} = \dfrac{\ell \cdot \sqrt{3}}{2}$

Substituindo em ①:

$F_{result.} = 4k \cdot \dfrac{q \cdot q}{\left(\dfrac{\ell \cdot \sqrt{3}}{2}\right)^2}$

$\boxed{F_{result.} = 16k \cdot \dfrac{q^2}{3\ell^2}}$



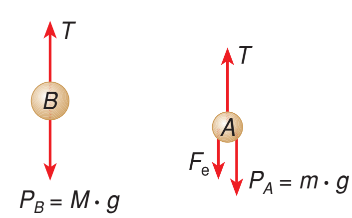
T.34 **Resposta:** b

As forças que agem em A e B estão indicadas ao lado.

Equilíbrio de B: $Mg = T$ ①

Equilíbrio de A: $F_e + mg = T$ ②

De ① e ②:



$$F_e + mg = Mg \Rightarrow F_e = (M - m)g \Rightarrow k_0 \cdot \frac{Q \cdot Q}{d^2} = (M - m)g \quad ③$$

Quadruplicando as massas de A e B, temos na nova posição de equilíbrio, sendo D a distância entre Q e $-Q$:

$$k_0 \cdot \frac{Q \cdot Q}{D^2} = (4M - 4m) \cdot g \quad ④$$

De ③ e ④: $\dfrac{D^2}{d^2} = \dfrac{1}{4} \Rightarrow \boxed{D = \dfrac{d}{2}}$

T.35 **Resposta:** d

Dados: $F_e = 10$ N; $q = -50$ mC $= -50 \cdot 10^{-3}$ C

A carga q é negativa. Então a força elétrica $\vec{F}_e$ e o vetor campo elétrico $\vec{E}$ têm **sentidos opostos**. A intensidade do vetor campo elétrico é dada por:

$$E = \frac{F_e}{|q|} = \frac{10}{50 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{E = 2{,}0 \cdot 10^2 \text{ N/C}}$$

T.36 **Resposta:** e

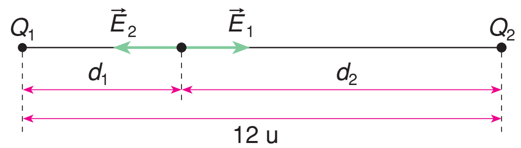
Dados: $Q = 8 \cdot 10^{-7}$ C; $q = 2 \cdot 10^{-7}$ C; $F_e = 1{,}6 \cdot 10^{-2}$ N

$$E = \frac{F_e}{|q|} \Rightarrow E = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow \boxed{E = 8 \cdot 10^4 \text{ N/C}}$$

T.37 **Resposta:** b

Dados: $Q_1 = 3$ µC; $Q_2 = 12$ µC; $Q_2 = 4Q_1$

Para que o vetor campo elétrico resultante seja nulo, devemos ter: $E_1 = E_2$



u: unidade de comprimento

$$E_1 = k_0 \cdot \frac{|Q_1|}{d_1^2} \text{ e } E_2 = k_0 \cdot \frac{|Q_2|}{d_2^2}$$

Igualando: $k_0 \cdot \dfrac{|Q_1|}{d_1^2} = k_0 \cdot \dfrac{|Q_2|}{d_2^2} \Rightarrow \dfrac{|Q_1|}{d_1^2} = \dfrac{4|Q_1|}{d_2^2} \Rightarrow d_2^2 = 4d_1^2 \Rightarrow d_2 = 2d_1$

Mas $d_1 + d_2 = 12$ u. Substituindo:

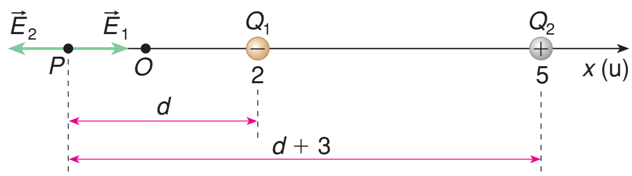
$$d_1 + 2d_1 = 12 \Rightarrow 3d_1 = 12 \Rightarrow \boxed{d_1 = 4 \text{ u}}$$

Daí: $d_2 = 2 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{d_2 = 8 \text{ u}}$

A posição correspondente é a **II**.

T.38 **Resposta:** e

Dados: $Q_1 = -2\ \mu C$; $Q_2 = 8\ \mu C$



u: unidade de comprimento

O vetor campo elétrico $\vec{E}_R$ será nulo num ponto P em que os vetores $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$ tiverem intensidades iguais e sentidos opostos (fora do intervalo entre as cargas) e mais próximo da carga menos intensa, em módulo (Q_1). Portanto, o ponto P deve estar à esquerda da carga Q_1.

Assim, temos:

$$E_1 = k_0 \cdot \frac{|Q_1|}{d_1^2} \Rightarrow E_1 = k_0 \cdot \frac{2}{d^2} \Rightarrow E_1 = 2 \cdot \frac{k_0}{d^2}$$

$$E_2 = k_0 \cdot \frac{|Q_2|}{d_2^2} \Rightarrow E_2 = k_0 \cdot \frac{8}{(d+3)^2} \Rightarrow E_2 = 8 \cdot \frac{k_0}{(d+3)^2}$$

Como $E_R = 0$, vem $E_1 = E_2$. Assim:

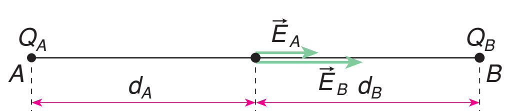
$$2 \cdot \frac{k_0}{d^2} = 8 \cdot \frac{k_0}{(d+3)^2} \Rightarrow 4d^2 = (d+3)^2 \Rightarrow 2d = d + 3 \Rightarrow d = 3\ \text{u}$$

Para que $d = 3$ u, a abscissa do ponto P deve ser: $\boxed{x_P = -1\ \text{u}}$

T.39 **Resposta:** c

Dados: $Q_A = +2{,}0\ \mu C = +2{,}0 \cdot 10^{-6}\ C$; $Q_2 = -5{,}0\ \mu C = -5{,}0 \cdot 10^{-6}\ C$;

$k_0 = 9 \cdot 10^9\ \frac{N \cdot m^2}{C^2}$; $d = 10$ cm; $d_A = d_B = 5\ \text{cm} = 5 \cdot 10^{-2}$ m



O vetor campo elétrico resultante $\vec{E}_R$ no ponto médio do segmento $\overline{AB}$ tem **sentido de *A* para *B*** e intensidade dada por: $E_R = E_A + E_B$.

$$E_A = k_0 \cdot \frac{|Q_A|}{d_A^2} \Rightarrow E_A = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow E_A = 0{,}72 \cdot 10^7\ \text{N/C}$$

$$E_B = k_0 \cdot \frac{|Q_B|}{d_B^2} \Rightarrow E_B = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5{,}0 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow E_B = 1{,}8 \cdot 10^7\ \text{N/C}$$

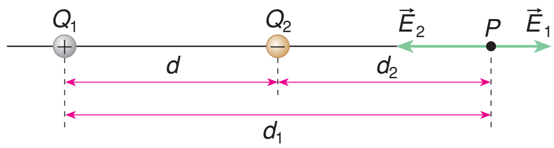
Portanto: $E_R = E_A + E_B \Rightarrow E_R = 0{,}72 \cdot 10^7 + 1{,}8 \cdot 10^7 \Rightarrow \boxed{E_R = 2{,}52 \cdot 10^7\ \text{N/C}}$

T.40 **Resposta:** c

Dados: $Q_1 = 40\ \mu C = 40 \cdot 10^{-6}$ C; $Q_2 = -60\ \mu C = -60 \cdot 10^{-6}$ C;

$k_0 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{N \cdot m^2}{C^2}$; $d = 10$ cm $= 10^{-1}$ m; $d_2 = 10$ cm $= 10^{-1}$ m;

$d_1 = 20$ cm $= 2 \cdot 10^{-1}$ m



$$E_1 = k_0 \cdot \frac{|Q_1|}{d_1^2} \Rightarrow E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{40 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow E_1 = 9 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

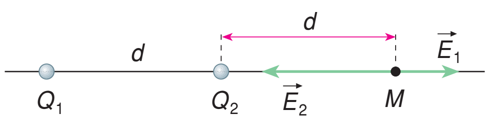
$$E_2 = k_0 \cdot \frac{|Q_2|}{d_2^2} \Rightarrow E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{60 \cdot 10^{-6}}{10^{-2}} \Rightarrow E_2 = 54 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

O vetor campo elétrico resultante $\vec{E}_R$ tem módulo dado por:

$$E_R = E_2 - E_1 \Rightarrow E_R = 54 \cdot 10^6 - 9 \cdot 10^6 \Rightarrow \boxed{E_R = 45 \cdot 10^6 \text{ N/C}}$$

T.41 **Resposta:** d

Sejam $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$ os vetores campo elétrico que Q_1 e Q_2 originam em M:



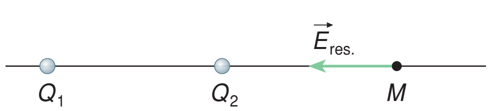
Sendo $|Q_1| = |Q_2| = Q$, vem:

$$E_1 = k_0 \cdot \frac{Q}{4d^2} \text{ e } E_2 = k_0 \cdot \frac{Q}{d^2}$$

O vetor campo resultante em M devido às cargas Q_1 e Q_2 tem intensidade:

$$E_{res.} = E_2 - E_1 \Rightarrow E_{res.} = k_0 \cdot \frac{Q}{d^2} - k_0 \cdot \frac{Q}{4d^2} \Rightarrow E_{res.} = \frac{3}{4} \cdot k_0 \cdot \frac{Q}{d^2}$$

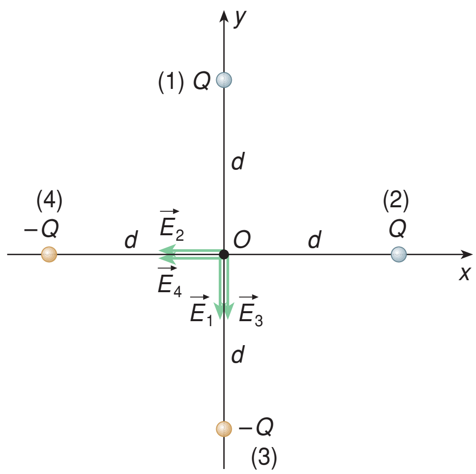
O sentido de $\vec{E}_{res.}$ é o de $\vec{E}_2$:



O vetor campo elétrico $\vec{E}_3$ criado por Q_3 deve anular $\vec{E}_{res.}$. Para isso, $Q_3 > 0$ deve ser fixada à esquerda do ponto M e a uma distância x desse ponto, tal que:

$$E_3 = E_{res.} \Rightarrow k_0 \cdot \frac{Q}{x^2} = \frac{3}{4} \cdot k_0 \cdot \frac{Q}{d^2} \Rightarrow x^2 = \frac{4d^2}{3} \Rightarrow \boxed{x = \frac{2\sqrt{3} \cdot d}{3}}$$

T.42 **Resposta:** a

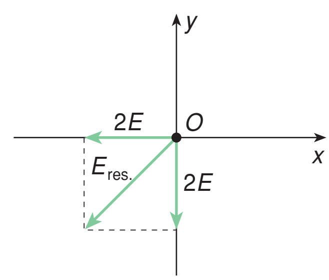


Os quatro vetores campo têm, na origem O, a mesma intensidade:

$$E = E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = k_0 \cdot \frac{Q}{d^2}$$

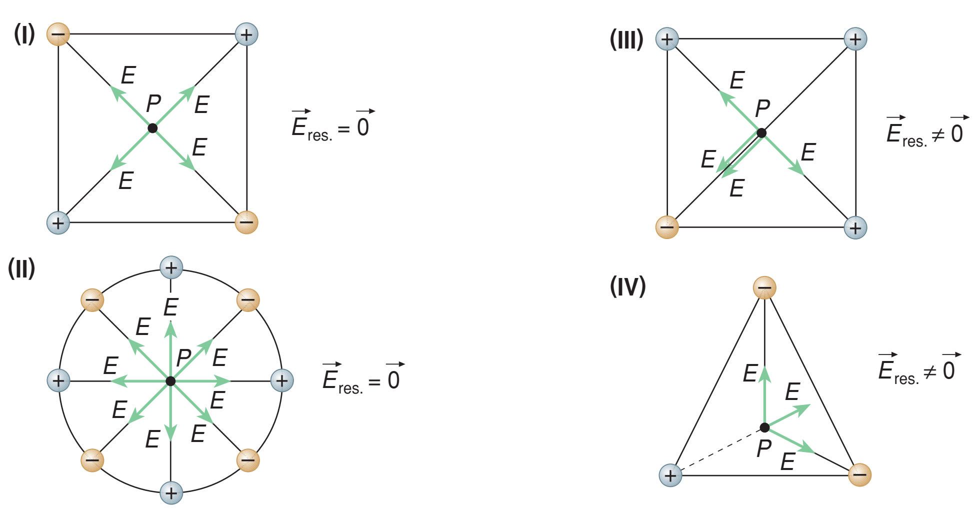
Na origem O do sistema cartesiano, temos:

$$E_{res.} = 2 \cdot E \cdot \sqrt{2} \Rightarrow \boxed{E_{res.} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot k_0 \cdot \frac{Q}{d^2}}$$

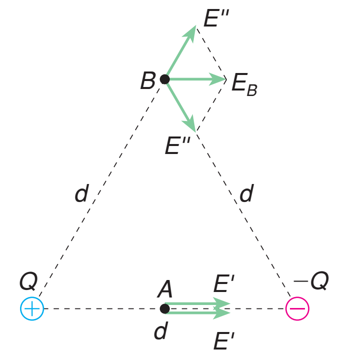


T.43 **Resposta:** e

Todas as cargas elétricas têm mesmo módulo e em cada configuração o ponto P equidista das cargas. Logo, todos os vetores campo parciais têm mesma intensidade. Lembrando que cargas elétricas positivas criam campo de afastamento e negativas de aproximação, temos:



T.44 **Resposta:** e



Em A: $E = E' + E' = 2E'$

Mas: $E' = k_0 \cdot \dfrac{Q}{\left(\dfrac{d}{2}\right)^2} \Rightarrow E' = 4 \cdot k_0 \cdot \dfrac{Q}{d^2}$

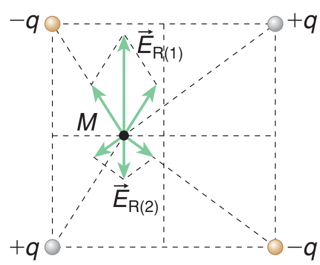
Logo: $E = 2 \cdot 4 \cdot k_0 \cdot \dfrac{Q}{d^2} \Rightarrow E = 8 \cdot k_0 \cdot \dfrac{Q}{d^2}$ ①

Em B: $E_B = E''$ (triângulo equilátero)

Logo: $E'' = k_0 \cdot \dfrac{Q}{d^2} \Rightarrow E_B = k_0 \cdot \dfrac{Q}{d^2}$ ②

Comparando ① e ②: $E = 8E_B \Rightarrow \boxed{E_B = \dfrac{E}{8}}$

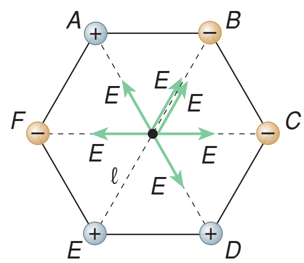
T.45 **Resposta:** a



O vetor campo elétrico resultante $\vec{E}_R$ em M corresponde à soma vetorial $\vec{E}_R = \vec{E}_{R(1)} + \vec{E}_{R(2)}$.

Como se mostra na figura, $E_{R(1)} > E_{R(2)}$. Portanto, o vetor campo elétrico resultante $\vec{E}_R$ tem direção e sentido indicados na figura abaixo:

T.46 **Resposta:** e



$E_{res.} = 2E$

$E_{res.} = 2 \cdot k_0 \cdot \dfrac{|Q|}{\ell^2}$

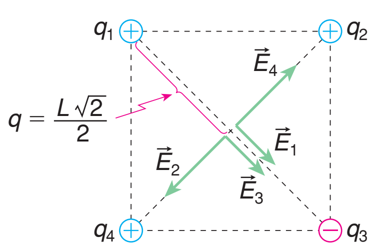
$E_{res.} = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{5{,}0 \cdot 10^{-5}}{(3{,}0 \cdot 10 \cdot 10^{-2})^2}$

$\boxed{E_{res.} = 1{,}0 \cdot 10^7 \text{ N/C}}$

O sentido de $\vec{E}_{res.}$ é de E para B.

T.47 **Resposta:** b

Dados: $L = 1{,}0$ m; $q_1 = 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ C; $q_2 = 2{,}0 \cdot 10^{-7}$ C; $q_3 = -1{,}0 \cdot 10^{-7}$ C;
$q_4 = 2{,}0 \cdot 10^{-7}$ C; $k_0 = 9 \cdot 10^9 \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$



As cargas q_2 e q_4 criam, no centro do quadrado, campos $\vec{E}_2$ e $\vec{E}_4$ com mesmo módulo, mesma direção e sentidos contrários, anulando-se.

As cargas q_1 e q_3 criam, no centro do quadrado, campos $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_3$ de mesma direção, mesmo sentido e mesmo módulo, dado por:

$$E_1 = E_3 = E = k_0 \cdot \frac{|q_1|}{d^2} \Rightarrow E = k_0 \cdot \frac{|q_1|}{\left(\frac{L\sqrt{2}}{2}\right)^2} \Rightarrow$$

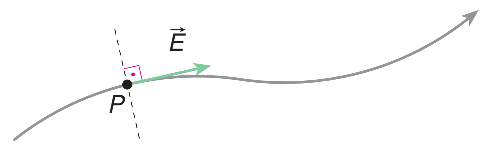
$$\Rightarrow E = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1{,}0 \cdot 10^{-7}}{\frac{1{,}0 \cdot 2}{4}} \Rightarrow \boxed{E = 1{,}8 \cdot 10^3 \text{ N/C}}$$

O vetor campo resultante $\vec{E}_R$ terá então módulo dado por:

$$E_R = E_1 + E_3 \Rightarrow E_R = 2E \Rightarrow E_R = 2 \cdot 1{,}8 \cdot 10^3 \Rightarrow \boxed{E_R = 3{,}6 \cdot 10^3 \text{ N/C}}$$

T.48 **Resposta:** b

O vetor campo elétrico $\vec{E}$ no ponto P tem direção tangente à linha de força e o mesmo sentido desta.



T.49 **Resposta:** e

As linhas de força do campo elétrico saem da carga positiva e chegam à carga negativa. Portanto, em vista da configuração apresentada, as duas cargas são **positivas**.

T.50 **Resposta:** b

$$F = |q| \cdot E = ma \Rightarrow a = \frac{|q| \cdot E}{m}$$

Sendo $E_B > E_A$ (linhas de força mais concentradas em B), vem: $\boxed{a_B > a_A}$

T.51 **Resposta:** a

$$F_e = ma \Rightarrow qE = ma \Rightarrow a = \frac{qE}{m}$$

De $v = v_0 + \alpha \cdot t$, sendo $v_0 = 0$ e $\alpha = a = \dfrac{qE}{m}$, vem: $\boxed{v = \dfrac{qEt}{m}}$

T.52 **Resposta:** a

$$s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow 12 \cdot 10^{-2} = \frac{a \cdot 9 \cdot 10^{-14}}{2} \Rightarrow a = \frac{8}{3} \cdot 10^{12}\ \text{m/s}^2$$

$$v = at \Rightarrow v = \frac{8}{3} \cdot 10^{12} \cdot 3 \cdot 10^{-7} \Rightarrow \boxed{v = 8 \cdot 10^5\ \text{m/s}}$$

$$F_e = ma \Rightarrow F_e = 9 \cdot 10^{-31} \cdot \frac{8}{3} \cdot 10^{12} \Rightarrow F_e = 24 \cdot 10^{-19}\ \text{N}$$

$$E = \frac{F_e}{|q|} \Rightarrow E = \frac{24 \cdot 10^{-19}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \boxed{E = 15\ \text{N/C}}$$

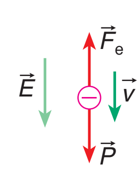
T.53 **Resposta:** a

Dados: $m = 9{,}6 \cdot 10^{-15}$ kg; $q = -3{,}2 \cdot 10^{-19}$ C; $g = 10$ m/s^2

Estando a gotícula em MRU, a resultante sobre a partícula é nula, isto é, a força elétrica $\vec{F}_e$ e o peso $\vec{P}$ se equilibram:

$$F_e = P \Rightarrow |q| \cdot E = mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = \frac{mg}{|q|} \Rightarrow E = \frac{9{,}6 \cdot 10^{-15} \cdot 10}{3{,}2 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \boxed{E = 3{,}0 \cdot 10^5\ \text{N/C}}$$



T.54 **Resposta:** a

Da equação de Torricelli, vem:

$v^2 = v_0^2 + 2a \cdot \Delta s$

$4gh = 0 + 2ah$

$a = 2g$

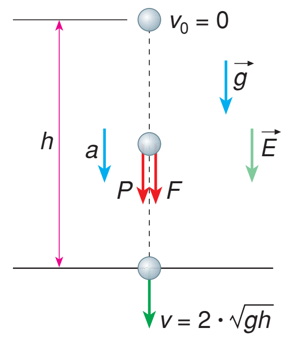
Pelo princípio fundamental da Dinâmica, temos:

$P + F = m \cdot a$

$m \cdot g + q \cdot E = m \cdot 2 \cdot g$

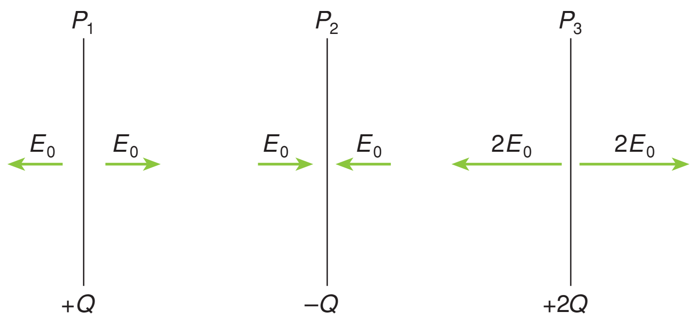
$q \cdot E = mg$

$$\boxed{m = \frac{qE}{g}}$$

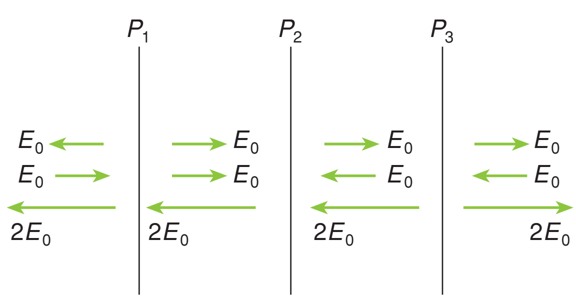


T.55 **Resposta:** e

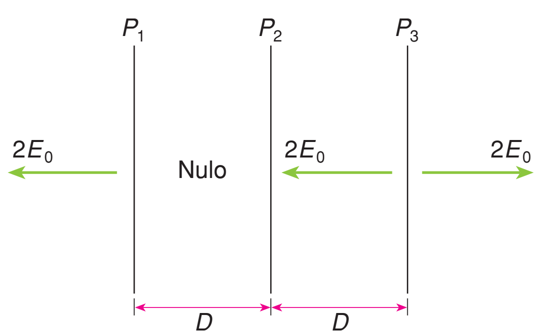
Cada placa origina, isoladamente, nos semiespaços que ela determina, os campos elétricos:



Com as placas próximas podemos determinar em cada região o campo elétrico resultante, pela superposição dos efeitos:



Assim, temos:



T.56 **Resposta:** a

I. Correta. A força elétrica tem a direção do vetor campo elétrico, que é tangente à linha de força no ponto considerado.

II. Incorreta. O vetor campo elétrico tem sentido de afastamento em relação à carga geradora.

III. Incorreta. O potencial é grandeza escalar; não é vetorial.

T.57 **Resposta:** e

Do gráfico: $V_1 = ?$; $d_1 = 1{,}0$ m; $V_3 = 45$ V; $d_3 = 2{,}0$ m

De $V_1 = k_0 \cdot \dfrac{Q}{d_1}$ e $V_3 = k_0 \cdot \dfrac{Q}{d_3}$, vem:

$$V_1 d_1 = V_3 d_3 \Rightarrow V_1 \cdot 1{,}0 = 45 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{V_1 = 90\ \text{V}}$$

Ainda do gráfico: $V_2 = 15$ V; $d_2 = ?$

$$V_1 d_1 = V_2 d_2 \Rightarrow 90 \cdot 1{,}0 = 15 \cdot d_2 \Rightarrow \boxed{d_2 = 6{,}0\ \text{m}}$$

$$V_1 = k_0 \cdot \frac{Q}{d_1} \Rightarrow Q = \frac{V_1 d_1}{k_0} \Rightarrow Q = \frac{90 \cdot 1{,}0}{9{,}0 \cdot 10^9} \Rightarrow \boxed{Q = 1{,}0 \cdot 10^{-8}\ \text{C}}$$

T.58 **Resposta:** a

Em B: $E_B = E$; $V_B = V$; $d_B = 5$ u (u: unidade de comprimento)

$$E_B = k_0 \cdot \frac{Q}{d_B^2} \Rightarrow E = k_0 \cdot \frac{Q}{25} \quad ①$$

$$V_B = k_0 \cdot \frac{Q}{d_B} \Rightarrow V = k_0 \cdot \frac{Q}{5} \quad ②$$

Em A: $d_A = 10$ u

$$E_A = k_0 \cdot \frac{Q}{d_A^2} = k_0 \cdot \frac{Q}{(10)^2} \Rightarrow E_A = k_0 \cdot \frac{Q}{100} \quad ③$$

$$V_A = k_0 \cdot \frac{Q}{d_A} \Rightarrow V_A = k_0 \cdot \frac{Q}{10} \quad ④$$

Comparando ③ com ① e ④ com ②: $\boxed{E_A = \dfrac{E}{4}}$ e $\boxed{V_A = \dfrac{V}{2}}$

T.59 **Resposta:** c

Sendo $E_A = 9{,}0 \cdot 10^5$ N/C; $d_A = 10$ cm $= 1{,}0 \cdot 10^{-1}$ m;

$E_B = 1{,}0 \cdot 10^5$ N/C; $d_B = 30$ cm $= 3{,}0 \cdot 10^{-1}$ m, temos:

$V_A = E_A d_A \Rightarrow V_A = 9{,}0 \cdot 10^5 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-1} \Rightarrow V_A = 9{,}0 \cdot 10^4$ V

$V_B = E_B d_B \Rightarrow V_B = 1{,}0 \cdot 10^5 \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-1} \Rightarrow V_B = 3{,}0 \cdot 10^4$ V

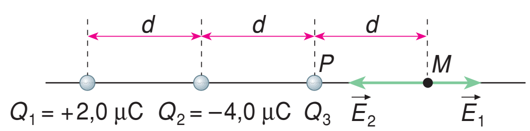
$V_A - V_B = 9{,}0 \cdot 10^4 - 3{,}0 \cdot 10^4 \Rightarrow \boxed{V_A - V_B = 6{,}0 \cdot 10^4 \text{ V}}$

T.60 **Resposta:** c

Como são duas cargas iguais em módulo, mas de sinais opostos, situadas à mesma distância do ponto P, o potencial nesse ponto é nulo.

T.61 **Resposta:** c

De início, a configuração é a seguinte:



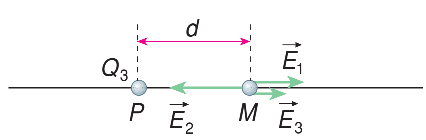
Calculando a intensidade dos vetores campos $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$, vem:

$$E_1 = k_0 \cdot \frac{|Q_1|}{(3d)^2} = k_0 \cdot \frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}}{9d^2}$$

$$E_2 = k_0 \cdot \frac{|Q_2|}{(2d)^2} = k_0 \cdot \frac{4{,}0 \cdot 10^{-6}}{(2d)^2}$$

$$E_2 = k_0 \cdot \frac{1{,}0 \cdot 10^{-6}}{d^2}$$

Como $|\vec{E}_2| > |\vec{E}_1|$, concluímos que, para anular o campo resultante em M, o vetor $\vec{E}_3$ deverá ter o sentido de $\vec{E}_1$. Logo, a carga Q_3 deverá ser positiva.



Temos: $E_3 = k_0 \cdot \dfrac{Q_3}{d^2}$

Em M, vem:

$E_2 = E_1 + E_3$

$$k_0 \cdot \frac{1{,}0 \cdot 10^{-6}}{d^2} = k_0 \cdot \frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}}{9d^2} + k_0 \cdot \frac{Q_3}{d^2}$$

$$1{,}0 \cdot 10^{-6} = \frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}}{9} + Q_3$$

$9{,}0 \cdot 10^{-6} = 2{,}0 \cdot 10^{-6} + 9Q_3$

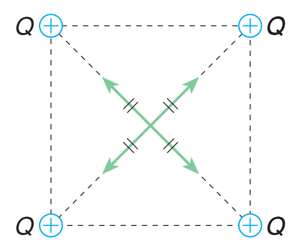
$9Q_3 = 7{,}0 \cdot 10^{-6}$

$$Q_3 = \frac{7{,}0}{9} \cdot 10^{-6}\ \text{C}$$

$$\boxed{Q_3 = \frac{7{,}0}{9}\ \mu\text{C}}$$

T.62 **Resposta:** a

No centro do quadrado, o **potencial não é nulo**, pois todas as cargas têm o mesmo sinal. O **campo elétrico é nulo**, pois em cada diagonal os campos produzidos pelas cargas situadas nos vértices têm sentidos opostos e mesma intensidade, anulando-se, como se indica na figura.



T.63 **Resposta:** soma = 22 (02 + 04 + 16)

(01) Incorreta.

As forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ terão sempre sentidos opostos, sejam elas de atração (Q_1 e Q_2 com sinais opostos) ou de repulsão (Q_1 e Q_2 com o mesmo sinal).

(02) Correta.

(04) Correta.

Se as cargas tiverem sinais iguais, os vetores campo elétrico $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$ no ponto médio $\left(\dfrac{d}{2}\right)$ terão intensidades iguais e sentidos opostos, anulando-se.

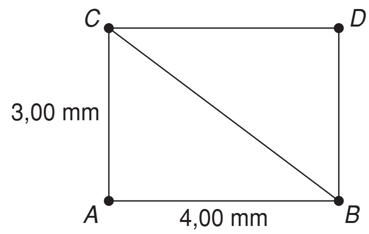
(08) Incorreta.

O potencial elétrico no ponto médio $\left(\dfrac{d}{2}\right)$ só será nulo se as cargas tiverem sinais opostos.

(16) Correta.

Considerando a afirmativa (04), se uma carga Q_3 for colocada no ponto médio, a força resultante sobre ela será nula.

T.64 **Resposta:** e



Aplicando o teorema de Pitágoras ao triângulo *ABC*:

$$(d_{BC})^2 = (4{,}00)^2 + (3{,}00)^2$$

$$d_{BC} = 5{,}00 \text{ mm} = 5{,}00 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Como as medidas das duas diagonais são iguais, temos também:

$$d_{AD} = 5{,}00 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Calculando o potencial que as cargas Q_A e Q_B produzem nos pontos *C* e *D*, vem:

Em *C*:

$$V_{AC} = k_0 \cdot \frac{Q_A}{d_{AC}} \Rightarrow V_{AC} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3{,}0 \cdot 10^{-8}}{3{,}00 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow V_{AC} = 9{,}0 \cdot 10^4 \text{ V}$$

$$V_{BC} = k_0 \cdot \frac{Q_B}{d_{BC}} \Rightarrow V_{BC} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{6{,}0 \cdot 10^{-8}}{5{,}00 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow V_{BC} = 10{,}8 \cdot 10^4 \text{ V}$$

O potencial resultante em *C* será:

$V_C = V_{AC} + V_{BC} \Rightarrow V_C = 19{,}8 \cdot 10^4$ V

Em *D*:

$$V_{AD} = k_0 \cdot \frac{Q_A}{d_{AD}} \Rightarrow V_{AD} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3{,}0 \cdot 10^{-8}}{5{,}00 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow V_{AD} = 5{,}4 \cdot 10^4 \text{ V}$$

$$V_{BD} = k_0 \cdot \frac{Q_B}{d_{BD}} \Rightarrow V_{BD} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{6{,}0 \cdot 10^{-8}}{3{,}00 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow V_{BD} = 18 \cdot 10^4 \text{ V}$$

O potencial resultante em *D* será:

$V_D = V_{AD} + V_{BD} \Rightarrow V_D = 23{,}4 \cdot 10^4$ V

A ddp entre *C* e *D* vale:

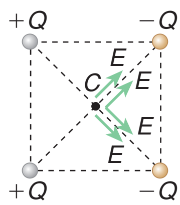
$$U_{CD} = V_C - V_D \Rightarrow U_{CD} = 19{,}8 \cdot 10^4 - 23{,}4 \cdot 10^4 \Rightarrow \boxed{U_{CD} = -3{,}6 \cdot 10^4 \text{ V}}$$

T.65 **Resposta:** e

Para que o campo elétrico seja nulo no centro do quadrado, em cada diagonal devemos ter cargas iguais em sinal e módulo.

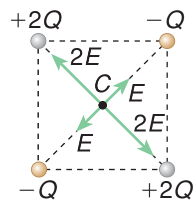
Para que o potencial seja nulo, devemos ter duas cargas positivas e duas cargas negativas iguais em módulo distribuídas pelos vértices do quadrado.

Analisando cada uma das alternativas:

a) 

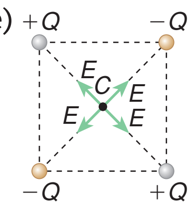
$E_C \neq 0$

$V_C = 0$

c) 

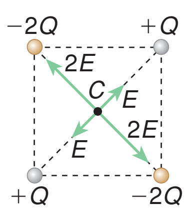
$E_C = 0$

$V_C > 0$

e) 

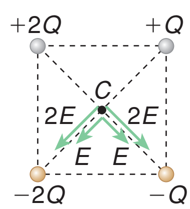
$E_C = 0$

$V_C = 0$

b) 

$E_C = 0$

$V_C < 0$

d) 

$E_C \neq 0$

$V_C = 0$

T.66 **Resposta:** e

O trabalho não depende da trajetória. Depende da ddp entre as posições inicial e final. Então, o maior valor do trabalho corresponde à trajetória **V**, pois a ela corresponde a maior ddp.

T.67 **Resposta:** b

Sendo $q = 2{,}0 \cdot 10^{-6}$ C e $\mathcal{T} = 6{,}0 \cdot 10^{-3}$ J, temos:

$\mathcal{T} = q \cdot U \Rightarrow 6{,}0 \cdot 10^{-3} = 2{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot U \Rightarrow U = 3{,}0 \cdot 10^{3}\ \text{V} \Rightarrow \boxed{U = 3{,}0\ \text{kV}}$

T.68 **Resposta:** soma = 23 (01 + 02 + 04 + 16)

(01) Correta.

(02) Correta.

$$E = k_0 \cdot \frac{Q}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-6}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow \boxed{E = 4{,}32 \cdot 10^7 \text{ N/C}}$$

(04) Correta.

$$V = k_0 \cdot \frac{Q}{d} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{V = 2{,}16 \cdot 10^6 \text{ V}}$$

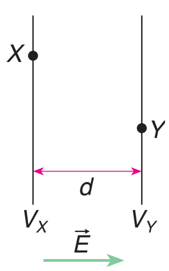
(08) Incorreta.
A ddp entre dois pontos de uma mesma superfície equipotencial é sempre nula.

(16) Correta.
$|\mathcal{T}| = q_2 \cdot U = 15 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}16 \cdot 10^6 \Rightarrow \boxed{|\mathcal{T}| = 32{,}40 \text{ J}}$

(32) Incorreta.
Entre dois pontos de uma mesma linha de força a ddp é diferente de zero. Portanto o trabalho não é nulo.

(64) Incorreta.
São grandezas escalares.

T.69 **Resposta:** c

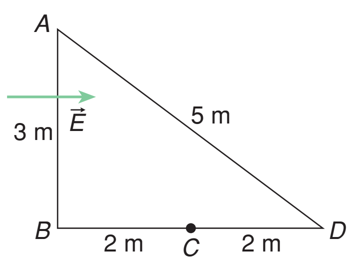


$V_X - V_Y = Ed$

Como $E = 200$ N/C e $d \simeq 30$ cm $= 3 \cdot 10^{-1}$ m:

$V_X - V_Y = 200 \cdot 3 \cdot 10^{-1} \Rightarrow \boxed{V_X - V_Y = 60 \text{ V}}$

T.70 **Resposta:** a



Se $\mathcal{T}_{AB} = 0$, $V_A = V_B$ (A e B pertencem à mesma superfície equipotencial).

O vetor campo elétrico $\vec{E}$ é perpendicular a $\overline{AB}$. Portanto, B, C e D pertencem a uma mesma linha de força.

Sendo $\mathcal{T}_{BC} = 2$ J; $q = 0{,}5$ C; $d_{BC} = 2$ m, temos:

$\mathcal{T}_{BC} = q \cdot (V_B - V_C) = qEd_{BC} \Rightarrow$

$\Rightarrow 2 = 0{,}5 \cdot E \cdot 2 \Rightarrow \boxed{E = 2 \text{ V/m}}$

Portanto, o campo elétrico na região tem direção do eixo x, sentido positivo e módulo $E = 2$ V/m.

T.71 **Resposta:** b

Sendo $E = 20.000$ N/C $= 2 \cdot 10^4$ N/C; $q = 4 \cdot 10^{-8}$ C; $V_A = 200$ V; $V_B = 80$ V, temos:

$$\mathcal{T}_{AB} = q \cdot (V_A - V_B) \Rightarrow \mathcal{T}_{AB} = 4 \cdot 10^{-8} \cdot (200 - 80) \Rightarrow \boxed{\mathcal{T}_{AB} = 4{,}8 \cdot 10^{-6}\ \text{J}}$$

Como o campo é uniforme e considerando A e B pertencentes à mesma linha de força, vem:

$$Ed = V_A - V_B \Rightarrow d = \frac{V_A - V_B}{E} \Rightarrow d = \frac{200 - 80}{2 \cdot 10^4} \Rightarrow d = \frac{120}{2 \cdot 10^4} \Rightarrow \boxed{d = 6 \cdot 10^{-3}\ \text{m}}$$

T.72 **Resposta:** soma = 38 (02 + 04 + 32)

(01) Incorreta.

Como a carga é negativa, a força e o vetor campo elétrico têm sentidos contrários.

(02) Correta.

$$F = |q_e| \cdot E = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}0 \cdot 10^4 \Rightarrow \boxed{F = 3{,}2 \cdot 10^{-15}\ \text{N}}$$

(04) Correta.

$$a = \frac{F}{m_e} = \frac{3{,}2 \cdot 10^{-15}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}} \Rightarrow \boxed{a \simeq 3{,}5 \cdot 10^{15}\ \text{m/s}^2}$$

(08) Incorreta.

$$d = \frac{a \cdot t^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2d}{a} = \frac{2 \cdot 7{,}0 \cdot 10^{-3}}{3{,}5 \cdot 10^{15}} = 4{,}0 \cdot 10^{-18} \Rightarrow \boxed{t = 2{,}0 \cdot 10^{-9}\ \text{s}}$$

(16) Incorreta.

$$v = a \cdot t = 3{,}5 \cdot 10^{15} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-9} \Rightarrow \boxed{v = 7{,}0 \cdot 10^6\ \text{m/s}}$$

(32) Correta.

$$U = E \cdot d = 2{,}0 \cdot 10^4 \cdot 7{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{U = 140\ \text{V}}$$

(64) Incorreta.

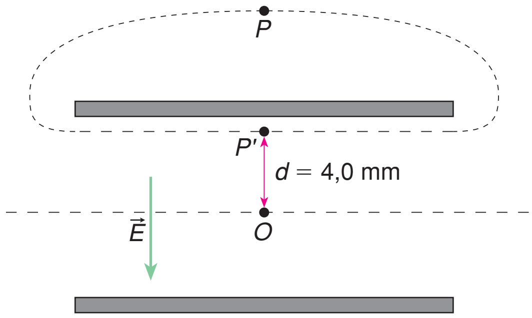
$$\mathcal{T} = q_e \cdot (V_A - V_B) = -1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot (-1{,}4 \cdot 10^2) \Rightarrow \mathcal{T} = 2{,}24 \cdot 10^{-17}\ \text{J} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\mathcal{T} = 2{,}24 \cdot 10^{-17}\ \text{N} \cdot \text{m}}$$

T.73 **Resposta:** a

$$U_{MN} = Ed \Rightarrow V_M - V_N = Ed \Rightarrow 40 - V_N = 5{,}0 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{V_N = -10\ \text{V}}$$

T.74 **Resposta:** d



Observemos, inicialmente, que o potencial elétrico dos pontos P e P' são iguais, pois pertencem à mesma superfície equipotencial.

Calculemos, agora, a diferença de potencial entre os pontos P' e O.

$$Ed = U \Rightarrow 10^5 \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-3} = U_{P'O} \Rightarrow U_{P'O} = V_{P'} - V_O = 4{,}0 \cdot 10^2\ \text{V}$$

Sendo $V_{P'} = V_P$, vem: $V_P - V_O = 4{,}0 \cdot 10^2$ V

O trabalho da força elétrica no transporte da carga de O a P será dado por:

$$\tau_{F_e} = q \cdot (V_O - V_P) \Rightarrow \tau_{F_e} = 10^{-14} \cdot (-4{,}0 \cdot 10^2) \Rightarrow \tau_{F_e} = -4{,}0 \cdot 10^{-12}\ \text{J}$$

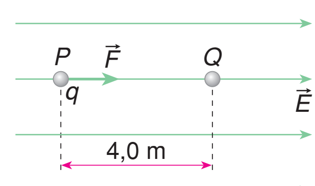
Sendo $\tau_{\text{operador}} = -\tau_{F_e}$, temos: $\boxed{\tau_{\text{operador}} = 4 \cdot 10^{-12}\ \text{J}}$

T.75 **Resposta:** a

$\tau_{PQ} = \Delta E_{p(PQ)} = q \cdot (V_P - V_Q) = qEd$

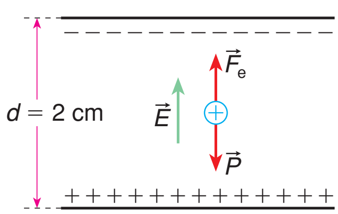
$\Delta E_{p(PQ)} = 2{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot 400 \cdot 4{,}0$

$\boxed{\Delta E_{p(PQ)} = 32 \cdot 10^{-7}\ \text{J}}$



T.76 **Resposta:** d

Dados: $m = 4 \cdot 10^{-13}$ kg; $q = 2{,}5 \cdot 10^{-18}$ C; $g = 10$ m/s^2; $d = 2$ cm $= 2 \cdot 10^{-2}$ m



Equilíbrio:

$F_e = P \Rightarrow$

$\Rightarrow |q| \cdot E = mg \Rightarrow 2{,}5 \cdot 10^{-18} \cdot E = 4 \cdot 10^{-13} \cdot 10 \Rightarrow$

$\Rightarrow E = 1{,}6 \cdot 10^6$ V/m

No campo uniforme: $Ed = U$

Portanto:

$U = 1{,}6 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{U = 3{,}2 \cdot 10^4\ \text{V}}$

T.77 **Resposta:** e

O período T do pêndulo simples é dado por: $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$ ①

Sob ação do campo elétrico uniforme e vertical, de intensidade E, o período do pêndulo dobra de valor, passando a:

$2T = 2\pi \cdot \sqrt{\dfrac{L}{g'}}$ ②, em que $g' = g - \dfrac{qE}{m}$

A parcela $\dfrac{qE}{m}$ representa a aceleração devida à ação do campo elétrico uniforme.

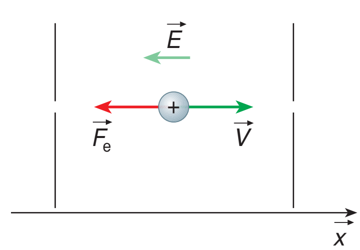
Das expressões ① e ② resulta:

$$g' = \frac{1}{4} \cdot g \Rightarrow g - \frac{qE}{m} = \frac{1}{4} \cdot g \Rightarrow \frac{qE}{m} = \frac{3}{4} \cdot g \Rightarrow E = \frac{3mg}{4q} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = \frac{3 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-4} \cdot 10{,}0}{4 \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow \boxed{E = 25\ \text{N/C}}$$

T.78 **Resposta:** b

A energia cinética diminui. Portanto a força elétrica atuante tem sentido contrário ao movimento. Sendo positiva a carga, o campo elétrico tem o mesmo sentido da força, isto é, contrário ao sentido do eixo x.



A energia cinética diminui devido ao trabalho da força elétrica: $\mathcal{T} = \Delta E_c$

Logo: $-F_e \cdot L = \dfrac{W}{4} - W \Rightarrow Q \cdot E \cdot L = \dfrac{3}{4}W \Rightarrow \boxed{E = \dfrac{3W}{4QL}}$

T.79 **Resposta:** e

No campo elétrico uniforme da figura, elétrons desviam-se para cima (carga elétrica negativa), prótons para baixo (carga elétrica positiva) e nêutrons não se desviam, pois não possuem carga elétrica. Portanto, o ponto *P* foi atingido por nêutrons e os pontos *Q* e *R* por prótons que apresentavam inicialmente velocidades diferentes (daí atingirem pontos diferentes).

T.80 **Resposta:** a

Como as linhas de força do campo elétrico estão orientadas da placa *A* para a placa *B*, conclui-se que *A* está eletrizada positivamente e *B* negativamente. A partícula, tendo se desviado para a placa *A*, tem sinal oposto a ela e, portanto, negativa. Em resumo:

Placa *A*: carga positiva.

Placa *B*: carga negativa.

Partícula: carga negativa.

T.81 **Resposta:** d

$\mathcal{T}_1 = E_c - E_{c_0} \Rightarrow \mathcal{T}_1 = 0{,}95 - 0{,}40 \Rightarrow \mathcal{T}_1 = 0{,}55$ J

$\mathcal{T}_2 = E_c - E_{c_0} \Rightarrow \mathcal{T}_2 = 0{,}70 - 0{,}15 \Rightarrow \mathcal{T}_2 = 0{,}55$ J

$\mathcal{T}_3 = E_c - E_{c_0} \Rightarrow \mathcal{T}_3 = 0{,}75 - 0{,}35 \Rightarrow \mathcal{T}_3 = 0{,}40$ J

Como $\mathcal{T} = qU$ e a ddp U é a mesma e considerando as cargas positivas, vem:

$$\mathcal{T}_1 = \mathcal{T}_2 > \mathcal{T}_3 \Rightarrow \boxed{q_1 = q_2 > q_3}$$

T.82 **Resposta:** soma = 03 (01 + 02)

(01) Correta.

Considerando desprezível a ação gravitacional, a aceleração é determinada pela força elétrica. Assim:

$$F_e = qE \Rightarrow ma = q \cdot \frac{V}{d} \Rightarrow \boxed{a = \frac{qV}{md}}$$ (*q*: módulo da carga elétrica da gota)

(02) Correta.

O percurso da gota no eixo *x* é *L* e a velocidade v_0 se mantém constante:

$$x = v_x \cdot t \Rightarrow L = v_0 \cdot t \Rightarrow \boxed{t = \frac{L}{v_0}}$$

(04) Incorreta.

Como a gota se deflete para a placa positiva, sua carga elétrica é negativa.

(08) Incorreta.

A energia potencial elétrica diminui, pois a energia cinética da gota aumenta sob ação do campo elétrico.

T.83 **Resposta:** a

Sendo $q = 2 \cdot 10^{-9}$ C; $v_0 = 0$; $E_{c_0} = 0$; $E_c = 4 \cdot 10^{-6}$ J, temos:

$\mathcal{T} = E_c - E_{c_0} \Rightarrow \mathcal{T} = 4 \cdot 10^{-6}$ J

$\mathcal{T} = q \cdot (V_i - V_f) \Rightarrow 4 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-9} \cdot (V_i - V_f) \Rightarrow V_i - V_f = 2 \cdot 10^3 \text{ V} = 2 \text{ kV}$

A ddp pedida é $\Delta V = V_f - V_i = -(V_i - V_f)$.

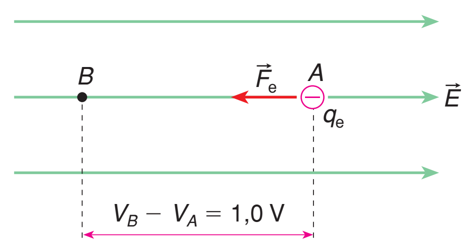
Portanto: $\boxed{\Delta V = -2 \text{ kV}}$

T.84 **Resposta:** a

Dados: $|q_e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C; $m = 9{,}0 \cdot 10^{-31}$ kg

$\mathcal{T}_{AB} = E_c - E_{c(0)}$

sendo $E_{c(0)} = 0$, vem:



$E_c = \mathcal{T}_{AB} \Rightarrow E_c = q_e \cdot (V_A - V_B)$

$E_c = 1{,}0 \text{ eV} = -1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot (-1{,}0 \text{ V})$

$E_c = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{2E_c}{m}$$

$$v^2 = \frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{9{,}0 \cdot 10^{-31}}$$

$$v^2 \simeq 36 \cdot 10^{10}$$

$$\boxed{v \simeq 6{,}0 \cdot 10^5 \text{ m/s}}$$

T.85 **Resposta:** e

Como as cargas se distribuem na superfície externa do condutor, a esfera A não se eletriza (carga zero) e a esfera B adquire carga de mesmo sinal do condutor E (positiva).

T.86 **Resposta:** c

Sendo $k_0 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{N \cdot m^2}{C^2}$; $V = 900$ V e $R = 1$ cm $= 10^{-2}$ m, temos:

$$V = k_0 \cdot \frac{Q}{R} \Rightarrow 900 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{10^{-2}} \Rightarrow \boxed{Q = 10^{-9}\ C}$$

T.87 **Resposta:** b

Como $E_{sup.} = 4{,}5 \cdot 10^4$ N/C, temos:

$$E_{ext.} = k_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2} \Rightarrow 4{,}5 \cdot 10^4 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9}}{d^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d^2 = 2 \cdot 10^{-4} \Rightarrow d \simeq 1{,}4 \cdot 10^{-2}\ m \Rightarrow \boxed{d \simeq 1{,}4\ cm}$$

T.88 **Resposta:** d

Os potenciais dos pontos da esfera, internos e superficiais, são iguais: $V_A = V_B$. À medida que se consideram pontos mais afastados, o potencial diminui, de acordo com a fórmula $V_{ext.} = k_0 \cdot \dfrac{Q}{d}$.

Portanto: $\boxed{V_A = V_B > V_C}$

T.89 **Resposta:** a

Temos:

$D = 20\text{ cm} \Rightarrow R = \dfrac{D}{2} = 10\text{ cm} = 1{,}0 \cdot 10^{-1}\text{ m}$

$k_0 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$

$Q = 4{,}0\ \mu\text{C} = 4{,}0 \cdot 10^{-6}\text{ C}$

$d = 8\text{ cm}$

Como o ponto é interno à esfera ($d < R$), o potencial em P é igual ao potencial da esfera:

$$V_P = V = k_0 \cdot \frac{Q}{R} \Rightarrow V_P = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4{,}0 \cdot 10^{-6}}{1{,}0 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow \boxed{V_P = 3{,}6 \cdot 10^5\text{ V}}$$

T.90 **Resposta:** e

A capacitância de uma esfera condutora é dada por: $C = \dfrac{R}{k_0}$

Sendo $R = a$, temos:

$a = C \cdot k_0 \Rightarrow a = 10 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^9 \Rightarrow$

$\Rightarrow a = 9 \cdot 10^{-2}\text{ m} \Rightarrow \boxed{a = 9\text{ cm}}$

Do gráfico, temos:

$b = k_0 \cdot \dfrac{Q}{a}$ ① e $60 = k_0 \cdot \dfrac{Q}{15}$ ②

Dividindo a expressão ① pela ②, temos:

$$\frac{b}{60} = \frac{15}{a} \Rightarrow \frac{b}{60} = \frac{15}{9} \Rightarrow \boxed{b = 100\text{ V}}$$

T.91 **Resposta:** b

A capacitância C de um condutor esférico de raio R é dada por: $C = \dfrac{R}{k_0}$

Portanto, dobrando o raio, dobra a capacitância do condutor: $\boxed{C' = 2C}$

A carga Q se mantém. Então, como $Q = CV$, dobrando o raio, dobra a capacitância e o potencial cai para a metade do valor inicial: $\boxed{V' = \dfrac{V}{2}}$

T.92 **Resposta:** d

Considerando que $Q = CV$, sendo C constante, se Q dobra, o potencial também dobra.

T.93 **Resposta:** c

Onde houver pontas, haverá maior concentração de cargas e o campo elétrico será mais intenso.

T.94 **Resposta:** c

A esfera de maior tamanho terá capacidade eletrostática bem maior que a esfera pequena $\left(C = \frac{R}{k_0}\right)$. Como postas em contato o potencial delas será o mesmo, em vista da fórmula $Q = CV$, a carga elétrica na esfera grande será bem maior que na esfera pequena. Portanto, a esfera pequena cede a maior parte de sua carga para a esfera maior.

T.95 **Resposta:** e

Cargas iniciais: $Q_A = 4{,}0\ \mu C$ e $Q_B = 5{,}0\ \mu C$

Sendo o volume de B oito vezes o volume de A, vem:

$$\frac{4}{3} \cdot \pi R_B^3 = 8 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi R_A^3 \Rightarrow R_B^3 = 8R_A^3 \Rightarrow R_B = 2R_A$$

Como $C = \frac{R}{k_0}$, a esfera B apresenta o dobro da capacidade da esfera A: $C_B = 2C_A$

Ao serem colocadas em contato, as esferas adquirem o mesmo potencial:

$$V'_A = \frac{Q'_A}{C_A} \text{ e } V'_B = \frac{Q'_B}{C_B}$$

Igualando esses potenciais, vem:

$$V'_A = V'_B \Rightarrow \frac{Q'_A}{C_A} = \frac{Q'_B}{C_B} \Rightarrow \frac{Q'_A}{C_A} = \frac{Q'_B}{2C_A} \Rightarrow Q'_B = 2Q'_A \quad ①$$

Pelo princípio da conservação da carga elétrica:

$$Q'_A + Q'_B = Q_A + Q_B = 4{,}0 + 5{,}0 \Rightarrow Q'_A + Q'_B = 9{,}0\ \mu C \quad ②$$

Substituindo ① em ②, vem:

$$Q'_A + 2Q'_A = 9{,}0\ \mu C \Rightarrow 3Q'_A = 9{,}0 \Rightarrow \boxed{Q'_A = 3{,}0\ \mu C}$$

Substituindo o resultado anterior em ①:

$$Q'_B = 2 \cdot 3{,}0 \Rightarrow \boxed{Q'_B = 6{,}0\ \mu C}$$

T.96 **Resposta:** b

Dados:

$d_1 = 10 \cdot 10^{-2}$ m $\Rightarrow R_1 = 5 \cdot 10^{-2}$ m

$d_2 = 4 \cdot 10^{-2}$ m $\Rightarrow R_2 = 2 \cdot 10^{-2}$ m

$Q_1 = -21 \cdot 10^{-6}$ C

$Q_2 = 35 \cdot 10^{-6}$ C

O potencial comum V, após a ligação, é dado por:

$$V = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2} = \frac{Q_1 + Q_2}{\frac{R_1}{k_0} + \frac{R_2}{k_0}} \Rightarrow V = k_0 \cdot \frac{Q_1 + Q_2}{R_1 + R_2}$$

A nova carga da esfera de raio $R_1 = 5 \cdot 10^{-2}$ m será:

$$Q_1' = C_1 \cdot V = \frac{R_1}{k_0} \cdot k_0 \cdot \frac{Q_1 + Q_2}{R_1 + R_2}$$

$$Q_1' = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot (Q_1 + Q_2)$$

$$Q_1' = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{(5 + 2) \cdot 10^{-2}} \cdot (-21 + 35) \cdot 10^{-6}$$

$$\boxed{Q_1' = 10 \cdot 10^{-6}\ \text{C}}$$

Analogamente, a nova carga da esfera de raio $R_2 = 2 \cdot 10^{-2}$ m será:

$$Q_2' = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot (Q_1 + Q_2)$$

$$Q_2' = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{(5 + 2) \cdot 10^{-2}} \cdot (-21 + 35) \cdot 10^{-6}$$

$$\boxed{Q_2' = 4 \cdot 10^{-6}\ \text{C}}$$

T.97 **Resposta:** soma = 03 (01 + 02)

(01) Correta.

Tem-se:

$$C_B = 2C_A \Rightarrow \frac{Q'_A}{C_A} = \frac{Q'_B}{C_B} \Rightarrow \frac{Q'_A}{C_A} = \frac{Q'_B}{2C_A} \Rightarrow Q'_B = 2Q'_A$$

Como $Q'_A + Q'_B = Q$, vem: $\frac{Q'_B}{2} + Q'_B = Q \Rightarrow \frac{3}{2} \cdot Q'_B = Q \Rightarrow \boxed{Q'_B = \frac{2}{3} \cdot Q}$

(02) Correta.

$$Q'_A = \frac{Q'_B}{2} = \frac{1}{3} \cdot Q;\ V = k_0 \cdot \frac{Q'_A}{R} \Rightarrow V = k_0 \cdot \frac{\frac{1}{3} \cdot Q}{R} \Rightarrow \boxed{V = \frac{k_0 \cdot Q}{3R}}$$

(04) Incorreta.

$$E_A = \frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{|Q'_A|}{R_A^2} \Rightarrow E_A = \frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{|Q|}{3R^2}$$

$$E_B = \frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{|Q'_B|}{(2R)^2} \Rightarrow E_B = \frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{\left|\frac{2}{3}Q\right|}{4R^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_B = \frac{1}{2} \cdot k_0 \cdot \frac{|Q|}{6R^2}$$

Logo: $\boxed{E_A = 2E_B}$

(08) Incorreta.

O campo elétrico no centro de qualquer dos condutores é nulo.

(16) Incorreta.

Pela lei de Coulomb:

$$F = k_0 \cdot \frac{|Q'_A| \cdot |Q'_B|}{d^2} \Rightarrow F = k_0 \cdot \frac{\frac{1}{3} \cdot Q \cdot \frac{2}{3} \cdot Q}{16R^2} \Rightarrow F = k_0 \cdot \frac{\frac{2}{9} \cdot Q^2}{16R^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{F = \frac{k_0 \cdot Q^2}{72R^2}}$$

T.98 **Resposta:** e

Após atingirem o equilíbrio eletrostático, as cargas elétricas dos condutores valem:

$$Q'_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot Q = \frac{a}{a + 2a} \cdot Q \Rightarrow Q'_1 = \frac{Q}{3}$$

$$Q'_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot Q = \frac{2a}{a + 2a} \cdot Q \Rightarrow Q'_2 = \frac{2Q}{3}$$

Assim:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\dfrac{Q'_1}{4\pi R_1^2}}{\dfrac{Q'_2}{4\pi R_2^2}} \Rightarrow \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{Q'_1}{Q'_2} \cdot \frac{R_2^2}{R_1^2} \Rightarrow \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\dfrac{Q}{3}}{\dfrac{2Q}{3}} \cdot \frac{(2a)^2}{a^2} \Rightarrow \boxed{\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 2{,}0}$$

T.99 **Resposta:** d

Dados: $R_1 = 0{,}500$ cm $= 0{,}500 \cdot 10^{-2}$ m; $V_1 = 10{,}0$ V;

$R_2 = 1{,}00$ cm $= 1{,}00 \cdot 10^{-2}$ m e $V_2 = 15{,}0$ V

Para as capacitâncias:

$$C_1 = \frac{R_1}{k_0} \Rightarrow C_1 = \frac{0{,}500 \cdot 10^{-2}}{k_0}$$

$$C_2 = \frac{R_2}{k_0} \Rightarrow C_2 = \frac{1{,}00 \cdot 10^{-2}}{k_0}$$

O potencial comum, após o contato, vale:

$$V = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2} = \frac{\dfrac{0{,}500 \cdot 10^{-2}}{k_0} \cdot 10{,}0 + \dfrac{1{,}00 \cdot 10^{-2}}{k_0} \cdot 15{,}0}{\dfrac{0{,}500 \cdot 10^{-2}}{k_0} + \dfrac{1{,}00 \cdot 10^{-2}}{k_0}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{(5{,}00 + 15{,}0) \cdot 10^{-2}}{1{,}50 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow V = \frac{20{,}0}{1{,}50} \Rightarrow \boxed{V \simeq 13{,}3 \text{ V}}$$

T.100 **Resposta:** d

A carroceria metálica do ônibus impede que as cargas na superfície externa interfiram nos objetos interiores (blindagem eletrostática).

T.101 **Resposta:** d

A lata metálica atua como blindagem, impedindo ações elétricas no interior.

T.102 **Resposta:** d

Envolvendo o corpo eletrizado *A* com uma esfera metálica, ligando-a ao solo, o estudante produz uma blindagem eletrostática, de modo que o corpo *A* não exercerá ações elétricas na parte externa.

T.103 **Resposta:** soma = 42 (02 + 08 + 32)

(01) Incorreta.
A eletrização do revestimento do avião dá-se pelo atrito com o ar.

(02) Correta.
Como as cargas desenvolvidas distribuem-se apenas na superfície externa, o campo elétrico no interior do avião é nulo.

(04) Incorreta.
A eletrização por atrito também ocorre em materiais isolantes.

(08) Correta.
Nas pontas a densidade de carga é maior e portanto o campo elétrico é mais intenso.

(16) Incorreta.
O centelhamento não se relaciona com o fato descrito.

(32) Correta.
Quaisquer pontos no interior do avião apresentam o mesmo potencial.

T.104 **Resposta:** b

Como $i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t}$, temos: $\Delta q = i \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta q = 10 \cdot 120 \Rightarrow \boxed{\Delta q = 1.200\ \text{C}}$

T.105 **Resposta:** e

De $i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t}$ e lembrando que $\Delta q = ne$, vem:

$$i = \frac{ne}{\Delta t} \Rightarrow n = \frac{i \cdot \Delta t}{e} \Rightarrow n = \frac{11{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}0}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \boxed{n = 7{,}0 \cdot 10^{13}\ \text{elétrons}}$$

T.106 **Resposta:** c

I) Correta.

1 A = 1 C/s

II) Correta.

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow i = \frac{ne}{\Delta t} \Rightarrow n = \frac{i \cdot \Delta t}{e} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{1 \cdot 1}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \boxed{n = 6{,}25 \cdot 10^{18}\ \text{elétrons}}$$

T.107 **Resposta:** c

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow i = \frac{ne}{\Delta t} \Rightarrow n = \frac{i \cdot \Delta t}{e} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{10^5 \cdot 100 \cdot 1}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow n = 6{,}25 \cdot 10^{25}\ \text{elétrons}$$

Portanto, temos a seguinte ordem de grandeza: $\boxed{10^{26}\ \text{elétrons}}$

T.108 **Resposta:** b

A velocidade média dos elétrons que constituem as correntes elétricas contínuas e constantes usuais é muito pequena. (Ver exercício **R.40**.)

A lâmpada acende quase instantaneamente, pois os elétrons livres que se distribuem ao longo dos condutores colocam-se em movimento simultaneamente em todo o circuito.

T.109 **Resposta:** b

De $i = N \cdot A \cdot v \cdot e$ e considerando que a seção transversal do fio é um círculo de área $\dfrac{\pi d^2}{4}$, temos:

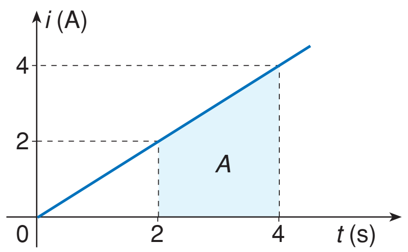
$$i = N \cdot \frac{\pi d^2}{4} v \cdot e \Rightarrow v = \frac{4 \cdot i}{N \cdot \pi d^2 \cdot e} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v \simeq \frac{4 \cdot 66}{8,6 \cdot 10^{28} \cdot 3,14 \cdot (10^{-2})^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow v \simeq 6,1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Como $\Delta s = v \cdot \Delta t$, temos:

$$\Delta s = 6,1 \cdot 10^{-5} \cdot 3.600 \Rightarrow \Delta s \simeq 0,22 \text{ m} \Rightarrow \Delta s = 22 \text{ cm} \Rightarrow \boxed{\Delta s \simeq 1 \text{ palmo}}$$

T.110 **Resposta:** d



$\Delta q = A$ (numericamente)

$$\Delta q = \frac{4 + 2}{2} \cdot 2$$

$$\boxed{\Delta q = 6 \text{ C}}$$

T.111 **Resposta:** c

Nó N_2: $i_2 = 2 + 8 \Rightarrow \boxed{i_2 = 10 \text{ A}}$

Nó N_1: $i_1 = 3 + i_2 \Rightarrow i_1 = 3 + 10 \Rightarrow \boxed{i_1 = 13 \text{ A}}$

T.112 **Resposta:** e

$Pot = U \cdot i \Rightarrow Pot = 220 \cdot 10 \Rightarrow Pot = 2.200 \text{ W} \Rightarrow Pot = 2,2 \text{ kW}$

$$E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = 2,2 \text{ kW} \cdot \frac{1}{4} \text{ h} \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 0,55 \text{ kWh}}$$

T.113 **Resposta:** d

$E_{el.} = (Pot \cdot \Delta t)_{lâmpada} + (Pot \cdot \Delta t)_{ferro\ elétrico} + (Pot \cdot \Delta t)_{televisor} \Rightarrow$

$$\Rightarrow E_{el.} = \frac{4 \cdot 60}{1.000} \cdot 120 + \frac{600}{1.000} \cdot 30 + \frac{120}{1.000} \cdot 60 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{el.} = 28{,}8 + 18{,}0 + 7{,}2 \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 54{,}0 \text{ kWh}}$$

T.114 **Resposta:** b

Vamos calcular a quantidade de energia elétrica que cada pessoa economizou.

Dona Josefa: $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = 2.000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} \Rightarrow E_{el.} = 2.000 \text{ Wh}$

Dona Carolina: $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = 10 \cdot 80 \text{ W} \cdot 5 \text{ h} \Rightarrow E_{el.} = 4.000 \text{ Wh}$

Dona Eneida: $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = 4.000 \text{ W} \cdot 0{,}5 \text{ h} \Rightarrow E_{el.} = 2.000 \text{ Wh}$

Portanto, Dona Carolina foi quem conseguiu economizar mais.

T.115 **Resposta:** d

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

$$130 = \frac{100}{1.000} \cdot \Delta t$$

$\Delta t = 1.300 \text{ h}$

$$\Delta t = \frac{1.300}{24} \text{ dias}$$

$$\boxed{\Delta t \simeq 54 \text{ dias}}$$

T.116 **Resposta:** c

$Pot = U \cdot i$

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

$$6 = 12 \cdot \frac{\frac{45}{2}}{\Delta t}$$

$$\boxed{\Delta t = 45 \text{ h}}$$

T.117 **Resposta:** d

$E_{el.} = 3{,}6\ \text{Wh} \Rightarrow E_{el.} = 3{,}6\ \text{W} \cdot 3.600\ \text{s} \Rightarrow 3{,}6 \cdot 3.600\ \text{Ws}$

$E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow (3{,}6 \cdot 3.600)\ \text{Ws} = Pot \cdot 40\ \text{s} \Rightarrow \boxed{Pot = 324\ \text{W}}$

T.118 **Resposta:** b

Se o consumo de 300 kWh custa R$ 75,00, concluímos que o consumo de 1 kWh custa R$ 0,25.

O cálculo da energia elétrica consumida nos 4 banhos diários, ao final de um mês, é dado por:

$E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = 3\ \text{kW} \cdot 4 \cdot \dfrac{5}{60} \cdot 30\ \text{h} \Rightarrow E_{el.} = 30\ \text{kWh}$

Por uma regra de três simples e direta, temos:

$$\left.\begin{array}{lcl} 1\ \text{kWh} & \text{———} & \text{R\$}\ 0{,}25 \\ 30\ \text{kWh} & \text{———} & x \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{x = \text{R\$}\ 7{,}50}$$

T.119 **Resposta:** e

O valor das frações porcentuais do consumo de energia elétrica nas residências depende da potência do equipamento, do tempo de funcionamento (lembre-se de que $E_{el.} = Pot \cdot \Delta t$) e do número de equipamentos.

T.120 **Resposta:** c

Dos 300 kWh consumidos mensalmente, 25% correspondem ao uso do chuveiro elétrico. Assim, para o chuveiro, temos o consumo mensal:

$$25\% \cdot 300\ \text{kWh} \Rightarrow 0{,}25 \cdot 300\ \text{kWh} = 75\ \text{kWh}$$

O consumo diário será:

$E_{el.} = \dfrac{75}{30}\ \text{kWh} = 2{,}5\ \text{kWh}$

Sendo Δt a duração média do banho de cada um dos quatro moradores, vem:

$E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow 2{,}5 = \dfrac{5.000}{1.000} \cdot 4 \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = 0{,}125\ \text{h} \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta t = 0{,}125 \cdot 60\ \text{min} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 7{,}5\ \text{min}}$

T.121 **Resposta:** c

O quociente $\frac{U}{i}$ é constante apenas para o condutor 1.

T.122 **Resposta:** a

Para o resistor ôhmico $\frac{U}{i} = R$ é constante, independentemente da tensão aplicada.

T.123 **Resposta:** c

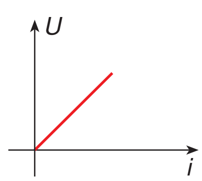
$R = 5{,}0 \cdot 10^{-5}\ \frac{\Omega}{\text{m}} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{m} = 3{,}0 \cdot 10^{-6}\ \Omega$

De $U = R \cdot i$, vem: $U = 3{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 1.000 \Rightarrow \boxed{U = 3{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{V} = 3{,}0\ \text{mV}}$

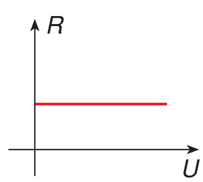
T.124 **Resposta:** c

De $U = R \cdot i$, vem: $U = 3.000 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{U = 12\ \text{V}}$ (bateria de automóvel)

T.125 **Resposta:** soma = 06 (02 + 04)

(02) 

$U = R \cdot i$: função linear

(04) 

R = constante: função constante

T.126 **Resposta:** b

Do gráfico, vê-se que, para $U = 20$ V, $i = 10$ A. Utilizando esses valores na lei de Ohm, temos:

$U = R \cdot i \Rightarrow 20 = R \cdot 10 \Rightarrow R = 2{,}0\ \Omega$

Como $Pot = \dfrac{U^2}{R}$, vem: $Pot = \dfrac{(4{,}0)^2}{2{,}0} \Rightarrow \boxed{Pot = 8{,}0\ \text{W}}$

T.127 **Resposta:** b

(F) O resistor não é ôhmico, isto é, sua resistência elétrica não é constante.

(V) Do gráfico, para $U = 20$ V, tem-se $i = 0{,}25$ A. De $Pot = U \cdot i$, vem:

$Pot = 20 \cdot 0{,}25 \Rightarrow Pot = 5$ W

(F) Para $U = 220$ V, tem-se $Pot = 110$ W. De $Pot = \dfrac{U^2}{R}$, vem:

$110 = \dfrac{(220)^2}{R_{220}} \Rightarrow R_{220} = 440\ \Omega$

Do gráfico, para $U = 20$ V, tem-se $i = 0{,}25$ A. De $U = R \cdot i$, vem:

$20 = R_{20} \cdot 0{,}25 \Rightarrow R_{20} = 80\ \Omega$

$\dfrac{R_{220}}{R_{20}} = \dfrac{440}{80} \Rightarrow \dfrac{R_{220}}{R_{20}} = 5{,}5 \Rightarrow R_{220} = 5{,}5 \cdot R_{20}$

(V) De $Pot = U \cdot i$, vem: $110 = 220 \cdot i \Rightarrow i = 0{,}5$ A

(V) A luz emitida pela lâmpada não é efeito direto da corrente elétrica. Com a passagem da corrente elétrica ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica devido às colisões dos elétrons que constituem a corrente elétrica com os átomos do filamento. Ao mesmo tempo, átomos do filamento são excitados, isto é, elétrons passam para um nível energético mais elevado. Ao voltar ao nível anterior, emitem a enegia que receberam sob forma de luz.

T.128 **Resposta:** e

De $U = R \cdot I$, vem: $I = \dfrac{U}{R}$ ①

Sendo $3U$ a ddp e $3R$ a resistência do outro resistor, vem:

$3 \cdot U = 3 \cdot R \cdot I' \Rightarrow I' = \dfrac{3U}{3R} \Rightarrow I = \dfrac{U}{R}$ ②

De ① e ②: $\boxed{I' = I}$

De $P = R \cdot I^2$ ③ e $P' = 3 \cdot R \cdot (I')^2$, vem: $P' = 3 \cdot R \cdot I^2$ ④

De ③ e ④: $\boxed{P' = 3P}$

T.129 **Resposta:** d

A resistência elétrica de um resistor depende da temperatura. Com a lâmpada acesa, a resistência elétrica do filamento de tungstênio é maior do que com a lâmpada apagada.

T.130 **Resposta:** b

$$E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = \frac{U^2}{R} \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = \frac{(10)^2}{20} \cdot 2{,}0 \cdot 60 \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 6{,}0 \cdot 10^2 \text{ J}}$$

T.131 **Resposta:** d

$$E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = U \cdot i \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el.} = 110 \cdot 500 \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot 8 \text{ h} \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 440 \text{ Wh}}$$

T.132 **Resposta:** c

$$Pot = \frac{U^2}{R} \quad ①$$

$$Pot' = \frac{U^2}{\frac{R}{2}} \Rightarrow Pot' = 2 \cdot \frac{U^2}{R} \quad ②$$

De ① e ②: $Pot' = 2 \cdot Pot \Rightarrow Pot' = 2 \cdot 2.200 \Rightarrow \boxed{Pot' = 4.400 \text{ W}}$

T.133 **Resposta:** b

De $Pot = \frac{U^2}{R}$, vem: $Pot = \frac{(220)^2}{R}$ ① e $Pot' = \frac{(110)^2}{R}$ ②

Dividindo ② por ①, temos:

$$\frac{Pot'}{Pot} = \left(\frac{110}{220}\right)^2 \Rightarrow Pot' = \frac{Pot}{4} \Rightarrow Pot' = \frac{60}{4} \Rightarrow \boxed{Pot' = 15 \text{ W}}$$

Logo, sua lâmpada brilhará menos, porque a potência dissipada diminui para 15 W.

T.134 **Resposta:** e

De $Pot = \frac{U^2}{R}$ e igualando as potências, vem:

$$\frac{(220)^2}{R} = \frac{(110)^2}{R'} \Rightarrow R' = \left(\frac{110}{220}\right)^2 \cdot R \Rightarrow \boxed{R' = \frac{R}{4}}$$

A resistência original será reduzida à quarta parte.

De $U = R \cdot i$, vem: $i = \dfrac{U}{R}$

Portanto: $i = \dfrac{220}{R}$ ①

$i' = \dfrac{110}{R'} \Rightarrow i' = \dfrac{110}{\dfrac{R}{4}} \Rightarrow i' = \dfrac{440}{R}$ ②

De ① e ②: $\boxed{i = 2 \cdot i}$

A intensidade de corrente elétrica duplicará.

T.135 **Resposta:** b

Possuindo a mesma potência *Pot* e funcionando durante o mesmo tempo Δt, os chuveiros consumirão a mesma energia ($E_{el.} = Pot \cdot \Delta t$).

T.136 **Resposta:** a

De $Pot = \dfrac{U^2}{R}$, sendo *U* constante, concluímos que, quanto menor *R*, maior *Pot*.

Portanto, água quente, resistência baixa.

T.137 **Resposta:** b

Mudando a posição do seletor de inverno para verão, a variação de potência será:

6.000 W − 4.000 W = 2.000 W = 2 kW

A energia elétrica economizada será:

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

Sendo $Pot = 2$ kW e $\Delta t = 30 \cdot 0{,}5$ h $= 15$ h, vem:

$E_{el.} = 2 \cdot 15 \Rightarrow \boxed{E_{el.} = 30 \text{ kWh}}$

T.138 **Resposta:** e

Chuveiro: $Pot_c = 2.200$ W

Lâmpada: $Pot_L = 110$ W

Portanto: $Pot_c = 20 \cdot Pot_L$

Logo, para o mesmo tempo de funcionamento, o resistor do chuveiro consome vinte vezes mais energia elétrica do que a lâmpada.

T.139 **Resposta:** e

Quantidade de calor para aquecer 200 ℓ (200 kg) de água de 10 °C a 45 °C, com a combustão direta de 1,0 ℓ de gasolina:

$Q = mc \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 200 \cdot 10^3 \cdot 4{,}0 \cdot (45 - 10) \Rightarrow Q = 2{,}8 \cdot 10^7$ J

Gerador de eletricidade que consome 1,0 ℓ de gasolina por hora e fornece 110 V a um resistor de 11 Ω:

$$E_{el.} = Q \Rightarrow Pot \cdot \Delta t = Q \Rightarrow \frac{U^2}{R} \cdot \Delta t = Q \Rightarrow \frac{(110)^2}{11} \cdot \Delta t = 2{,}8 \cdot 10^7 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t \simeq 2{,}5 \cdot 10^4 \text{ s} \Rightarrow \boxed{\Delta t \simeq 7 \text{ h}}$$

Portanto, para produzir a mesma quantidade de calor Q, o gerador deverá ficar ligado durante 7 h e consumirá 7 ℓ de gasolina, isto é, 7 vezes mais do que a quantidade de gasolina consumida na combustão direta.

T.140 **Resposta:** c

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R = \rho \cdot \frac{L}{\frac{\pi d^2}{4}} \Rightarrow R = 4\rho \cdot \frac{L}{\pi d^2} \quad ①$$

$$R' = 4 \cdot \rho \cdot \frac{2L}{\pi(2d)^2} \rightarrow R' = 4\rho \cdot \frac{L}{2\pi d^2} \quad ②$$

De ① e ②, vem: $\boxed{R' = \frac{R}{2}}$

T.141 **Resposta:** b

$$F_1 \rightarrow R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

$$F_2 \rightarrow R_2 = \rho \cdot \frac{2L}{A} \Rightarrow R_2 = 2R$$

$$F_3 \rightarrow R_3 = \rho \cdot \frac{L}{2A} \Rightarrow R_3 = \frac{R}{2}$$

$$F_4 \rightarrow R_4 = \rho \cdot \frac{L}{\frac{A}{2}} = 2\rho \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R_4 = 2R$$

$$F_5 \rightarrow R_5 = \rho \cdot \frac{2L}{\frac{A}{2}} = 4\rho \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R_5 = 4R$$

T.142 **Resposta:** b

Para o fio de chumbo, temos:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R = \rho \cdot \frac{L}{\pi r^2} \Rightarrow R_{Pb} = 8 \cdot \rho_{A\ell} \cdot \frac{1,0}{\pi \cdot (0,01)^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{Pb} = 8 \cdot 10^4 \cdot \rho_{A\ell} \cdot \frac{1,0}{\pi} \quad ①$$

Para o fio de alumínio, temos:

$$R_{A\ell} = \rho_{A\ell} \cdot \frac{3,0}{\pi \cdot (0,020)^2} \Rightarrow R_{A\ell} = \frac{3,0 \cdot 10^4}{4,0} \cdot \rho_{A\ell} \cdot \frac{1,0}{\pi} \quad ②$$

Dividindo a expressão ① por ②, vem:

$$\frac{R_{Pb}}{R_{A\ell}} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot \rho_{A\ell} \cdot \frac{1,0}{\pi}}{\frac{3,0 \cdot 10^4}{4,0} \cdot \rho_{A\ell} \cdot \frac{1,0}{\pi}} \Rightarrow \boxed{\frac{R_{Pb}}{R_{A\ell}} = \frac{32}{3,0}}$$

T.143 **Resposta:** e

A área total da seção transversal do cabo vale:

$A = 7 \cdot 10 \text{ mm}^2 = 70 \text{ mm}^2$

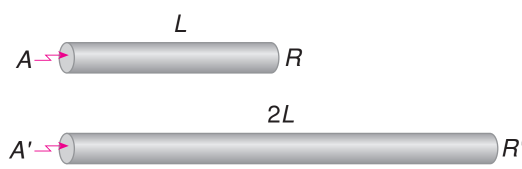
Sendo $L = 1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$ e $\rho = 2,1 \cdot 10^{-2}\ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, vem:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R = 2,1 \cdot 10^{-2}\ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \cdot \frac{10^3 \text{m}}{70 \text{ mm}^2} \Rightarrow \boxed{R = 0,3\ \Omega}$$

T.144 **Resposta:** a

Como a densidade e a massa não variam, concluímos que o volume não varia; logo:

$$A \cdot L = A' \cdot 2L \Rightarrow A' = \frac{A}{2}$$



Temos:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad ①$$

$$R' = \rho \cdot \frac{L'}{A'} \Rightarrow R' = \rho \cdot \frac{2L}{\frac{A}{2}} \Rightarrow R' = \rho \cdot \frac{4 \cdot L}{A} \quad ②$$

De ① e ②, vem: $\boxed{R' = 4R}$

T.145 **Resposta:** b

De $R = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)]$ e sendo $U = R \cdot i$, vem:

$$\frac{U}{i} = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)]$$

$$\frac{3}{0{,}3} = 1{,}0 \cdot [1 + 4{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (T - 20)]$$

$$10 = 1 + 4{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (T - 20)$$

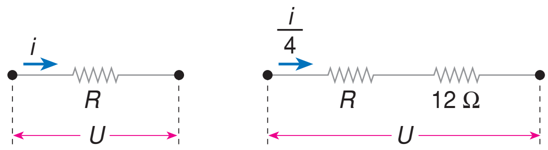
$$T = \frac{9}{4{,}5 \cdot 10^{-3}} + 20$$

$$\boxed{T = 2.020\ °C}$$

T.146 **Resposta:** b

$$220\ \text{V} = \underbrace{5\ \text{V}}_{1} + \underbrace{5\ \text{V}}_{2} + \ldots + \underbrace{5\ \text{V}}_{n} \Rightarrow 220 = n \cdot 5 \Rightarrow \boxed{n = 44}$$

T.147 **Resposta:** b



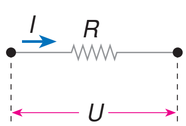
$U = R \cdot i$ $\qquad$ $U = (R + 12) \cdot \dfrac{i}{4}$

Igualando:

$$R \cdot i = (R + 12) \cdot \frac{i}{4} \Rightarrow 4R = R + 12 \Rightarrow 3R = 12 \Rightarrow \boxed{R = 4\ \Omega}$$

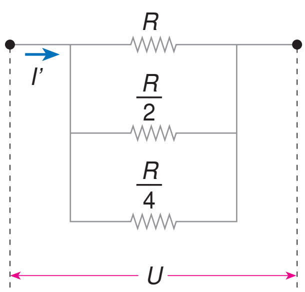
T.148 **Resposta:** c

Situação inicial:



$U = R \cdot I$ ①

Os aparelhos ligados ao benjamim são associados em paralelo ao primeiro aparelho.



$$\frac{1}{R_{eq.}} = \frac{1}{R} + \frac{2}{R} + \frac{4}{R} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq.}} = \frac{7}{R} \Rightarrow R_{eq.} = \frac{R}{7}$$

Aplicando a lei de Ohm:

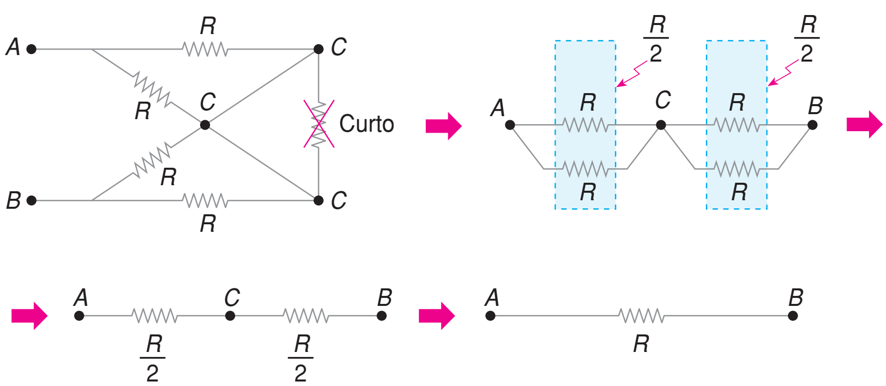
$U = R_{eq.} \cdot I' \Rightarrow U = \frac{R}{7} \cdot I'$ ②

Igualando ② e ①:

$\frac{R}{7} \cdot I' = R \cdot I \Rightarrow \boxed{I' = 7 \cdot I}$

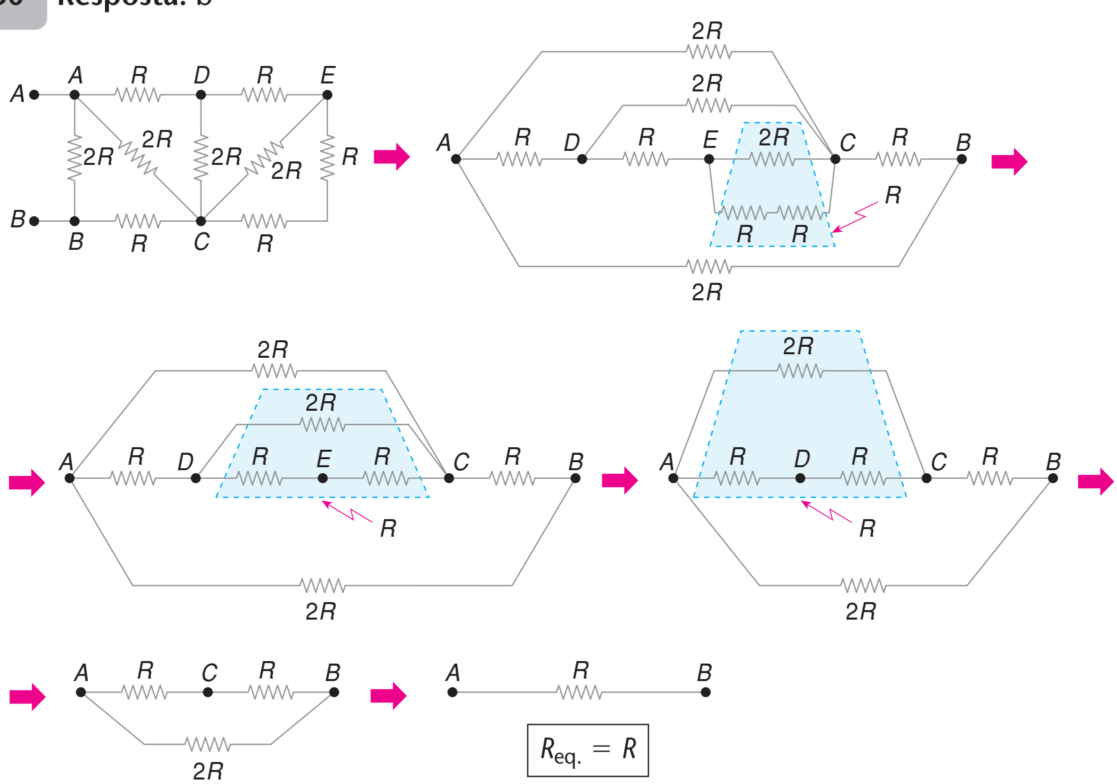
T.149 **Resposta:** c

O circuito do aluno desatento é o seguinte:



Portanto: $R_{eq.} = R \Rightarrow \boxed{R_{eq.} = 100\ \Omega}$

T.150 **Resposta:** b



$\boxed{R_{eq.} = R}$

T.151 **Resposta:** e

No circuito, temos:

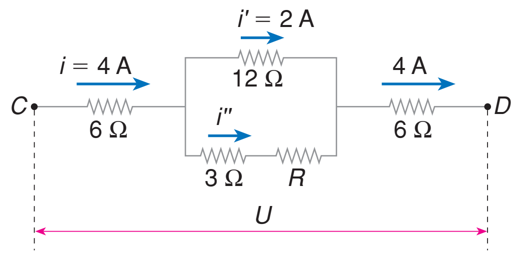
$i = i' + i''$

$4 = 2 + i''$

$i'' = 2$ A

Como $i' = i''$, temos:

$12\ \Omega = 3\ \Omega + R \Rightarrow \boxed{R = 9\ \Omega}$



Utilizando a lei de Ohm:

$U = R_{eq.} \cdot i \Rightarrow U = 18\ \Omega \cdot 4\ \text{A} \Rightarrow \boxed{U = 72\ \text{V}}$

T.152 **Resposta:** e

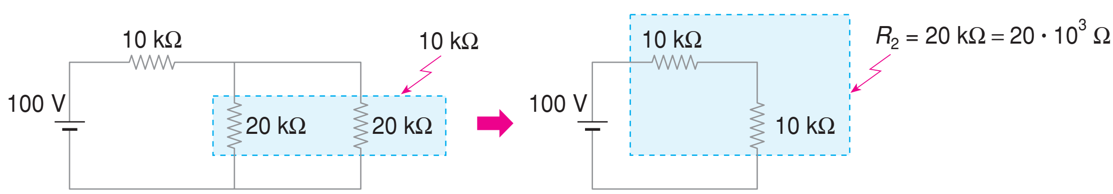
Se o reostato estiver regulado no seu valor mínimo ($R = 0$), o resistor de 20 kΩ estará em curto-circuito e a intensidade de corrente será máxima:

$U = R_1 \cdot i_{máx.}$

Sendo $U = 100$ V e $R_1 = 10\ \text{k}\Omega = 10 \cdot 10^3\ \Omega$, vem:

$100 = 10 \cdot 10^3 \cdot i_{máx.} \Rightarrow i_{máx.} = 10 \cdot 10^{-3}\ \text{A} \Rightarrow \boxed{i_{máx.} = 10\ \text{mA}}$

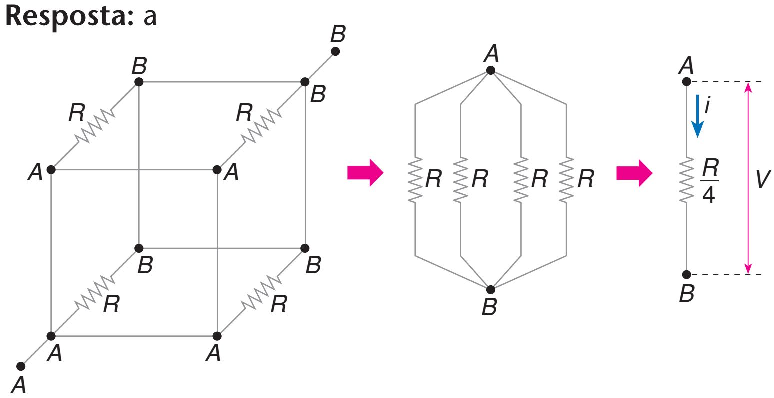
Se o reostato estiver regulado no seu valor máximo ($R = 20$ kΩ), a intensidade de corrente será mínima. O circuito correspondente será:



Aplicando a lei de Ohm:

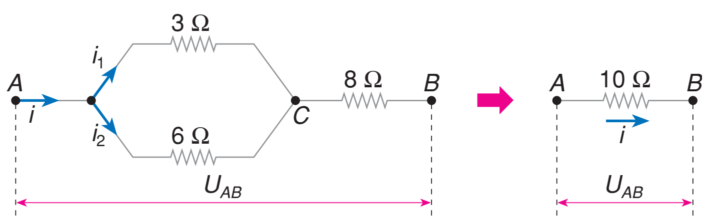
$U = R_2 \cdot i_{mín.} \Rightarrow 100 = 20 \cdot 10^3 \cdot i_{mín.} \Rightarrow i_{mín.} = 5{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{A} \Rightarrow \boxed{i_{mín.} = 5{,}0\ \text{mA}}$

T.153 **Resposta:** a



$$V = \frac{R}{4} \cdot i \Rightarrow \boxed{i = \frac{4V}{R}}$$

T.154 **Resposta:** e



$Pot = R \cdot i_1^2 \Rightarrow 27 = 3 \cdot i_1^2 \Rightarrow i_1 = 3$ A

$U_{AC} = 3 \cdot i_1 = 6 \cdot i_2 \Rightarrow 3 \cdot 3 = 6 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = 1,5$ A

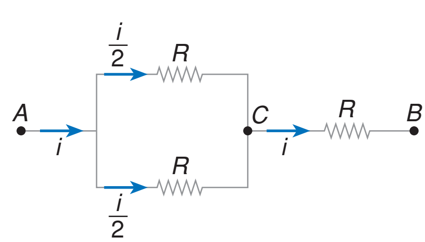
$i = i_1 + i_2 \Rightarrow i = 3 + 1,5 \Rightarrow i = 4,5$ A

$$U_{AB} = R_{eq.} \cdot i \Rightarrow U_{AB} = 10 \cdot 4,5 \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 45\text{ V}}$$

T.155 **Resposta:** e

O resistor entre C e B é o que dissipa maior potência:

$$Pot = R \cdot i^2 = 32\text{ W}$$



Os dois resistores em paralelo são percorridos por correntes de intensidades $\frac{i}{2}$ e dissipam, cada um:

$$Pot' = R \cdot \left(\frac{i}{2}\right)^2 = \frac{R \cdot i^2}{4} = 8\text{ W}$$

A potência total dissipada será:

$$Pot_{total} = 32\text{ W} + 8\text{ W} + 8\text{ W} \Rightarrow \boxed{Pot_{total} = 48\text{ W}}$$

T.156 **Resposta:** c

Do gráfico, para $U = 40$ V, temos: $i_1 = 0{,}2$ A e $i_2 = 0{,}1$ A

Logo:

$i = i_1 + i_2 \Rightarrow i = 0{,}2 + 0{,}1 \Rightarrow i = 0{,}3$ A

$Pot = U \cdot i \Rightarrow Pot = 40 \cdot 0{,}3 \Rightarrow \boxed{Pot = 12\text{ W}}$

T.157 **Resposta:** b

Na situação em que $U_1 = 110$ V, os dois resistores ficam associados em paralelo e a resistência equivalente é $R_1 = \dfrac{R}{2}$. Logo, a potência será dada por:

$$P_{(110)} = \frac{U_1^2}{\frac{R}{2}} \Rightarrow P_{(110)} = \frac{2U_1^2}{R} \quad ①$$

Na situação em que $U_2 = 220$ V, os dois resistores ficam associados em série e a resistência equivalente é $R_2 = 2R$. Logo, a potência será dada por:

$$P_{(220)} = \frac{U_2^2}{2R} \Rightarrow P_{(220)} = \frac{(2U_1)^2}{2R} \Rightarrow P_{(220)} = \frac{4U_1^2}{2R} \Rightarrow P_{(220)} = \frac{2U_1^2}{R} \quad ②$$

Comparando ① e ②, vem:

$$\boxed{P_{(220)} = P_{(110)}}$$

T.158 **Resposta:** e

De $Pot = \dfrac{U^2}{R}$, vem:

$$Pot = \frac{(110)^2}{2R} \quad ①$$

$$Pot' = \frac{(220)^2}{\frac{R}{2}} \Rightarrow Pot' = 2 \cdot \frac{(220)^2}{R} \quad ②$$

De ① e ②, temos:

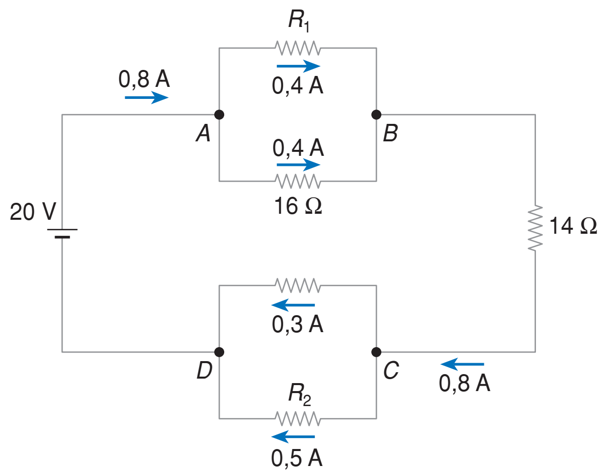
$$\frac{Pot'}{Pot} = \frac{2 \cdot (220)^2}{R} \cdot \frac{2R}{(110)^2}$$

$$\frac{Pot'}{Pot} = 4 \cdot \left(\frac{220}{110}\right)^2 \Rightarrow \frac{Pot'}{Pot} = 16$$

$$Pot' = 16 \cdot Pot \Rightarrow Pot' = 16 \cdot 550 \Rightarrow \boxed{Pot' = 8.800\text{ W}}$$

T.159 **Resposta:** e

O circuito dado pode ser esquematizado como segue:



Podemos concluir que:

$R_1 = 16\ \Omega$

$U_{AB} = 16 \cdot 0{,}4 \Rightarrow U_{AB} = 6{,}4$ V

No resistor de 14 Ω:

$U_{BC} = 14 \cdot 0{,}8 \Rightarrow U_{BC} = 11{,}2$ V

Como $U = 20$ V corresponde à soma das ddps, vem:

$U = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} \Rightarrow 20 = 6{,}4 + 11{,}2 + U_{CD} \Rightarrow U_{CD} = 2{,}4$ V

No resistor R_2, temos:

$U_{CD} = R_2 \cdot i_2 \Rightarrow 2{,}4 = R_2 \cdot 0{,}5 \Rightarrow R_2 = 4{,}8\ \Omega$

Logo, a potência dissipada em R_2 será:

$$Pot_2 = R_2 \cdot i_2^2 = 4{,}8 \cdot (0{,}5)^2 \Rightarrow \boxed{Pot_2 = 1{,}2\ \text{W}}$$

ou

$$Pot_2 = U_{CD} \cdot i_2 = 2{,}4 \cdot 0{,}5 \Rightarrow \boxed{Pot_2 = 1{,}2\ \text{W}}$$

T.160 **Resposta:** a

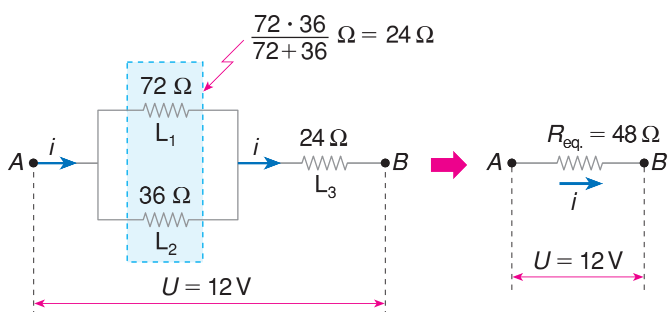
Vamos calcular as resistências elétricas das lâmpadas com os dados nominais:

lâmpada L_1: $R_1 = \dfrac{U^2}{Pot_1} \Rightarrow R_1 = \dfrac{(12)^2}{2} \Rightarrow R_1 = 72\ \Omega$

lâmpada L_2: $R_2 = \dfrac{U^2}{Pot_2} \Rightarrow R_2 = \dfrac{(12)^2}{4} \Rightarrow R_2 = 36\ \Omega$

lâmpada L_3: $R_3 = \dfrac{U^2}{Pot_3} \Rightarrow R_3 = \dfrac{(12)^2}{6} \Rightarrow R_3 = 24\ \Omega$

Assim, temos:



$U = R_{eq.} \cdot i \Rightarrow 12 = 48 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 0{,}25\ \text{A} = 2{,}5 \cdot 10^{-1}\ \text{A}}$

T.161 **Resposta:** e

Quando a ligação é em série, temos:

$R_s = 2R$ (sendo R a resistência de cada lâmpada)

Logo, a potência dissipada é dada por:

$$P_s = \frac{U^2}{R_s} \Rightarrow P_s = \frac{U^2}{2R} \quad (1)$$

Na associação em paralelo: $R_p = \dfrac{R}{2}$

Logo, a potência dissipada vale:

$$P_p = \frac{U^2}{R_p} \Rightarrow P_p = \frac{U^2}{\frac{R}{2}} \Rightarrow P_p = \frac{2U^2}{R} \quad (2)$$

Comparando (1) e (2), vem: $P_p = 4P_s$

Como $P_s = 200$ W, vem: $\boxed{P_p = 800\ \text{W}}$

T.162 **Resposta:** b

O fusível suporta uma corrente elétrica de intensidade 15 A e a tensão elétrica no circuito doméstico é de 110 V. Assim, a potência elétrica máxima suportada no circuito será dada por:

$$Pot_{máx.} = U \cdot i_{máx.} \Rightarrow Pot_{máx.} = 110 \cdot 15 \Rightarrow Pot_{máx.} = 1.650 \text{ W}$$

A potência máxima total do circuito será a soma da potência da lâmpada (Pot_L) com a potência máxima do ferro de passar (Pot_{Fe}). Assim temos:

$$Pot_{máx.} = Pot_L + Pot_{Fe} \Rightarrow 1.650 = 150 + Pot_{Fe} \Rightarrow \boxed{Pot_{Fe} = 1.500 \text{ W}}$$

T.163 **Resposta:** c

O maior aquecimento corresponde à menor resistência, em vista da fórmula $Pot = \frac{U^2}{R}$, mantendo-se U constante. Assim, temos:

Aquecimento		**Resistência**		**Associação**
máximo	$\Rightarrow$	mínima	$\Rightarrow$	em paralelo $\left(R_{eq.} = \frac{R}{2}\right)$
mínimo	$\Rightarrow$	máxima	$\Rightarrow$	em série ($R_{eq.} = 2R$)
intermediário	$\Rightarrow$	intermediária	$\Rightarrow$	um único resistor ($R_{eq.} = R$)

T.164 **Resposta:** d

A potência elétrica máxima suportada pelo circuito será:

$Pot_{máx.} = U \cdot i_{máx.} = 220 \cdot 30 \Rightarrow Pot_{máx.} = 6.600 \text{ W}$

Ligando-se a torneira elétrica (2.000 W) e o chuveiro (2.200 W, verão, e 4.000 W, inverno), **o fusível não queimará**.

T.165 **Resposta:** d

Lâmpada L_1:

$Pot_1 = U_1 \cdot i_1 \Rightarrow 0{,}6 = 3 \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 0{,}2 \text{ A}$

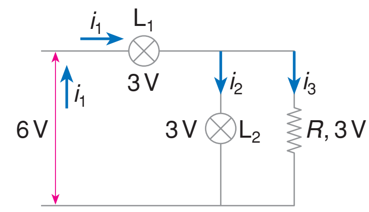
Lâmpada L_2:

$Pot_2 = U_2 \cdot i_2 \Rightarrow 0{,}3 = 3 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = 0{,}1 \text{ A}$

Resistor:

$i_3 = i_1 - i_2 = 0{,}1 \text{ A}$

$U = R \cdot i_3 \Rightarrow 3 = R \cdot 0{,}1 \Rightarrow \boxed{R = 30\ \Omega}$



T.166 **Resposta:** d

De $Pot = \dfrac{U^2}{R}$ e $R = \rho \cdot \dfrac{L}{A}$, concluímos que a lâmpada B (de filamento mais grosso) tem menor resistência e, portanto, maior potência. Logo, brilha mais.

T.167 **Resposta:** e

Sendo ρ a resistividade do material de que é feito o filamento das lâmpadas, temos, para a resistência de cada uma:

$$R_1 = \frac{\rho \cdot L}{S};\ R_2 = \frac{\rho \cdot L}{2S};\ R_3 = \frac{\rho \cdot 2 \cdot L}{S};\ R_4 = \frac{\rho \cdot 2 \cdot L}{2S} = \frac{\rho \cdot L}{S}$$

Comparando: $R_1 = R_4$; $R_2 = \dfrac{R_1}{2}$; $R_3 = 2R_1$

Mantida constante a tensão, a potência dissipada é inversamente proporcional à resistência $\left(P = \dfrac{U^2}{R}\right)$. Assim:

$$P_1 = P_4\ ;\ P_2 = 2 \cdot P_1\ ;\ P_3 = \frac{P_1}{2}$$

Portanto, temos:

$$\boxed{P_2 > P_1 = P_4 > P_3}$$

T.168 **Resposta:** soma = 01

(01) Correta.

Em vista de $Pot = \dfrac{U^2}{R}$, menor potência corresponde a maior resistência, sob mesma ddp.

(02) Incorreta.

Pela lei de Ohm ($U = R \cdot i$), pelo resistor de maior resistência (lâmpada de 60 W) passa a menor intensidade de corrente.

(04) Incorreta.

Como as lâmpadas estão associadas em paralelo sob ddp constante, a queima da lâmpada de 60 W não altera a corrente na lâmpada de 100 W, que mantém seu brilho normal.

(08) Incorreta.

A corrente nos fios da tomada diminui de $(i_{60} + i_{100})$ para i_{100}.

(16) Incorreta.

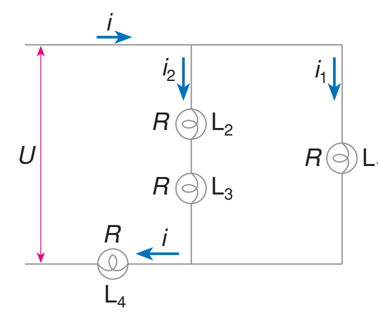
A resistência elétrica da lâmpada é modificada de modo que dissipe 100 W para o circuito para o qual foi fabricada.

T.169 **Resposta:** d

Lâmpadas concebidas para uma tensão de 120 V, quando ligadas numa rede de 127 V, dissipam maior potência; consequentemente apresentam maior intensidade luminosa e sua durabilidade diminui.

T.170 **Resposta:** e

Sendo $i > i_1 > i_2$, concluímos que a lâmpada L_4 possui o maior brilho. L_2 e L_3 têm brilho igual, mas **L_1 brilha mais que L_2.**

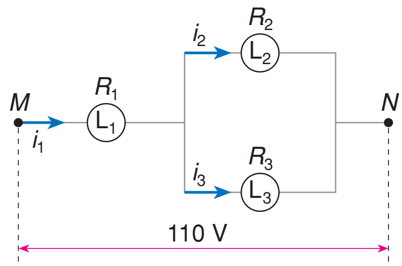


T.171 **Resposta:** c

Ligação I:

Na **ligação I**, as lâmpadas estão sob tensão de 110 V, que é a tensão nominal. L_1, L_2 e L_3 dissipam, respectivamente, as potências 20 W, 100 W e 500 W. Logo, na ligação I, a **lâmpada L_3** apresenta **maior brilho**.

Ligação II:



Por meio dos valores nominais, calculamos as resistências das lâmpadas:

$$R_1 = \frac{U^2}{Pot_1} \Rightarrow R_1 = \frac{(110)^2}{20} \Rightarrow R_1 = 605\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{U^2}{Pot_2} \Rightarrow R_2 = \frac{(110)^2}{100} \Rightarrow R_2 = 121\ \Omega$$

$$R_3 = \frac{U^2}{Pot_3} \Rightarrow R_3 = \frac{(110)^2}{500} \Rightarrow R_3 = 24{,}5\ \Omega$$

Na **ligação II**, R_1 é a maior resistência e é percorrida pela maior corrente. Logo, a **lâmpada L_1** dissipa a maior potência e **brilha mais**.

Ligação III:

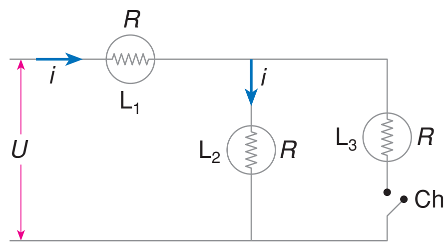
Na **ligação III**, todas as lâmpadas são percorridas pela mesma corrente. A **lâmpada L_1** dissipa a maior potência por ter a maior resistência. Logo, ela **brilha mais**.

T.172 **Resposta:** b

No esquema da alternativa **b**, quando uma lâmpada queima, as demais lâmpadas do segmento a que ela pertence se apagam. Cada lâmpada dos outros segmentos fica sob mesma tensão e suas luminosidades não se alteram.

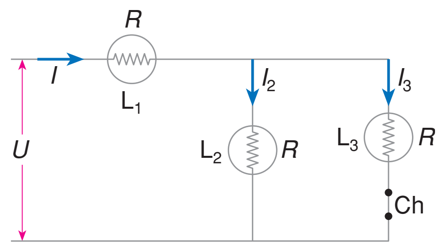
T.173 **Resposta:** d

Chave Ch aberta



$$i = \frac{U}{2R}$$

Chave Ch fechada



$$I = \frac{U}{R + \frac{R}{2}} \Rightarrow I = \frac{2U}{3R}$$

$$I_2 = I_3 = \frac{I}{2} = \frac{U}{3R}$$

Fechando a chave Ch, resulta:

$I > i$ (o brilho de L_1 aumenta)

$I_2 < i$ (o brilho de L_2 diminui)

T.174 **Resposta:** b

De $n = 1 + \frac{R_g}{R_s}$ vem: $n = 1 + \frac{R_g}{\frac{R_g}{99}} \Rightarrow \boxed{n = 100}$

T.175 **Resposta:** b

$R \cdot i = r \cdot i_s \Rightarrow 1{,}5 \cdot 3{,}0 = r \cdot (4{,}5 - 3{,}0) \Rightarrow \boxed{r = 3{,}0\ \Omega}$

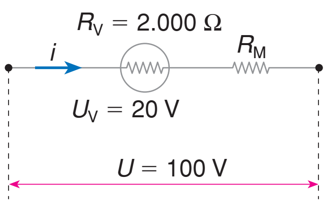
T.176 **Resposta:** d

$i = \frac{U_V}{R_V} \Rightarrow i = \frac{20}{2.000} \Rightarrow i = \frac{1}{100}$ A

$U = (R_V + R_M) \cdot i$

$100 = (2.000 + R_M) \cdot \frac{1}{100}$

$\boxed{R_M = 8.000\ \Omega = 8\ \text{k}\Omega}$



T.177 **Resposta:** b

Estando o *shunt* em paralelo com o amperímetro, temos:

$R_A \cdot i_A = R_s \cdot i_s$

$9{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 1{,}0 = 1{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot i_s$

$i_s = 9{,}0$ A

Mas: $i = i_A + i_s \Rightarrow i = 1{,}0 + 9{,}0 \Rightarrow \boxed{i = 10\ \text{A}}$

T.178 **Resposta:** b

O voltímetro e a lâmpada devem estar ligados em paralelo. Sendo *Q* a lâmpada, o voltímetro é *R*. *P* e *S* podem ser, respectivamente, o amperímetro e o reostato.

T.179 **Resposta:** d

A posição da chave indica o fundo de escala, isto é, a máxima ddp que o aparelho mede. Portanto, ao passar o fundo de escala de 10 V para 2,5 V, todas as indicações do voltímetro ficam divididas por 4. Então, a leitura de 6 V na verdade corresponde a:

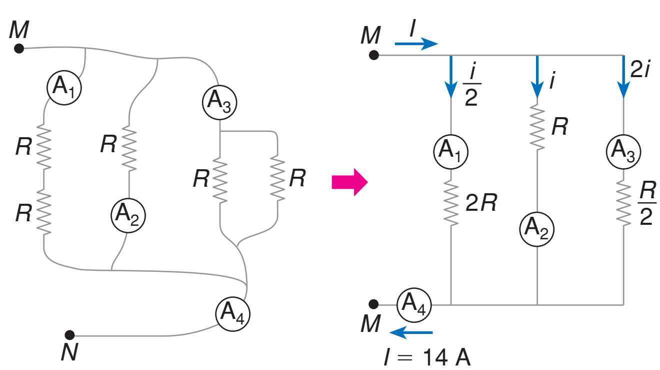
$$U = \frac{6}{4} \Rightarrow \boxed{U = 1{,}5\ \text{V}}$$

T.180 **Resposta:** b

$U = R_1 \cdot i \Rightarrow 12{,}0 = R_1 \cdot 0{,}50 \Rightarrow R_1 = 24\ \Omega$

Sendo $R_2 = R_1 = 24\ \Omega$, a resistência equivalente será: $R_{eq.} = \dfrac{24\ \Omega}{2} \Rightarrow \boxed{R_{eq.} = 12\ \Omega}$

T.181 **Resposta:** c



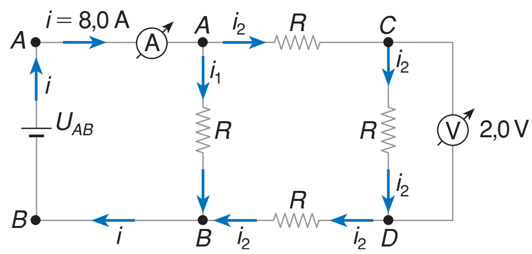
$2R$, R e $\dfrac{R}{2}$ estão ligados em paralelo. Se *R* é percorrido por uma corrente de intensidade *i*, então $2R$ e $\dfrac{R}{2}$ serão percorridos por correntes elétricas de intensidades $\dfrac{i}{2}$ e $2i$, respectivamente.

$$i + \frac{i}{2} + 2i = 14 \Rightarrow \frac{7i}{2} = 14 \Rightarrow i = 4{,}0\ \text{A}$$

Portanto, a leitura de A_1 é $\dfrac{i}{2} = 2{,}0$ A; a leitura de A_2 é $i = 4{,}0$ A e a de A_3 é $2i = 8{,}0$ A.

T.182 **Resposta:** d

O circuito proposto é o esquematizado abaixo:



As tensões U_{AC}, U_{CD} e U_{DB} são iguais e, sendo $U_{CD} = 2{,}0$ V, temos:

$U_{AC} = U_{CD} = U_{DB} = 2{,}0$ V

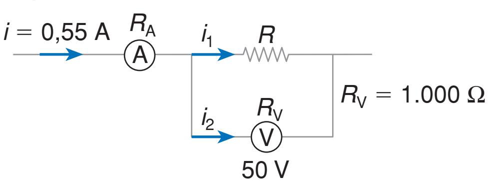
Mas: $U_{AB} = U_{AC} + U_{CD} + U_{DB} \Rightarrow U_{AB} = 2{,}0 + 2{,}0 + 2{,}0 \Rightarrow U_{AB} = 6{,}0$ V

A potência elétrica total dissipada é igual a:

$Pot = U_{AB} \cdot i \Rightarrow Pot = 6{,}0 \cdot 8{,}0 \Rightarrow \boxed{Pot = 48 \text{ W}}$

T.183 **Resposta:** e

Figura I



Observando o esquema da figura I e aplicando a lei de Ohm ao voltímetro, temos:

$U_V = R_V \cdot i_2 \Rightarrow 50 = 1.000 \cdot i_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow i_2 = 0{,}05$ A

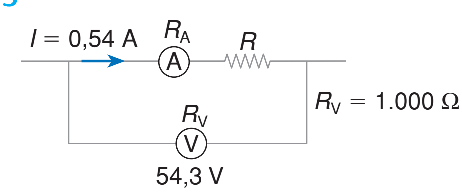
Como $i = i_1 + i_2$, temos:

$0{,}55 = i_1 + 0{,}05 \Rightarrow \quad i_1 = 0{,}50$ A

Aplicando a lei de Ohm ao resistor R, temos:

$U_R = R \cdot i_1 \Rightarrow 50 = R \cdot 0{,}50 \Rightarrow \boxed{R = 100\ \Omega}$

Figura II



Observando o esquema da figura II, temos:

$U_V = (R_A + R) \cdot I \Rightarrow 54{,}3 = (R_A + 100) \cdot 0{,}54 \Rightarrow \boxed{R_A \simeq 0{,}56\ \Omega}$

T.184 **Resposta:** c

Como a ponte está em equilíbrio, temos:

$R_x \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3 \Rightarrow R_x \cdot 5 = 2 \cdot 5 \Rightarrow R_x = 2\ \Omega$

$U = (R_1 + R_x) \cdot i_1 \Rightarrow 3 = (2 + 2) \cdot i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 0{,}75 \text{ A}}$

$U = (R_2 + R_3) \cdot i_2 \Rightarrow 3 = (5 + 5) \cdot i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 0{,}30 \text{ A}}$

T.185 **Resposta:** c

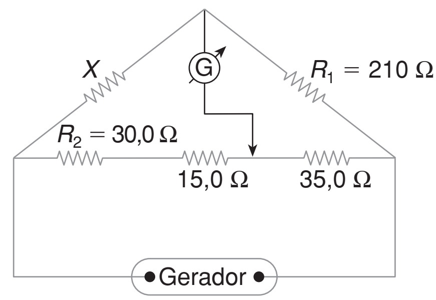
Estando a ponte em equilíbrio, pelo galvanômetro não passa corrente e, portanto, a corrente que atravessa R_3 é a mesma que atravessa R_4.

T.186 **Resposta:** e

Estando a ponte em equilíbrio, temos:

$X \cdot 35{,}0 = 210 \cdot (30{,}0 + 15{,}0)$

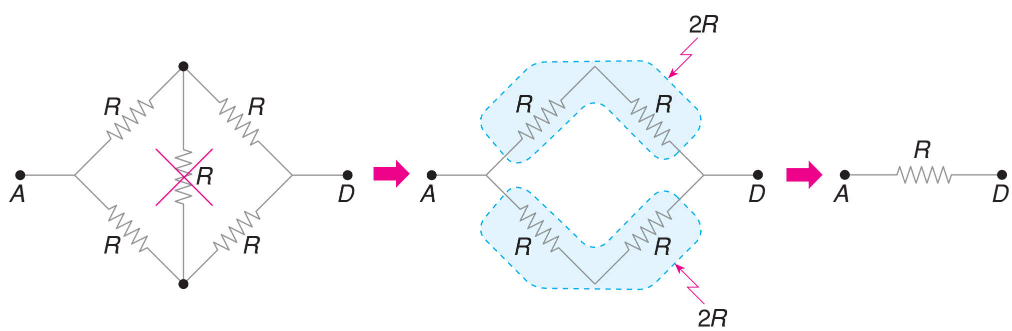
$\boxed{X = 270\ \Omega}$



T.187 **Resposta:** e

O resistor de 6 Ω não é percorrido por corrente, pois a ponte está em equilíbrio. Logo, a potência que ele dissipa é nula.

T.188 **Resposta:** b



T.189 **Resposta:** e

Estando a ponte em equilíbrio (5,0 Ω · 24 Ω = 15 Ω · 8,0 Ω), o resistor de 6,0 Ω não é percorrido por corrente elétrica.

$U = (R_{5,0} + R_{8,0}) \cdot i_1$

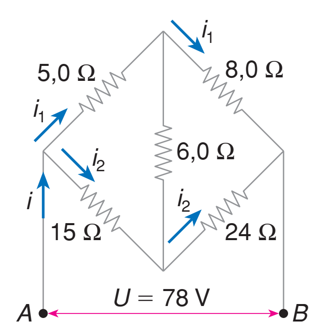
$78 = (5{,}0 + 8{,}0) \cdot i_1$

$\boxed{i_1 = 6{,}0\ \text{A}}$

$U = (R_{15} + R_{24}) \cdot i_2$

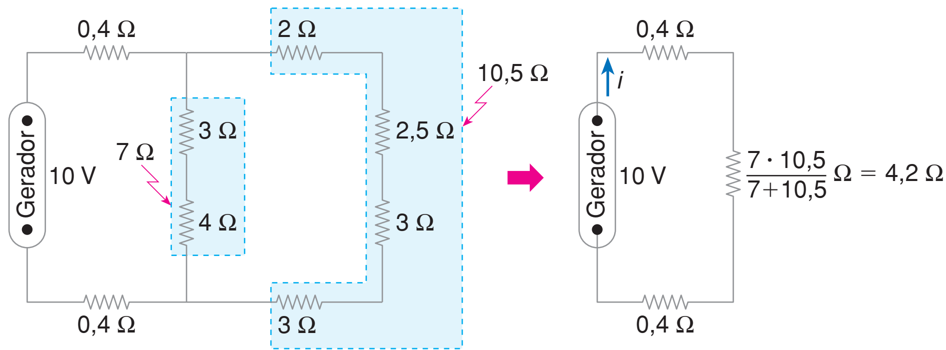
$78 = (15 + 24) \cdot i_2$

$\boxed{i_2 = 2{,}0\ \text{A}}$



T.190 **Resposta:** b

$(R_x + 2) \cdot 4 = (3 + 3) \cdot 3 \Rightarrow R_x = 2{,}5\ \Omega$



$U = R_{eq.} \cdot i$

$10 = (0{,}4 + 0{,}4 + 4{,}2) \cdot i$

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

T.191 **Resposta:** soma = 13 (01 + 04 + 08)

(01) Correta.

Como o galvanômetro não acusa passagem de corrente, o trecho do circuito entre A e B é uma ponte de Wheatstone.

Cálculo da resistência do trecho DB:

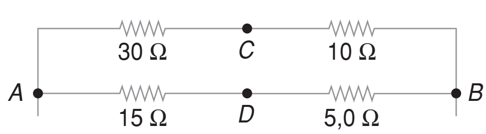
$$\frac{1}{R_{DB}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{8{,}0} + \frac{1}{40} = \frac{2 + 5 + 1}{40} \Rightarrow R_{DB} = 5{,}0\ \Omega$$

Aplicando a propriedade da ponte:

$R_{AD} \cdot R_{CB} = R_{AC} \cdot R_{DB} \Rightarrow R \cdot (8{,}0 + 2{,}0) = (12 + 18) \cdot 5{,}0 \Rightarrow R = 15\ \Omega$

(02) Incorreta.

Cálculo da resistência equivalente entre A e B:



$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{40} + \frac{1}{20} = \frac{1 + 2}{40} = \frac{3}{40}$$

$$R_{AB} = \frac{40}{3}\ \Omega$$

(04) Correta.

Para ter a ddp entre A e B, precisamos calcular a intensidade de corrente lançada pela bateria. A resistência equivalente de todo o circuito vale:

$$R_T = R_{AB} + 4{,}0 = \frac{40}{3} + 4{,}0 \Rightarrow R_T = \frac{52}{3}\ \Omega$$

Aplicando a lei de Ohm, vem:

$$U_T = R_T \cdot i_T \Rightarrow i_T = \frac{U_T}{R_T} = \frac{52}{\frac{52}{3}} \Rightarrow i_T = 3{,}0\ \text{A}$$

A ddp entre A e B vale:

$$U_{AB} = R_{AB} \cdot i_T = \frac{40}{3} \cdot 3{,}0 \Rightarrow U_{AB} = 40\ \text{V}$$

(08) Correta.

Pelo trecho ADB passa o dobro da corrente que passa por ACB:

$$i_{ADB} = 2 \cdot i_{ACB}$$

Mas: $i_{ADB} + i_{ACB} = 3{,}0\ \text{A} \Rightarrow 2 \cdot i_{ACB} + i_{ACB} = 3{,}0 \Rightarrow i_{ACB} = 1{,}0\ \text{A}$

Portanto: $i_{ADB} = 2{,}0\ \text{A}$

No trecho DB, temos: $U_{DB} = R_{DB} \cdot i_{ADB} \Rightarrow U_{DB} = 5{,}0 \cdot 2{,}0 \Rightarrow U_{DB} = 10\ \text{V}$

Para o resistor de 20 Ω, temos:

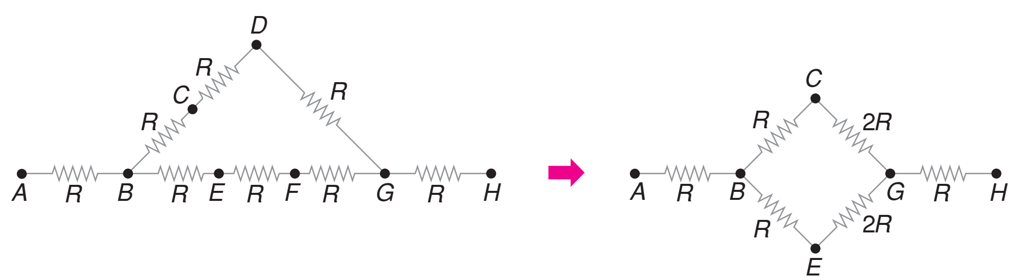
$$P_{20} = \frac{U_{DB}^2}{R_{20}} \Rightarrow P_{20} = \frac{(10)^2}{20} \Rightarrow \boxed{P_{20} = 5{,}0\ \text{W}}$$

(16) Incorreta.

A corrente que passa pelo resistor de 18 Ω é i_{ACB}:

$$\boxed{i_{ACB} = 1{,}0\ \text{A}}$$

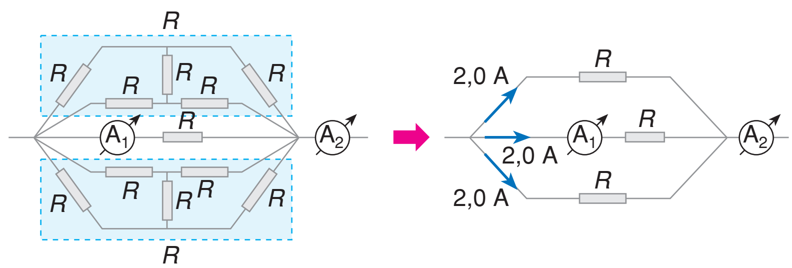
T.192 **Resposta:** b



A ddp entre os pontos C e E é nula, pois a parte central da associação de resistores é uma ponte de Wheatstone em equilíbrio. Portanto, colocando-se uma das mãos em C e a outra em E, não haverá perigo de choque.

T.193 **Resposta:** d

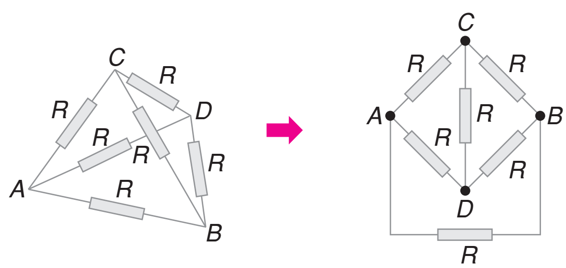
No circuito dado temos duas pontes em equilíbrio, cada uma de resistência equivalente R:



Os três ramos de mesma resistência R serão percorridos pela mesma corrente de intensidade 2,0 A. Nessas condições, o amperímetro A_2 registra 6,0 A.

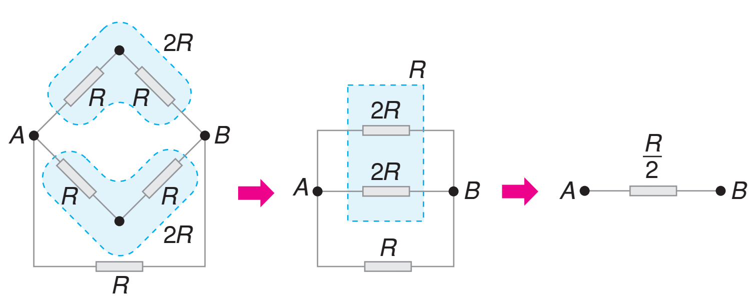
T.194 **Resposta:** b

Considerando os pontos A e B como extremos da associação, temos:



Observe que o circuito se reduz a uma ponte de Wheatstone em paralelo com o resistor de resistência R.

Estando a ponte em equilíbrio, o resistor entre C e D não é percorrido por corrente e pode ser retirado do circuito. Assim, temos:



Sendo $R = 100\ \Omega$, temos: $R_{AB} = \dfrac{R}{2} \Rightarrow R_{AB} = 50\ \Omega$

Considerando os pontos C e D como extremos da associação, concluímos, em virtude da simetria, que a resistência equivalente é também 50 Ω. Portanto:

$$\boxed{R_{AB} = R_{CD} = 50\ \Omega}$$

T.195 **Resposta:** d

De $U = E - r \cdot i$, sendo $i = 0$, resulta $U = E$. Portanto, a força eletromotriz E da bateria é a tensão entre seus terminais quando a bateria não é percorrida por corrente elétrica (bateria em circuito aberto).

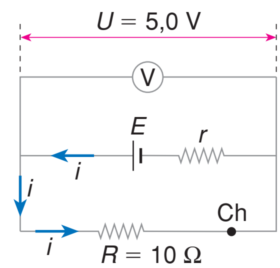
T.196 **Resposta:** a

Estando a chave Ch aberta, o voltímetro indica a própria força eletromotriz E do gerador: $E = 6{,}0$ V

Com a chave Ch fechada, temos:

$U = R \cdot i \Rightarrow 5{,}0 = 10 \cdot i \Rightarrow i = 0{,}50$ A

$U = E - r \cdot i \Rightarrow 5{,}0 = 6{,}0 - r \cdot 0{,}50 \Rightarrow \boxed{r = 2{,}0\ \Omega}$



T.197 **Resposta:** e

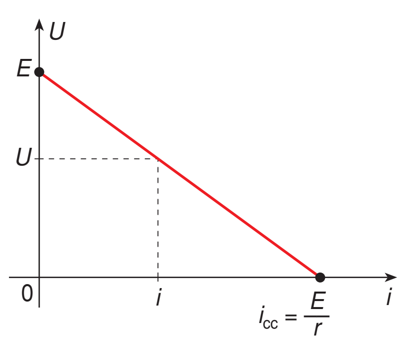
Dados: $E = 12$ V; $U = 8$ V; $i = 200$ A

$U = E - r \cdot i \Rightarrow 8 = 12 - r \cdot 200 \Rightarrow \boxed{r = 0{,}02\ \Omega}$

T.198 **Resposta:** e

I. Correta.

A equação do gerador é $U = E - r \cdot i$. Portanto, é uma função do 1º grau decrescente. O gráfico correspondente limita-se à região do primeiro quadrante, do ponto de vista da Física:



II. Correta.

Quando $r \cdot i = E$, pela equação do gerador, temos $U = 0$. Então, anula-se a ddp nos terminais do gerador, que deixa de "alimentar" o circuito.

III. Correta.

Da equação do gerador, $U = E - r \cdot i$, como o termo $r \cdot i > 0$, depreende-se que $U < E$.

T.199 **Resposta:** a

Do gráfico: $U_1 = 12$ V; $i_1 = 2$ A; $U_2 = 8$ V; $i_2 = 3$ A

Aplicando $U = E - r \cdot i$ às duas situações, vem:

$12 = E - r \cdot 2$ ①

$8 = E - r \cdot 3$ ②

Subtraindo a expressão ② de ①, vem: $12 - 8 = -2r + 3r \Rightarrow r = 4\ \Omega$

Substituindo r por $4\ \Omega$ em ①, temos: $12 = E - 4 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{E = 20\ \text{V}}$

T.200 **Resposta:** e

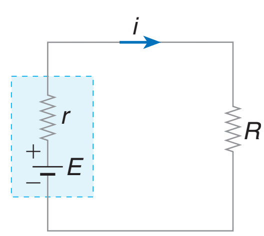
Do gráfico, temos:

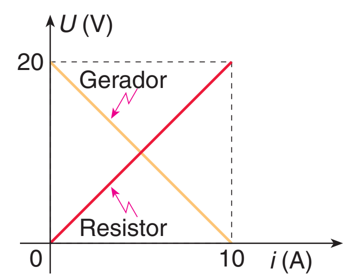
$\boxed{E = 20\ \text{V}}$

$i_{cc} = 10\ \text{A} \Rightarrow \dfrac{E}{r} = 10 \Rightarrow$

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

$U = R \cdot i \Rightarrow 20 = R \cdot 10 \Rightarrow \boxed{R = 2\ \Omega}$





Pela lei de Pouillet, temos:

$i = \dfrac{E}{R + r} \Rightarrow i = \dfrac{20}{2 + 2} \Rightarrow \boxed{i = 5\ \text{A}}$

Portanto, nenhuma das alternativas responde à questão.

T.201 **Resposta:** e

$Pot = \dfrac{U_1^2}{R_1} \Rightarrow 18 = \dfrac{U_1^2}{50} \Rightarrow U_1 = 30\ \text{V}$

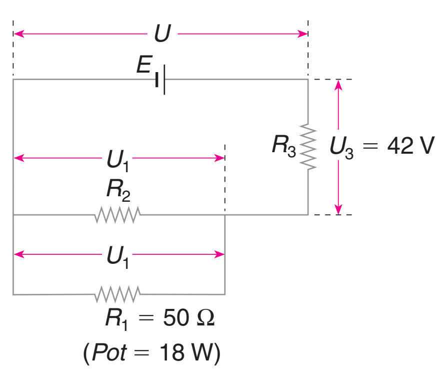
$U = U_1 + U_3$

$U = 30 + 42$

$U = 72\ \text{V}$

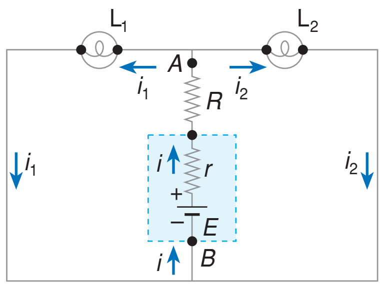
O rendimento do gerador é $\eta = 0{,}90$. Assim:

$\eta = \dfrac{U}{E} \Rightarrow 0{,}90 = \dfrac{72}{E} \Rightarrow \boxed{E = 80\ \text{V}}$



T.202 **Resposta:** c

Esquematicamente, temos:



As lâmpadas L_1 e L_2 devem estar submetidas às ddps U_1 e U_2 ($U_1 = U_2 = 2{,}0$ V) e dissipar as potências Pot_1 e Pot_2 ($Pot_1 = Pot_2 = 0{,}20$ W).

Na lâmpada L_1: $Pot_1 = U_1 \cdot i_1 \Rightarrow 0{,}20 = 2{,}0 \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 0{,}10$ A

Na lâmpada L_2: $Pot_2 = U_2 \cdot i_2 \Rightarrow 0{,}20 = 2{,}0 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = 0{,}10$ A

A intensidade de corrente no gerador será:

$i = i_1 + i_2 = 0{,}10 + 0{,}10 \Rightarrow i = 0{,}20$ A

A ddp entre A e B vale: $U_{AB} = U_1 = U_2 = 2{,}0$ V

Temos: $U_{AB} = E - r \cdot i - R \cdot i$

Como $R = 12\ \Omega$, vem:

$2{,}0 = 4{,}5 - r \cdot (0{,}20) - 12 \cdot (0{,}20) \Rightarrow \boxed{r = 0{,}50\ \Omega}$

T.203 **Resposta:** c

Dados: $E = 100$ V; $r = 2{,}0\ \Omega$; $\eta = 80\% = 0{,}80$

Mas: $\eta = \dfrac{U}{E} \Rightarrow 0{,}80 = \dfrac{U}{100} \Rightarrow U = 80$ V

Aplicando a equação do gerador:

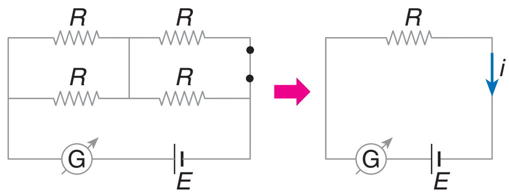
$U = E - r \cdot i \Rightarrow 80 = 100 - 2{,}0 \cdot i \Rightarrow i = 10$ A

A lei de Ohm aplicada ao resistor fornece:

$U = R \cdot i \Rightarrow 80 = R \cdot 10 \Rightarrow \boxed{R = 8{,}0\ \Omega}$

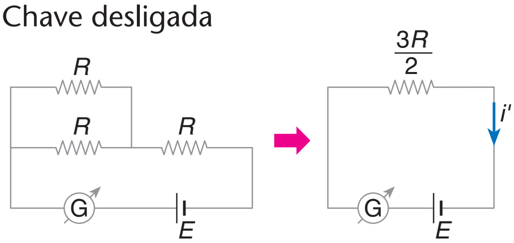
T.204 **Resposta:** b

Chave ligada



$i = \frac{E}{R}$ ①

Chave desligada



$i' = \frac{E}{\frac{3R}{2}}$ ②

Comparando ① e ②, temos: $\boxed{i' = \frac{2i}{3}}$

T.205 **Resposta:** a

A fem do gerador é $E = 20$ V.

A ddp nos terminais do gerador é igual à ddp no resistor de $R = 8{,}0\ \Omega$, que é atravessado pela corrente de intensidade $i = 2{,}0$ A. Assim:

$U = R \cdot i = 8{,}0 \cdot 2{,}0 \Rightarrow U = 16$ V

Aplicando a equação do gerador:

$U = E - r \cdot i_G \Rightarrow 16 = 20 - r \cdot i_G$ ①

A corrente no gerador é $i_G = i + i'$, sendo i' a intensidade de corrente no resistor de $R' = 2{,}0\ \Omega$:

$U = R' \cdot i' \Rightarrow 16 = 2 \cdot i' \Rightarrow i' = 8{,}0$ A

Portanto: $i_G = 2{,}0 + 8{,}0 \Rightarrow i_G = 10$ A

Substituindo em ①: $16 = 20 - r \cdot 10 \Rightarrow \boxed{r = 0{,}40\ \Omega}$

T.206 **Resposta:** d

Dados: $E = 1{,}5$ V e $R = 15\ \Omega$

a) Incorreta.
Ao fechar a chave, $U < E$, pois os aparelhos não são ideais.

b) Incorreta.
A indicação do voltímetro depende de a chave estar aberta ou fechada.

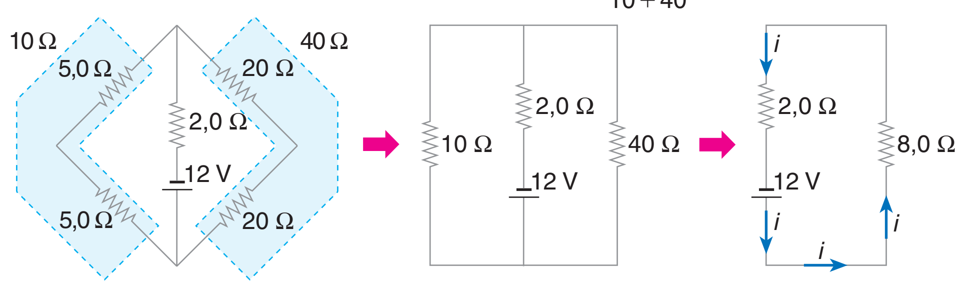
c) Incorreta.
Considerando que o voltímetro não é ideal, ele é atravessado por corrente. Então, chegam na parte inferior da pilha as cargas que passam pela chave S e as cargas que passam pelo voltímetro.

d) Correta.
Ao fechar a chave S, a resistência R fica associada em paralelo ao voltímetro. Como a pilha não é ideal, a ddp indicada pelo voltímetro diminui.

e) Incorreta.
Estando aberta a chave, há passagem de corrente pelo voltímetro, pois este não é ideal.

T.207 **Resposta:** a

$$R_{eq.} = \frac{10 \cdot 40}{10 + 40}\ \Omega = 8{,}0\ \Omega$$



Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{R_{eq.} + r} \Rightarrow i = \frac{12}{8{,}0 + 2{,}0} \Rightarrow \boxed{i = 1{,}2\ \text{A}}$$

T.208 **Resposta:** e

A resistência de cada lâmpada vale:

$$Pot = \frac{U^2}{R} \Rightarrow 0{,}36 = \frac{(1{,}2)^2}{R} \Rightarrow R = 4\ \Omega$$

Como as lâmpadas devem estar associadas em paralelo:

$$R_{ext.} = \frac{R}{2} \Rightarrow R_{ext.} = 2\ \Omega$$

A intensidade de corrente que atravessa as lâmpadas pode ser calculada por:

$U = R_{ext.} \cdot i \Rightarrow 1{,}2 = 2 \cdot i \Rightarrow i = 0{,}6$ A

Aplicando a lei de Pouillet:

$$i = \frac{E}{R_{ext.} + r} \Rightarrow 0{,}6 = \frac{1{,}5}{2 + r} \Rightarrow \boxed{r = 0{,}5\ \Omega}$$

T.209 **Resposta:** a

Pela lei de Pouillet: $i = \dfrac{V_0}{R + R_0}$

Mas: $V_A = R \cdot i \Rightarrow i = \dfrac{V_A}{R}$

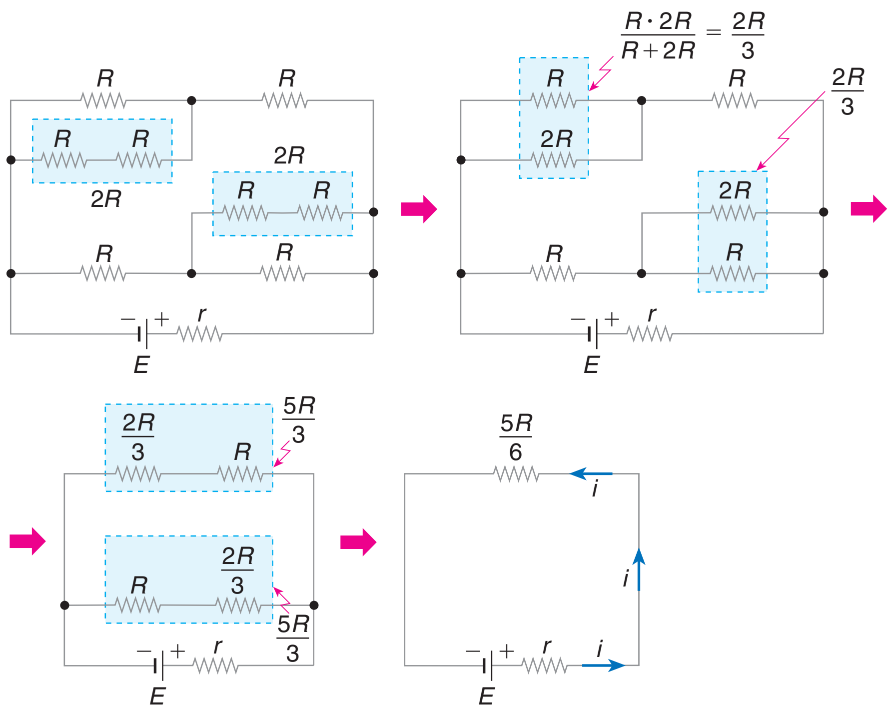
Igualando: $\dfrac{V_0}{R + R_0} = \dfrac{V_A}{R} \Rightarrow \dfrac{V_0}{V_A} = \dfrac{R + R_0}{R}$

Como $\dfrac{V_0}{V_A} = 1{,}2$ e $R = 4\ \Omega$, vem:

$$1{,}2 = \frac{4 + R_0}{4} \Rightarrow 4 + R_0 = 4{,}8 \Rightarrow \boxed{R_0 = 0{,}8\ \Omega}$$

T.210 **Resposta:** e

Dados: $E = 6$ V; $r = 0{,}5\ \Omega$; $Pot = 12$ W



Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{\frac{5R}{6} + r} \Rightarrow i = \frac{6}{\frac{5R}{6} + 0{,}5} \quad ①$$

A potência total dissipada no circuito inclui a potência dissipada na resistência interna r do gerador. Assim, vem:

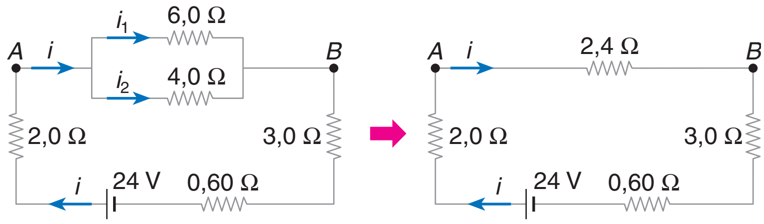
$$Pot = R_{total} \cdot i^2 \Rightarrow Pot = \left(\frac{5R}{6} + 0{,}5\right) \cdot i^2 \quad ②$$

Substituindo ① em ②:

$$Pot = \left(\frac{5R}{6} + 0{,}5\right) \cdot \left(\frac{6}{\frac{5R}{6} + 0{,}5}\right)^2 \Rightarrow Pot = \frac{36}{\frac{5R}{6} + 0{,}5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 12 = \frac{36}{\frac{5R}{6} + 0{,}5} \Rightarrow \boxed{R = 3\ \Omega}$$

T.211 **Resposta:** a



Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{24}{2,4 + 3,0 + 0,60 + 2,0} \Rightarrow i = 3,0 \text{ A}$$

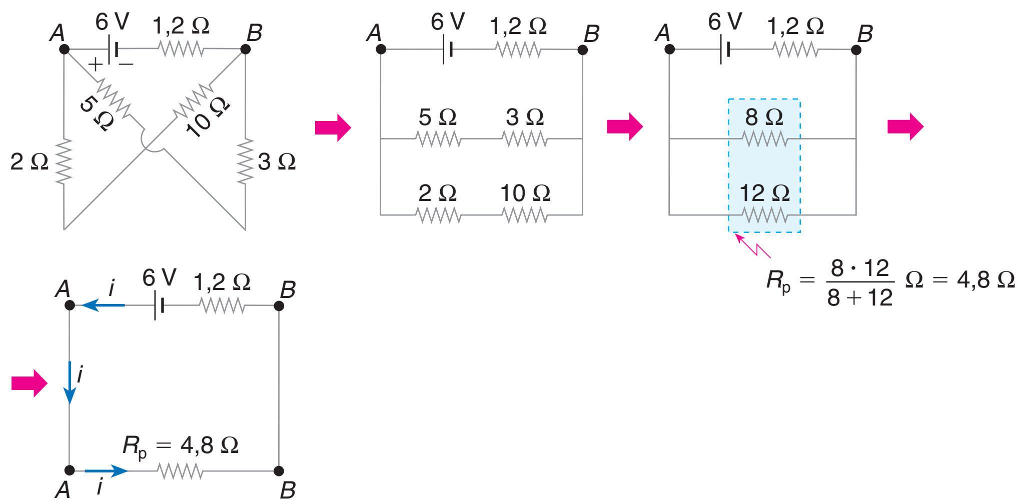
A ddp entre os pontos *A* e *B* é dada por:

$U_{AB} = R_{AB} \cdot i \Rightarrow U_{AB} = 2,4 \cdot 3,0 \Rightarrow U_{AB} = 7,2 \text{ V}$

Por outro lado, temos:

$U_{AB} = R \cdot i_1 \Rightarrow 7,2 = 6,0 \cdot i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 1,2 \text{ A}}$

T.212 **Resposta:** b



Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{R_p + r} \Rightarrow i = \frac{6}{4,8 + 1,2} \Rightarrow i = 1 \text{ A}$$

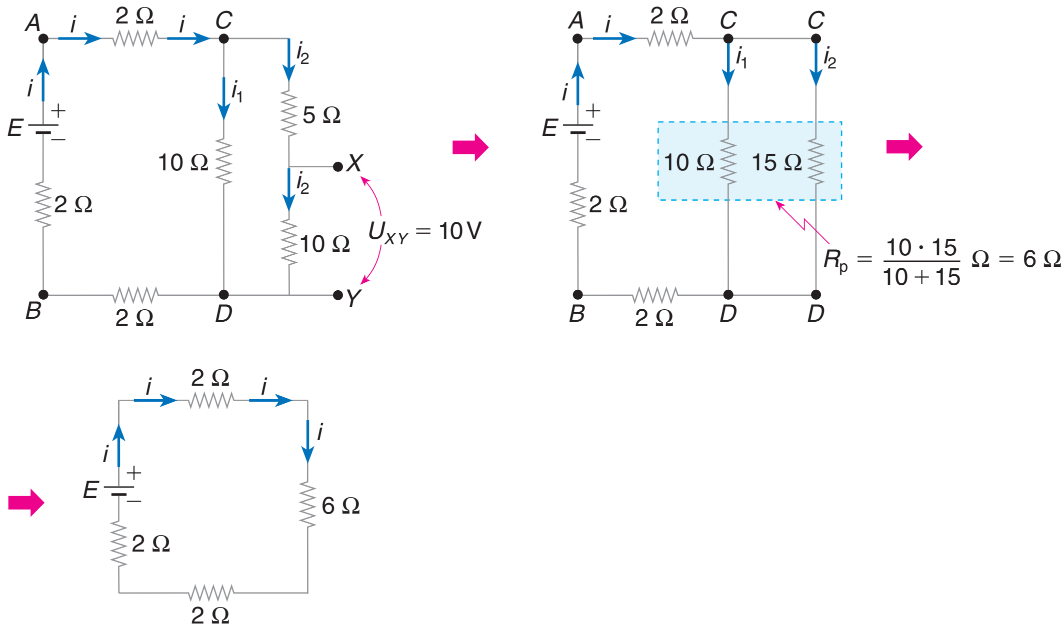
De $U_{AB} = E - r \cdot i$, vem:

$U_{AB} = 6 - 1,2 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 4,8 \text{ V}}$

ou

$U_{AB} = R_p \cdot i \Rightarrow U_{AB} = 4,8 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 4,8 \text{ V}}$

T.213 **Resposta:** a



Cálculo de i_2

$U_{XY} = R_{XY} \cdot i_2 \Rightarrow 10 = 10 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = 1$ A

Cálculo de i_1

$U_{CD} = 10 \cdot i_1 = 15 \cdot i_2 \Rightarrow 10 \cdot i_1 = 15 \cdot 1 \Rightarrow i_1 = 1{,}5$ A

Cálculo de i

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

Cálculo de E

Pela lei de Pouillet aplicada ao último esquema, temos:

$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow 2{,}5 = \frac{E}{2 + 6 + 2 + 2} \Rightarrow \boxed{E = 30\text{ V}}$$

T.214 **Resposta:** b

Resistência externa: $R_{ext.} = \dfrac{4{,}50}{3} \Rightarrow R_{ext.} = 1{,}50\ \Omega$

A ddp nos terminais do gerador é igual à ddp no circuito externo:

$U = R_{ext.} \cdot i = 1{,}50 \cdot 3{,}00 \Rightarrow U = 4{,}50$ V

A potência elétrica lançada pelo gerador vale:

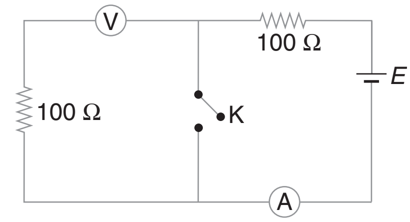
$Pot_\ell = U \cdot i = 4{,}50 \cdot 3{,}00 \Rightarrow Pot_\ell = 13{,}5$ W

A energia $E_{el.}$ lançada no intervalo de tempo $\Delta t = 1{,}00$ min $= 60$ s, vale:

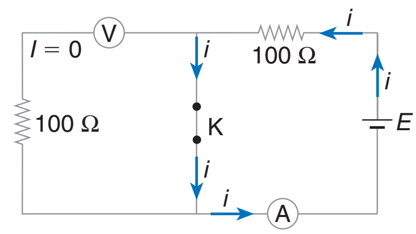
$\mathcal{T} = Pot_\ell \cdot \Delta t = 13{,}5 \cdot 60 \Rightarrow \boxed{\mathcal{T} = 810\text{ J}}$

T.215 **Resposta:** c

Estando a chave K aberta e sendo o voltímetro ideal (resistência infinita), o circuito não é percorrido por corrente. A leitura do voltímetro é a força eletromotriz do gerador: $E = 1{,}5$ V



Fechando a chave K, passa corrente elétrica no trecho de circuito que contém o amperímetro. O trecho de circuito que contém o voltímetro não é percorrido por corrente.



Leitura do amperímetro:

$$i = \frac{E}{R} \Rightarrow i = \frac{1{,}5}{100} \Rightarrow i = 15 \cdot 10^{-3}\ \text{A} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{i = 15\ \text{mA}}$$

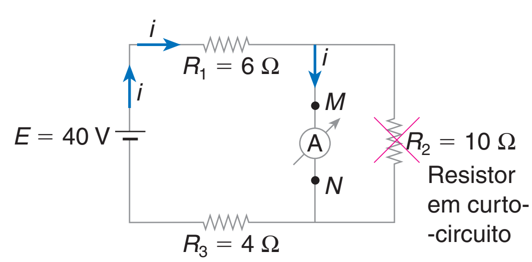
T.216 **Resposta:** a

O circuito que permite as determinações de E e r é o da alternativa **a**, pois a ligação em 1 e depois em 2 permite a obtenção de dois pares de valores da ddp U nos terminais do gerador e da intensidade de corrente i que o atravessa.

Aplicando duas vezes a equação do gerador ($U = E - r \cdot i$), obtém-se um sistema de equações que permite determinar a fem E e a resistência interna r.

T.217 **Resposta:** c

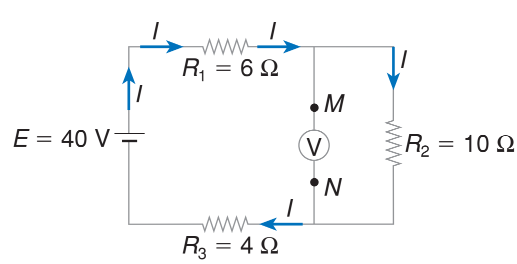
O amperímetro ideal coloca o resistor R_2 em curto-circuito.



A leitura do amperímetro será:

$$i = \frac{E}{R_1 + R_3} \Rightarrow i = \frac{40}{6 + 4} \Rightarrow \boxed{i = 4\ \text{A}}$$

Na situação ao lado (voltímetro entre M e N), o resistor R_2 não fica mais em curto-circuito.



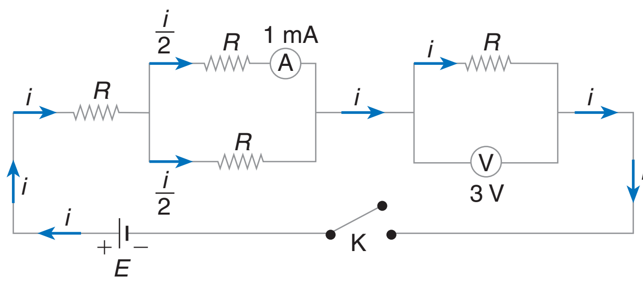
$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} \Rightarrow I = \frac{40}{6 + 10 + 4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I = 2\ \text{A}$$

A leitura do voltímetro é a ddp no resistor R_2:

$$U = R_2 \cdot I \Rightarrow U = 10 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{U = 20\ \text{V}}$$

T.218 **Resposta:** a



Cálculo de R

$\frac{i}{2} = 1\text{ mA} \Rightarrow i = 2\text{ mA}$

Pela lei de Ohm, temos:

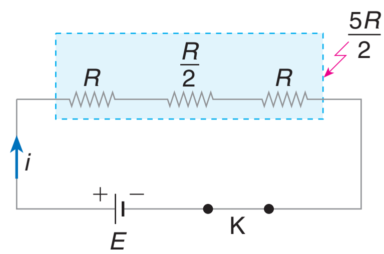
$U = R \cdot i$

$3 = R \cdot 2 \cdot 10^{-3}$

$\boxed{R = 1.500\ \Omega}$

Cálculo de E

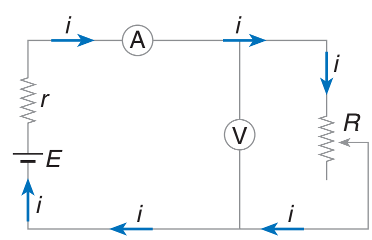
Pela lei de Pouillet, temos:



$i = \frac{E}{\frac{5R}{2}} \Rightarrow E = \frac{5R}{2} \cdot i \Rightarrow$

$\Rightarrow E = \frac{5 \cdot 1.500}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{E = 7{,}5\text{ V}}$

T.219 **Resposta:** b



Pela lei de Pouillet, $i = \frac{E}{R + r}$, conclui-se que, aumentando-se R, a intensidade da corrente elétrica i diminui. Portanto, **a indicação de A diminui**.

A indicação do voltímetro é a tensão no gerador ou no reostato. Vamos analisar pelo gerador.

Vimos que, se R aumenta, i diminui. Como r é constante, o produto $r \cdot i$ diminui.

Sendo assim, de $U = E - r \cdot i$, concluímos que U aumenta.

Portanto, **a indicação de V aumenta**.

T.220 **Resposta:** c

Vamos determinar a resistência elétrica R do condutor cilíndrico.

Pela lei de Pouillet, temos:

$i = \frac{E}{R + r_i} \Rightarrow 0{,}100 = \frac{12}{R + 20} \Rightarrow R = 100\ \Omega$

De $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$, sendo $R = 100\ \Omega$, $L = \pi$ cm, $A = \pi r^2 = \pi \cdot (0{,}5\text{ cm})^2 = 0{,}25\pi\text{ cm}^2$, temos:

$100\ \Omega = \rho \cdot \frac{\pi\text{ cm}}{0{,}25\pi\text{ cm}^2} \Rightarrow \boxed{\rho = 25\ \Omega \cdot \text{cm}}$

T.221 **Resposta:** b

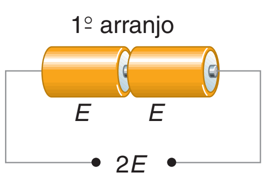
Cada série de dois geradores mantém a ddp $2V$. Na associação em paralelo das três séries, a ddp não se modifica. Então, a associação das seis pilhas mantém a ddp total $U = 2V$.

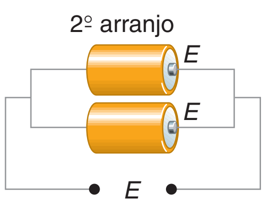
Aplicando a lei de Ohm, vem:

$$U = R \cdot i \Rightarrow i = \frac{U}{R} \Rightarrow \boxed{i = \frac{2V}{R}}$$

T.222 **Resposta:** b

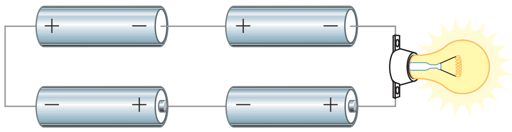
As pilhas são ideais. No 1º arranjo, sendo E a força eletromotriz de cada pilha, a tensão entre os terminais da associação série é $2E$ e, no 2º arranjo (pilhas em paralelo), a tensão entre os terminais da associação é E. Logo, o 1º arranjo oferece uma tensão maior.





T.223 **Resposta:** c

Temos 4 pilhas de 1,5 V e uma lâmpada de 6 V. A lâmpada brilhará mais intensamente quando a tensão entre os terminais da associação de pilhas for a maior possível. Isso ocorre quando as pilhas estão ligadas em série. É o que acontece na alternativa **c**.



T.224 **Resposta:** a

Dados: $r_s = 10\ \Omega$; $r_p = 0{,}4\ \Omega$

Na associação em série, temos:

$r_s = nr \Rightarrow 10 = nr$ ①

Já para a associação em paralelo:

$$r_p = \frac{r}{n} \Rightarrow 0{,}4 = \frac{r}{n} \quad ②$$

Multiplicando a expressão ① pela ②:

$$10 \cdot 0{,}4 = nr \cdot \frac{r}{n} \Rightarrow 4 = r^2 \Rightarrow \boxed{r = 2\ \Omega}$$

Substituindo em ①: $10 = n \cdot 2 \Rightarrow \boxed{n = 5}$

T.225 **Resposta:** b

A carga elétrica da bateria, em coulombs, vale:

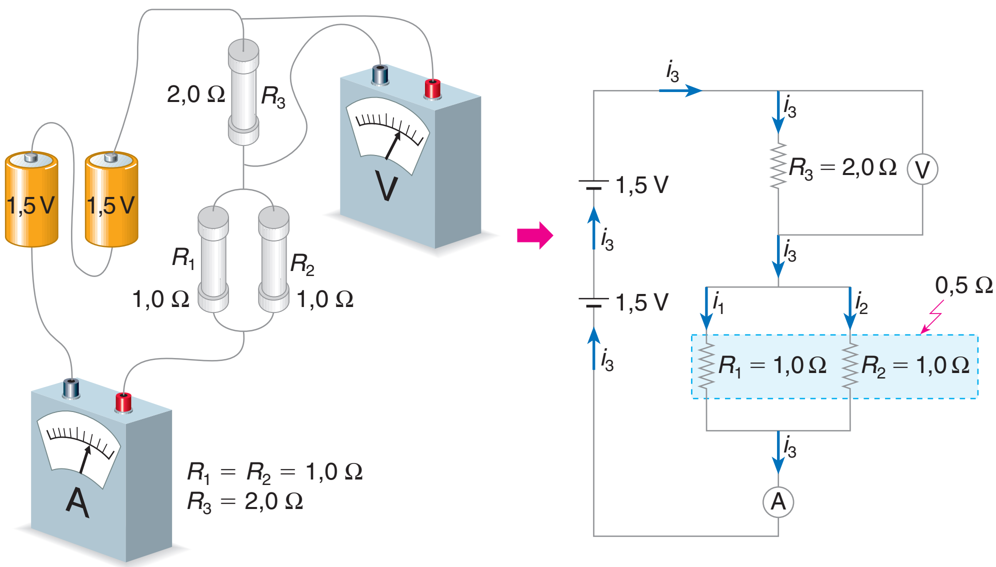
$Q = 1.200 \text{ mAh} = 1.200 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 3.600 \text{ s} \Rightarrow Q = 4.320 \text{ C}$

Para a ddp da bateria ser $U = 4{,}8$ V, as 4 pilhas devem estar associadas em série.

Para a corrente de intensidade $i = 120 \text{ mA} = 120 \cdot 10^{-3}$ A, temos:

$$i = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 120 \cdot 10^{-3} = \frac{4.320}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 36.000 \text{ s} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 10 \text{ h}}$$

T.226 **Resposta:** d



Circuito

Esquema

A lei de Pouillet fornece a intensidade da corrente i_3, que é a leitura do amperímetro A:

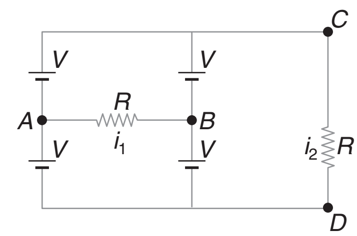
$$i_3 = \frac{E + E}{R_{eq.}} \Rightarrow i_3 = \frac{1{,}5 + 1{,}5}{2{,}0 + 0{,}5} \Rightarrow \boxed{i_3 = 1{,}2 \text{ A}}$$

A leitura do voltímetro é a ddp no resistor R_3. Pela lei de Ohm, temos:

$$U = R_3 \cdot i_3 \Rightarrow U = 2{,}0 \cdot 1{,}2 \Rightarrow \boxed{U = 2{,}4 \text{ V}}$$

T.227 **Resposta:** b

Por simetria, os pontos A e B possuem o mesmo potencial elétrico e, portanto, a diferença de potencial entre A e B é nula.



Logo: $\boxed{i_1 = 0}$

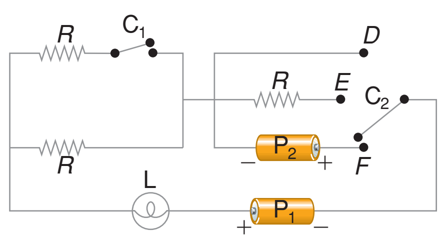
A ddp entre os pontos C e D é: $U_{CD} = 2V$

Pela lei de Ohm, temos:

$$U_{CD} = R \cdot i_2 \Rightarrow 2V = R \cdot i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = \frac{2V}{R}}$$

T.228 **Resposta:** e

A lâmpada L brilhará com maior intensidade quando a intensidade da corrente elétrica que a atravessa for a maior possível. Isso se consegue colocando-se a chave C_2 em F, para que as pilhas fiquem em série (aumentando assim a força eletromotriz), e fechando-se a chave C_1 para diminuir a resistência do circuito. Logo, temos:



T.229 **Resposta:** a

O rendimento é dado por $\eta = \frac{U}{E}$. Quando a bateria fornece a máxima potência a um circuito externo, a tensão U entre seus terminais é a metade da força eletromotriz E. Portanto:

$$\eta = \frac{\frac{E}{2}}{E} \Rightarrow \eta = 0{,}50 \Rightarrow \boxed{\eta = 50\%}$$

T.230 **Resposta:** d

Para as condições de potência lançada máxima, conforme visto no item 8 deste capítulo:

$$\boxed{i = \frac{E}{2r}} \quad \text{e} \quad \boxed{Pot_{\ell(\text{máx.})} = \frac{E^2}{4r}}$$

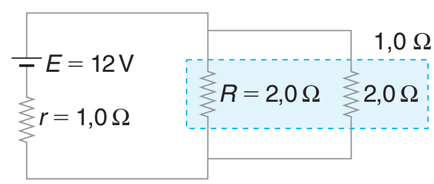
T.231 **Resposta:** a

Quando o gerador fornece a máxima potência a um circuito externo, a resistência externa do circuito deve ser igual à resistência interna do gerador: $R_{ext.} = r$

$$3 + 1 + R = 4 \Rightarrow \boxed{R = 0}$$

T.232 **Resposta:** b

Para que a resistência externa seja igual à resistência interna ($r = 1{,}0\ \Omega$), que é a condição para que a potência útil no gerador seja máxima, devemos associar em paralelo ao resistor $R = 2{,}0\ \Omega$ outro resistor de resistência $2{,}0\ \Omega$:

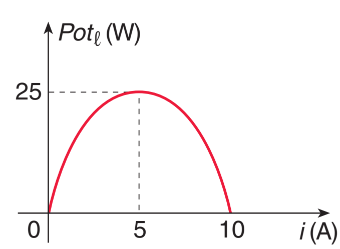


T.233 **Resposta:** a

O menor tempo possível corresponde à potência máxima fornecida pelo gerador. Nessas condições, a resistência interna do gerador (no caso $r = 3\ \Omega$) deve ser igual à resistência equivalente externa. Assim, devemos usar somente o resistor de $3\ \Omega$.

T.234 **Resposta:** c

A partir do gráfico é possível verificar que, quando a potência lançada pelo gerador é máxima, $i = 5$ A. Então, temos:



$$i = \frac{i_{cc}}{2} = 5 \Rightarrow \frac{E}{2r} = 5 \quad ①$$

$Pot_{\ell(máx.)} = 25$ W

Ainda nessa situação sabe-se que $U = \frac{E}{2}$.

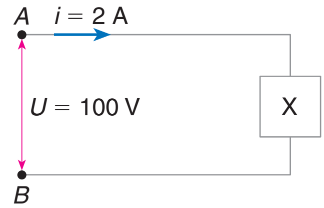
Logo, como $Pot_{\ell(máx.)} = U \cdot i$, vem:

$$25 = \frac{E}{2} \cdot 5 \Rightarrow \boxed{E = 10\ V} \quad ②$$

Substituindo ② em ①, temos:

$$\frac{10}{2r} = 5 \Rightarrow \boxed{r = 1{,}0\ \Omega}$$

T.235 **Resposta:** d



a) Errada.

$U = E - r \cdot i \Rightarrow U = 150 - 10 \cdot 2 \Rightarrow$

$\Rightarrow U = 130 \text{ V} \neq 100 \text{ V}$

b) Errada.

$U = E' + r' \cdot i \Rightarrow U = 120 + 5 \cdot 2 \Rightarrow$

$\Rightarrow U = 130 \text{ V} \neq 100 \text{ V}$

c) Errada.

$U = R_s \cdot i \Rightarrow U = 3 \cdot 150 \cdot 2 \Rightarrow U = 900 \text{ V} \neq 100 \text{ V}$

d) Correta.

$$U = R_p \cdot i \Rightarrow U = \frac{150}{3} \cdot 2 \Rightarrow U = 100 \text{ V}$$

T.236 **Resposta:** a

$U = E' + r' \cdot i \Rightarrow 120 = 110 + r' \cdot i \Rightarrow r' \cdot i = 10$ ①

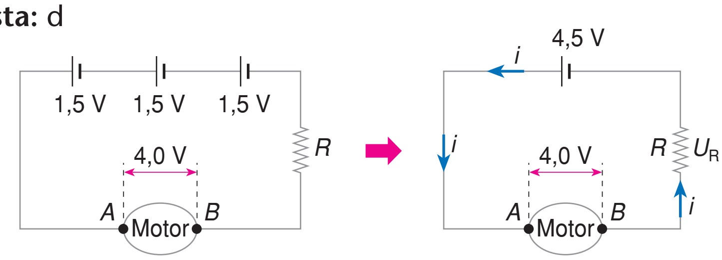
$Pot'_d = r' \cdot i^2 \Rightarrow r' \cdot i^2 = 20$ ②

De ①: $i = \dfrac{10}{r'}$

Substituindo i por $\dfrac{10}{r'}$ em ②:

$$r' \cdot \left(\frac{10}{r'}\right)^2 = 20 \Rightarrow \frac{100}{r'} = 20 \Rightarrow \boxed{r' = 5{,}0\ \Omega}$$

T.237 **Resposta:** d



Sendo 4,5 V a tensão total aplicada pela associação de pilhas e 4,0 V a tensão no motor, concluímos que a tensão no resistor é de 0,50 V.

De $U_R = R \cdot i$, vem: $0{,}50 = 1{,}0 \cdot i \Rightarrow i = 0{,}50$ A

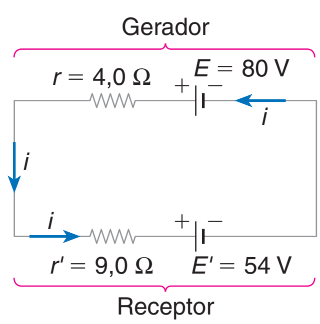
A potência consumida pelo motor (ou potência fornecida ao motor) é dada por:

$$Pot_f = U \cdot i \Rightarrow Pot_f = 4{,}0 \cdot 0{,}50 \Rightarrow \boxed{Pot_f = 2{,}0 \text{ W}}$$

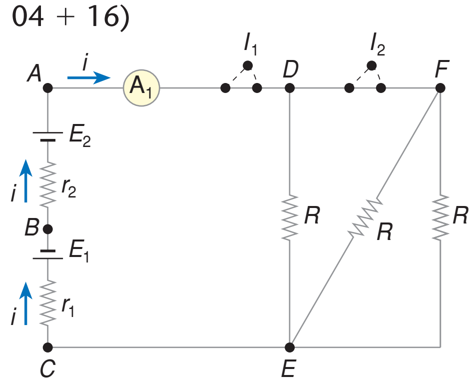
T.238 **Resposta:** a

Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E - E'}{r + r'} \Rightarrow i = \frac{80 - 54}{4{,}0 + 9{,}0} \Rightarrow \boxed{i = 2{,}0 \text{ A}}$$



T.239 soma = 22 (02 + 04 + 16)



(01) Incorreta.

Sendo $E_2 > E_1$, concluímos que (E_2, r_2) é o gerador. Pelo sentido da corrente, resulta que (E_1, r_1) é o receptor.

No gerador, temos: $U_{AB} = E_2 - r_2 \cdot i$

Concluímos, então, que $U_{AB} < E_2$.

(02) Correta.

No receptor: $U_{CB} = E_1 + r_1 \cdot i$

Logo: $U_{CB} > E_1$

(04) Correta.

$U_{DE} = U_{FE}$, pois os resistores estão em paralelo.

(08) Incorreta.

Para I_2 aberta, temos: $i = \dfrac{E_2 - E_1}{r_1 + r_2 + R}$

Para I_2 fechada, temos: $i' = \dfrac{E_2 - E_1}{r_1 + r_2 + \dfrac{R}{3}}$

Logo: $i \neq i'$

(16) Correta.

Abrindo I_1, temos $i = 0$. Assim:

$U_{AB} = E_2 - r_2 \cdot i \Rightarrow U_{AB} = E_2 - r_2 \cdot 0 \Rightarrow U_{AB} = E_2$

T.240 **Resposta:** d

$U = E + r \cdot i \Rightarrow U = 100 + 2 \cdot 5 \Rightarrow U = 110$ V

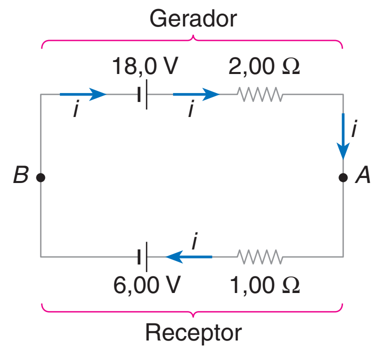
Travando-se o eixo do motor, ele se comporta como um resistor de resistência r:

$U = r \cdot i \Rightarrow 110 = 2 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 55 \text{ A}}$

T.241 **Resposta:** d

(1) Pela lei de Pouillet, temos:

$i = \dfrac{E - E'}{r + r'} \Rightarrow i = \dfrac{18,0 - 6,00}{2,00 + 1,00} \Rightarrow \boxed{i = 4,00 \text{ A}}$



(2) $V_{AB} = E - r \cdot i \Rightarrow V_{AB} = 18,0 - 2,00 \cdot 4,00 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{V_{AB} = 10,0 \text{ V}}$

ou

$V_{AB} = E' + r' \cdot i \Rightarrow V_{AB} = 6,0 - 1,00 \cdot 4,00 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{V_{AB} = 10,0 \text{ V}}$

(3) $Pot = (r + r') \cdot i^2 \Rightarrow Pot = (2,00 + 1,00) \cdot (4,00)^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 48,0 \text{ W}}$

T.242 **Resposta:** c

A potência total consumida é dada pela soma:

$Pot_t = 40 \text{ W} + 10 \text{ W} + 30 \text{ W} \Rightarrow Pot_t = 80 \text{ W}$

A potência lançada pelo gerador vale:

$Pot_\ell = U \cdot i \Rightarrow 80 = U \cdot 10 \Rightarrow \boxed{U = 8 \text{ V}}$

$U = E - r \cdot i \Rightarrow 8 = 12 - r \cdot 10 \Rightarrow \boxed{r = 0,4\ \Omega}$

T.243 **Resposta:** e

Circuito I: $i_1 = \dfrac{E - E'}{R_1 + R_2} \Rightarrow 1 = \dfrac{12 - E'}{R_1 + R_2}$ ①

Circuito II: $i_2 = \dfrac{E + E'}{R_1 + R_2} \Rightarrow 3 = \dfrac{12 + E'}{R_1 + R_2}$ ②

Dividindo ① por ②, temos:

$$\frac{1}{3} = \frac{12 - E'}{12 + E'} \Rightarrow 12 + E' = 36 - 3E' \Rightarrow 4E' = 24 \Rightarrow \boxed{E' = 6\ \text{V}}$$

Observação:

No circuito I não foi dado o sentido da corrente e adotamos a hipótese de B ser um receptor. Se fosse ao contrário, teríamos para o circuito I:

$$1 = \frac{E' - 12}{R_1 + R_2}$$

A resolução do sistema de equações conduziria à resposta $E' = 24$ V que, embora seja uma solução possível, não consta das alternativas.

T.244 **Resposta:** a

A força $\vec{F}$ com que o motor ergue o balde tem intensidade igual ao peso do balde, pois o movimento é retilíneo e uniforme:

$F = P \Rightarrow F = mg \Rightarrow F = 28 \cdot 10 \Rightarrow F = 280$ N

A potência desenvolvida pelo motor (potência útil) é dada por:

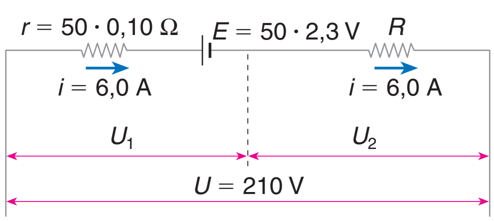
$Pot_u = F \cdot v \Rightarrow Pot_u = 280 \cdot 0{,}5 \Rightarrow Pot_u = 140$ W

O rendimento do motor é dado por:

$$\eta = \frac{E'}{U} \Rightarrow 0{,}70 = \frac{E'}{20} \Rightarrow E' = 14\ \text{V}$$

De $Pot_u = E' \cdot i$, vem: $140 = 14 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 10\ \text{A}}$

T.245 **Resposta:** a



$U_1 = E + r \cdot i$

$U_1 = 50 \cdot 2{,}3 + 50 \cdot 0{,}10 \cdot 6{,}0$

$U_1 = 115 + 5{,}0 \cdot 6{,}0$

$U_1 = 145$ V

$U = U_1 + U_2$

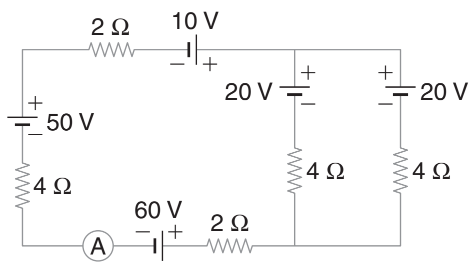
$210 = 145 + U_2$

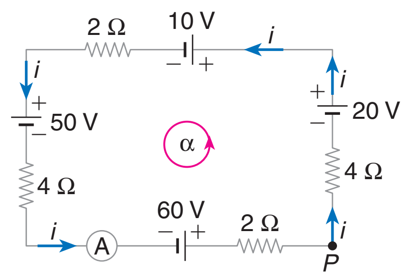
$U_2 = 65$ V

$U_2 = R \cdot i \Rightarrow 65 = R \cdot 6{,}0 \Rightarrow \boxed{R \simeq 10{,}8\ \text{ohms}}$

T.246 **Resposta:** b

Observemos inicialmente que os geradores em paralelo são idênticos e, portanto, podemos substituir pelo equivalente:



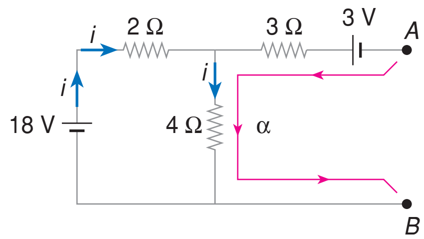


Vamos aplicar à malha α a segunda lei de Kirchhoff, partindo do ponto *P*:

$$2i - 20 + 10 + 2i + 50 + 4i - 60 + 2i = 0 \Rightarrow 10i = 20 \Rightarrow \boxed{i = 2\text{ A}}$$

Observe que o sentido adotado para i é o correto, pois resultou $i > 0$.

T.247 **Resposta:** e



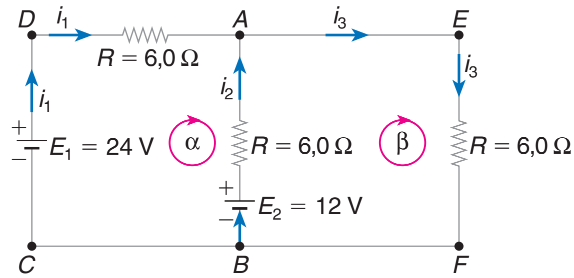
Cálculo da intensidade de corrente i:

$$i = \frac{E}{R + R'} \Rightarrow i = \frac{18}{2 + 4} \Rightarrow i = 3\text{ A}$$

Cálculo da ddp $V_A - V_B$:

$$V_A - V_B = -3 + 4 \cdot i \Rightarrow V_A - V_B = -3 + 4 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{V_A - V_B = 9\text{ V}}$$

T.248 **Resposta:** b



Nó A: $i_1 + i_2 = i_3$ ①

Malha $ABCDA$ (a partir de A e no sentido α):

$-6{,}0i_2 + 12 - 24 + 6{,}0i_1 = 0$

$6{,}0i_1 - 6{,}0i_2 - 12 = 0$

$i_1 - i_2 = 2$ ②

Malha $AEFBA$ (a partir de A e no sentido β):

$6{,}0i_3 - 12 + 6{,}0i_2 = 0 \Rightarrow i_2 + i_3 = 2$ ③

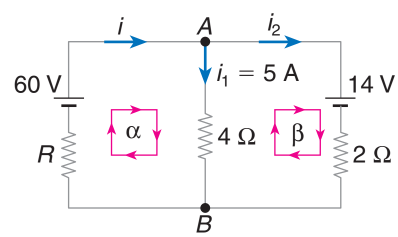
Substituindo ① em ③: $i_1 + 2i_2 = 2$ ④

Subtraindo ② de ④, temos: $3i_2 = 0 \Rightarrow \boxed{i_2 = 0}$

De ②: $\boxed{i_1 = 2 \text{ A}}$

De ①: $\boxed{i_3 = 2 \text{ A}}$

T.249 **Resposta:** b



Nó A:

$i = i_1 + i_2 \Rightarrow i = 5 + i_2$ ①

Malha α:

$+4 \cdot 5 + R \cdot i - 60 = 0 \Rightarrow R \cdot i = 40$ ②

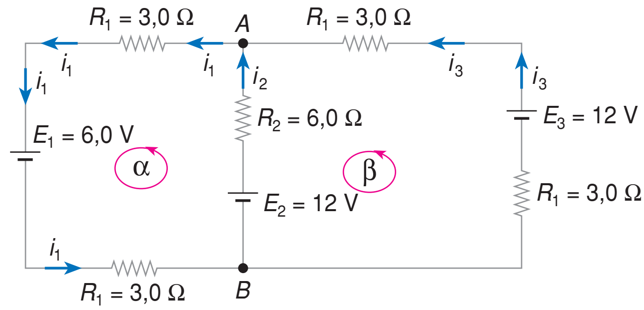
Malha β:

$+14 + 2i_2 - 4 \cdot 5 = 0 \Rightarrow i_2 = 3 \text{ A}$ ③

Substituindo ③ em ①: $i = 5 + 3 \Rightarrow i = 8 \text{ A}$ ④

Substituindo ④ em ②: $R \cdot 8 = 40 \Rightarrow \boxed{R = 5\ \Omega}$

T.250 **Resposta:** c



Nó A:

$i_1 = i_2 + i_3$ ①

Malha α:

$3{,}0i_1 + 6{,}0 + 3{,}0i_1 - 12 + 6{,}0i_2 = 0$

$6{,}0i_1 + 6{,}0i_2 = 6{,}0$

$i_1 + i_2 = 1{,}0$ ②

Malha β:

$-6{,}0i_2 + 12 + 3{,}0i_3 - 12 + 3{,}0i_3 = 0$

$-6{,}0i_2 + 6{,}0i_3 = 0$

$i_2 = i_3$ ③

Substituindo ③ em ①: $i_1 = i_2 + i_2 \Rightarrow i_1 = 2i_2$ ④

Substituindo ④ em ②: $2i_2 + i_2 = 1{,}0 \Rightarrow i_2 = \frac{1{,}0}{3}$ A

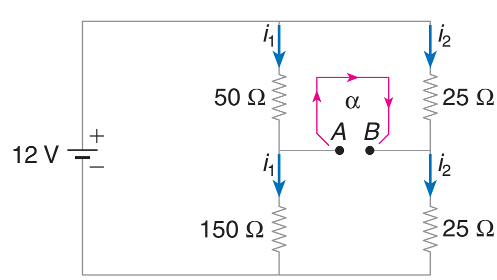
Cálculo de $V_A - V_B$:

$V_A - V_B = -R_2 \cdot i_2 + E_2$

$V_A - V_B = -6{,}0 \cdot \frac{1{,}0}{3} + 12$

$\boxed{V_A - V_B = 10\ \text{V}}$

T.251 **Resposta:** e



De $U = R \cdot i$, vem:

$12 = (50 + 150) \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 0{,}06$ A

$12 = (25 + 25) \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = 0{,}24$ A

Percurso α:

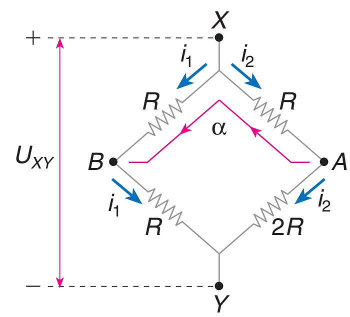
$V_A - V_B = -50i_1 + 25i_2$

$V_A - V_B = -50 \cdot 0{,}06 + 25 \cdot 0{,}24$

$V_A - V_B = -3 + 6$

$\boxed{V_A - V_B = 3\ \text{V}}$

T.252 **Resposta:** c



$i_1 = \dfrac{U_{XY}}{2R}$; $i_2 = \dfrac{U_{XY}}{3R}$

Percurso α:

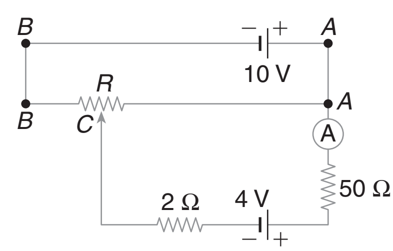
$U_{AB} = -R \cdot i_2 + R \cdot i_1$

$$U_{AB} = -R \cdot \frac{U_{XY}}{3R} + R \cdot \frac{U_{XY}}{2R}$$

$$U_{AB} = -\frac{U_{XY}}{3} + \frac{U_{XY}}{2}$$

$$\boxed{U_{AB} = \frac{U_{XY}}{6}}$$

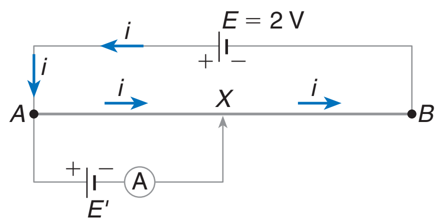
T.253 **Resposta:** b



O amperímetro não acusa passagem de corrente, logo $U_{AB} = 10$ V e $U_{AC} = 4$ V. Assim, temos:

$U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} \Rightarrow 10 = 4 + U_{CB} \Rightarrow \boxed{U_{CB} = 6 \text{ V}}$

T.254 **Resposta:** c



I. Incorreta.
Não é percorrida por corrente somente a malha do circuito que contém o amperímetro A.

II. Incorreta.

$U_{AB} = E = R_{AB} \cdot i$ ①

$U_{AX} = E' = R_{AX} \cdot i$ ②

Dividindo ① por ②, vem:

$$\frac{E}{E'} = \frac{R_{AB}}{R_{AX}} \Rightarrow \frac{E}{E'} = \frac{AB}{AX} \Rightarrow \frac{2}{E'} = \frac{100}{80} \Rightarrow \boxed{E' = 1{,}6 \text{ V}}$$

III. Correta.
Conforme a demonstração anterior, temos: $E' = 1{,}6$ V

T.255 **Resposta:** d

O potencial elétrico de uma esfera condutora eletrizada é dado por:

$$V = k_0 \cdot \frac{Q}{R} \Rightarrow 100 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{9{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow Q = 1{,}0 \cdot 10^{-9}\ C$$

Para o condensador, temos:

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow C = \frac{Q}{Ed} \Rightarrow 1{,}0 \cdot 10^{-9} = \frac{1{,}0 \cdot 10^{-9}}{E \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{E = 1{,}0 \cdot 10^3\ V/m}$$

T.256 **Resposta:** e

$$Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 10^{-8} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{Q = 5 \cdot 10^{-10}\ C}$$

T.257 **Resposta:** e

$$C = \frac{Q_1}{U_1} \Rightarrow Q_1 = C \cdot U_1 \quad (1)$$

$$C = \frac{Q_2}{U_2} \Rightarrow Q_2 = C \cdot U_2 \quad (2)$$

Subtraindo (1) de (2):

$Q_2 - Q_1 = C \cdot (U_2 - U_1)$

$6 \cdot 10^{-5} = C \cdot (60 - 50)$

$C = 6 \cdot 10^{-6}\ F$

$\boxed{C = 6\ \mu F}$

T.258 **Resposta:** b

De $C = KC_0$, vem: $C = K \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$

Pode-se aumentar a capacitância de um capacitor plano substituindo o dielétrico por outro de constante dielétrica K maior.

T.259 **Resposta:** d

I. Correta.

De $Q = C \cdot U$, temos: $Q = K \cdot \varepsilon_0 \cdot \dfrac{A}{d} \cdot U$

Logo, a carga elétrica Q é diretamente proporcional à área A das placas.

II. Correta.

A carga elétrica Q é inversamente proporcional à distância d entre as placas.

III. Incorreta.

Considere o capacitor inicialmente a vácuo ($K = 1$). Colocando-se entre suas placas um isolante ($K > 1$), a carga elétrica Q do capacitor aumenta.

T.260 **Resposta:** a

a) Correta.

Capacitor a vácuo:

$$C_0 = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

Capacitor com dielétrico:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$$

Sendo $\varepsilon > \varepsilon_0$, resulta $C > C_0$.

Note que: $\dfrac{C}{C_0} = \dfrac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = K$ (constante dielétrica do isolante)

b) Incorreta.

C é diretamente proporcional à área A das placas.

c) Incorreta.

De $C = \dfrac{Q}{U}$, concluímos que a unidade de C no SI é $\dfrac{\text{coulomb}}{\text{volt}} \left(\dfrac{C}{V}\right)$.

d) Incorreta.

Uma placa está eletrizada positivamente e a outra, negativamente.

e) Incorreta.

O capacitor armazena cargas elétricas.

T.261 **Resposta:** soma = 10 (02 + 08)

(01) Incorreta.

Mantida a distância d e alterando-se a ddp U, a intensidade do campo elétrico E se altera. Esse fato decorre de $U = Ed$.

(02) Correta.

De $C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$, concluímos que, reduzindo-se a distância entre suas placas à metade, a capacitância dobra.

(04) Incorreta.

$Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 120 \Rightarrow Q = 2{,}4 \cdot 10^{-4}$ C

$Q = ne \Rightarrow 2{,}4 \cdot 10^{-4} = n \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \boxed{n = 1{,}5 \cdot 10^{15} \text{ elétrons}}$

(08) Correta.

Basta calcular a energia potencial eletrostática W que o capacitor armazenava:

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} \Rightarrow W = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot (120)^2}{2} \Rightarrow \boxed{W = 1{,}44 \cdot 10^{-2} \text{ J}}$$

(16) Incorreta.

Capacitor a ar ($K = 1$):

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \quad (1)$$

Capacitor com dielétrico de constante $K = 3$:

$$C' = K \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \Rightarrow C' = 3 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \quad (2)$$

De (1) e (2):

$$C' = 3C \Rightarrow \frac{Q'}{U} = 3 \cdot \frac{Q}{U} \Rightarrow Q' = 3Q$$

Mas $Q = 2{,}4 \cdot 10^{-4}$ C. Logo: $\boxed{Q' = 7{,}2 \cdot 10^{-4} \text{ C}}$

T.262 **Resposta:** a

Estando a gota em equilíbrio, o peso $\vec{P}$ e a força elétrica $\vec{F}_e$ devem se anular. Para isso, $\vec{P}$ e $\vec{F}_e$ devem ter mesma direção, sentidos opostos e módulos iguais. Assim:

$F_e = P \Rightarrow |q| \cdot E = m \cdot g$

Sendo $U = E \cdot d$, vem: $E = \frac{U}{d}$

Logo:

$$|q| \cdot \frac{U}{d} = m \cdot g \Rightarrow |q| \cdot \frac{6{,}0 \cdot 10^2}{1{,}6 \cdot 10^{-2}} = 1{,}2 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \Rightarrow |q| = 3{,}2 \cdot 10^{-16} \text{ C}$$

Mas $|q| = n \cdot e$. Logo:

$3{,}2 \cdot 10^{-16} = n \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \boxed{n = 2{,}0 \cdot 10^3 \text{ elétrons}}$

T.263 **Resposta:** c

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} \Rightarrow W = \frac{22.000 \cdot 10^{-6} \cdot (25)^2}{2} \Rightarrow W = 6{,}875\ \text{J}$$

Essa energia armazenada pelo capacitor é transformada em energia potencial gravitacional:

$$W = mgh \Rightarrow 6{,}875 = 0{,}5 \cdot 10 \cdot h \Rightarrow h = 1{,}375\ \text{m} \Rightarrow \boxed{h \simeq 1{,}4\ \text{m}}$$

T.264 **Resposta:** d

Figura I

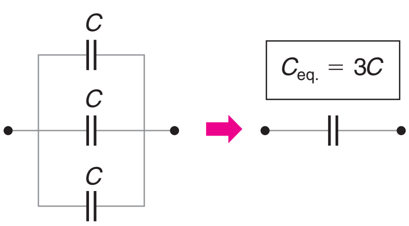
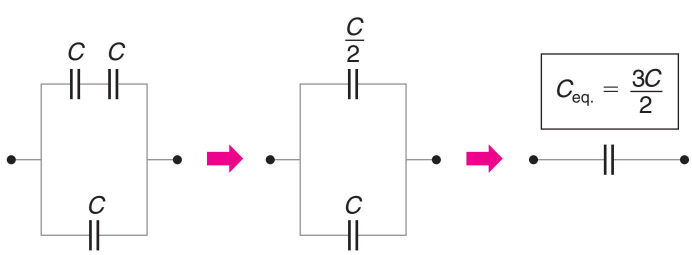


Figura II

Figura III

$$C_{eq.} = \frac{C \cdot 2C}{3C} \Rightarrow \boxed{C_{eq.} = \frac{2C}{3}}$$

Figura IV



T.265 **Resposta:** d

A capacitância equivalente máxima corresponde aos três capacitores associados em paralelo. Sendo C a capacitância de cada um, vem:

$3C = 18 \Rightarrow C = 6\ \mu\text{F}$

A capacitância equivalente mínima corresponde aos três capacitores associados em série:

$$C_{eq.} = \frac{C}{3} = \frac{6\ \mu\text{F}}{3} \Rightarrow \boxed{C_{eq.} = 2\ \mu\text{F}}$$

T.266 **Resposta:** c

a) Incorreta.

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{4{,}0 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{2{,}0 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{4{,}0 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{2{,}0 \cdot 10^{-6}}$$

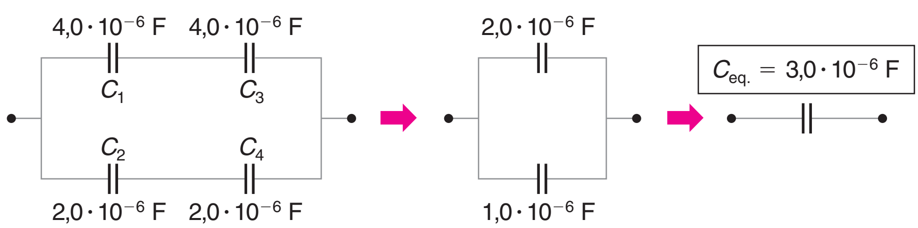
$$\frac{1}{C_s} = \frac{1 + 2 + 1 + 2}{4{,}0 \cdot 10^{-6}}$$

$$\boxed{C_s = \frac{4{,}0}{6} \cdot 10^{-6}\ \text{F}}$$

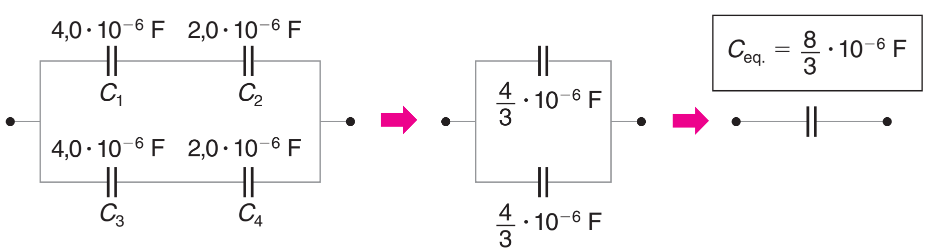
b) Incorreta.

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \Rightarrow \boxed{C_p = 12 \cdot 10^{-6}\ \text{F}}$$

c) Correta.



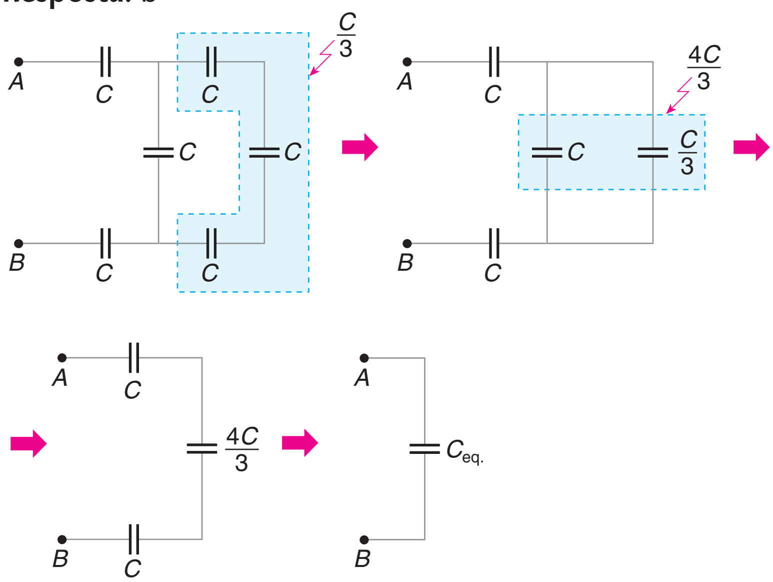
d) Incorreta.



e) Incorreta.

Ver alternativa **c**.

T.267 **Resposta:** b



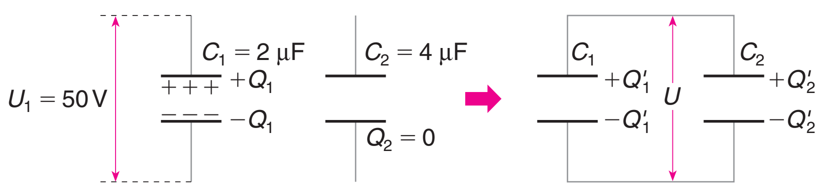
$$\frac{1}{C_{eq.}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{\frac{4C}{3}} = \frac{4+4+3}{4C}$$

$$C_{eq.} = \frac{4C}{11} \Rightarrow C_{eq.} = \frac{4 \cdot 11}{11}$$

$$C_{eq.} = 4\ \mu F$$

$$Q = C_{eq.} \cdot U \Rightarrow Q = 4\ \mu F \cdot 10\ V \Rightarrow Q = 40\ \mu C \Rightarrow \boxed{Q = 4{,}0 \cdot 10^{-5}\ C}$$

T.268 **Resposta:** d



$$Q_1 = C_1 \cdot U_1 \Rightarrow Q_1 = 2 \cdot 50 \Rightarrow Q_1 = 100\ \mu C$$

$$\boxed{C_{eq.} = C_1 + C_2 = 6\ \mu F}$$

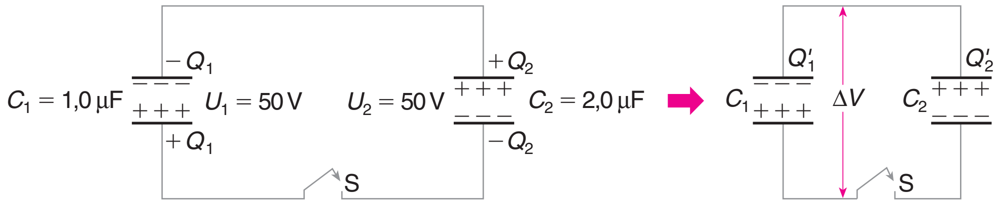
$$Q'_1 + Q'_2 = Q_1 + Q_2 \Rightarrow C_1 \cdot U + C_2 \cdot U = 100 + 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (C_1 + C_2) \cdot U = 100 \Rightarrow (2 + 4) \cdot U = 100 \Rightarrow U = \frac{100}{6}\ V$$

$$Q'_1 = C_1 \cdot U \Rightarrow Q'_1 = 2 \cdot \frac{100}{6} \Rightarrow Q'_1 = \frac{100}{3}\ \mu C \Rightarrow \boxed{Q'_1 = \frac{1}{3} \cdot 10^{-4}\ C}$$

$$Q'_2 = C_2 \cdot U \Rightarrow Q'_2 = 4 \cdot \frac{100}{6} \Rightarrow Q'_2 = \frac{200}{3}\ \mu C \Rightarrow \boxed{Q'_2 = \frac{2}{3} \cdot 10^{-4}\ C}$$

T.269 Resposta: e



$Q_1 = C_1 \cdot U_1 \Rightarrow Q_1 = 1{,}0\ \mu F \cdot 50\ V \Rightarrow Q_1 = 50\ \mu C$

$Q_2 = C_2 \cdot U_2 \Rightarrow Q_2 = 2{,}0\ \mu F \cdot 50\ V \Rightarrow Q_2 = 100\ \mu C$

Pelo princípio da conservação das cargas elétricas:

$-Q_1 + Q_2 = Q'_1 + Q'_2 \Rightarrow -Q_1 + Q_2 = C_1 \cdot \Delta V + C_2 \cdot \Delta V \Rightarrow$

$\Rightarrow -Q_1 + Q_2 = (C_1 + C_2) \cdot \Delta V \Rightarrow -50 + 100 = (1{,}0 + 2{,}0) \cdot \Delta V \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{\Delta V = \frac{50}{3}\ V}$

$Q'_1 = C_1 \cdot \Delta V \Rightarrow Q'_1 = 1{,}0\ \mu F \cdot \frac{50}{3}\ V \Rightarrow \boxed{Q'_1 = \frac{50}{3}\ \mu C}$

$Q'_2 = C_2 \cdot \Delta V \Rightarrow Q'_2 = 2{,}0\ \mu F \cdot \frac{50}{3}\ V \Rightarrow \boxed{Q'_2 = \frac{100}{3}\ \mu C}$

T.270 Resposta: e

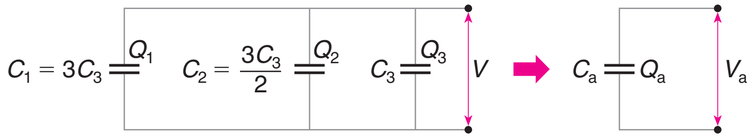
$Q = C_p \cdot U \Rightarrow Q = 3 \cdot C \cdot U$ ①

$Q = C_s \cdot U' \Rightarrow Q = \frac{C}{3} \cdot U'$ ②

Igualando ① e ②, temos:

$\frac{C}{3} \cdot U' = 3 \cdot C \cdot U \Rightarrow \boxed{U' = 9 \cdot U}$

T.271 Resposta: c



$C_a = C_1 + C_2 + C_3$

$C_a = 3C_3 + \frac{3C_3}{2} + C_3$

$\boxed{C_a = 5{,}5C_3}$

A diferença de potencial V_a da associação é igual à diferença de potencial V:

$$\boxed{V_a = V}$$

Temos:

$Q_a = C_a \cdot V \Rightarrow Q_a = 5{,}5 \cdot C_3 \cdot V$

Mas $C_3 = \dfrac{C_1}{3}$. Logo: $Q_a = \dfrac{5{,}5 \cdot C_1 \cdot V}{3}$

Sendo $C_1 \cdot V = Q_1$, resulta:

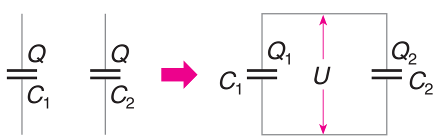
$$Q_a = \frac{5{,}5Q_1}{3} \Rightarrow \boxed{Q_a = \frac{11Q_1}{6}}$$

T.272 **Resposta:** d

De $W = \dfrac{C \cdot U^2}{2}$, sendo U constante, concluímos que armazena maior energia potencial eletrostática a ligação que tiver maior capacitância C. Isso ocorre na ligação em paralelo em que $C = C_1 + C_2$.

T.273 **Resposta:** d

Como $C_1 = \varepsilon_0 \cdot \dfrac{A_1}{d}$ e $C_2 = \varepsilon_0 \cdot \dfrac{A_2}{d}$, sendo $A_1 = 2A_2$, vem: $C_1 = 2C_2$



Pelo princípio da conservação das cargas elétricas, temos:

$Q + Q = Q_1 + Q_2$

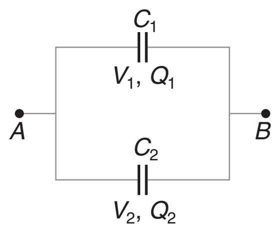
Como $Q_1 = C_1 \cdot U$ e $Q_2 = C_2 \cdot U$, vem:

$$2Q = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U \Rightarrow U = \frac{2Q}{C_1 + C_2} \Rightarrow U = \frac{2Q}{2C_2 + C_2} \Rightarrow U = \frac{2Q}{3C_2}$$

$$Q_2 = C_2 \cdot U \Rightarrow Q_2 = C_2 \cdot \frac{2Q}{3C_2} \Rightarrow \boxed{Q_2 = \frac{2Q}{3}}$$

T.274 **Resposta:** d

De $C_1 = \varepsilon_0 \cdot \dfrac{A}{d}$ e $C_2 = \varepsilon_0 \cdot \dfrac{A}{2d}$, vem: $C_1 = 2C_2$



Estando os capacitores em paralelo, resulta: $\boxed{V_1 = V_2}$

Como $Q_1 = C_1 \cdot V_1$ e $C_1 = 2C_2$, então:

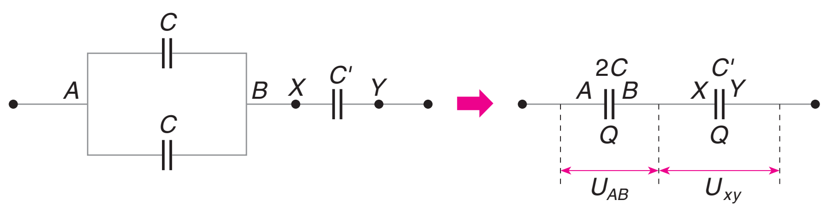
$Q_1 = 2 \cdot C_2 \cdot V_1$ ①

Da mesma forma: $Q_2 = C_2 \cdot V_2$ ②

Comparando ① e ② e lembrando que $V_1 = V_2$, temos:

$\boxed{Q_1 = 2Q_2}$

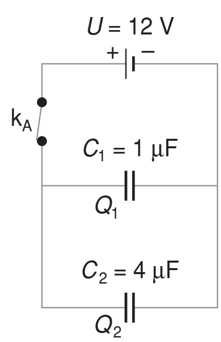
T.275 **Resposta:** c



$U_{XY} = 2 \cdot U_{AB} \Rightarrow \dfrac{Q}{C'} = 2 \cdot \dfrac{Q}{2C} \Rightarrow \boxed{C' = C}$

T.276 **Resposta:** d

Associação em paralelo



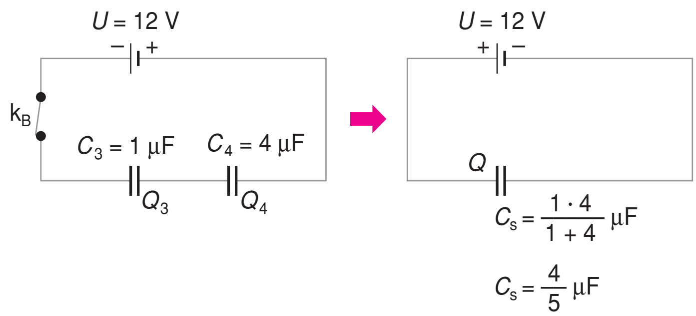
Os capacitores estão submetidos à mesma tensão $U = 12$ V.

Suas cargas elétricas são:

$Q_1 = C_1 \cdot U \Rightarrow Q_1 = 1\,\mu F \cdot 12\,V \Rightarrow Q_1 = 12\,\mu C$

$Q_2 = C_2 \cdot U \Rightarrow Q_2 = 4\,\mu F \cdot 12\,V \Rightarrow Q_2 = 48\,\mu C$

Associação em série



Os capacitores armazenam a mesma carga elétrica, isto é, $Q_3 = Q_4$, igual à carga elétrica Q do equivalente:

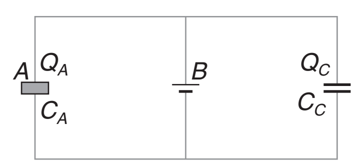
$$Q = C_s \cdot U \Rightarrow Q = \frac{4}{5}\ \mu\text{F} \cdot 12\ \text{V} \Rightarrow Q = \frac{48}{5}\ \mu\text{C}$$

Portanto: $Q_3 = Q_4 = \dfrac{48}{5}\ \mu\text{C}$

Comparando os valores de Q_1, Q_2, Q_3 e Q_4, concluímos que:

$$\boxed{Q_1 = \frac{5}{4} \cdot Q_3 \text{ e } Q_2 = 5 \cdot Q_4}$$

T.277 **Resposta:** b



$$C_A = K \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \text{ e } C_C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

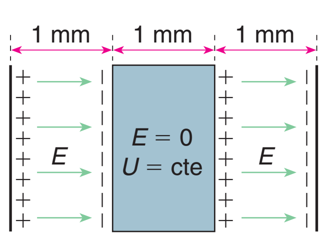
Sendo $K > 1$, vem $C_A > C_C$. Estando sob mesma tensão U, resulta:

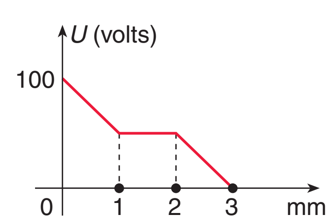
$Q_A = C_A \cdot U$ e $Q_C = C_C \cdot U$

Como $C_A > C_C$, vem: $\boxed{Q_A > Q_C}$

T.278 **Resposta:** e

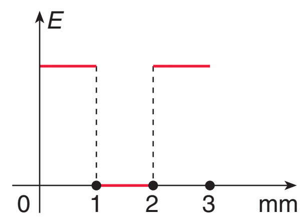
A lâmina sofre o fenômeno da indução eletrostática. Atingido o equilíbrio eletrostático, o campo elétrico no interior da lâmina é nulo e o potencial é constante. Entre as placas e a lâmina o campo elétrico é uniforme e o potencial varia linearmente com a distância.





T.279 **Resposta:** b

De acordo com as considerações do teste **T.278**, o gráfico correto é:



T.280 **Resposta:** d

Sabemos que no ramo do circuito onde está o capacitor plenamente carregado não passa corrente contínua. Assim, nos circuitos esquematizados, temos:

Circuito I: nenhuma lâmpada se acende.

Circuito II: somente uma lâmpada se acende.

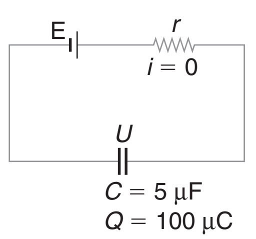
Circuito III: as duas lâmpadas se acendem.

Circuito IV: as duas lâmpadas se acendem.

Circuito V: nenhuma lâmpada se acende.

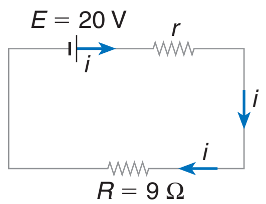
Circuito VI: as duas lâmpadas se acendem.

T.281 **Resposta:** e



O circuito não é percorrido por corrente. Logo, a tensão no gerador é a fem E. Mas essa tensão é igual à tensão no capacitor:

$$E = U \Rightarrow E = \frac{Q}{C} \Rightarrow E = \frac{100\ \mu\text{C}}{5\ \mu\text{F}} \Rightarrow E = 20\ \text{V}$$



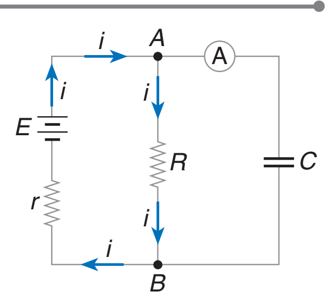
Aplicando a lei de Pouillet ao novo circuito, temos:

$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow 2 = \frac{20}{9 + r} \Rightarrow \boxed{r = 1\ \Omega}$$

T.282 **Resposta:** b

I. Correta.

Estando o capacitor totalmente carregado, a indicação do amperímetro é nula.



II. Correta.

Pela lei de Pouillet, temos:

$$i = \frac{E}{R + r} \Rightarrow i = \frac{10}{4{,}0 + 1{,}0} \Rightarrow i = 2{,}0 \text{ A}$$

A tensão U no capacitor é a mesma que no resistor R entre A e B:

De $U = R \cdot i$, vem: $U = 4{,}0 \cdot 2{,}0 \Rightarrow U = 8{,}0$ V

Como $Q = C \cdot U$, então: $Q = 2{,}0\ \mu\text{F} \cdot 8{,}0\ \text{V} \Rightarrow \boxed{Q = 16\ \mu\text{C}}$

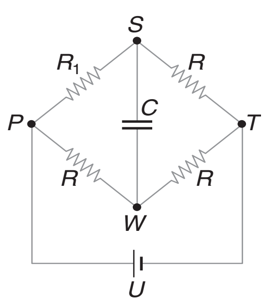
III. Incorreta.

Conforme calculado no item II, temos: $\boxed{U = 8{,}0 \text{ V}}$

IV. Incorreta.

Conforme calculado no item II: $\boxed{i = 2{,}0 \text{ A}}$

T.283 **Resposta:** b



A figura representa o circuito redesenhado.

Se $R_1 = R$, temos uma ponte de Wheatstone em equilíbrio, a tensão nos terminais do capacitor é nula e sua carga elétrica também é **nula**.

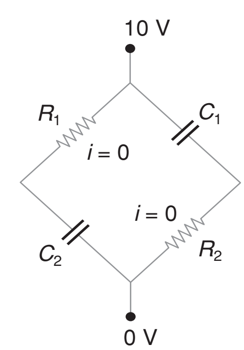
T.284 **Resposta:** b

Chave S aberta

A ddp em cada capacitor é de 10 V. Observe que os resistores não são percorridos por corrente.

Carga elétrica inicial de C_1:

$Q_i = C_1 \cdot U \Rightarrow Q_i = 1{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot 10 \Rightarrow Q_i = 10 \cdot 10^{-9}$ C



Chave S fechada

$U = (R_1 + R_2) \cdot i$

$10 = (1{,}0 \cdot 10^3 + 1{,}5 \cdot 10^3) \cdot i$

$i = 4{,}0 \cdot 10^{-3}$ A

A ddp em C_1 é a mesma em R_1:

$U_1 = R_1 \cdot i \Rightarrow U_1 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow U_1 = 4{,}0$ V

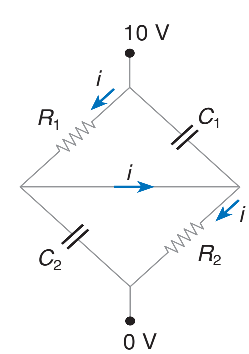
Carga elétrica final de C_1:

$Q_f = C_1 \cdot U_1 \Rightarrow Q_f = 1{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot 4{,}0 \Rightarrow Q_f = 4{,}0 \cdot 10^{-9}$ C

A variação ΔQ de carga no capacitor C_1 é igual a:

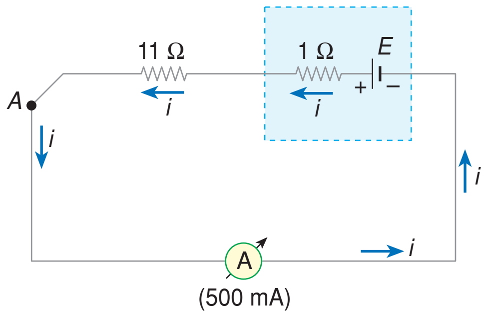
$\Delta Q = Q_f - Q_i = 4{,}0 \cdot 10^{-9} - 10 \cdot 10^{-9}$

$\boxed{\Delta Q = -6{,}0 \cdot 10^{-9} \text{ C}}$



T.285 **Resposta:** a

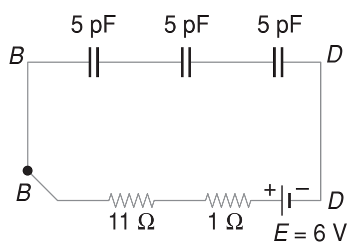
Chave ligada ao ponto ***A***



Pela lei de Pouillet podemos determinar a fem E do gerador:

$$i = \frac{E}{r + R} \Rightarrow 500 \cdot 10^{-3} = \frac{E}{1 + 11} \Rightarrow E = 6\ \text{V}$$

Chave ligada em ***B***



Com a chave na posição B não haverá passagem de corrente contínua no circuito. Desse modo, a tensão entre B e D é a própria fem E:

$U_{BD} = E = 6\ \text{V}$

Como os capacitores são idênticos, concluímos que cada um fica submetido à tensão:

$$U = \frac{U_{BD}}{3} = 2\ \text{V}$$

Logo: $Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 5\ \text{pF} \cdot 2\ \text{V} \Rightarrow \boxed{Q = 10\ \text{pC}}$

T.286 **Resposta:** c

O condensador de 10 μF e sob tensão de 6,0 V armazena a energia:

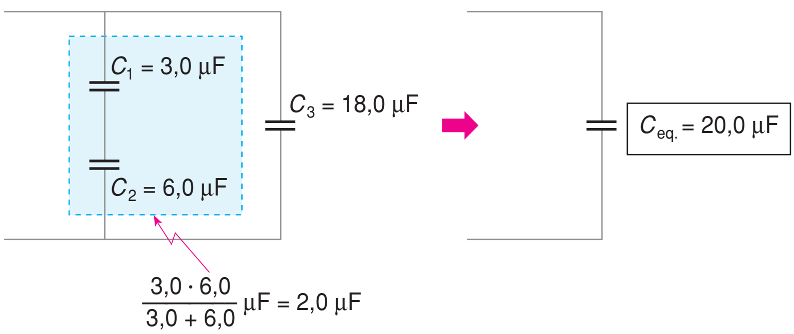
$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} \Rightarrow W = \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot (6{,}0)^2}{2} \Rightarrow W = 1{,}8 \cdot 10^{-4}\ \text{J}$$

Extraindo da bateria a energia $W_{total} = 1{,}8 \cdot 10^4$ J, podemos carregar o condensador um número n de vezes, dado por:

$$n = \frac{W_{total}}{W} \Rightarrow n = \frac{1{,}8 \cdot 10^4}{1{,}8 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \boxed{n = 1{,}0 \cdot 10^8 \text{ vezes}}$$

T.287 **Resposta:** soma = 28 (04 + 08 + 16)

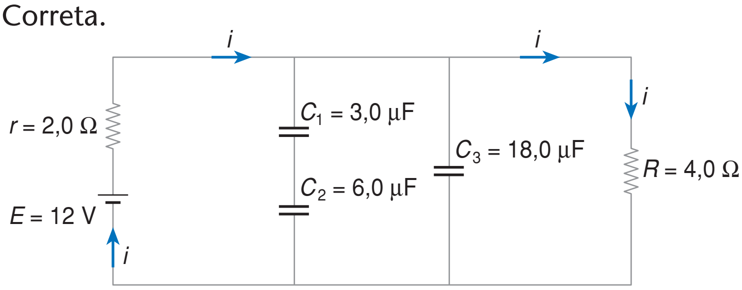
(01) Incorreta.



(02) Incorreta.

C_1 e C_2 estão associados em série e, portanto, armazenam mesma carga elétrica.

(04) Correta.



Lei de Pouillet:

$$i = \frac{E}{r + R}$$

$$i = \frac{12}{2{,}0 + 4{,}0}$$

$i = 2{,}0$ A

A ddp em C_3 é a mesma no resistor de resistência R:

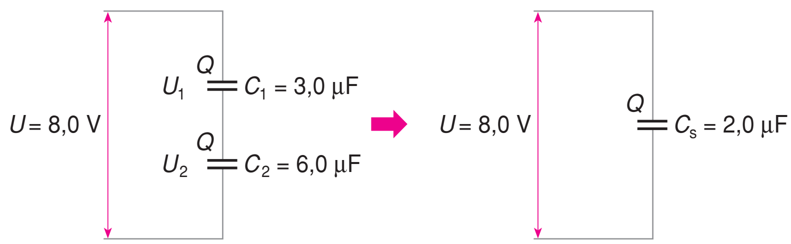
$U = R \cdot i \Rightarrow U = 4{,}0 \cdot 2{,}0 \Rightarrow U = 8{,}0$ V

A energia potencial elétrica armazenada em C_3 será:

$$W = \frac{C_3 \cdot U^2}{2} \Rightarrow W = \frac{18{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot (8{,}0)^2}{2} \Rightarrow \boxed{W = 5{,}76 \cdot 10^{-4}\ \text{J}}$$

(08) Correta.

A ddp em R é a mesma na associação entre C_1 e C_2:



$Q = C_s \cdot U \Rightarrow Q = 2{,}0\ \mu F \cdot 8{,}0\ V \Rightarrow Q = 16\ \mu C$

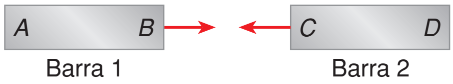
$Q = C_1 \cdot U_1 \Rightarrow 16\ \mu C = 3{,}0\ \mu F \cdot U_1 \Rightarrow \boxed{U_1 = \dfrac{16}{3{,}0}\ V}$

(16) Correta.

$Pot = R_{total} \cdot i^2 \Rightarrow Pot = (4{,}0 + 2{,}0) \cdot (2{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 24\ W}$

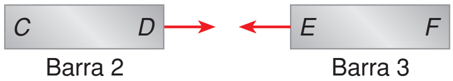
T.288 **Resposta:** b

I. O extremo *B* da barra 1 e o extremo *C* da barra 2 se atraem. Temos duas possibilidades: as barras 1 e 2 estão magnetizadas ou uma está magnetizada (ímã) e a outra não (pedaço de ferro não magnetizado).



II. O extremo *B* da barra 1 e o extremo *E* da barra 3 se repelem. Com essa situação, concluímos que as barras 1 e 3 estão magnetizadas. Os polos *B* e *E* têm mesmo nome: dois polos norte ou dois polos sul.

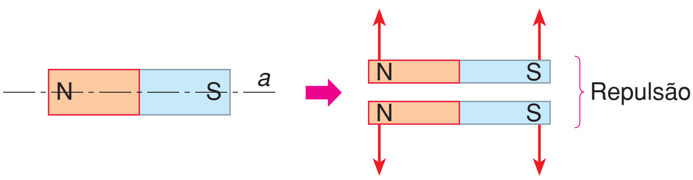
III. O extremo *D* da barra 2 e o extremo *E* da barra 3 se atraem:



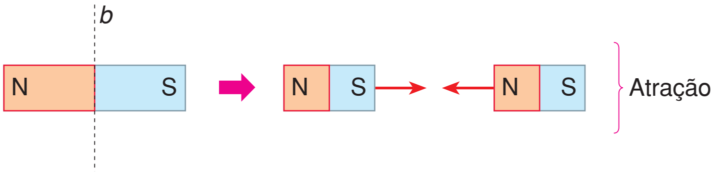
Pelos testes I e III, observamos que os extremos *C* e *D* da barra 2 foram atraídos por *B* e *E*, isto é, *C* e *D* são atraídos por polos de mesmo nome. Isso só é possível se a barra 2 estiver desmagnetizada.

T.289 **Resposta:** c

Se o corte for na linha *a*, teremos:

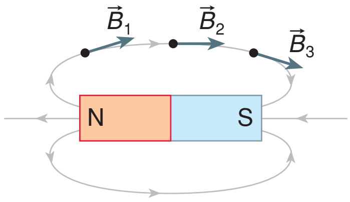


Se o corte for na linha *b*, teremos:



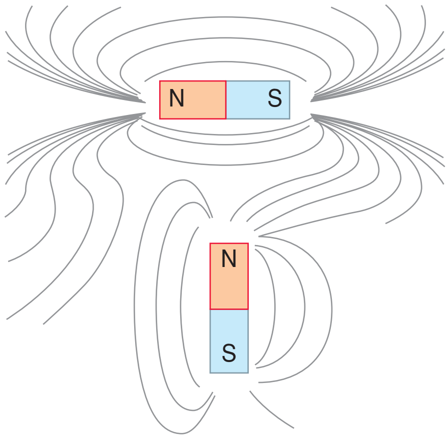
T.290 **Resposta:** c

As linhas de indução de um campo magnético são aquelas que em cada ponto tangenciam o vetor indução magnética. As linhas são orientadas no sentido dos vetores indução.



T.291 **Resposta:** a

Lembrando que as linhas de indução saem do polo norte e chegam ao polo sul, externamente ao ímã, concluímos que, para o esquema dado, os ímãs podem estar dispostos conforme indica a alternativa **a**:



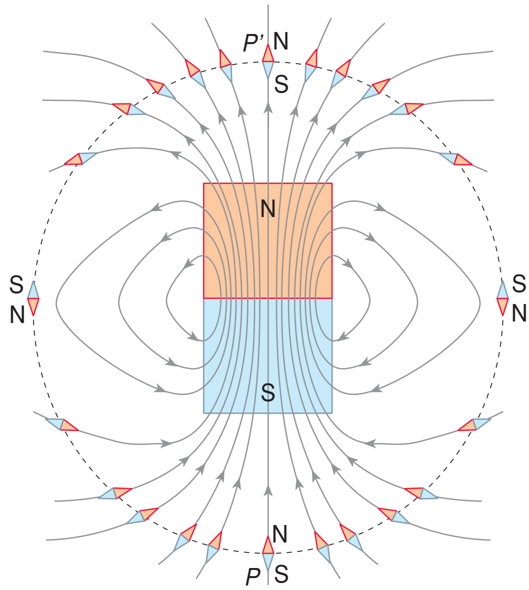
T.292 **Resposta:** d

Na figura I, as linhas de indução saem de um polo e chegam ao outro. Logo, são polos de nomes contrários: um é norte e o outro é sul.

Na figura II, as linhas de indução ou saem ou chegam aos polos. Logo, são polos de mesmo nome: dois polos sul ou dois polos norte.

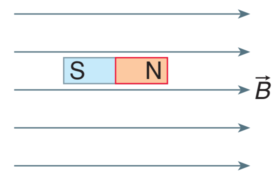
T.293 **Resposta:** d

A agulha se orienta na direção da tangente à linha de indução e com seu polo norte no sentido da linha. Ao ser deslocada de *P* até *P'*, a agulha completa uma volta em torno de seu eixo, pois em *P'* retorna à posição inicial. Assim, em meia volta em torno do ímã, a agulha descreve uma volta completa. Logo, em uma volta em torno do ímã, a agulha descreverá duas voltas em torno de seu eixo.



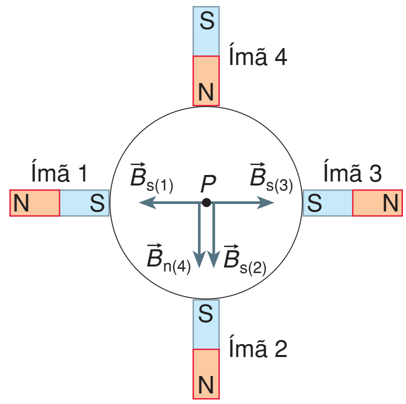
T.294 **Resposta:** a

Ao ser colocado num campo magnético uniforme de indução $\vec{B}$, um imã se orienta na direção do campo, com o polo norte no sentido de $\vec{B}$. Essa posição é de equilíbrio estável.

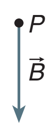


T.295 **Resposta:** a

Vamos determinar o sentido do vetor indução magnética resultante em P, lembrando que sai do polo norte e chega ao polo sul:



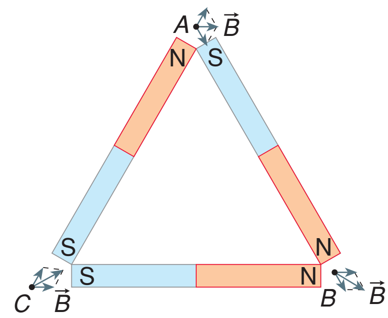
O vetor $\vec{B}$ resultante em P tem o sentido:



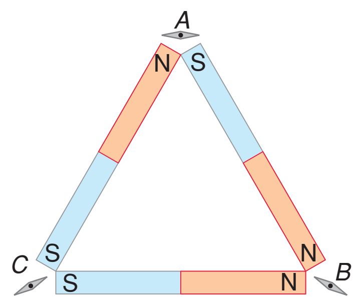
A agulha magnética colocada em P se orienta na direção de $\vec{B}$ e com o polo norte no sentido de $\vec{B}$:

T.296 **Resposta:** a

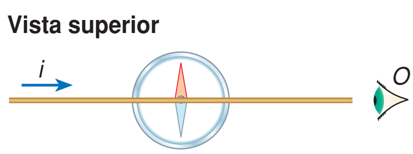
Vamos, inicialmente, representar os vetores campo de indução magnética resultante nos pontos *A*, *B* e *C*, lembrando que polo norte origina campo de afastamento e polo sul, de aproximação. Em cada ponto vamos levar em conta os dois polos mais próximos e desprezar as ações dos demais.



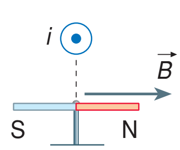
Ao colocarmos as agulhas magnéticas nos pontos *A, B* e *C*, elas se orientam segundo o vetor campo $\vec{B}$ resultante. Assim, temos:



T.297 **Resposta:** d



Em relação ao observador *O*, temos a situação mostrada na figura:



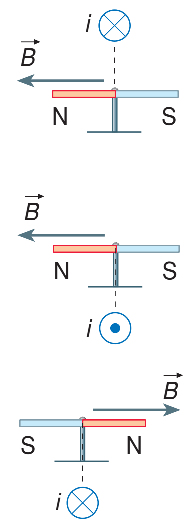
A agulha da bússola se orienta na direção de $\vec{B}$ e com o polo norte no sentido de $\vec{B}$, que foi determinado pela regra da mão direita nº 1.

Vamos analisar cada procedimento visando inverter a orientação da agulha da bússola.

I. Correta.
Invertendo-se o sentido da corrente, inverte-se o sentido de $\vec{B}$, de acordo com a regra da mão direita nº 1. Consequentemente, inverte-se a orientação da agulha da bússola.

II. Correta.
Ao transladarmos o fio para uma posição abaixo da bússola, mantendo-se o sentido inicial de i, inverte-se o sentido de $\vec{B}$ e a orientação da agulha da bússola também se inverte.

III. Incorreta.
Nesse caso, o sentido de $\vec{B}$ não se inverte e a agulha da bússola mantém a orientação inicial.

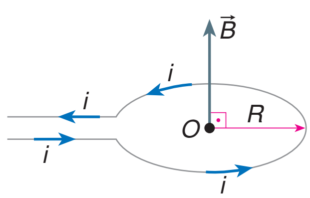


T.298 **Resposta:** b

I. Incorreta.

O vetor indução magnética B depende do meio: $B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R}$

II. Correta.
Pela regra da mão direita nº 1, sabemos que $\vec{B}$ é perpendicular ao plano da espira.



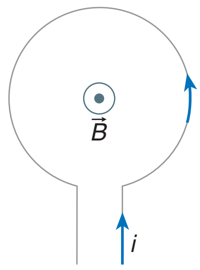
III. Correta.

De $B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R}$, concluímos que B é proporcional a $\frac{i}{R}$.

T.299 **Resposta:** b

Pela regra da mão direita nº 1, concluímos que o vetor indução $\vec{B}$, no centro da espira, está "saindo" do plano da espira.

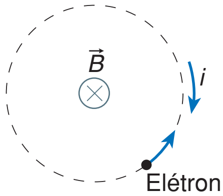
$$B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot \frac{6}{0{,}10} \Rightarrow \boxed{B = 1{,}2\pi \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$$



T.300 **Resposta:** a

Na aplicação da regra da mão direita nº 1, o sentido de i é o da corrente convencional.

Assim, se o elétron gira no sentido anti-horário, o sentido da corrente convencional é horário.



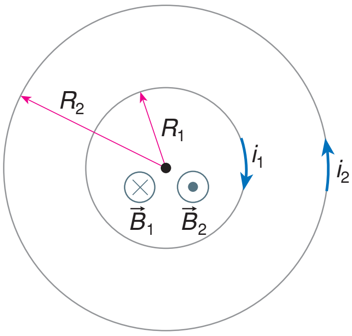
Pela regra da mão direita nº 1, o vetor $\vec{B}$ está "entrando" no plano da órbita do elétron.

T.301 **Resposta:** a

$B_R = 0 \Rightarrow B_1 = B_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_1}{R_1} = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_2}{R_2} \Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{\frac{2R_2}{5}}{R_2} \Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{2}{5} \Rightarrow \boxed{\frac{i_1}{i_2} = 0{,}4}$$



T.302 **Resposta:** a

Na figura a, representamos os vetores campo de indução magnética que a corrente elétrica i gera nos pontos A, B, C e D. Na figura b, mostramos como as agulhas magnéticas se dispõem.

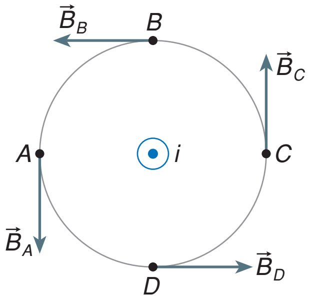


Figura a

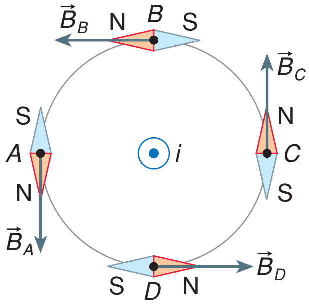
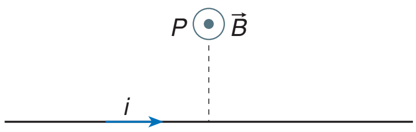


Figura b

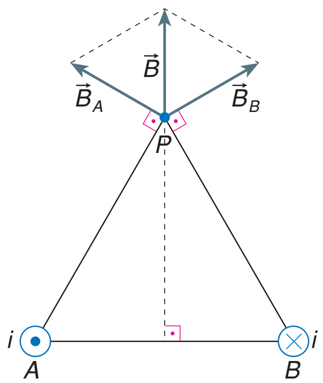
Portanto, a bússola C permanece praticamente inalterada, em equilíbrio estável, quando passa corrente elétrica pelo condutor.

T.303 **Resposta:** e

Pela regra da mão direita nº 1, concluímos que o vetor campo de indução magnética $\vec{B}$, no ponto P, é perpendicular ao plano da figura e orientado para fora.

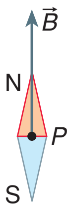


T.304 **Resposta:** a



Pela regra da mão direita nº 1, representamos, em P, os vetores campo de indução magnética gerados pelas correntes elétricas que percorrem os condutores A e B. Pela regra do paralelogramo, obtemos o vetor campo $\vec{B}$ resultante.

A agulha se orienta na direção de $\vec{B}$ e com o polo norte no sentido de $\vec{B}$:



T.305 **Resposta:** c

a) Incorreta.

$$B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot \frac{4,0}{2,5\pi \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B = 3,2 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$$

b) Incorreta.

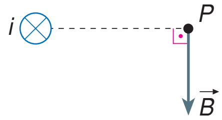
$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{3,0}{0,25} \Rightarrow B = 2,4 \cdot 10^{-6}\ \text{T}$$

c) Correta.

A direção de $\vec{B}$, no centro da espira, é perpendicular ao plano da espira.

d) Incorreta.

Pela regra da mão direita nº 1, temos:



e) Incorreta.

A intensidade de $\vec{B}$ diminui com o aumento da distância do ponto P ao fio.

T.306 **Resposta:** d

Pela regra da mão direita nº 1, concluímos que, no ponto L, os vetores campo magnético parciais entram no plano do papel. Logo, em L o vetor campo magnético resultante entra no papel.

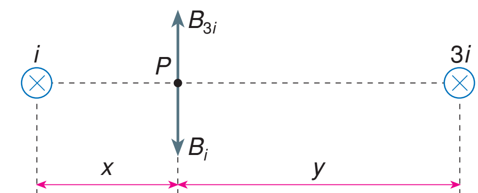
Em K, devido ao fio da esquerda, o vetor campo magnético sai do papel e, devido ao fio da direita, o vetor campo magnético entra no papel.

Entretanto, o primeiro é mais intenso. Logo, em K o vetor campo magnético resultante sai do papel.

T.307 **Resposta:** a

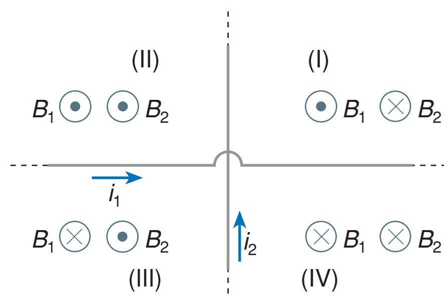
$B_R = 0 \Rightarrow B_i = B_{3i} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{x} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{3i}{y} \Rightarrow \boxed{\frac{y}{x} = 3}$$



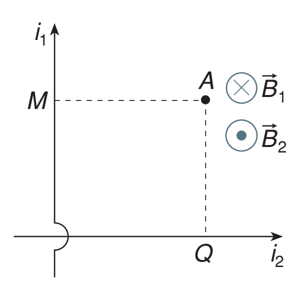
T.308 **Resposta:** b

A corrente elétrica i_1 gera, acima do fio, vetores campo magnético (B_1) "saindo" do plano dos fios e, abaixo, vetores "entrando". A corrente elétrica i_2 gera, à direita do fio, vetores campo magnético (B_2) "entrando" e, à esquerda, "saindo". Da figura, observamos que o vetor campo magnético resultante pode ser nulo nas regiões I e III.



T.309 **Resposta:** b

Representamos, aplicando a regra da mão direita nº 1, os vetores indução magnética $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$ que i_1 e i_2 geram em A.



$$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1}{d_{AM}} \Rightarrow B_1 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{8}{4{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_1 = 4{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$$

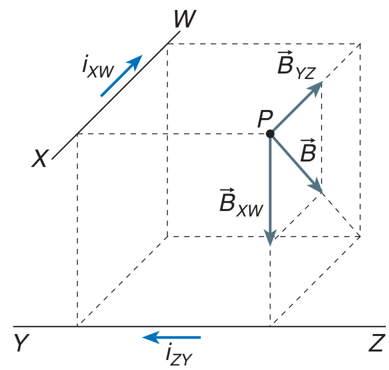
$$B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_2}{d_{AQ}} \Rightarrow B_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{7}{2{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_2 = 7{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$$

$$B_R = B_2 - B_1 \Rightarrow \boxed{B_R = 3{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$$

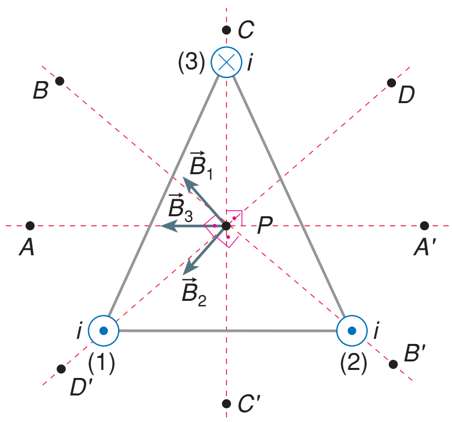
T.310 **Resposta:** b

Para que o vetor indução magnética $(\vec{B})$ resultante em *P* tenha o sentido dado, concluímos que os vetores campo magnético parciais $\vec{B}_{XW}$ e $\vec{B}_{YZ}$, criados pelas correntes elétricas que passam pelos condutores *XW* e *YZ*, devem ter os sentidos indicados. De acordo com a aplicação da regra da mão direita nº 1, concluímos que a corrente elétrica no condutor *XW* deve ter o sentido de *X* para *W* e, no condutor *YZ*, de *Z* para *Y*.



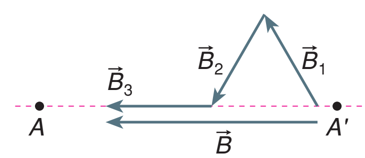
T.311 **Resposta:** a

Pela regra da mão direita nº 1, representamos os vetores campo magnético parciais que as correntes elétricas originam no ponto *P*, equidistante dos fios:

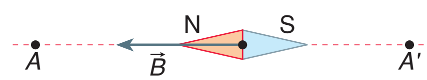


$|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2| = |\vec{B}_3|$

O vetor campo $\vec{B}$ resultante tem a direção da reta e $\overleftrightarrow{AA'}$ o sentido de *A'* para *A*.

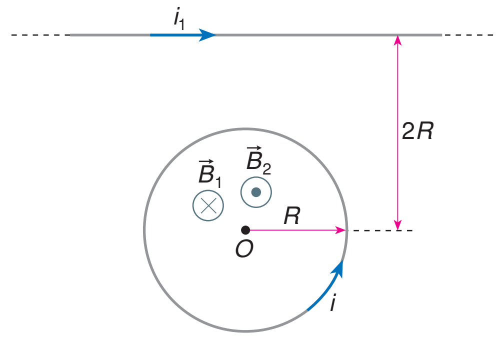


A agulha da bússola se orienta na direção de $\vec{B}$, isto é, na direção da reta $\overleftrightarrow{AA'}$ e com o norte no sentido de $\vec{B}$.



T.312 **Resposta:** b

A corrente elétrica i_1 gera, no ponto O, um campo magnético $\vec{B}_1$, "entrando" no plano definido pelo condutor e pela espira. Para que o campo magnético resultante em O seja nulo, a corrente i deve gerar em O um campo magnético $\vec{B}_2$ "saindo". Pela regra da mão direita nº 1, concluímos que o sentido de i é anti-horário. Devemos, ainda, impor a igualdade dos módulos de $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$:



$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1}{2R} = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R} \Rightarrow \boxed{\frac{i_1}{i} = 2\pi}$$

T.313 **Resposta:** d

De $B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot i$, observamos que a intensidade do campo magnético $\vec{B}$, no interior do solenoide, depende do número de espiras por unidade de comprimento $\left(\frac{N}{L}\right)$ e da intensidade da corrente elétrica (i).

T.314 **Resposta:** a

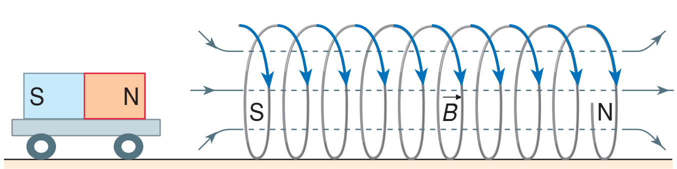
$$B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot i \Rightarrow B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20.000 \cdot 0,5 \Rightarrow \boxed{B = 4\pi \cdot 10^{-3}\ \text{T}}$$

T.315 **Resposta:** a

Pela regra da mão direita nº 1, determinamos o sentido do campo magnético $\vec{B}$ no interior do solenoide e, consequentemente, o sentido das linhas de indução. Do lado esquerdo, as linhas de indução entram no solenoide, tratando-se de um polo sul.

Do lado direito, as linhas de indução saem do solenoide, sendo um polo norte.

O polo norte do ímã é atraído pelo polo sul do solenoide. Assim, o carrinho aproxima-se do solenoide.



T.316 **Resposta:** b

Cargas elétricas em movimento no núcleo da Terra criam o campo magnético terrestre, fazendo com que a Terra se comporte como um enorme ímã.

T.317 **Resposta:** e

O ímã Terra tem o polo sul magnético próximo ao norte geográfico e o polo norte magnético próximo ao sul geográfico. Por isso, o polo sul do ponteiro da bússola aponta para o sul geográfico, isto é, para o polo norte magnético. O norte geográfico corresponde ao sul magnético.

T.318 **Resposta:** a

A agulha se orienta no sentido do campo magnético resultante $\vec{B}_R$ (figura a). O campo magnético terrestre $\vec{B}_t$ tem a direção do eixo NS e o sentido de S para N. Uma das orientações possíveis do campo magnético $\vec{B}$, tal que $\vec{B}_R = \vec{B}_t + \vec{B}$, está representada na figura b.

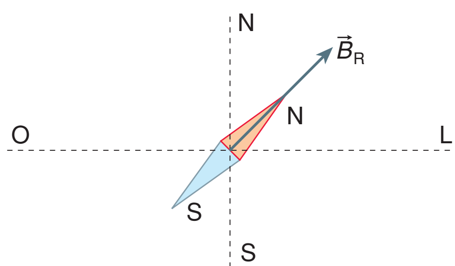


Figura a

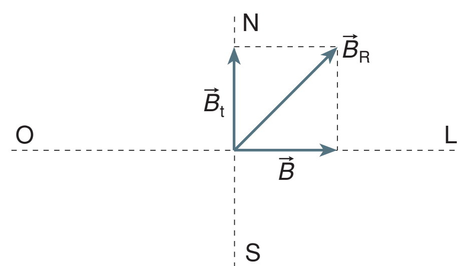
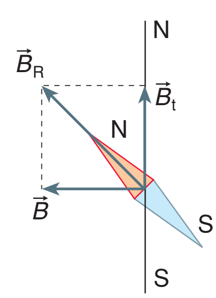


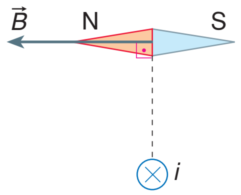
Figura b

T.319 **Resposta:** a

O campo magnético criado pela corrente elétrica que passa pela linha de alta tensão tem intensidade $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$. Quanto menor a distância r da linha à bússola e maior a intensidade da corrente elétrica, mais intenso é o campo magnético $\vec{B}$. A agulha da bússola fica sob ação de $\vec{B}$ e do campo magnético terrestre $\vec{B}_t$. Para que ocorra maior erro na direção fornecida pela agulha, além de $\vec{B}$ ter a maior intensidade possível, a linha de alta tensão deve estar orientada na direção norte-sul. Como, $\vec{B}$ é perpendicular a $\vec{B}_t$, se a linha de alta tensão estivesse orientada na direção leste-oeste, a direção de $\vec{B}$ seria a mesma de $\vec{B}_t$ e não haveria erro.



T.320 **Resposta:** b

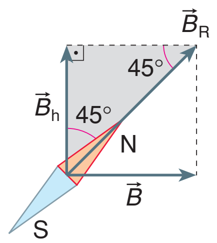


Cada pequena bússola se orienta na direção do campo $\vec{B}$ gerado pela corrente *i*. A direção de $\vec{B}$ é a da reta perpendicular à linha que liga o ponto onde está a bússola ao ponto de incidência da descarga elétrica (*i*).

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{10.000}{1} \Rightarrow B = 2 \cdot 10^{-3}\ \text{T}$$

Sendo $B_t = 0{,}5 \cdot 10^{-4}\ \text{T} = 5 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$, concluímos que B é bem mais intenso do que B_t.

T.321 **Resposta:** c



O triângulo destacado é retângulo e isósceles. Logo:

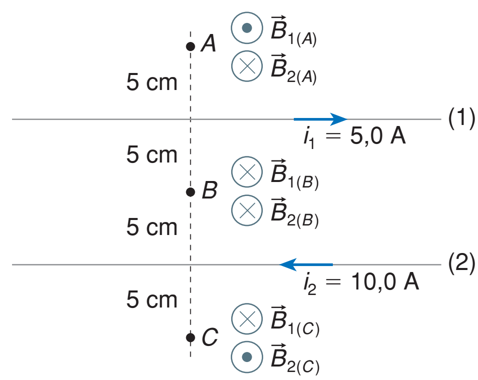
$$\boxed{B = B_h}$$

T.322 **Resposta:** d

Num ponto próximo do polo Norte da Terra, o campo magnético terrestre $\vec{B}_t$ tem, praticamente, a direção da vertical do lugar. Logo, a agulha que gira livremente em torno de um eixo horizontal se dispõe verticalmente, isto é, forma com a horizontal um ângulo de $\frac{\pi}{2}$ radianos.

T.323 **Resposta:** b

Para cada ponto, vamos representar os vetores campo de indução magnética gerados pelas correntes elétricas i_1 e i_2, que passam pelos condutores (1) e (2).



Ponto *A*:

$$B_{1(A)} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1}{r} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_{1(A)} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{5{,}0}{5{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_{1(A)} = 2{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$$

$$B_{2(A)} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_2}{r} \Rightarrow B_{2(A)} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{10{,}0}{15 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B_{2(A)} \simeq 1{,}33 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$$

Sendo $B_{1(A)} > B_{2(A)}$, concluímos que o vetor campo de indução magnética resultante está "saindo" do ponto A: $\odot$ $\vec{B}_{R(A)}$

Ponto B:

Nesse ponto, os dois vetores campo de indução magnética parciais estão "entrando". Logo, o vetor campo de indução resultante também está "entrando": $\otimes$ $\vec{B}_{R(B)}$

Ponto C:

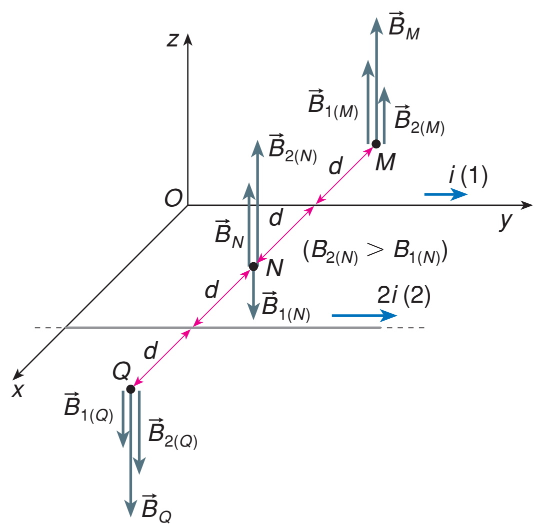
$$B_{1(C)} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1}{r} \Rightarrow B_{1(C)} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{5,0}{15 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B_{1(C)} \simeq 0,67 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$$

$$B_{2(C)} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_2}{r} \Rightarrow B_{2(C)} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{10,0}{5,0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B_{2(C)} = 4,0 \cdot 10^{-5}\ \text{T}$$

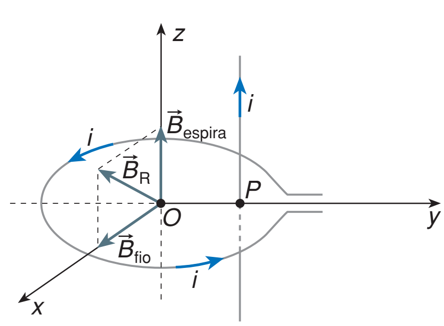
Sendo $B_{2(C)} > B_{1(C)}$, concluímos que o vetor campo de indução resultante está "saindo" do ponto C: $\odot$ $\vec{B}_{R(C)}$

T.324 **Resposta:** e

Basta aplicar para cada corrente a regra da mão direita nº 1, representando em cada ponto o vetor campo de indução magnética parcial. Em seguida, determinamos o sentido do vetor campo resultante.



T.325 **Resposta:** b



Representamos os vetores indução magnética criados em O pelas correntes elétricas que passam pela espira e pelo fio. Observe que $\vec{B}_{espira}$ tem a direção e o sentido do eixo Oz e $\vec{B}_{fio}$ tem a direção e o sentido do eixo Ox. $\vec{B}_R$ está no plano xOz.

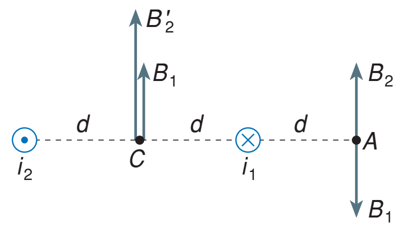
T.326 **Resposta:** d

Ponto A:

A corrente elétrica i_1 origina em A o campo magnético de intensidade B_1.

A corrente elétrica i_2 origina em A o campo magnético de intensidade B_2.

Sendo nulo o campo magnético resultante em A, vem: $B_2 = B_1$



Ponto C:

A corrente elétrica i_1 origina em C um campo magnético de intensidade também igual a B_1.

A corrente elétrica i_2 origina em C um campo magnético de intensidade B'_2 três vezes mais intenso do que B_2: $B'_2 = 3B_2$

Sendo $B_2 = B_1$, vem: $B'_2 = 3B_1$

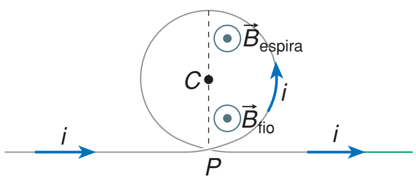
O vetor campo magnético resultante em C tem intensidade:

$$B_C = B_1 + B'_2 \Rightarrow B_C = B_1 + 3B_1 \Rightarrow \boxed{B_C = 4B_1}$$

T.327 **Resposta:** e

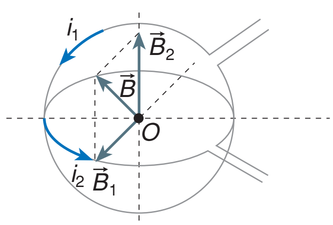
Pela regra da mão direita nº 1, concluímos que $\vec{B}_{espira}$ e $\vec{B}_{fio}$ estão "saindo" do plano da espira.

A intensidade do campo magnético resultante é dada por:



$$B = B_{espira} + B_{fio} \Rightarrow B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R} + \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{R} \Rightarrow \boxed{B = \frac{\mu_0 i}{2R} \cdot \left(\frac{1}{\pi} + 1\right)}$$

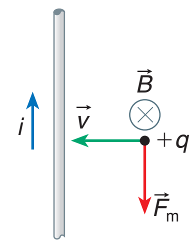
T.328 **Resposta:** a



Sendo $i_1 = i_2$, concluímos que $B_1 = B_2$. Logo, o vetor campo magnético resultante $\vec{B}$ **forma com os planos das espiras um ângulo de 45°**.

T.329 **Resposta:** c

Pela regra da mão direita nº 1, determinamos o sentido do vetor indução magnética $\vec{B}$ no ponto de onde a partícula é lançada. Conhecidos os sentidos de $\vec{v}$ e $\vec{B}$, determinamos, pela regra da mão direita nº 2, o sentido da força magnética $\vec{F}_m$ que age em $+q$. Note que $\vec{F}_m$ e i têm direções paralelas e sentidos contrários.



T.330 **Resposta:** c

$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1}{r} \Rightarrow B_1 = B_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{10}{10^{-2}} \Rightarrow$$

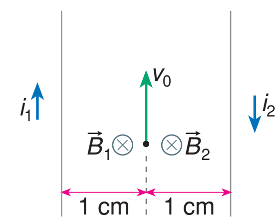
$$\Rightarrow B_1 = B_2 = 2{,}0 \cdot 10^{-4}\ \text{T}$$

O campo magnético resultante $\vec{B}$ tem intensidade:

$$B = B_1 + B_2 \Rightarrow B = 4{,}0 \cdot 10^{-4}\ \text{T}$$

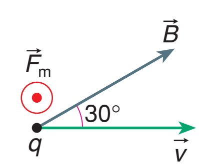
$$F_m = B \cdot |q| \cdot v \Rightarrow F_m = 4{,}0 \cdot 10^{-4} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{F_m = 6{,}4 \cdot 10^{-17}\ \text{N}}$$



T.331 **Resposta:** d

A força magnética $\vec{F}_m$ tem direção perpendicular ao plano definido por $\vec{v}$ e $\vec{B}$ e sentido para o leitor, isto é, para cima, de acordo com a regra da mão direita nº 2.



T.332 **Resposta:** c

De $F_m = B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen}\ \theta$, vem:

$$F_m = 10^2 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-14} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{5} \cdot \text{sen}\ 30° \Rightarrow \boxed{F_m = 2{,}0 \cdot 10^{-7}\ \text{N}}$$

T.333 **Resposta:** d

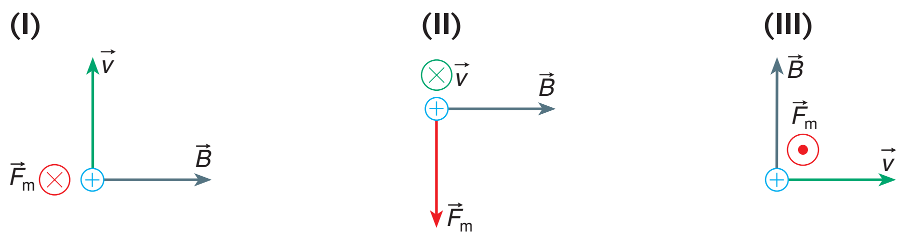
A força magnética F_m terá máxima intensidade quando sen $\theta = 1$, isto é: $\boxed{\theta = 90°}$

T.334 **Resposta:** b

Para não sentir a ação do campo, a velocidade $\vec{v}$ da abelhinha deve ser paralela ao vetor $\vec{B}$. Logo, o ângulo θ entre $\vec{v}$ e $\vec{B}$ deve ser 0° ou 180°.

T.335 **Resposta:** e

Aplicando a regra da mão direita nº 2, temos:



T.336 **Resposta:** e

Temos uma partícula negativa (elétron), uma partícula neutra (nêutron) e duas partículas positivas (próton e partícula α).

O nêutron não sofre ação do campo. Logo, sua trajetória é a II.

As partículas positivas desviam num certo sentido e as negativas em outro. Portanto, I é a trajetória do elétron.

As trajetórias III e IV são das partículas positivas. Para o próton, o raio de sua trajetória é dado por $R_p = \frac{mv}{B \cdot |q|}$. A partícula α (constituída de 2 prótons e 2 nêutrons) tem carga elétrica igual ao dobro da carga elétrica do próton ($2q$) e massa praticamente igual a quatro vezes à do próton ($4m$). O raio da trajetória descrita pela partícula α é dado por:

$$R_\alpha = \frac{4mv}{B \cdot |2q|} \Rightarrow R_\alpha = 2 \cdot \frac{mv}{B \cdot |q|} = 2R_p$$

Nessas condições, concluímos que III é a trajetória da partícula α e IV, a do próton.

T.337 **Resposta:** d

Aplicando a regra da mão direita nº 2, concluímos que a partícula alfa deve atingir o ponto *D*, pois tem carga positiva e deve seguir sempre a direção orientada de $\vec{v}$, que é tangente à trajetória.

Analogamente, concluímos que a partícula beta, sendo negativa, atinge o ponto *A*, também seguindo na direção orientada de $\vec{v}$, tangente à trajetória.

Os raios gama não sofrem a ação da força magnética, pois são ondas eletromagnéticas, e portanto seguem na direção do eixo *z*.

T.338 **Resposta:** d

Se o próton penetrar no campo magnético $\vec{B}$ com velocidade $\vec{v}$ perpendicular a $\vec{B}$, ele descreverá um MCU de raio $R = \frac{mv}{B \cdot |q|}$, inversamente proporcional à sua carga q.

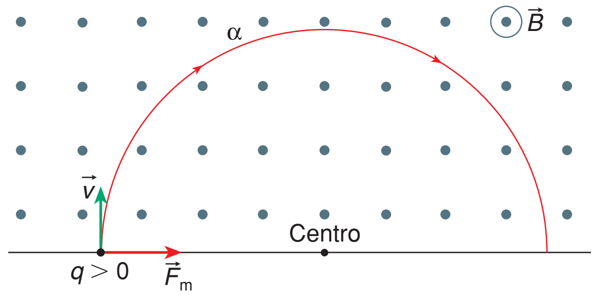
T.339 **Resposta:** a

De $R = \frac{mv}{B \cdot |q|}$, observando os valores de m e q da partícula α e da partícula β, concluímos que o raio da trajetória da primeira é maior: $R_\alpha > R_\beta$

Partícula α ($q > 0$):

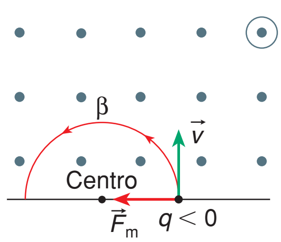
Determinamos, pela regra da mão direita nº 2, o sentido da força magnética F_m, que age na partícula α, no instante em que penetra no campo.

Essa força está orientada para o centro da trajetória. Logo, a partícula se desvia para a direita.



Partícula β ($q < 0$):

Analogamente, constatamos que a partícula β desvia em sentido contrário ao da partícula α:



T.340 **Resposta:** b

O raio da trajetória circular da partícula de massa *m* e carga *q* é dado pela fórmula:

$$r_1 = \frac{m_1 v}{B \cdot |q_1|}$$

Para a partícula de massa m_2 e carga q_2, temos:

$$r_2 = \frac{m_2 v}{B \cdot |q_2|} \Rightarrow r_2 = \frac{2m_1 v}{B \cdot |2q_1|} \Rightarrow r_2 = \frac{m_1 v}{B \cdot |q_1|}$$

Logo: $\boxed{r_2 = r_1}$

Como $T_1 = \frac{2\pi m_1}{B \cdot |q_1|}$ e $T_2 = \frac{2\pi m_2}{B \cdot |q_2|}$, então:

$$T_2 = \frac{2\pi \cdot 2m_1}{B \cdot |2q_1|} \Rightarrow T_2 = \frac{2\pi m_1}{B \cdot |q_1|} \Rightarrow \boxed{T_2 = T_1}$$

T.341 **Resposta:** c

De $T = \frac{2\pi m}{B \cdot |q|}$, observamos que, se as partículas descreveram trajetórias de mesmo período, o quociente entre o módulo da carga e a massa é o mesmo, independentemente da velocidade inicial.

De $R = \frac{mv}{B \cdot |q|}$, concluímos que, sendo $\frac{m}{|q|}$ constante, as velocidades iniciais *v* são diferentes, pois os raios são diferentes.

T.342 **Resposta:** c

A partícula descreve um movimento circular e uniforme. Portanto, a aceleração é centrípeta (normal à trajetória). Como a força magnética também é normal à trajetória, não há realização de trabalho. No MCU, a velocidade escalar é constante, o mesmo acontecendo com a energia cinética.

T.343 **Resposta:** a

Como as partículas P_1 e P_2 estão sob a ação exclusiva da força magnética, elas descrevem MCUs de raios, respectivamente, iguais a:

$$R_1 = \frac{m_1 \cdot v}{q_1 \cdot B} \text{ e } R_2 = \frac{m_2 \cdot v}{q_2 \cdot B}$$

Como $m_1 = 2m$, $m_2 = m$, $q_1 = \frac{q}{4}$ e $q_2 = q$, vem:

$$R_1 = \frac{2m \cdot v}{\frac{q}{4} \cdot B} \Rightarrow \boxed{R_1 = 8 \cdot \frac{mv}{q \cdot B}}$$

$$\boxed{R_2 = \frac{mv}{q \cdot B}}$$

Tendo a partícula P_1 raio oito vezes maior que a partícula P_2 ($R_1 = 8 \cdot R_2$), quem atinge primeiro o lado 2 é a partícula P_1.

T.344 **Resposta:** a

De $R = \frac{mv}{B \cdot |q|}$, vem:

$$R = \frac{2 \cdot 10^{-26} \cdot 1 \cdot 10^{5}}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-18}} \Rightarrow \boxed{R = 5 \cdot 10^{-1} \text{ m}}$$

T.345 **Resposta:** e

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow 1{,}6 \cdot 10^{-16} = \frac{8{,}0 \cdot 10^{-27} \cdot v^2}{2} \Rightarrow v = 2{,}0 \cdot 10^{5} \text{ m/s}$$

$$AC = 2R \Rightarrow AC = 2 \cdot \frac{mv}{B \cdot |q|} \Rightarrow AC = 2 \cdot \frac{8{,}0 \cdot 10^{-27} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{5}}{1{,}0 \cdot 10^{-1} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow$$

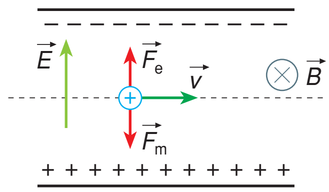
$$\Rightarrow AC = 2{,}0 \cdot 10^{-1} \text{ m} \Rightarrow \boxed{AC = 20 \text{ cm}}$$

T.346 **Resposta:** c

De $R = \frac{mv}{B \cdot |q|}$, vem:

$$0{,}35 = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 1{,}3 \cdot 10^{6}}{B \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow B \simeq 2{,}2 \cdot 10^{-5} \text{ T} \Rightarrow \boxed{B \simeq 22 \text{ µT}}$$

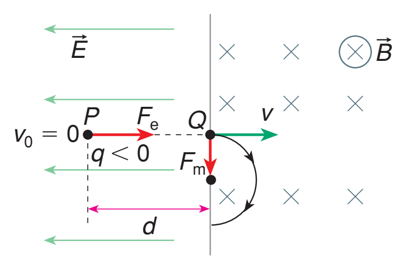
T.347 **Resposta:** a



Como se indica na figura, para que a partícula carregada não sofra deflexão, a força magnética $\vec{F}_m$ deve equilibrar a força elétrica $\vec{F}_e$.
A partícula deve deslocar-se perpendicularmente às direções dos campos elétrico $\vec{E}$ e magnético $\vec{B}$.

T.348 **Resposta:** d

Aplicando o teorema da energia cinética:



$$\mathcal{T}_{PQ} = q \cdot (V_P - V_Q) = \frac{mv^2}{2} - \cancel{\frac{mv_0^2}{2}}^{\,0}$$

$$q \cdot (-Ed) = \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{-q}{m} \cdot 2 \cdot Ed = v^2$$

$$2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 10^2 \cdot 10^{-1} = v^2$$

$$v = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$R = \frac{mv}{B \cdot |q|} \Rightarrow R = \frac{2 \cdot 10^6}{10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{11}} \Rightarrow R = 0{,}1 \text{ m} \Rightarrow \boxed{R = 10 \text{ cm}}$$

T.349 **Resposta:** soma = 29 (01 + 04 + 08 + 16)

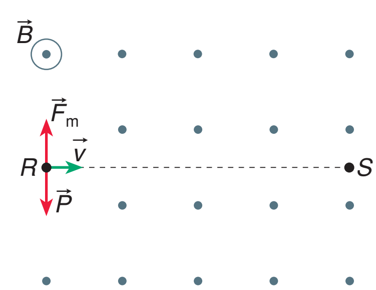
(01) Correta.

Como a partícula descreve MRU, temos:

$F_m = P$

$B \cdot |q| \cdot v = P$

$$v = \frac{P}{|q| \cdot B}$$



(02) Incorreta.

A força magnética $\vec{F}_m$ é perpendicular ao deslocamento $\overrightarrow{RS}$. Portanto, o trabalho de $\vec{F}_m$ é nulo.

(04) Correta.

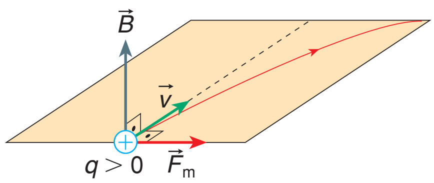
Após o ponto S, a partícula fica sob ação somente do campo gravitacional, descrevendo trajetória parabólica.

(08) Correta.
A energia cinética e a energia potencial gravitacional permanecem constantes. Logo, a energia mecânica (soma das energias cinética e potencial gravitacional) também é constante.

(16) Correta.
Nessa situação, o ângulo θ entre $\vec{v}$ e $\vec{B}$ é 90°.

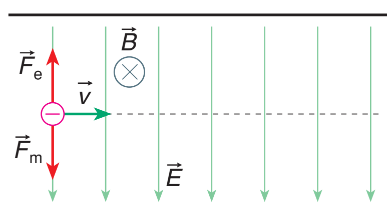
(32) Incorreta.
Se a carga fosse positiva, a força magnética $\vec{F}_m$ teria o mesmo sentido do peso $\vec{P}$ e a partícula não atingiria o ponto S.

T.350 **Resposta:** e



Um campo magnético vertical e para cima desvia o feixe de prótons para a direita. O feixe descreve um arco de circunferência.

T.351 **Resposta:** a



A força elétrica $\vec{F}_e$, que age nos elétrons, tem a mesma direção do campo elétrico $\vec{E}$, mas sentido contrário. Para que a trajetória dos elétrons seja retilínea, a força magnética $\vec{F}_m$ deve anular a força elétrica $\vec{F}_e$. Conhecidos os sentidos de $\vec{F}_m$ e $\vec{v}$, determinamos, pela regra da mão direita nº 1, o sentido do vetor campo magnético $\vec{B}$: "entrando" no plano do papel. Observe que $\vec{B}$ é perpendicular a $\vec{E}$ e à trajetória dos elétrons.

T.352 **Resposta:** soma = 13 (01 + 04 + 08)

(01) Correta.

Qualquer que seja a carga das partículas, na situação descrita, a força elétrica tem a mesma direção da força magnética, sendo perpendicular ao campo magnético.

(02) Incorreta.

Partículas carregadas, positivas ou negativas, lançadas perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético, ficam sujeitas à ação de uma força magnética.

(04) Correta.

Aplicando a regra da mão direita nº 2, verificamos que, na situação descrita, a força magnética tem sentido contrário ao do campo elétrico.

(08) Correta.

Como o campo elétrico é uniforme, a força elétrica atuante em cada partícula se mantém constante.

(16) Incorreta.

Para que as partículas passem pela fenda *f*, elas não devem sofrer desvio. Portanto, é necessário que as intensidades das forças elétrica e magnética sejam iguais. Como $F_m = |q| \cdot v \cdot B$, tal fato depende da velocidade *v* com que as partículas são lançadas no campo.

(32) Incorreta.

Conforme o valor da velocidade *v*, a intensidade da força magnética poderá ser diferente ou igual à da força elétrica. Nesse último caso, a resultante sobre as partículas é nula e elas não serão aceleradas.

T.353 **Resposta:** e

Para que a velocidade $\vec{v}$ seja constante, é preciso que as forças magnética e elétrica se equilibrem:

$$F_m = F_e \Rightarrow B \cdot |q| \cdot v = |q| \cdot E \Rightarrow \boxed{v = \frac{E}{B}}$$

Portanto, não importam nem a massa nem a carga elétrica da partícula, sendo a velocidade *v* dada pela razão $v = \frac{E}{B}$. Assim, conservando os sentidos dos campos, bem como suas respectivas intensidades, as partículas descreverão a mesma trajetória pontilhada.

T.354 **Resposta:** b

I. Correta.

O feixe não sofre desvio, o que indica que as intensidades das forças elétrica e magnética são iguais ($F_m = F_e$).

Sendo $F_m = B \cdot |q| \cdot v$ e $F_e = |q| \cdot E$, vem:

$$B \cdot |q| \cdot v = |q| \cdot E \Rightarrow B = \frac{E}{v}$$

Como $E = 1{,}0 \cdot 10^6$ V/m e $v = \frac{c}{3} = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{3}$ m/s $= 1{,}0 \cdot 10^8$ m/s, temos:

$$B = \frac{1{,}0 \cdot 10^6}{1{,}0 \cdot 10^8} \Rightarrow \boxed{B = 1{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{T}}$$

II. Incorreta.

Não é possível dizer que o méson tem carga positiva, pois, se a sua carga fosse negativa, as forças elétrica e magnética continuariam tendo sentidos contrários.

III. Correta.

Se o campo elétrico for desligado, as partículas ficarão sujeitas apenas à força magnética, cuja direção é perpendicular à direção do movimento. Em consequência, as partículas descreverão um movimento circular e uniforme no plano *xz*.

T.355 **Resposta:** d

$$v = \frac{E}{B} \Rightarrow 3{,}5 \cdot 10^6 = \frac{E}{1{,}2} \Rightarrow E = 4{,}2 \cdot 10^6\ \text{V/m}$$

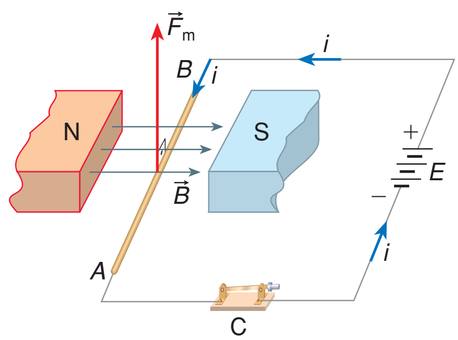
$$\Delta V = Ed \Rightarrow \Delta V = 4{,}2 \cdot 10^6 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{\Delta V = 8{,}4 \cdot 10^3\ \text{V}}$$

T.356 **Resposta:** c

Aplicando a regra da mão direita nº 2, verificamos que, para os sentidos indicados da corrente elétrica e da força magnética $\vec{F}'_m$, o vetor indução magnética $\vec{B}$ deve ter direção perpendicular ao plano da página, com sentido "entrando" nesse plano.

T.357 **Resposta:** c

A corrente elétrica no condutor tem sentido de B para A. O vetor campo magnético $\vec{B}$ sai do polo norte e chega ao polo sul do ímã. Conhecidos os sentidos de $\vec{B}$ e i, por meio da regra da mão direita nº 2, determinamos o sentido de $\vec{F}_m$: **para cima**.

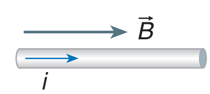


T.358 **Resposta:** soma 23 = (01 + 02 + 04 + 16)

(01) Correta.

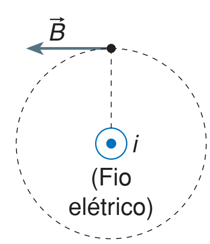
$F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen}\,\theta$, em que θ é o ângulo entre $\vec{B}$ e i.

Sendo $\theta = 0°$, vem: $\boxed{F_m = 0}$



(02) Correta.

O vetor campo magnético $\vec{B}$ é ortogonal ao condutor retilíneo (fio elétrico).



(04) Correta.

A força magnética sobre o condutor tem intensidade dada por:

$F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen}\,\theta$

Sendo $\theta = 90°$, temos $\text{sen}\,\theta = 1$ e, portanto, F_m é máximo.

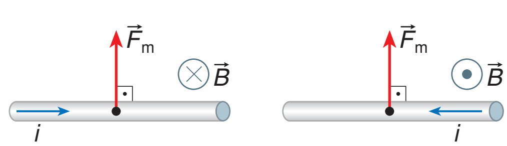
$F_m = B \cdot i \cdot L \Rightarrow F_m = 2 \cdot 500 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \Rightarrow \boxed{F_m = 1\text{ N}}$

(08) Incorreta.

De acordo com a regra da mão direita nº 2, invertendo-se o sentido de i, inverte-se o sentido de $\vec{F}_m$. Entretanto, seu módulo não será alterado.

(16) Correta.

Invertendo-se os sentidos de i e de $\vec{B}$, o sentido de $\vec{F}_m$ não se alterará.



T.359 **Resposta:** a

Cálculo da intensidade da corrente *i*:

$$i = \frac{E}{\Sigma R} \Rightarrow i = \frac{4{,}8}{0{,}10 + 0{,}02} \Rightarrow i = 40 \text{ A}$$

Equilíbrio do condutor *AC*:

$F_m = P$

$B \cdot i \cdot L = mg$

$B \cdot 40 \cdot 0{,}10 = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10$

$\boxed{B = 12{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ T}}$

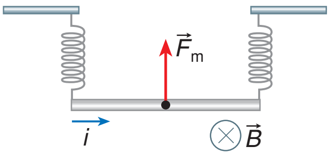
T.360 **Resposta:** a

$F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen } \theta$

$F_m = 0{,}5 \cdot 2 \cdot 0{,}10 \cdot \text{sen } 90°$

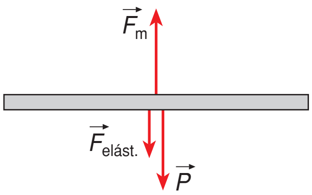
$\boxed{F_m = 0{,}10 \text{ N}}$

O sentido de $\vec{F}_m$, dado pela regra da mão direita nº 2, é para cima. Portanto, irá suspender o **condutor** ***AB***, comprimindo as molas.



T.361 **Resposta:** e

Sobre o fio agem a força magnética $\vec{F}_m$, a força elástica $\vec{F}_{\text{elást.}}$ e o peso $\vec{P}$, segundo o esquema:



A intensidade da força magnética é dada por: $F_m = B \cdot i \cdot L$

Sendo $B = 0{,}5$ T, $i = 2$ A e $L = 20 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-1}$ m, vem:

$$F_m = 0{,}5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-1} \Rightarrow F_m = 0{,}2 \text{ N}$$

A intensidade do peso do fio de massa $m = 10 \text{ g} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 10^{-2}$ kg vale:

$P = m \cdot g = 10^{-2} \cdot 10 \Rightarrow P = 0{,}1 \text{ N}$

Como a força elástica é dada por $F_{\text{elást.}} = F_m - P$, temos:

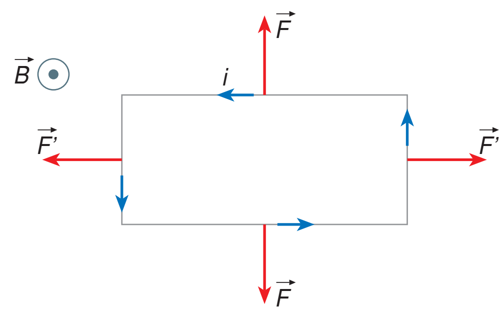
$F_{\text{elást.}} = 0{,}2 - 0{,}1 \Rightarrow F_{\text{elást.}} = 0{,}1 \text{ N}$

A constante elástica da mola é $k = 5$ N/m. Aplicando a lei de Hooke, obtemos:

$F_{\text{elást.}} = k \cdot x \Rightarrow 0{,}1 = 5x \Rightarrow \boxed{x = 0{,}02 \text{ m} = 2 \text{ cm} = 20 \text{ mm}}$

T.362 **Resposta:** b

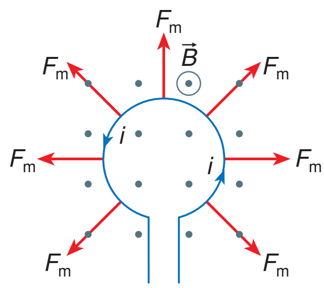
Aplicando a regra da mão direita nº 2, obtêm-se as forças indicadas:



Portanto, as forças se equilibram duas a duas e, tendo a mesma direção, o torque (momento) é nulo.

T.363 **Resposta:** b

Aplicando a regra da mão direita nº 2, para cada pequeno trecho de condutor, observamos que as forças magnéticas tendem a produzir um **alargamento** da espira.

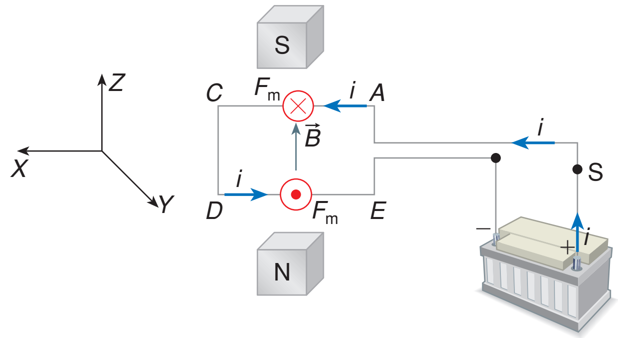


T.364 **Resposta:** c

Considerando-se que o polo norte é C e que a corrente flui do raio para o mercúrio, a aplicação da regra da mão direita nº 2 indica que o sentido da força magnética é tal que faz a roda girar no sentido anti-horário.

Mantendo-se C como polo norte, para o sentido do giro ser horário, a corrente deve fluir do mercúrio para o raio.

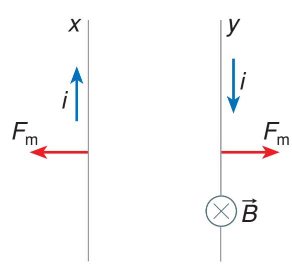
T.365 **Resposta:** a



- Determinamos o sentido da corrente que percorre a espira.
- Determinamos o sentido do campo magnético $\vec{B}$: sai do norte e chega ao sul.
- Determinamos o sentido da força magnética nos lados $\overline{AC}$ e $\overline{DE}$ da espira, aplicando a regra da mão direita nº 2.

  As forças magnéticas tendem a girar a espira ao redor do eixo X e no sentido de Y para Z.

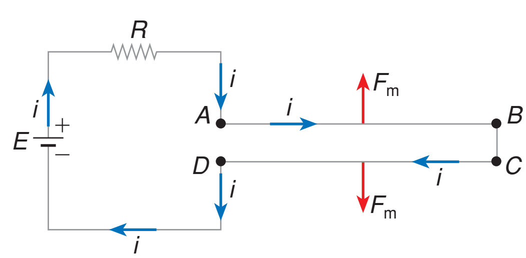
T.366 **Resposta:** a



Os condutores x e y são percorridos por correntes de sentidos opostos. Entre eles ocorre **repulsão**. O vetor indução magnética que a corrente i que percorre o condutor x cria em y aponta para dentro do plano do papel, de acordo com a regra da mão direita nº 1.

T.367 **Resposta:** b

Os fios AB e CD são percorridos por correntes de sentidos opostos e se repelem.



T.368 **Resposta:** b

$$F_m = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 i_2}{r} \cdot L$$

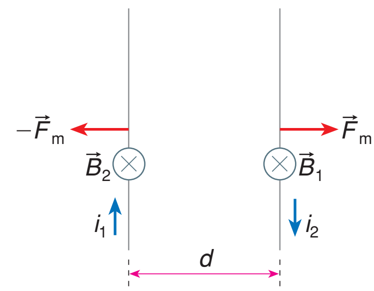
$$F_m = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{1{,}0 \cdot 2{,}0}{2{,}0 \cdot 10^{-2}} \cdot 1{,}0$$

$$\boxed{F_m = 2 \cdot 10^{-5}\ \text{N}}$$

Como os fios são percorridos por correntes de mesmo sentido, entre eles ocorre **atração**.

T.369 **Resposta:** a

i_1 origina, onde está i_2, o campo $\vec{B}_1$ (regra da mão direita nº 1). $\vec{B}_1$ exerce em i_2 uma força magnética (regra da mão direita nº 2). Reciprocamente i_2 origina, onde está i_1, o campo $\vec{B}_2$, que exerce em i_1 outra força magnética. Note que há **repulsão**. Se as correntes tivessem mesmo sentido, teríamos **atração**.



$$F_m = B_1 \cdot i_2 \cdot L \Rightarrow F_m = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1}{r} \cdot i_2 \cdot L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F_m}{L} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 \cdot i_2}{r} \Rightarrow \frac{F_m}{L} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{4 \cdot 5}{2 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{\frac{F_m}{L} = 2 \cdot 10^{-4}\ \text{N/m}}$$

T.370 **Resposta:** d

Os alunos colocavam o ímã embaixo da bola do pêndulo, pela manhã, pois, desse modo, por causa da força magnética de atração, diminuía o período de oscilação do pêndulo e o relógio adiantava. À tarde, a fim de que o relógio atrasasse, ou seja, o período de oscilação do pêndulo aumentasse, o ímã era colocado em cima.

T.371 **Resposta:** d

I. Correta.

Aplicando a regra da mão direita nº 1, verificamos que a extremidade A do prego, de onde "saem" as linhas de indução, é o polo norte, e a extremidade B, por onde entram as linhas de indução, é o polo sul.

II. Incorreta.

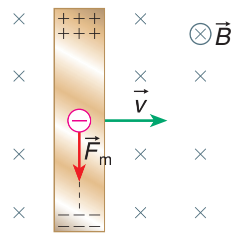
Não estando imantado, o prego é atraído por ambos os polos do eletroímã.

III. Incorreta.

A intensidade do vetor indução magnética depende da intensidade da corrente que circula pelo solenoide.

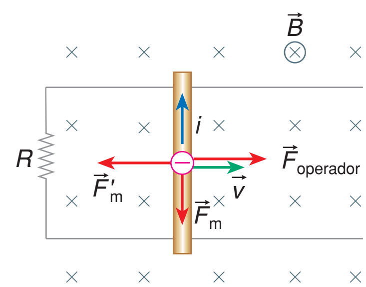
T.372 **Resposta:** d

Sob ação da força magnética, elétrons se deslocam para a extremidade inferior da barra metálica. Nessa extremidade, temos um acúmulo de elétrons e a outra extremidade fica eletrizada com cargas positivas.



T.373 **Resposta:** d

Na figura, representamos a força aplicada na barra pelo operador e a força magnética $\vec{F}'_m$ que o campo magnético $\vec{B}$ exerce na corrente. Essa força tem sentido oposto à força aplicada pelo operador e mesmo módulo, a fim de a barra se deslocar em MRU. Observe que o sentido de $\vec{F}'_m$ está de acordo com a regra da mão direita nº 2.



Assim, vamos impor:

$$F_{operador} = F'_m \Rightarrow F_{operador} = B \cdot i \cdot L \Rightarrow$$

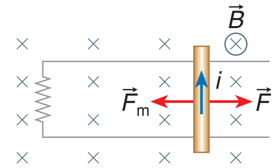
$$\Rightarrow F_{operador} = B \cdot \frac{B \cdot L \cdot v}{R} \cdot L \Rightarrow F_{operador} = \frac{B^2 \cdot L^2 \cdot v}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3{,}75 \cdot 10^{-3} = \frac{B^2 \cdot (0{,}500)^2 \cdot 2{,}00}{3{,}00} \Rightarrow \boxed{B = 0{,}150\ \text{T}}$$

T.374 **Resposta:** a

A geração do pulso de corrente na bobina é devida à passagem do ímã próximo à bobina: ocorre variação de fluxo do campo magnético, com consequente indução de corrente elétrica.

T.375 **Resposta:** c



Para que a barra se desloque com velocidade constante, a força necessária $\vec{F}$ e a força magnética $\vec{F}_m$ devem ter mesma direção, sentidos opostos e intensidades iguais:

$F = F_m \Rightarrow F = B \cdot i \cdot L$ ①

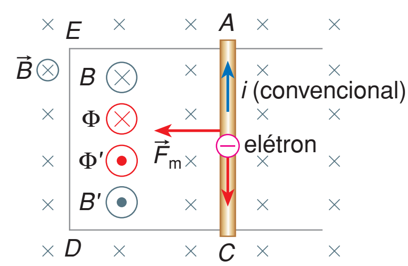
Mas:

$$i = \frac{e}{R} \Rightarrow i = \frac{B \cdot L \cdot v}{R} \Rightarrow i = \frac{0{,}15 \cdot 0{,}50 \cdot 2{,}0}{3{,}0} \Rightarrow i = 0{,}050 \text{ A}$$

De ①, temos: $F = 0{,}15 \cdot 0{,}050 \cdot 0{,}50 \Rightarrow \boxed{F = 3{,}75 \cdot 10^{-3} \text{ N}}$

T.376 **Resposta:** soma = 26 (02 + 08 + 16)

(01) Incorreta.



Se B aumenta, o fluxo indutor Φ também aumenta. O fluxo induzido Φ' se opõe ao aumento de Φ. O campo magnético $\vec{B}'$, que origina Φ', tem o sentido da figura. Pela regra da mão direita nº 1, concluímos que, na haste AC, a corrente convencional i tem o sentido de C para A. A regra da mão direita nº 2 permite-nos determinar o sentido da força magnética $\vec{F}_m$ na haste: para a esquerda, tendendo a **aproximar** AC de DE.

(02) Correta.

O sentido de movimento dos elétrons é de A para C.

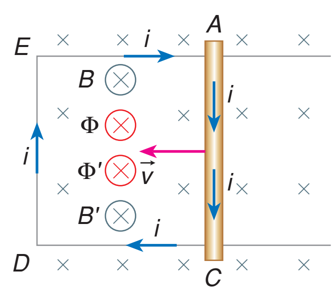
(04) Incorreta.

Há fluxo magnético através da espira $ACDE$.

(08) Correta.

Na extremidade C, teremos um acúmulo de elétrons e a extremidade A fica eletrizada com cargas positivas. Logo, $V_A > V_C$ ou $V_A - V_C > 0$.

(16) Correta.



Se AC se aproxima de DE, o fluxo indutor Φ diminui devido à diminuição da área da espira. O fluxo induzido Φ' se opõe à diminuição de Φ e surge no mesmo sentido. Conhecendo-se o sentido do campo magnético $\vec{B}'$, que origina Φ', temos o sentido da corrente induzida: de A para C.

(32) Incorreta.

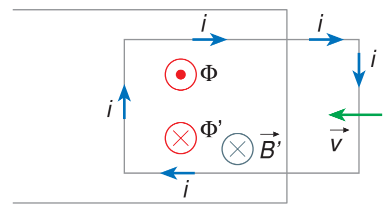
O campo magnético induzido $\vec{B}'$ tem sentido oposto ao de $\vec{B}$ (ver item 01).

T.377 **Resposta:** soma = 11 (01 + 02 + 08)

(01) Correta.

De acordo com a lei de Lenz, o fluxo induzido Φ' surge no sentido indicado, opondo-se ao aumento do fluxo indutor Φ.

Desse modo, conhecendo-se o sentido de $\vec{B}'$, que origina Φ', temos, pela regra da mão direita nº 1, que o sentido da corrente induzida é o horário.



(02) Correta.

A energia elétrica gerada na espira advém da energia despendida pelo professor, de acordo com o princípio da conservação da energia. A energia cinética é transformada em energia térmica na espira.

(04) Incorreta.

À medida que a espira penetra no campo, varia a área atravessada pelas linhas de indução e, portanto, varia o fluxo.

(08) Correta.

A lei de Lenz é uma consequência do princípio da conservação da energia. De fato, para gerar uma corrente induzida é preciso vencer os efeitos que a própria corrente induzida produz, opondo-se à sua geração. Em outras palavras, é necessário despender energia para se ter energia elétrica.

(16) Incorreta.

Seja $\vec{F}_m$ a força magnética que age no lado esquerdo $\overline{AC}$ da espira. Temos:

módulo: $F_m = B \cdot i \cdot L$

Sendo:

$L = a$

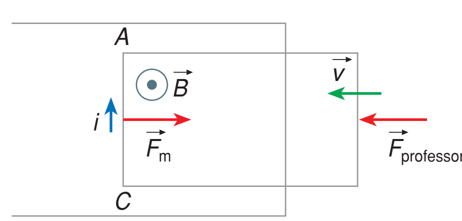
$$i = \frac{B \cdot L \cdot v}{R} \Rightarrow i = \frac{Bav}{R}$$

vem:

$$F_m = B \cdot \frac{Bav}{R} \cdot a \Rightarrow F_m = \frac{B^2 \cdot a^2 \cdot v}{R}$$

direção e **sentido**:

Pela lei de Lenz, a força magnética $\vec{F}_m$, que age no lado $\overline{AC}$, se opõe à introdução da espira no campo, isto é, tem sentido oposto ao do deslocamento da espira. Logo, sua direção é horizontal, com sentido da esquerda para a direita.



T.378 **Resposta:** e

A força eletromotriz induzida é dada por:

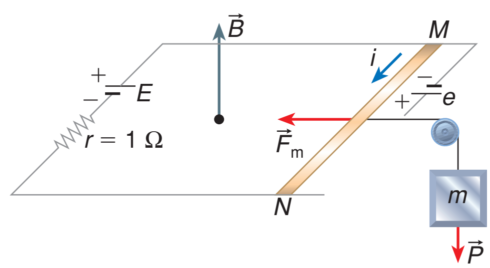
$e = B \cdot L \cdot v \Rightarrow e = 0{,}5 \cdot 1{,}0 \cdot 20 \Rightarrow \boxed{e = 10\text{ V}}$

Para o cálculo da força eletromotriz E, vamos determinar, inicialmente, a intensidade da corrente i.

Sendo constante a velocidade da barra MN, resulta:

$F_m = P \Rightarrow B \cdot i \cdot L = mg \Rightarrow 0{,}5 \cdot i \cdot 1{,}0 = 2{,}0 \cdot 10 \Rightarrow i = 40\text{ A}$

Pela regra da mão direita nº 2, determinamos o sentido da corrente na barra MN, o que permite concluir que a fem e tem a polaridade mostrada na figura.

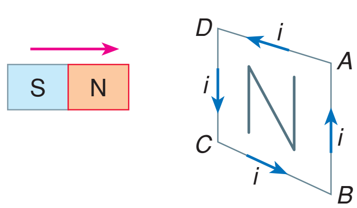


Nessas condições, pela lei de Pouillet, temos:

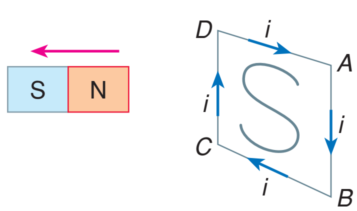
$$i = \frac{e + E}{R} \Rightarrow 40 = \frac{10 + E}{1} \Rightarrow \boxed{E = 30\text{ V}}$$

T.379 **Resposta:** e

Quando o ímã se aproxima, surge na espira um polo norte, opondo-se à aproximação. O sentido da corrente induzida é anti-horário (de B para A).



Quando o ímã se afasta, o polo que surge na espira é sul e, portanto, a corrente induzida tem sentido horário (de A para B).



T.380 **Resposta:** a

I. Incorreta.

Com a aproximação do polo sul (figura a), surge na espira um polo sul, que se opõe à aproximação. Logo, o sentido da corrente induzida é horário (*ABCD*).

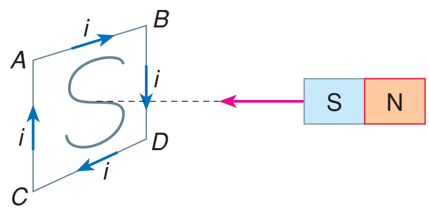


Figura a

II. Correta.

Entre os terminais da espira surge uma ddp induzida.

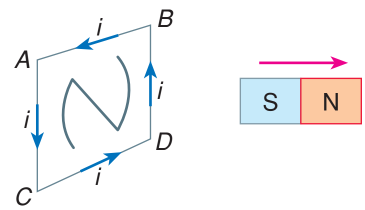


Figura b

III. Correta.

Afastando o polo sul (figura b) ou aproximando o polo norte (figura c), surge na espira um polo norte. Logo, em ambos os casos, a corrente induzida tem o mesmo sentido: anti-horário.

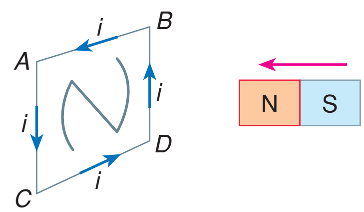


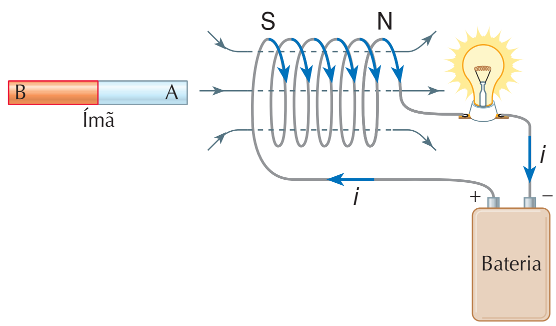
Figura c

T.381 **Resposta:** d

Não há indicação de passagem de corrente pelo medidor quando não existe movimento relativo entre a bobina e o ímã. É o que ocorre, por exemplo, quando a bobina e o ímã se deslocam para a direita com a mesma velocidade.

T.382 **Resposta:** a

Em virtude da corrente elétrica *i* fornecida pela bateria, surgem nos extremos da bobina polos magnéticos. Pela regra da mão direita nº 1, determinamos o sentido do campo magnético e das linhas de indução no interior da bobina. Essas linhas entram pela face à esquerda, tratando-se de um polo sul. À direita, temos um polo norte.



Aproximando-se o ímã da bobina ocorre indução eletromagnética e uma nova corrente *i'* se superpõe à corrente *i*. Se A for um polo norte, pela lei de Lenz, surge na face esquerda da bobina um polo norte opondo-se à aproximação do ímã. Logo, a corrente *i'* tem sentido oposto ao de *i*. A corrente resultante terá intensidade menor do que a inicial e o brilho da lâmpada diminui.

T.383 **Resposta:** soma = 7 (01 + 02 + 04)

(01) Correta.

Quando o ímã se aproxima ou se afasta da bobina, ocorre variação de fluxo magnético, induzindo na bobina uma corrente elétrica. Essa corrente, que percorre a bobina, cria um campo magnético. Aproximar ou afastar **rapidamente** o ímã significa produzir uma certa variação de fluxo $\Delta\Phi$, num pequeno intervalo de tempo Δt, o que implica maior módulo da fem induzida $\left(e = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$.

(02) Correta.

Ao afastarmos o polo norte, surge, na face da bobina próxima ao ímã, um polo sul que se opõe ao afastamento, de acordo com a lei de Lenz.

(04) Correta.

A aproximação do polo norte cria, na face da bobina próxima ao ímã, um polo norte que se opõe à aproximação, de acordo com a lei de Lenz.

(08) Incorreta.

De acordo com a lei de Lenz, a corrente induzida cria um fluxo induzido Φ' que se opõe à variação do fluxo indutor Φ.

(16) Incorreta.

Durante a aproximação do ímã, a corrente induzida tem um sentido e, durante o afastamento, outro.

T.384 **Resposta:** c

A corrente induzida tem um sentido durante a entrada da espira no campo e sentido oposto durante a saída. Convencionando como positiva uma intensidade de corrente, a outra será negativa.

Sendo constante a velocidade com que a espira atravessa o campo, concluímos que a força eletromotriz induzida E é constante, pois é dada por $E = B \cdot L \cdot V$. Nessas condições, sendo R a resistência elétrica da espira, a intensidade da corrente será:

$$i = \frac{B \cdot L \cdot V}{R} = \text{constante}$$

Quando a espira está totalmente imersa no campo, não há variação de fluxo magnético e, portanto, a corrente induzida é nula.

O gráfico que satisfaz a todos esses requisitos é o da alternativa **c**.

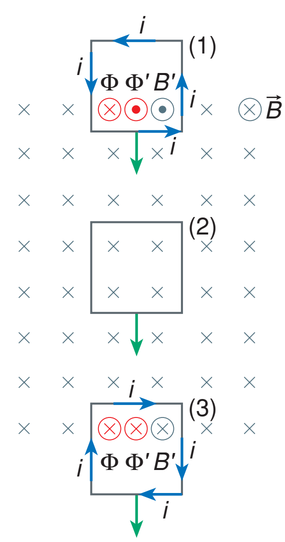
T.385 **Resposta:** d

I. **Aumentando**.

À medida que a espira penetra no campo, aumenta o número de linhas de indução que a atravessam. Portanto, o fluxo magnético aumenta.

II. **Corrente**.

Estando totalmente imersa no campo, não há variação de fluxo magnético e, portanto, não há corrente induzida.



III. **Contrário**.

Espira entrando no campo (posição 1):

O fluxo indutor Φ aumenta. O fluxo induzido Φ' se opõe ao aumento. Conhecendo-se o sentido do campo magnético $\vec{B}'$, que origina Φ', temos, pela regra da mão direita nº 1, que o sentido da corrente induzida é anti-horário.

Espira saindo do campo (posição 3):

O fluxo indutor Φ diminui.

O fluxo induzido Φ' surge, opondo-se à diminuição, isto é, surge no mesmo sentido de Φ.

Conhecendo-se o sentido de $\vec{B}'$, que origina Φ', temos, pela regra da mão direita nº 1, que o sentido da corrente induzida é horário.

T.386 **Resposta:** a

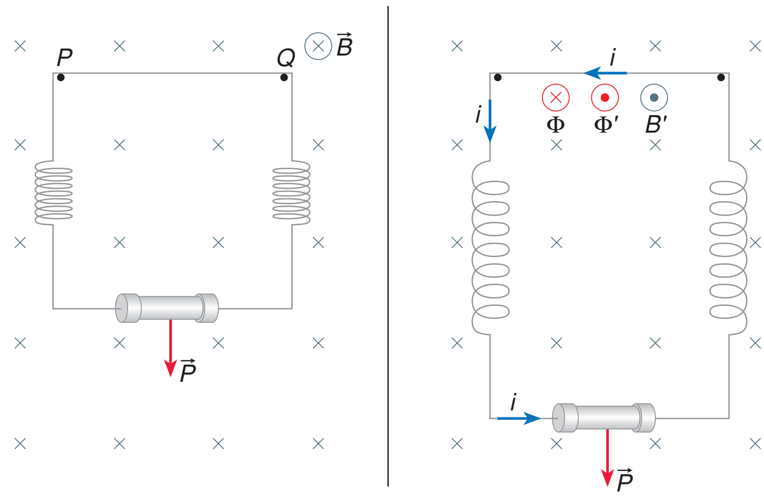
Ao girar a espira, varia o fluxo magnético através de sua superfície. Surge na espira uma corrente induzida. Essa corrente gera um campo magnético, que se opõe à rotação da espira, de acordo com a lei de Lenz.

T.387 **Resposta:** c

Com o movimento oscilatório do resistor, a área da espira varia e consequentemente varia o fluxo magnético, e surge na espira corrente induzida.

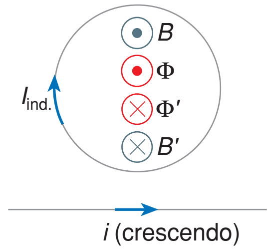
Quando o resistor desce, o fluxo indutor Φ aumenta. O fluxo induzido Φ' surge, opondo-se ao aumento. Conhecendo-se o sentido de $\vec{B}'$, que origina Φ', temos o sentido da corrente induzida: **anti-horário**.

Quando o resistor sobe, o sentido da corrente induzida se inverte. A intensidade da corrente induzida é variável, pois é variável a velocidade do resistor em seu movimento oscilatório.

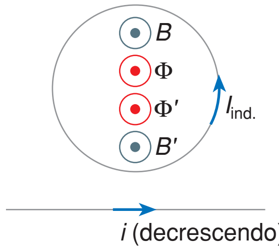


T.388 **Resposta:** d

$\vec{B}$ é o campo magnético gerado pela corrente i, nos pontos onde está a espira circular. Se i cresce, B também cresce e o fluxo indutor Φ aumenta. O fluxo induzido Φ' surge em sentido oposto ao de Φ. Conhecendo-se o sentido de $\vec{B}'$, determina-se o sentido da corrente induzida: **horário**.

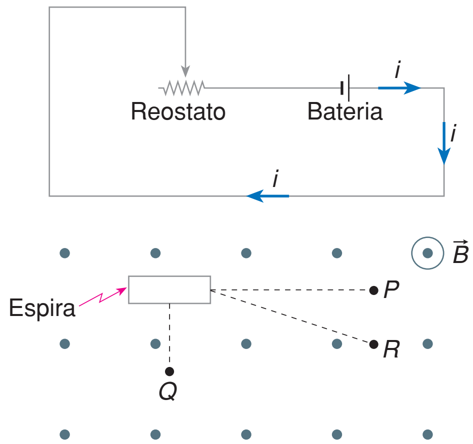


Neste caso, B decresce, Φ diminui e Φ' surge no mesmo sentido de Φ, opondo-se à diminuição. Conhecendo-se o sentido de $\vec{B}'$, determina-se o sentido da corrente induzida: **anti-horário**.



T.389 **Resposta:** a

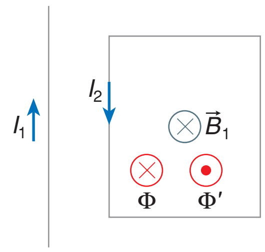
A corrente elétrica que atravessa o fio próximo à espira cria, no lado onde está a espira, um campo magnético $\vec{B}$, "saindo" do papel. A intensidade de B diminui à medida que aumenta a distância do ponto ao fio:



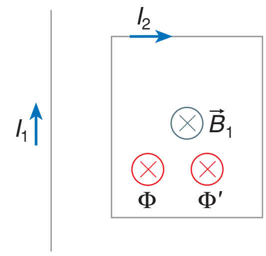
Não haverá corrente elétrica induzida na espira quando não ocorrer variação do fluxo magnético. Isso acontece quando a espira se desloca em linha reta na direção do ponto P. Observe, nesse caso, que a espira passa por pontos situados à mesma distância do fio e, portanto, com B constante.

T.390 **Resposta:** e

No intervalo de tempo de 0 a t_1 a intensidade da corrente I_1 aumenta. A intensidade do campo de indução magnética B_1 que I_1 produz, nos pontos da superfície da espira, também aumenta e, portanto, varia o fluxo Φ (fluxo indutor) na superfície da espira. Consequentemente, nesse intervalo, tem-se uma corrente induzida I_2. De acordo com a lei de Lenz, o fluxo induzido Φ' se opõe ao aumento do fluxo indutor. Nessas condições, pela regra da mão direita nº 1, I_2 tem sentido anti-horário. Como foi convencionado I_2 positivo no sentido horário, concluímos que, no intervalo de 0 a t_1, tem-se $I_2 < 0$.



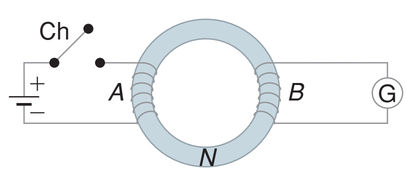
No intervalo de tempo de t_1 a t_2, a intensidade da corrente I_1 é constante. Logo, B_1 e Φ são constantes e, não havendo variação de fluxo magnético, resulta $I_2 = 0$.
No intervalo de tempo de t_2 a t_3, a intensidade da corrente I_1 diminui. Logo, B_1 e Φ diminuem, e o fluxo induzido Φ' surge, opondo-se à diminuição de Φ. Pela regra da mão direita nº 1, tem-se I_2 no sentido horário e, portanto, positivo. Assim, a alternativa correta só pode ser **e**.



Observação:
É possível demonstrar que I_2 é constante nos intervalos de tempo de 0 a t_1 e de t_2 a t_3, pois, nesses intervalos, I_1 varia com o tempo segundo uma função do 1º grau.

T.391 **Resposta:** a

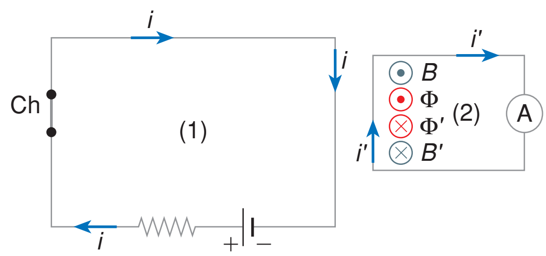
Ao fecharmos a chave Ch, embora a bateria seja um gerador de corrente contínua, durante um pequeno intervalo de tempo a corrente no circuito que contém a bateria cresce de zero até atingir um valor constante. Nesse lapso de tempo o fluxo magnético através da bobina *A* e, portanto, através da bobina *B*, varia: o galvanômetro acusa a passagem de uma corrente induzida transitória. A seguir, a corrente elétrica que se estabelece no circuito que contém a bateria fica constante: o fluxo não mais varia e o galvanômetro não acusa passagem de corrente. Ao abrir-se a chave Ch, a corrente cai a zero, durante um pequeno intervalo de tempo. Nesse intervalo, o fluxo varia e o galvanômetro acusa uma corrente transitória.



T.392 **Resposta:** a

I. Correta.

No circuito (1), devido ao gerador, circula a corrente *i*. O condutor do circuito (1) próximo da espira (circuito 2), percorrido pela corrente *i*, cria nos pontos da espira o campo $\vec{B}$, saindo do plano do papel. No intervalo de tempo que corresponde ao fechamento da chave Ch, *i* cresce (de 0 até um valor constante), *B* e o fluxo indutor Φ também crescem. O fluxo induzido Φ' se opõe ao crescimento de Φ. Conhecendo-se o sentido de $\vec{B}'$, que origina Φ', concluímos que o sentido da corrente induzida Φ' é horário, pela regra da mão direita nº 1.



II. Incorreta.

Raciocínio análogo mostra-nos que o sentido da corrente induzida é anti-horário.

III. Incorreta.

Não há corrente induzida, pois não existe movimento relativo entre os circuitos.

T.393 **Resposta:** a

Ao girarmos a espira em torno de um diâmetro, varia o fluxo magnético e uma corrente elétrica será induzida.

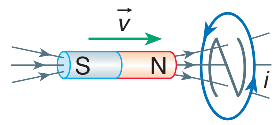
Nas outras situações descritas, não há variação de fluxo magnético.

Observação:

Na alternativa **b**, enquanto a espira se deslocar totalmente imersa no campo, não haverá variação de fluxo magnético e consequentemente não será induzida corrente elétrica.

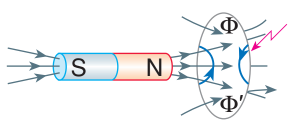
T.394 **Resposta:** e

a) Ímã que se desloca com uma velocidade $\vec{v}$.



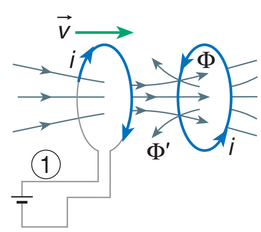
Ao aproximar da espira o polo norte do ímã, surge na espira um polo norte que se opõe à aproximação. A corrente induzida tem sentido anti-horário, conforme o esquema acima, não contrariando a lei de indução de Faraday.

b) Espira em deformação (diminuindo).



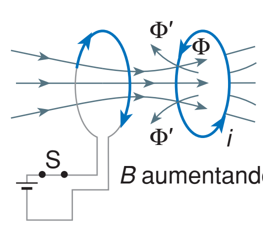
O fluxo indutor Φ diminui. O fluxo induzido Φ' se opõe à diminuição e aparece no mesmo sentido de Φ. $\vec{B}'$, que origina Φ', tem o mesmo sentido de Φ' e, pela regra da mão direita nº 1, a corrente induzida tem sentido horário. Portanto, o esquema dado não contraria a lei de indução de Faraday.

c) Circuito (1) deslocando-se com uma velocidade $\vec{v}$.



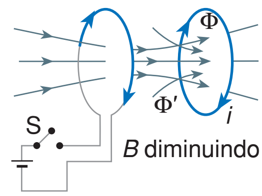
O fluxo indutor Φ aumenta, o fluxo induzido Φ' aparece em sentido oposto, assim como $\vec{B}'$, opondo-se ao aumento de Φ. Logo, a corrente induzida tem sentido anti-horário. O esquema dado não contraria a lei de indução de Faraday.

d) Logo após o instante em que se fecha a chave S.



Análogo ao item anterior: ao fechar a chave S, Φ aumenta, Φ' se opõe ao aumento. Pela regra da mão direita nº 1, a corrente induzida tem sentido anti-horário, não contrariando a lei da indução de Faraday.

e) Logo após o instante em que se abre a chave S.



Ao abrir a chave S, Φ diminui. O fluxo induzido Φ' aparece no mesmo sentido de Φ, opondo-se à diminuição. $\vec{B}'$, que origina Φ', tem o mesmo sentido de Φ'. Pela regra da mão direita nº 1, a corrente induzida tem sentido horário. No esquema dado no exercício, o sentido de *i* é anti-horário. Portanto, **essa é a situação que contraria a lei de Faraday**.

T.395 **Resposta:** c

No intervalo de tempo de 1 s a 2 s, a corrente elétrica *i* que percorre o anel *A* varia com o tempo de acordo com o gráfico I. Nessas condições, surge no anel *B* uma corrente induzida que interage com a corrente *i* com uma força repulsiva (representada como positiva no gráfico II).

No intervalo de tempo de 2 s a 3 s do gráfico III, a corrente indutora *i* decresce de maneira simétrica àquela do intervalo de tempo de 1 s a 2 s. Assim, a força entre os anéis passa a ser atrativa e deve ser representada como negativa, de acordo com a convenção adotada.

Como a variação da corrente *i* no intervalo de 1 s a 2 s é, em módulo, idêntica à variação de *i* no intervalo de 2 s a 3 s, concluímos que o mesmo ocorre com a variação das forças. Por isso, no gráfico $F \times t$, os trechos relativos aos intervalos de 1 s a 2 s e de 2 s a 3 s são paralelos, como representado na alternativa **c**.

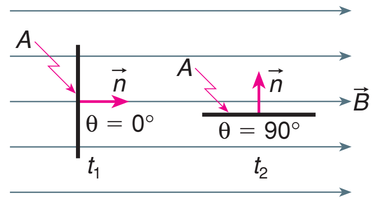
T.396 **Resposta:** e

Surgirá corrente induzida nos intervalos onde houver variação de fluxo magnético: (0, 1), (2, 3), (3, 4) e (4, 5).

T.397 **Resposta:** a

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\frac{30}{0,3} \Rightarrow e = -100 \text{ V} \Rightarrow \boxed{|e| = 100 \text{ V}}$$

T.398 **Resposta:** b



$\Phi_1 = BA \cdot \cos 0°$
$\Phi_1 = 1{,}0 \cdot 100 \cdot 10^{-4}$
$\Phi_1 = 1{,}0 \cdot 10^{-2}$ Wb
$\Phi_2 = 0$, pois $\theta = 90°$

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\frac{0 - 1{,}0 \cdot 10^{-2}}{1{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{e = 1{,}0 \text{ V}}$$

T.399 **Resposta:** c

$\Phi_1 = BA \cdot \cos 0° \Rightarrow \Phi_1 = 1 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \Phi_1 = 4 \cdot 10^{-5}$ Wb

$\Phi_2 = 0$, pois $B = 0$

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\frac{0 - 4 \cdot 10^{-5}}{2} \Rightarrow \boxed{e = 2 \cdot 10^{-5} \text{ V}}$$

T.400 **Resposta:** d

$$i = \frac{|e|}{R} \Rightarrow i = \frac{1}{R} \cdot \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \Rightarrow i = \frac{1}{R} \cdot \frac{|\Delta B| \cdot A}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{12} \cdot \frac{|\Delta B| \cdot 100 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{1} \Rightarrow \boxed{|\Delta B| = 1{,}5 \cdot 10^{-2} \text{ T}}$$

T.401 **Resposta:** a

Como o anel entra e sai da região entre os polos do ímã, ocorre na superfície do anel uma variação de fluxo magnético. Nessas condições, uma corrente elétrica é induzida no anel. Devido a essa corrente, ocorre dissipação de energia (efeito Joule), o que implica uma diminuição da energia mecânica do sistema e a consequente **diminuição da amplitude de oscilação**.

Observemos que a força magnética que age na corrente induzida tende a frear o anel.

T.402 **Resposta:** c

Para limitar as correntes induzidas (correntes de Foucault) utilizam-se (em vez de corpos metálicos maciços) lâminas metálicas finas, empilhadas e isoladas.

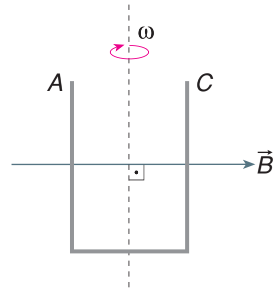
T.403 **Resposta:** e

A movimentação do ímã induz no circuito que contém a lâmpada uma força eletromotriz. A luminosidade da lâmpada depende do valor dessa força eletromotriz, a qual, por sua vez, depende da velocidade do ímã. Portanto, a luminosidade da lâmpada é máxima nos instantes em que o ímã tem velocidade máxima, isto é, nos instantes em que ele passa por $x = 0$.

T.404 **Resposta:** d

I. Correta.
De $e_{máx.} = BA \cdot \omega$, observamos que, se ω aumentar, com B constante, $e_{máx.}$ também aumentará.

II. Incorreta.
Na situação proposta, continuará havendo variação do fluxo magnético através da espira e, entre as extremidades A e C, será induzida uma fem.



III. Correta.
De $e_{máx.} = BA \cdot \omega$, observamos que, se B diminuir, com ω constante, $e_{máx.}$ também diminuirá.

T.405 **Resposta:** soma = 28 (04 + 08 + 16)

(01) e (02) Incorretas.
A velocidade angular da espira é diferente da velocidade angular da polia maior.

(04) Correta.
É a definição de fluxo magnético.

(08) Correta.
A corrente induzida tem sentido tal que cria um campo que se opõe à variação do fluxo magnético.

(16) Correta.
A corrente alternada produzida pelo movimento da espira percorre os fios e acende a lâmpada.

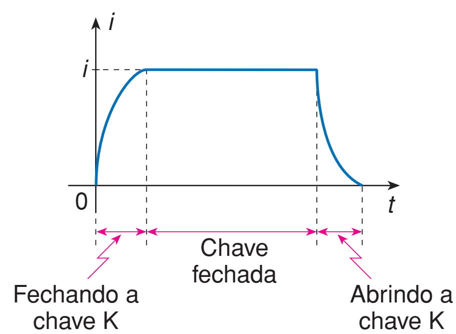
(32) Incorreta.
O dispositivo funciona como um gerador elétrico, convertendo energia mecânica em energia elétrica.

T.406 **Resposta:** e

O princípio físico em que se baseia o funcionamento dos transformadores é o da indução eletromagnética. A variação do fluxo magnético no decorrer do tempo, que é responsável pelo fenômeno da indução, é provocada pelo fato de os portadores de carga elétrica terem um movimento oscilante.

T.407 **Resposta:** b

Ao fecharmos a chave K, embora a bateria seja um gerador de corrente contínua, durante um pequeno intervalo de tempo a corrente no circuito que contém a bateria cresce de zero até atingir um valor constante. Nesse lapso de tempo, o fluxo magnético através da bobina B_1 e, portanto, através de B_2, varia: o galvanômetro G acusa a passagem de uma corrente induzida. A corrente elétrica que se estabelece no circuito que contém a bateria fica constante: o fluxo não mais varia e o ponteiro do galvanômetro volta para o zero (posição central). Ao abrir-se a chave, a corrente cai a zero, durante um pequeno intervalo de tempo. Nesse intervalo, o fluxo varia e o galvanômetro G indica a passagem de corrente em sentido oposto ao anterior. Para ilustrar, indicamos como varia a intensidade da corrente que passa pelo circuito que contém a bateria:



T.408 **Resposta:** e

A bateria é um gerador de corrente contínua. Nesse caso, não há variação de fluxo magnético no primário nem no secundário. Logo, não aparece ddp entre os terminais do secundário.

Observação:

No caso do teste **T.407**, surgiu corrente induzida somente nos instantes em que a chave K foi fechada e aberta.

T.409 **Resposta:** a

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s} \Rightarrow \frac{120}{U_s} = \frac{200}{400} \Rightarrow \boxed{U_s = 240 \text{ V}}$$

T.410 **Resposta:** d

Da usina para as linhas de transmissão deve haver aumento na ddp. Então, o primário deve ter menor número de espiras (N_A) que o secundário (N_B).

Da linha de transmissão para a casa deve haver redução na ddp. Então, o primário deve ter número de espiras (N_C) menor que o secundário (N_D).

T.411 **Resposta:** c

No secundário, o número de espiras é a metade do primário $\left(N_s = \frac{N_p}{2}\right)$.

Na situação da primeira foto, vale: $\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$

Como $U_s = 220$ V, vem:

$$\frac{220}{U_s} = \frac{N_p}{\frac{N_p}{2}} \Rightarrow \boxed{U_s = 110 \text{ V}}$$

Na situação da segunda foto, a bateria fornece corrente contínua.

Como o transformador só funciona com corrente alternada, temos: $\boxed{U_s = 0}$

T.412 **Resposta:** c

As linhas de transmissão de energia a longas distâncias operam sob alta tensão para reduzir as perdas por efeito Joule (dissipação de energia através dos fios).

T.413 **Resposta:** b

I. Correta.
A fem que se estabelece entre os terminais de um condutor é devida à variação do fluxo magnético no decorrer do tempo.

II. Incorreta.
O transformador só funciona com corrente alternada.

III. Correta.
A possibilidade de variar a tensão quando a corrente é alternada constitui uma das razões pelas quais a corrente alternada é preferida à corrente contínua para distribuição de energia elétrica.

T.414 **Resposta:** d

As ondas eletromagnéticas são ondas transversais, que podem se propagar em meios materiais (água, vidro etc.) e não materiais (vácuo).

T.415 **Resposta:** soma = 37 (01 + 04 + 32)

(01) Correta.
As ondas eletromagnéticas são geradas por cargas elétricas oscilantes. Essa oscilação pode ocorrer quando a corrente elétrica num circuito é variável.

(02) Incorreta.
Os fenômenos ondulatórios ocorrem para as ondas eletromagnéticas em qualquer faixa de frequência.

(04) Correta.
As ondas eletromagnéticas são transversais.

(08) Incorreta.
Interferência e difração podem ocorrer também com ondas mecânicas, como as sonoras.

(16) Incorreta.
Como a frequência da onda não depende do meio, na água a velocidade de propagação é menor e consequentemente o comprimento de onda é menor.

(32) Correta.
A luz solar, ao se refratar nas gotas, se decompõe nas várias luzes que a constituem.

T.416 **Resposta:** a

I. Correta.
A frequência natural das moléculas de água coincide com a frequência das micro-ondas, ocorrendo ressonância.

II. Correta.
Comparada com as ondas de rádio, as micro-ondas têm frequência maior e comprimento de onda menor.

III. Correta.
O aumento na temperatura do alimento faz com que ele emita calor radiante, isto é, raios infravermelhos cuja frequência é maior que a das micro-ondas.

T.417 **Resposta:** d

I. Correta.

Cargas elétricas oscilantes geram ondas eletromagnéticas. É o caso de elétrons em movimento vibratório. Portanto, cargas elétricas, quando **aceleradas**, originam ondas eletromagnéticas.

II. Correta.

Ondas de rádio e ondas de luz são ondas eletromagnéticas, diferenciadas entre si em função da frequência ou do comprimento de onda com que se propagam.

III. Incorreta.

As ondas de rádio não são ondas mecânicas, e sim ondas eletromagnéticas.

T.418 **Resposta:** b

No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas apresentam mesma velocidade ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s). Então, considerando a fórmula $c = \lambda \cdot f$, o maior comprimento de onda corresponde à menor frequência. Portanto, das fontes citadas nas alternativas, o maior comprimento de onda corresponde ao forno de micro-ondas.

T.419 **Resposta:** e

$$c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{6{,}1 \cdot 10^6} \Rightarrow \boxed{\lambda \simeq 49 \text{ m}}$$

T.420 **Resposta:** b

As micro-ondas são ondas eletromagnéticas e, portanto, têm a mesma natureza da luz visível, porém com menor frequência.

T.421 **Resposta:** c

I. Correta.

De acordo com o espectro fornecido, as micro-ondas estão na faixa das radiações não ionizantes, enquanto os raios X e os raios gama estão na faixa das radiações ionizantes.

II. Correta.

Sendo a velocidade das ondas $c = 3 \cdot 10^8$ m/s e as frequências $f_1 = 800 \cdot 10^6$ Hz e $f_2 = 1.800 \cdot 10^6$ Hz, teremos, para os comprimentos de onda:

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{8 \cdot 10^8} \Rightarrow \boxed{\lambda_1 = 0{,}375 \text{ m} = 37{,}5 \text{ cm}}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{f_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{18 \cdot 10^8} \Rightarrow \boxed{\lambda_2 \simeq 0{,}17 \text{ m} = 17 \text{ cm}}$$

Esses valores estão contidos na faixa de 15 cm a 40 cm:

III. Incorreta.

As frequências das micro-ondas são menores que as da luz visível.

T.422 **Resposta:** e

I. Correta.
Os raios gama, assim como os raios X e os raios UV, têm frequências maiores que as da luz visível.

II. Incorreta.
No ar todas as ondas eletromagnéticas têm aproximadamente a mesma velocidade de propagação.

III. Incorreta.
Os campos elétrico e magnético de uma onda eletromagnética (como a radiação infravermelha) vibram numa direção perpendicular à direção de propagação.

T.423 **Resposta:** d

Os raios X são ondas eletromagnéticas (como as emitidas pelo Sol) que são **absorvidas** pelos átomos pesados como o cálcio e o chumbo.

T.424 **Resposta:** c

As partes claras de uma radiografia representam estruturas que mais absorvem os raios X (como, por exemplo, os ossos) e as partes escuras representam os tecidos menos absorvedores.

T.425 **Resposta:** a

As emissoras de rádio emitem ondas **eletromagnéticas**. A sigla FM significa **frequência modulada**.

T.426 **Resposta:** b

Para IUV maior do que 8, temos que o TES é de no máximo 20 min. Nessas condições, o TPD deve ser superior a 20 min. Vamos considerar TPD = 20 min. Sendo TPP = 2 h, temos:

$$\text{FPS} = \frac{\text{TPP}}{\text{TPD}} \Rightarrow \text{FPS} = \frac{2 \cdot 60\ \text{min}}{20\ \text{min}} \Rightarrow \boxed{\text{FPS} = 6}$$

T.427 **Resposta:** d

Para a luz alaranjada são dados a frequência ($f = 5{,}0 \cdot 10^{14}$ Hz) e o comprimento de onda ($\lambda = 6{,}0 \cdot 10^{-7}$ m). Então, podemos calcular a velocidade de propagação no meio em questão:

$$v = \lambda \cdot f = 6{,}0 \cdot 10^{-7} \cdot 5{,}0 \cdot 10^{14} \Rightarrow v = 3{,}0 \cdot 10^{8} \text{ m/s}$$

Portanto, o meio em questão é o vácuo, onde todas as radiações eletromagnéticas têm a mesma velocidade de propagação ($v = c = 3{,}0 \cdot 10^{8}$ m/s).

Então, para a luz verde, teremos: $c = x \cdot 5{,}6 \cdot 10^{14}$

E para a luz vermelha: $c = y \cdot 4{,}8 \cdot 10^{14}$

Igualando as expressões obtidas para c, vem:

$$x \cdot 5{,}6 \cdot 10^{14} = y \cdot 4{,}8 \cdot 10^{14} \Rightarrow \frac{y}{x} = \frac{5{,}6}{4{,}8} \Rightarrow \boxed{\frac{y}{x} = \frac{7}{6}}$$

T.428 **Resposta:** 2 e 3 são corretas

1) Incorreta.

A intensidade do campo magnético no interior de uma bobina é dada por $B = \mu_0 \cdot \dfrac{n}{L} \cdot i$, em que n é o número de espiras num comprimento L de bobina.

2) Correta.

Nesse caso, não há o efeito Joule.

3) Correta.

$$E_{\text{bobina}} = \frac{B^2 \cdot V}{2\mu_0} \Rightarrow E_{\text{bobina}} = \frac{(0{,}4)^2 \cdot \pi \cdot (0{,}40)^2 \cdot 2}{2 \cdot 1{,}26 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow E_{\text{bobina}} \simeq 6{,}4 \cdot 10^{4} \text{ J}$$

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow E_c = \frac{1 \cdot (300)^2}{2} \Rightarrow E_c = 4{,}5 \cdot 10^{4} \text{ J}$$

Portanto: $E_{\text{bobina}} > E_c$

4) Incorreta.

Sob a ação do campo magnético, cátions e ânions presentes na corrente sanguínea não sofrem variações de energia cinética. Lembre-se de que o movimento de cargas elétricas sob a ação de um campo magnético é uniforme.

T.429 **Resposta:** e

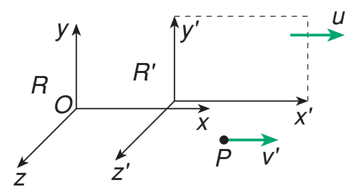
I. Correta.

Referenciais inerciais são referenciais para os quais vale o princípio da inércia (1ª lei de Newton). Todos os referenciais que se movem em MRU, isto é, com velocidade vetorial constante, em relação a um referencial inercial, são também inerciais.

II. Incorreta.

Veja a justificativa anterior.

III. Correta.



v: velocidade de P em relação a R

v': velocidade de P em relação a R'

Como $v' = v - u$, vem:

para t_1: $v'_1 = v_1 - u$ ①

para t_2: $v'_2 = v_2 - u$ ②

Fazendo ② − ①:

$$v'_2 - v'_1 = v_2 - v_1 \Rightarrow \Delta v' = \Delta v \Rightarrow \frac{\Delta v'}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\alpha' = \alpha}$$

T.430 **Resposta:** d

Na Física newtoniana os conceitos de espaço e tempo são absolutos. Na teoria da relatividade esses conceitos são relativos. O espaço contrai e o tempo dilata.

T.431 **Resposta:** soma = 03 (01 + 02)

(01) Correta.

É o 2º postulado da teoria da relatividade especial.

(02) Correta.

De acordo com a Mecânica Clássica, se uma força resultante atuar constantemente sobre uma partícula, sua velocidade crescerá indefinidamente.

(04) Incorreta.

A velocidade da propagação da luz no vácuo é a velocidade limite do Universo.

(08) Incorreta.
Segundo a teoria da relatividade, a massa depende da velocidade.

(16) Incorreta.
A luz se propaga com velocidade *c* no vácuo. Nos outros meios em que a luz se propaga, sua velocidade é menor do que *c*.

(32) Incorreta.
Quanto maior a velocidade de uma partícula, maior é sua massa, isto é, maior é sua inércia. Logo, maior será a força necessária para acelerá-la.

T.432 **Resposta:** c

A velocidade de propagação da luz no vácuo é *c*, independentemente do movimento da fonte. Logo, para percorrer a distância *L*, o tempo que a luz demora é $\frac{L}{c}$.

T.433 **Resposta:** d

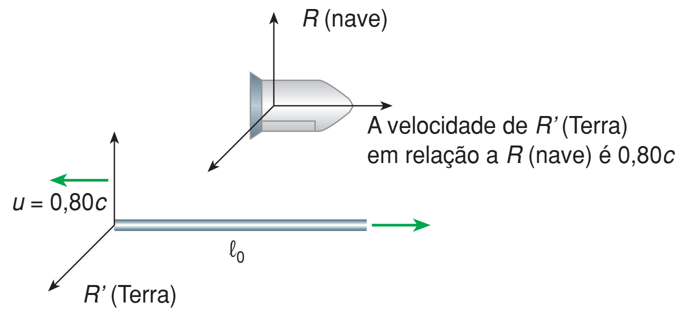
O segundo postulado da relatividade especial afirma que: "A velocidade da luz no vácuo é uma constante universal. É a mesma em todos os sistemas inerciais de referência. Não depende do movimento da fonte de luz e tem igual valor em todas as direções".

T.434 **Resposta:** a

De $\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}}$, sendo $\Delta t' = 20$ anos e $\Delta t = 60$ anos, vem:

$$60 = \frac{20}{\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}} \Rightarrow 1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2 = \frac{1}{9} \Rightarrow \left(\frac{u}{c}\right)^2 = \frac{8}{9} \Rightarrow \boxed{u = \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot c}$$

T.435 **Resposta:** c



$$L' = \gamma \cdot L \Rightarrow L' = \frac{L}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

Sendo $u = 0{,}80c$ e $L' = \ell_0$, vem:

$$\ell_0 = \frac{L}{\sqrt{1 - \frac{(0{,}80c)^2}{c^2}}} \Rightarrow \ell_0 = \frac{L}{0{,}60} \Rightarrow L = 0{,}60 \cdot \ell_0 \Rightarrow \boxed{L = 60\% \text{ de } \ell_0}$$

Logo, o comprimento da pista observado pelo tripulante será 40% menor do que ℓ_0.

T.436 **Resposta:** a

A contração do comprimento só ocorre na direção do movimento. As dimensões perpendiculares à direção do movimento não são afetadas. Assim, o cubo seria visto como indica a alternativa **a**.

T.437 **Resposta:** d

Devido à dilatação do tempo, o relógio de bordo ficará cada vez mais atrasado em relação ao relógio em terra.

T.438 **Resposta:** b

$$\Delta t_{\text{André}} = \gamma \cdot \Delta t_{\text{Regina}} \Rightarrow 2 \cdot \Delta t_{\text{Regina}} = \gamma \cdot \Delta t_{\text{Regina}} \Rightarrow \gamma = 2 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2 \Rightarrow$$

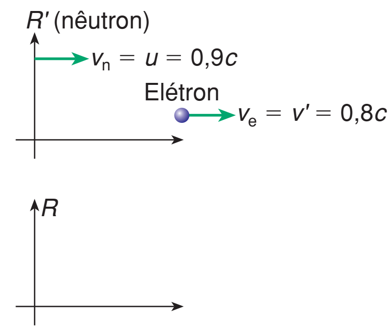
$$\Rightarrow 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = \frac{3}{4} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{3}}{2}c \cdot \Rightarrow v \simeq 0{,}87c \Rightarrow \boxed{v \simeq 87\% \text{ de } c}$$

T.439 **Resposta:** a

Usando a notação da teoria dada, temos:

$u = v_n = 0{,}9c$ e $v' = v_e = 0{,}8c$

Vamos determinar a velocidade v do elétron em relação ao referencial R:



$$v = \frac{v' + u}{1 + \dfrac{v' \cdot u}{c^2}} \Rightarrow v = \frac{0{,}8c + 0{,}9c}{1 + \dfrac{0{,}8c \cdot 0{,}9c}{c^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{v = \frac{1{,}7c}{1{,}72}}$$

T.440 **Resposta:** 0, 1, 2 e 3 são corretas

0) Correta.

Quando $v = 0$, temos: $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1 - \dfrac{(0)^2}{c^2}}} \Rightarrow m = m_0$

1) Correta.

Quando $v \to c$, temos $\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}} \to 0$. Logo: $m \to \infty$

2) Correta.

$$1 - \frac{v^2}{c^2} \geqslant 0 \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} \leqslant 1 \Rightarrow v \leqslant c$$

3) Correta.

Pela equação, quanto maior o valor da velocidade da partícula, maior a sua massa.

T.441 **Resposta:** a

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \dfrac{u^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{(0{,}80c)^2}{c^2}}} \Rightarrow \boxed{\frac{m}{m_0} = \frac{10}{6}}$$

T.442 **Resposta:** a

$m = \gamma \cdot m_0$, em que $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{u^2}{c^2}}}$

Logo, a massa aumenta do fator γ igual a:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{(0{,}5c)^2}{c^2}}} \Rightarrow \boxed{\gamma = \frac{1}{\sqrt{0{,}75}}}$$

T.443 **Resposta:** d

A variação de energia do objeto é dada por:

$$\Delta E = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow \Delta E = \frac{1{,}0 \cdot (100)^2}{2} \Rightarrow \Delta E = 5.000 \text{ J}$$

Essa variação de energia acarreta uma variação de massa:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow 5.000 = \Delta m \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow \Delta m = \frac{5 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^{16}} \Rightarrow \Delta m \simeq 5{,}6 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$$

Portanto, das alternativas apresentadas, concluímos que a variação de massa do objeto será mais próxima de 10^{-14} kg.

T.444 **Resposta:** a

$$E = 2{,}0 \cdot 10^6 \cdot 3{,}6 \cdot 10^6 \text{ J} \Rightarrow E = 7{,}2 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

$$E = mc^2 \Rightarrow 7{,}2 \cdot 10^{12} = m \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow m = \frac{7{,}2 \cdot 10^{12}}{9 \cdot 10^{16}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = 0{,}8 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \Rightarrow \boxed{m = 0{,}08 \text{ g}}$$

T.445 **Resposta:** c

$$K = M \cdot c^2 \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1\right] = N \cdot M \cdot c^2 \quad ①$$

De ① concluímos que:

$$N = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1$$

$$N = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{15}{16}}} - 1$$

$$N = 4 - 1$$

$$\boxed{N = 3}$$

T.446 **Resposta:** c

$E = h \cdot f \Rightarrow E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$

Sendo $\lambda_{amarela} > \lambda_{violeta}$, vem:

$E_{amarela} < E_{violeta}$

A velocidade dos fótons é a mesma e igual a *c*.

T.447 **Resposta:** b

Max Planck considerou que a energia radiante não é emitida (ou absorvida) de modo contínuo, mas sim em "partículas" que transportam, cada qual, uma quantidade de energia bem definida denominada *quantum*. Essa é a ideia da quantização da energia.

T.448 **Resposta:** a

Para que elétrons sejam liberados, devemos impor na equação fotoelétrica de Einstein:

$E_{c(máx.)} = h \cdot f - \phi \geqslant 0$

onde ϕ é a função trabalho que depende do metal.

Assim:

$h \cdot f - \phi \geqslant 0 \Rightarrow h \cdot f \geqslant \phi \Rightarrow f \geqslant \frac{\phi}{h}$

Portanto: $f_{mín.} \geqslant \frac{\phi}{h}$ (frequência de corte)

T.449 **Resposta:** a

De $E_{c(máx.)} = h \cdot f - \phi$, observamos que o gráfico $E_{c(máx.)} \times f$ é uma reta de coeficiente angular *h*. Por isso, as retas, referentes às placas P_1 e P_2, são paralelas.

T.450 **Resposta:** d

I. Incorreta.
f é a frequência da radiação eletromagnética incidente no metal.

II. Correta.
Comparando $K_{máx.} = B \cdot f - C$ com $E_{c(máx.)} = h \cdot f - \phi$, concluímos que $B = h$.
A unidade de h no SI é J · s.

III. Correta.
$C = \phi$ (função trabalho) corresponde à energia mínima necessária para arrancar elétrons do metal. Sua unidade no SI é o joule.

T.451 **Resposta:** c

A frequência de corte f_0 é dada por $f_0 = \dfrac{\phi}{h}$.

Sendo:

$\phi = 2\ \text{eV} = 2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 3{,}2 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$

$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s}$

vem:

$$f_0 = \frac{3{,}2 \cdot 10^{-19}}{6{,}63 \cdot 10^{-34}}$$

$f_0 \simeq 4{,}8 \cdot 10^{14}$ Hz (Hz $= s^{-1}$)

Equação fotoelétrica de Einstein:

$$E_{c(máx.)} = h \cdot f - \phi$$

$$E_{c(máx.)} = h \cdot \frac{c}{\lambda} - \phi$$

$$E_{c(máx.)} = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^{8}}{5{,}46 \cdot 10^{-7}} - 3{,}2 \cdot 10^{-19}$$

$$\boxed{E_{c(máx.)} \simeq 4{,}4 \cdot 10^{-20}\ \text{J}}$$

T.452 **Resposta:** d

Aumentando-se a frequência da luz incidente, a partir de certo valor mínimo f_0, tem-se a emissão de elétrons.

T.453 **Resposta:** e

Pelo teorema da energia cinética, temos:

$$\mathcal{T} = E_{c(final)} - E_{c(inicial)}$$

$$-eU = 0 - E_{c(inicial)}$$

$$-eU = -h \cdot f$$

$$eU = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{ch}{eU}}$$

T.454 **Resposta:** d

A energia dos feixes I e II de raios X são: $E_1 = hf_1$ ① e $E_2 = hf_2$ ②

Dividindo ② por ①, temos:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{f_2}{f_1} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{c}{\lambda_2}}{\frac{c}{\lambda_1}} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{\lambda_1}{3\lambda_1} \Rightarrow \boxed{E_2 = \frac{E_1}{3}}$$

T.455 **Resposta:** soma = 18 (02 + 16)

(01) Incorreta.

Para a luz vermelha a frequência dos fótons incidentes é inferior à frequência mínima f_0.

(02) Correta.

Se a placa metálica *M* atraiu a pequena esfera *P* (por indução), significa que a luz violeta arrancou elétrons da placa que, portanto, se eletrizou.

(04) Incorreta.

O que ocorre é o efeito fotoelétrico na placa metálica com a incidência de luz violeta.

(08) Incorreta.

As "partículas" luminosas são os fótons, cuja massa é nula.

(16) Correta.

De $E = hf$, sendo $f_{violeta} > f_{vermelho}$, temos: $E_{violeta} > E_{vermelho}$

(32) Incorreta.

Mesmo aumentando o tempo de iluminação a luz vermelha não arrancaria elétrons da placa metálica, pois a frequência da luz vermelha é menor do que a frequência mínima f_0.

T.456 **Resposta:** (01), (04), (16) e (32) são corretas

(01) Correta.

$c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda}$

Para a luz vermelha: $f_{vermelha} = \frac{3 \cdot 10^8}{6{,}2 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow f_{vermelha} \simeq 4{,}8 \cdot 10^{14}$ Hz

Para a luz violeta: $f_{violeta} = \frac{3 \cdot 10^8}{3{,}9 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow f_{violeta} \simeq 7{,}7 \cdot 10^{14}$ Hz

Sendo $f_{vermelha} < f_0 = 6{,}0 \cdot 10^{14}$ Hz, concluímos que não ocorrerá efeito fotoelétrico para incidência de luz vermelha na placa de lítio.

Sendo $f_{violeta} > f_0$, concluímos que ocorre efeito fotoelétrico para incidência de luz violeta na placa de lítio.

(02) Incorreta.

O que importa é a frequência da radiação incidente que deve superar a frequência mínima f_0.

(04) Correta.

Ao aumentar a frequência f, cresce a energia cinética dos elétrons ejetados. Lembre-se de que:

$E_{c(\text{máx.})} = h \cdot f - \phi$

(08) Incorreta.

A energia cinética cresce com f, que é inversamente proporcional a $\lambda \left(f = \dfrac{c}{\lambda} \right)$.

(16) Correta.

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{3 \cdot 10^8}{4{,}6 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow f \simeq 6{,}5 \cdot 10^{14} \Rightarrow f > f_0$$

Como a frequência da luz azul é maior que a frequência mínima f_0, ocorrerá efeito fotoelétrico, ou seja, elétrons serão ejetados da superfície de lítio.

(32) Correta.

A quantidade de elétrons emitidos é diretamente proporcional à potência da radiação incidente.

(64) Incorreta.

Com a incidência da luz vermelha não há emissão de elétrons.

T.457 **Resposta:** e

Os valores possíveis de energia dos estados que o elétron pode ocupar no átomo de hidrogênio são aproximadamente dados por:

$$E_n = -\frac{13{,}6}{n^2} \text{ eV}$$

O nível de menor energia ($n = 1$) é aproximadamente igual a:

$$E_1 = -\frac{13{,}6}{1^2} \text{ eV} \Rightarrow \boxed{E_1 = -13{,}6 \text{ eV}}$$

T.458 **Resposta:** d

A energia total de uma partícula é dada por: $E^2 = Q^2 \cdot c^2 + m_0^2 \cdot c^4$

Sendo, para o fóton, $m_0 = 0$ e $E = h \cdot f$, temos:

$$E = Q \cdot c \Rightarrow h \cdot f = Q \cdot c \Rightarrow \boxed{Q = \frac{h \cdot f}{c}}$$

T.459 **Resposta:** b

Sendo −13,6 V a energia correspondente ao estado fundamental, temos os acréscimos de energia:

$-13{,}6 \text{ eV} + 10{,}2 \text{ eV} = -3{,}4 \text{ eV}$

$-13{,}6 \text{ eV} + 8{,}7 \text{ eV} = -4{,}9 \text{ eV}$

Logo, somente o fóton f_1 com energia 10,2 eV poderá ser absorvido pelo átomo de hidrogênio, ocorrendo a transição do estado fundamental para o 1º estado excitado.

T.460 **Resposta:** c

Para ser ionizado a partir do estado quântico fundamental o elétron deve receber no mínimo a energia de 13,6 eV. Isso significa que, recebendo 20 eV, o átomo sofrerá ionização e o elétron adquirirá uma energia cinética de 20 eV − 13,6 eV, o que resulta: $\boxed{6{,}4 \text{ eV}}$

T.461 **Resposta:** c

De $E = h \cdot f$ e sendo $f = \dfrac{c}{\lambda}$, temos: $E = \dfrac{hc}{\lambda}$

Na transição de um nível de maior energia para um nível de menor energia, ocorre a emissão de um fóton. A emissão do fóton de menor comprimento de onda λ corresponde à maior emissão de energia E. Isso ocorre para o maior distanciamento entre os níveis: de $n = 2$ para $n = 1$ (o que corresponde à emissão III).

T.462 **Resposta:** b

De $\Delta E = \dfrac{hc}{\lambda}$, temos:

$$\Delta E_X = \frac{4{,}14 \cdot 10^{-15} \cdot 3{,}0 \cdot 10^{8}}{1{,}03 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow \Delta E_X \simeq 12{,}06 \text{ eV}$$

$$\Delta E_Y = \frac{4{,}14 \cdot 10^{-15} \cdot 3{,}0 \cdot 10^{8}}{4{,}85 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow \Delta E_Y \simeq 2{,}56 \text{ eV}$$

Analisando os dados da figura, constatamos que a transição associada ao fóton X é a 2 e ao fóton Y, a 6.

T.463 **Resposta:** d

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{r^2} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2} = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot r$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2} = m \cdot \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot r$$

$$T^2 = \frac{m \cdot 4\pi^2 \cdot 4\pi\varepsilon_0 \cdot r^2 \cdot r}{e^2}$$

$$T^2 = \frac{m \cdot 4\pi^2 \cdot 4\pi\varepsilon_0 \cdot (n^2 \cdot a_0)^3}{e^2}$$

$$\boxed{T^2 = \frac{4\pi a_0 \cdot n^3 \cdot \sqrt{\pi\varepsilon_0 \cdot m \cdot a_0}}{e}}$$

T.464 **Resposta:** c

Quantum granulado no mel e *quantum* ondulado do sal relacionam-se na Física, respectivamente, com partícula e onda.

T.465 **Resposta:** c

A luz tem natureza dual, isto é, em determinados fenômenos ela se comporta como se tivesse natureza ondulatória e, em outros, natureza de partícula.

T.466 **Resposta:** (01), (02), (08) e (16) são corretas

(01) Correta.
É a natureza dual da luz.

(02) Correta.
Com isso Einstein explicou o efeito fotoelétrico.

(04) Incorreta.
A luz se comporta ora como onda, ora como partícula.

(08) Correta.
Foi Isaac Newton quem formulou a primeira teoria científica sobre a natureza da luz, segundo a qual uma fonte luminosa emite pequeníssimos corpúsculos em todas as direções e com velocidade muito elevada.

(16) Correta.
Christian Huygens foi quem apresentou, no século XVII, a teoria sobre a natureza da luz, conhecida como teoria ondulatória da luz. Thomas Young

confirmou essa teoria de Huygens, verificando que a luz sofre difração e interferência. A natureza ondulatória da luz ficou plenamente estabelecida quando James Clerk Maxwell formulou a teoria ondulatória eletromagnética, considerando a luz uma onda eletromagnética. No século XX, Albert Einstein explicou o efeito fotoelétrico, retomando o aspecto corpuscular, diferente porém do caráter mecânico proposto por Newton.

(32) Incorreta.

Ver item anterior.

T.467 **Resposta:** (0), (1) e (3) são corretas

(0) Correta.

É a natureza corpuscular da luz.

(1) Correta.

É a explicação do efeito fotoelétrico por Albert Einstein.

(2) Incorreta.

A velocidade dos elétrons que se desprendem do metal por causa da incidência da luz depende da frequência. Quanto à intensidade, afeta o número de fotoelétrons expulsos.

(3) Correta.

O efeito fotoelétrico é explicado considerando-se a natureza corpuscular da luz.

T.468 **Resposta:** e

A propagação de ondas eletromagnéticas no vácuo não se relaciona com o caráter dual.

T.469 **Resposta:** a

Sejam: $E = \dfrac{m \cdot (v_i)^2}{2}$ ① e $2E = \dfrac{m \cdot (v_f)^2}{2}$ ②

Substituindo ① em ②, temos:

$$2 \cdot \frac{m \cdot (v_i)^2}{2} = \frac{m \cdot (v_f)^2}{2} \Rightarrow v_f = \sqrt{2} \cdot v_i$$

De acordo com o comprimento de onda de De Broglie, temos:

$$\lambda_i = \frac{h}{mv_i} \text{ ③ e } \lambda_f = \frac{h}{mv_f} \text{ ④}$$

Dividindo ④ por ③, temos: $\dfrac{\lambda_f}{\lambda_i} = \dfrac{v_i}{v_f} \Rightarrow \dfrac{\lambda_f}{\lambda_i} = \dfrac{v_i}{\sqrt{2} \cdot v_i} \Rightarrow \boxed{\lambda_f = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \cdot \lambda_i}$

T.470 **Resposta:** d

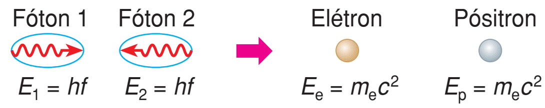
As características corpusculares e ondulatórias da luz não são antagônicas, e sim complementares. Elas não podem ser observadas simultaneamente num mesmo fenômeno.

T.471 **Resposta:** d

A determinação exata da velocidade viola o princípio da incerteza de Heisenberg.

T.472 **Resposta:** b

Esquema da produção do par elétron-pósitron:



A frequência mínima de cada fóton corresponde ao fato de o par elétron-pósitron ter energia cinética nula.

Pela conservação da energia, temos:

$E_1 + E_2 = E_e + E_p$

$h \cdot f + h \cdot f = m_e \cdot c^2 + m_e \cdot c^2$

$2 \cdot h \cdot f = 2 \cdot m_e \cdot c^2$

$$\boxed{f = \frac{m_e \cdot c^2}{h}}$$

T.473 **Resposta:** c

As forças normal e de tração são de origem eletromagnética.

T.474 **Resposta:** c

Numa reação química, há envolvimento entre os elétrons e os núcleos atômicos eletrizados. Portanto, trata-se de uma manifestação da força eletromagnética.

T.475 **Resposta:** e

Pelo princípio da conservação das cargas elétricas, concluímos que a carga elétrica do neutrino é nula.

T.476 **Resposta:** c

$$q_u + 2 \cdot q_d = 0 \Rightarrow \frac{2}{3} \cdot e + 2 \cdot q_d = 0 \Rightarrow \boxed{q_d = -\frac{1}{3} \cdot e}$$

T.477 **Resposta:** c

$$q_p = 2 \cdot q_u + q_d \Rightarrow q_p = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot e - \frac{1}{3} \cdot e \Rightarrow q_p = e$$

Assim: $\boxed{(u, u, d)}$

$$q_n = q_u + 2 \cdot q_d \Rightarrow q_n = \frac{2}{3} \cdot e + 2 \cdot \left(-\frac{1}{3} \cdot e\right) \Rightarrow q_n = 0$$

Assim: $\boxed{(u, u, d)}$

T.478 **Resposta:** c

No processo de aniquilação conservam-se a carga elétrica, a energia e o momento linear (quantidade de movimento).

T.479 **Resposta:** b

Como o intervalo de tempo $\Delta t = 15$ anos (2002 − 1987) e a meia-vida do césio-137 é de 30 anos, temos:

$$\Delta t = x \cdot p \Rightarrow 15 = x \cdot 30 \Rightarrow x = \frac{1}{2}$$

$$m = \frac{m_0}{2^x} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = \frac{1}{2^{\frac{1}{2}}} \Rightarrow R = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow R = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow R \simeq 0{,}7$$

Portanto, $R > 0{,}5$. Sendo $m < m_0$, temos: $\frac{m}{m_0} < 1 \Rightarrow R < 1$

Assim, temos: $\boxed{1 > R > 0{,}5}$

T.480 **Resposta:** d

$$\begin{cases} q_p = e = 2 \cdot q_u + q_d & (1) \\ q_n = 0 = 2 \cdot q_d + q_u & (2) \end{cases}$$

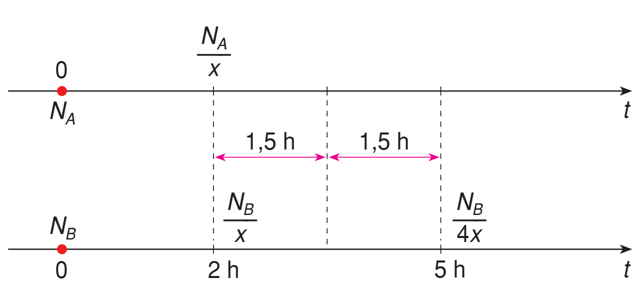
Das equações (1) e (2), temos: $\boxed{q_u = \frac{2}{3} \cdot e \quad \text{e} \quad q_d = -\frac{1}{3} \cdot e}$

T.481 **Resposta:** d

A cada 14 dias a atividade radioativa da solução cai pela metade. Então, se a medida inicial é de 1.000 emissões por minuto, após 14 dias cai para 500, e após 28 dias, para 250 emissões por minuto.

T.482 **Resposta:** c

Considere a seguinte linha do tempo correspondente à aplicação do medicamento aos dois pacientes:



O instante 0 (zero) é o instante de preparo. O frasco *A* tem N_A átomos e o frasco *B* tem N_B átomos. O instante $t = 2$ h é o de aplicação do medicamento no paciente *A*. Nessas 2 horas, houve decaimento de um fator *x*, de modo que a dose aplicada tem $\frac{N_A}{x}$ átomos. O frasco *B* sofre o mesmo decaimento e irá possuir $\frac{N_B}{x}$ átomos. Até a aplicação da dose no paciente *B* (às 5 h) terão decorrido 3 horas, isto é, **duas meias-vidas** do flúor-18. Então, o conteúdo do frasco *B* terá caído de 4*x* vezes, passando o número de átomos para $\frac{N_B}{4x}$.

Como as doses aplicadas devem ser iguais, temos:

$$\frac{N_A}{x} = \frac{N_B}{4x} \Rightarrow \boxed{N_B = 4 \cdot N_A}$$

T.483 **Resposta:** b

Sendo $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{8} = 0{,}125$, a leitura do gráfico fornece 17.190 anos.

T.484 **Resposta:** d

$${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow x\,{}^{4}_{2}\alpha + y\,{}^{0}_{-1}\beta + {}^{206}_{82}\text{Pb}$$

Fazendo o balanço do número de massa e do número atômico, temos:

$$238 = 4x + 206 \Rightarrow 4x = 32 \Rightarrow \boxed{x = 8 \text{ partículas } \alpha}$$

$$92 = 2x - y + 82 \Rightarrow 92 = 2 \cdot 8 - y + 82 \Rightarrow \boxed{y = 6 \text{ partículas } \beta}$$

T.485 **Resposta:** d

$$\Delta t = x \cdot p \Rightarrow 100 = x \cdot 1.600 \Rightarrow x = \frac{1}{16}$$

$$m = \frac{m_0}{2^x} \Rightarrow m = \frac{60}{2^{\frac{1}{16}}} \Rightarrow m = 60 \cdot 2^{-\frac{1}{16}} \quad ①$$

$$\log_e 2^{-\frac{1}{16}} = -\frac{1}{16} \cdot \log_e 2 \Rightarrow \log_e 2^{-\frac{1}{16}} = -\frac{1}{16} \cdot 0{,}693 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \log_e 2^{-\frac{1}{16}} = -0{,}043 \Rightarrow 2^{-\frac{1}{16}} = 0{,}96 \quad ②$$

Substituindo ② em ①, temos: $m = 60 \cdot 0{,}96 \Rightarrow \boxed{m = 57{,}6 \text{ mg}}$

Utilizando a equação dada no enunciado:

$$A = C \cdot e^{-kt} \Rightarrow A = 60 \cdot e^{-\frac{0{,}693}{p} \cdot t} \Rightarrow A = 60 \cdot e^{-\frac{0{,}693}{1.600} \cdot 100} \Rightarrow A = 60 \cdot e^{-0{,}043} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{A = 57{,}6 \text{ mg}}$$

T.486 **Resposta:** a

I. Correta.
O processo que ocorre na usina térmica é o descrito.

II. Incorreta.
Fusão nuclear e fissão nuclear são processos diferentes.

III. Correta.
A energia é decorrente da fissão do núcleo de urânio-235 por um nêutron.

IV. Incorreta.
O processo que ocorre é fissão nuclear e não fusão.

T.487 **Resposta:** e

Do calor produzido pela fissão no núcleo do reator, parte é fornecida à turbina, que realiza trabalho, e parte é dissipada, isto é, cedida ao sistema de refrigeração.

T.488 **Resposta:** c

Força: $F = ma \Rightarrow [F] = MLT^{-2}$

Potência: $Pot = \dfrac{\mathcal{E}}{\Delta t} \Rightarrow [Pot] = ML^2T^{-3}$

Pressão: $p = \dfrac{F}{A} \Rightarrow [p] = ML^{-1}T^{-2}$

T.489 **Resposta:** a

$$G = \frac{F \cdot r^2}{m_1 \cdot m_2} \Rightarrow [G] = \frac{[F] \cdot [r^2]}{[m_1] \cdot [m_2]} \Rightarrow [G] = \frac{MLT^{-2} \cdot L^2}{M \cdot M} \Rightarrow [G] = M^{-1}L^3T^{-2}$$

T.490 **Resposta:** c

$$\varepsilon_0 = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi F r^2} \Rightarrow [\varepsilon_0] = \frac{[Q_1] \cdot [Q_2]}{[F] \cdot [r^2]} \Rightarrow [\varepsilon_0] = \frac{IT \cdot IT}{MLT^{-2}L^2} \Rightarrow [\varepsilon_0] = M^{-1}L^{-3}T^4I^2$$

No SI, a unidade de ε_0, em função das unidades de base, é: $kg^{-1} \cdot m^{-3} \cdot s^4 \cdot A^2$

T.491 **Resposta:** c

$[at^2] = L \Rightarrow [a] \cdot [t^2] = L \Rightarrow [a] \cdot T^2 = L \Rightarrow [a] = M^0LT^{-2}$

$[bt^3] = L \Rightarrow [b] \cdot [t^3] = L \Rightarrow [b] \cdot T^3 = L \Rightarrow [b] = M^0LT^{-3}$

T.492 **Resposta:** c

a) força: $kg \cdot m/s^2$

b) energia: $kg \cdot m^2/s^2$

c) potência: $kg \cdot m^2/s^3$

d) pressão: $kg \cdot m^{-1}/s^2$

e) quantidade de movimento: $kg \cdot m/s$

T.493 **Resposta:** d

$v = K \cdot F^{\alpha} \cdot m^{\beta} \cdot d^{\gamma}$

$[v] = [F]^{\alpha} \cdot [m]^{\beta} \cdot [d]^{\gamma}$

$M^0LT^{-1} = (MLT^{-2})^{\alpha} \cdot M^{\beta}L^{\gamma}$

$M^0LT^{-1} = M^{\alpha+\beta}L^{\alpha+\gamma}T^{-2\alpha}$

Assim, temos:

$$\begin{cases} \alpha + \beta = 0 \\ \alpha + \gamma = 1 \\ -2\alpha = -1 \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{1}{2},\ \beta = -\frac{1}{2} \text{ e } \gamma = \frac{1}{2}$$

Portanto: $v = K \cdot F^{\frac{1}{2}} \cdot m^{-\frac{1}{2}} \cdot d^{\frac{1}{2}} \Rightarrow \boxed{v = K\sqrt{\frac{Fd}{m}}}$

Logo, a velocidade é dada por $v = \sqrt{\frac{Fd}{m}}$, em que fizemos $K = 1$.

T.494 **Resposta:** c

$$v^{\alpha} = \frac{Cp^{\beta}}{\rho}$$

$$[v]^{\alpha} = \frac{[p]^{\beta}}{[\rho]}$$

$$(M^0LT^{-1})^{\alpha} = \frac{(ML^{-1}T^{-2})^{\beta}}{ML^{-3}}$$

$M^0L^{\alpha}T^{-\alpha} = M^{\beta-1} \cdot L^{-\beta+3} \cdot T^{-2\beta}$

Assim, temos:

$$\begin{cases} \beta - 1 = 0 \\ -\beta + 3 = \alpha \\ -2\beta = -\alpha \end{cases}$$

$\boxed{\alpha = 2}$ e $\boxed{\beta = 1}$